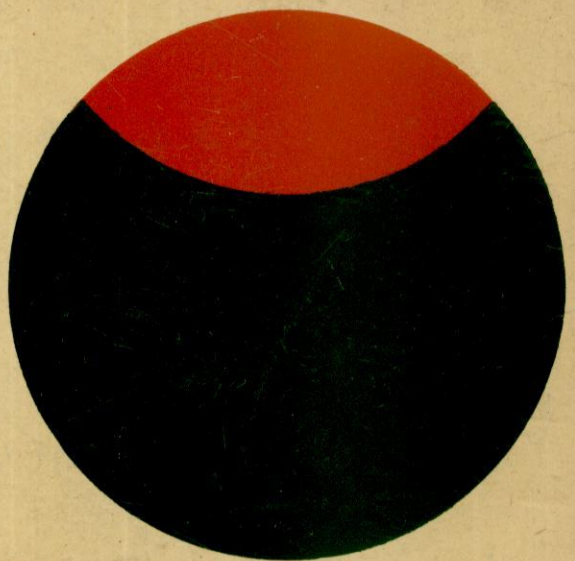


TEOCZENIE NA ZIMNO

W. P. Romanowski



PORADNIK

WYDAWNICTWA NAUKOWO-TECHNICZNE

Prof. W. P. ROMANOWSKI

TŁOCZENIE NA ZIMNO

PORADNIK

Tłumaczył
mgr. inż. KAZIMIERZ SZOPSKI

Wydanie drugie

NT

WYDAWNICTWA NAUKOWO-TECHNICZNE
WARSZAWA

SPIS TRESCI

Przedmowa	7
Wstęp	9
1. Charakterystyka tłoczenia na zimno	9
2. Kierunki rozwojowe tłoczenia na zimno	10
 Część pierwsza 	
Procesy tłoczenia na zimno	
Rozdział I. Klasyfikacja i terminologia podstawowych procesów i operacji tłoczenia na zimno	13
1. Klasyfikacja podstawowych procesów i operacji	13
2. Terminologia i charakterystyka podstawowych operacji	17
Rozdział II. Cięcie	24
3. Cięcie blach nożycami	24
4. Określenie sił cięcia nożycami	27
5. Cięcie blachy wykrojnikami	28
6. Określenie sił i pracy wycinania i dziurkowania	31
7. Luz między matrycą i stemplem	44
8. Wycinanie i dziurkowanie gładkie oraz wyglądanie	47
9. Wykrwanie gumą	60
Rozdział III. Gięcie	64
10. Proces gięcia blachy	64
11. Warstwa neutralna	66
12. Wartość odkształcenia i najmniejszy dopuszczalny promień gięcia	73
13. Określenie wymiarów półwyrobów przeznaczonych do gięcia	77
14. Odkształcenie sprężyste przy gięciu	81
15. Gięcie z rozciąganiem	87
16. Momenty gnące i siły gięcia	89
17. Konstrukcyjno-technologiczne elementy i wytyczne gięcia	91
Rozdział IV. Ciągnięcie	104
18. Proces ciągnięcia	104
19. Określanie wymiarów i kształtu materiału wyjściowego (półwyrobów) przeznaczonego do ciągnięcia	110
20. Współczynniki ciągnięcia i liczba operacji	140
21. Obliczanie siły ciągnięcia i nacisku dociskacza	193
22. Obliczanie pracy, mocy i prędkości ciągnięcia	201
23. Promienie zaokrągleń i luzy przy ciągnięciu	204
24. Smarowanie przy ciągnięciu	212
25. Specjalne sposoby ciągnięcia	217
26. Umacnianie metalu i wyżarzanie w procesie ciągnięcia	243
Rozdział V. Kształtowanie	251
27. Wygniatanie	251
28. Wywijanie	254
29. Rozpęczanie	268
30. Obciskanie	271
31. Dotłaczanie	275
Rozdział VI. Prasowanie	278
32. Charakterystyka operacji	278
33. Spęczanie	279
34. Prasowanie matrycowe (matrycowanie)	285

35. Dogniatanie	291
36. Speczanie miejscowe na zimno	295
37. Wyciskanie na zimno	301
38. Wybijanie, znakowanie i punktowanie	317
Rozdział VII. Specjalne rodzaje obróbki plastycznej	320
39. Spajanie metali na zimno	320
40. Łączenie za pomocą tłoczenia	324
41. Cięcie kształowników z taśm, pasów i blach	326
42. Cięcie poprzeczne kształowników	333
43. Wyoblanie i zginięcie obrotowe	336
Rozdział VIII. Tłoczenie materiałów niemetalowych	346
44. Podstawowe rodzaje materiałów niemetalowych stosowanych do tłoczenia na zimno	346
45. Cięcie i wykrawanie przedmiotów z materiałów niemetalowych	347
46. Cięcie materiałów niemetalowych	354
47. Ciągnięcie przedmiotów z materiałów niemetalowych	355

Część druga

Podstawy opracowywania procesów tłoczenia na zimno

Rozdział I. Technologiczność tłoczonych przedmiotów	358
1. Wymagania technologiczne stawiane konstrukcji przedmiotów tłoczonych	358
2. Metody zwiększania technologiczności tłoczonych przedmiotów i sposoby oszczędzania materiału	362
Rozdział II. Opracowywanie procesów technologicznych tłoczenia na zimno	367
3. Przebieg opracowania procesów technologicznych	367
4. Podział materiału i wielkość odstępów (mostków)	368
5. Ustalenie charakteru, liczby, kolejności i jednoczesności operacji	385
6. Zastosowanie tłoczenia na zimno w produkcji drobnoseryjnej i doświadczalnej	388
7. Dokładność tłoczonych przedmiotów i tolerancje w poszczególnych operacjach	398
8. Dobór prasy	406
9. Podstawy technicznego normowania czasu robót tłoczniczych	420
10. Dokumentacja technologiczna	426

Część trzecia

Typowe konstrukcje tłoczników, ich zespołów i części

Rozdział I. Typowe tłoczniaki i ich części	430
1. Podział tłoczników pod względem technologicznym	430
2. Podział tłoczników pod względem konstrukcyjnym i eksploatacyjnym	430
3. Typowe części tłoczników	440
Rozdział II. Konstrukcje typowych zespołów i części tłoczników	441
4. Typowe konstrukcyjne zespoły i części tłoczników	441
5. Typowe technologiczne zespoły i części tłoczników	448
6. Dokładność wykonania i gładkość powierzchni części tłoczników	476
7. Materiały na części tłoczników	485
8. Trwałość tłoczników	489
Rozdział III. Projektowanie i obliczanie wytrzymałościowe tłoczników	498
9. Przebieg i etapy projektowania	498
10. Określanie położenia wypadkowej siły nacisku tłoczniaka	498
11. Obliczenia wytrzymałościowe części tłoczników	500
12. Zamknięta wysokość tłoczniaka i roboczej przestrzeni prasy	515

Część czwarta

Prasy do tłoczenia na zimno

Rozdział I. Klasyfikacja i główne typy pras	518
1. Klasyfikacja pras do tłoczenia	518
2. Współczesne typy pras	520
Rozdział II. Mechanizacja i automatyzacja procesów tłoczenia na zimno	538
3. Drogi i sposoby automatyzacji tłoczenia na zimno	538
4. Mechanizacja i automatyzacja podawania materiału i półwyrobów	543
5. Mechanizacja i automatyzacja usuwania wytłoczek i opadów	554
6. Automatyczne linie pras i automatyzacja transportu międzyoperacyjnego	558

7. Automatyzacja układania wytłoczek	568
8. Automatyzacja sterowania i kontroli procesu tłoczenia	569
Rozdział III. Organizacja i rozplanowywanie miejsca roboczego	572

Część piąta

Materiały stosowane do tłoczenia na zimno

Rozdział I. Charakterystyka materiałów	575
1. Podstawowe materiały stosowane do tłoczenia na zimno	575
Rozdział II. Technologiczne i mechaniczne własności podstawowych materiałów	584
2. Wytyczne technologicznego zastosowania materiałów	584
3. Określanie mechanicznych i technologicznych własności blachy	586
Dodatek do wydania polskiego	594
Tablice uzupełniające	602
Wykaz literatury	618
Skorowidz rzeczowy	630

PRZEDMOWA DO POLSKIEGO WYDANIA

Ciągły rozwój techniki i dalsze doskonalenie różnych gałęzi przemysłu sprzyja tworzeniu i szybkiemu rozwojowi postępowych metod produkcji.

Do takich postępowych metod zdobywających szerokie zastosowanie w przemyśle należy obróbka plastyczna metali na zimno, a w szczególności tłoczenie jest najbardziej wydajną, zmechanizowaną metodą wytwarzania przedmiotów o różnych kształtach i różnym przeznaczeniu.

Zadania dalszego rozwoju przemysłu Związku Radzieckiego wytyczone przez XXII Zjazd KPZR oraz zadania rozwoju przemysłu przewidziane planem 5-letnim rozwoju gospodarki narodowej Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej wymagają dalszego doskonalenia technologii, mechanizacji i automatyzacji procesów wytwórczych.

W istniejących warunkach wszechstronnej współpracy krajów socjalistycznych wielkie znaczenie ma współpraca naukowo-techniczna i wymiana przodujących doświadczeń produkcyjnych.

Polskie wydanie poradnika tłoczenia na zimno jest przekładem z trzeciego wydania rosyjskiego, zawierającego najnowsze doświadczenia przemysłu Związku Radzieckiego i innych krajów.

Poradnik zawiera systematycznie wyłożone podstawy różnych procesów tłoczenia na zimno, wzory do obliczania i projektowania procesów technologicznych, doświadczalnie ustalone współczynniki obliczeniowe, liczne zalecenia autorskie odnośnie stosowania poszczególnych procesów, konstrukcji tłoczników i ich elementów, sposobów automatyzacji i mechanizacji procesów tłoczenia itp. oraz dużą ilość usystematyzowanych przez autora materiałów typu poradnikowego dotyczących tłoczenia na zimno.

Główną uwagę zwrócono na procesy technologiczne tłoczenia na zimno wymagające najwięcej naukowo-technicznych podręcznych materiałów.

Zagadnienia teoretyczne tłoczenia na zimno wyłożone są z wykorzystaniem wyników badań uczonych radzieckich i innych.

Należy zaznaczyć, że nie wszystkie podane w poradniku wyjaśnienia i dane obliczeniowo-technologiczne są jednakowo niezmiennie. Niektóre z nich, szczególnie odnoszące się do stosunkowo nowych procesów tłoczenia, w miarę rozwoju techniki i gromadzenia doświadczeń będą coraz bardziej precyzowane i zmieniane.

Mam nadzieję, że praca ta będzie pomocą dla polskich specjalistów w dalszym rozwoju i doskonaleniu procesów produkcyjnych i w realizacji zadań wytyczonych przez 5-letni plan rozwoju polskiej gospodarki narodowej.

Autor składa podziękowanie Wydawnictwu Naukowo-Technicznemu i Tłumaczowi książki za wykonanie wielkiej pracy przygotowania i wydania poradnika w języku polskim.

Jednocześnie zwracam się z prośbą do czytelników o uwagi i życzenia, jak i wskazania zauważonych błędów, które będą z wdzięcznością przyjęte.

Leningrad, dnia 30 września 1961.

W. P. ROMANOWSKI

WYJAŚNIENIA OD WYDAWCY POLSKIEGO*

Do wydania polskiego wykorzystano oryginalne rysunki radzieckie po dokonaniu koniecznych adaptacji; pozostawiono przy tym na rysunkach i w tekście oznaczenia materiałów, chropowości, pasowań i innych według norm radzieckich, zgodnie z oryginałem pracy. W celu ułatwienia porównania wymienionych oznaczeń z oznaczeniami stosowanymi w Polsce podano odpowiednie zestawienia w dodatku do wydania polskiego na końcu książki.

WSTĘP

1. Charakterystyka tłoczenia na zimno

Tłoczenie na zimno jest odrębnym działem obróbki plastycznej metali obejmującym szereg procesów technologicznych wykonywanych bez skrawania wiórów.

Produkcyjne procesy tłoczenia na zimno charakteryzują się następującymi właściwościami:

1) sposobem wykonywania robót, polegającym na kształtowaniu metalu za pomocą wywierania nacisku;

2) rodzajem stosowanych maszyn — prasami i różnego rodzaju automatami, wywierającymi robocze naciski konieczne do kształtowania tłoczonego metalu;

3) rodzajem stosowanych narzędzi — różnymi odmianami tłoczników, kształtujących bezpośrednio metal i wykonujących wymagane operacje;

4) rodzajem obrabianego materiału, stosowanego głównie w postaci arkuszy, pasów i taśm metalowych oraz arkuszy materiałów niemetalowych.

Kształty i wymiary przedmiotów tłoczonych odpowiadają ściśle kształtom i wymiarom roboczych powierzchni tłoczniaka (stempla i matrycy).

Tłoczenie na zimno jest jedną z najbardziej postępowych metod produkcji; ma ono szereg zalet w stosunku do innych metod obróbki metali, zarówno pod względem technicznym, jak i ekonomicznym.

Z technicznego punktu widzenia należy podkreślić, że tłoczenie na zimno umożliwia:

1) wykonywanie złożonych operacji za pomocą prostych uderzeń prasy i otrzymywanie przedmiotów o bardzo złożonych kształtach, których otrzymanie za pomocą innych metod obróbki jest albo niemożliwe, albo bardzo trudne;

2) otrzymywanie części zamiennych o dostatecznej dokładności wymiarów bez wykańczającej obróbki skrawaniem;

3) wytwarzanie wytrzymałych i sztywnych, a przy tym lekkich przedmiotów przy małym rozchodzie materiału.

Z ekonomicznego punktu widzenia tłoczenie ma następujące zalety:

1) ekonomiczne wykorzystanie materiału i stosunkowo małe odpady;

2) bardzo wysoka wydajność maszyn wyposażonych w urządzenia do mechanizacji i automatyzacji procesów produkcyjnych;

3) prostota pracy na prasach i możliwość obsługiwania ich przez robotników o niskich kwalifikacjach;

4) masowe wytwarzanie i niski koszt wyrobów.

Największe korzyści wynikające z zastosowania tłoczenia na zimno mogą być uzyskane przy kompleksowym uwzględnieniu wymagań technicznych we wszystkich stadiach przygotowania produkcji. w tym celu należy:

1) zaprojektować racjonalne i technologiczne konstrukcje przedmiotów, umożliwiające ekonomiczne ich wykonywanie;

2) zastosować materiał mający niezbędne dla danego sposobu kształtowania własności mechaniczne i technologiczne;

3) opracować i zastosować prawidłowy pod względem technicznym i ekonomicznym proces tłoczenia, zapewniający wykonanie potrzebnych przedmiotów i odpowiadający skali produkcji;

4) opracować prawidłową konstrukcję tłoczników i zapewnić odpowiednią jakość ich wykonania w celu uzyskania wymaganej jakości i dokładności tłoczonych wyrobów oraz wysokiej wydajności, trwałości i bezpieczeństwa pracy;

5) prawidłowo dobrać i racjonalnie wykorzystać typ i moc prasy;

6) odpowiednio zorganizować miejsce pracy, zgodnie z charakterem wyrobów i skalą produkcji.

Opracowanie procesów technologicznych tłoczenia i projektowania tłoczników jest ze sobą bezpośrednio związane. Technolog powinien dobrze znać konstrukcję tłoczników, a konstruktor powinien opanować podstawowe wiadomości z technologii tłoczenia.

2. Kierunki rozwojowe tłoczenia na zimno

Tłoczenie na zimno ma szerokie zastosowanie w budowie maszyn, przyrządów i w innych dziedzinach przemysłu. Największe zastosowanie znalazło tłocznictwo w produkcji wielkoseryjnej i masowej, w której wielka skala wytwarzania umożliwia stosowanie bardziej nowoczesnych, chociaż i bardziej złożonych, kosztownych tłoczników. Szereg przedmiotów masowej produkcji wytwarza się w ZSRR w liczbie dziesiątek, a nawet setek milionów sztuk rocznie.

Tłoczenie na zimno znajduje obecnie również zastosowanie w produkcji drobnoseryjnej, a nawet w jednostkowej.

Współczesny rozwój tłoczenia na zimno idzie w następujących kierunkach:

1) rozszerzania zakresu zastosowania tłoczenia na zimno przez zastępowanie części odlewanych lub kutych częściami tłoczonymi lub tłoczono-spawanymi, nie wymagającymi w większości przypadków dalszej obróbki skrawaniem;

2) szerokiego rozpowszechnienia tłoczenia na zimno w produkcji drobnoseryjnej dzięki zastosowaniu tłoczników uproszczonych i uniwersalnych;

3) zmniejszenia rozchodu materiału przez zastosowanie technologicznych kształtów wytwarzanych przedmiotów, racjonalnego rozkroju materiału, wykorzystanie odpadów, zwiększenie dokładności wyznaczania wymiarów wykrojów itp.;

4) zwiększenie dokładności tłoczonych części do 3—4 klasy dokładności (wg ГОСТ);

5) zwiększenia wydajności za pomocą mechanizacji i automatyzacji procesów tłoczenia;

6) zastosowania metod montażu za pomocą tłoczenia;

7) zwiększenia trwałości tłoczników w produkcji seryjnej i masowej.

Rozszerzenie zakresu zastosowania tłoczenia na zimno charakteryzuje się zwiększeniem gabarytów tłoczonych przedmiotów do 6 i więcej metrów.

Zakres grubości tłoczonych przedmiotów stale zwiększa się; na przykład na zimno wykonuje się: wycinanie przedmiotów z materiału o grubości do 25 mm, przebijanie otworów w materiale o grubości do 35 mm, ciągnięcie przedmiotów z materiału o grubości do 20 mm, gięcie materiału o grubości do 100 mm.

Zamiana części odlewanych lub kutych częściami tłoczonymi na zimno daje następujące techniczno-ekonomiczne korzyści:

zmniejszenie ciężaru części o	25 ÷ 50%
zmniejszenie rozchodu materiału o	30 ÷ 70%
zmniejszenie pracochłonności o	50 ÷ 80%

Tablica I. Charakterystyka seryjności produkcji tłocznicej

Typowe cechy	Rodzaje produkcji			
	masowa	wielkoseryjna	drobnoseryjna	jednostkowa
Rodzaje pras	Prasy specjalne i automaty tłocznice	Szybkobieżne prasy mechaniczne	Prasy ogólnego przeznaczenia	Prasy ogólnego przeznaczenia
Rodzaje tłoczników	Złożone (wielozabiegowe) tłoczniki	Złożone i proste tłoczniki	Proste, uniwersalne i uproszczone (płytkowe) tłoczniki	Zespołowe regulowane i proste tłoczniki
Stopień mechanizacji	Automatyczne podawanie pasów, arkuszy i pojedynczych półwyrobów	Automatyczne podawanie pasów, półautomatyczne podawanie pojedynczych półwyrobów, mechaniczne podawanie dużych arkuszy i półwyrobów	Ręczne podawanie arkuszy, pasów i pojedynczych półwyrobów	Ręczne podawanie arkuszy, pasów i pojedynczych półwyrobów
Wielkość partii	Produkcja ciągła	Duże partie	Małe partie	Pojedyncze wyroby lub bardzo małe partie
Współczynnik seryjności (liczba operacji wykonywanych na prasie)	1 ÷ 3	3 ÷ 15	15 ÷ 50	—
Orientacyjna produkcja roczna (na jedną zmianę) w tys. sztuk: dużych przedmiotów małych przedmiotów	ponad 300 ponad 5000	10 ÷ 300 100 ÷ 5000	do 10 do 100	Pojedyncze sztuki, dziesiątki lub setki sztuk

Jednocześnie z tymi korzyściami uzyskuje się zwiększenie wytrzymałości i sztywności części dzięki:

1) wyższym własnościom mechanicznym materiału wyjściowego, w większości przypadków blachy zimno walcowanej;

2) bardziej celowemu rozmieszczeniu materiału w przekroju tłoczonego przedmiotu;

3) zastosowaniu tłoczących metod zwiększenia sztywności (tłoczenie żeber, wywijanie, zaginanie, zawijanie obrzeży itp.).

Jak wynika z powyższych wyjaśnień, podstawowym postępowym wskaźnikiem charakteryzującym korzyści zastosowania tłoczenia na zimno jest zmniejszenie ciężaru przy jednoczesnym zwiększeniu wytrzymałości i sztywności części tłoczonych z blachy na zimno, w stosunku do części odlewanych, kutych lub obrabianych skrawaniem z prętów walcowanych.

Podstawowym czynnikiem dalszego rozwoju tłoczenia na zimno jest dążenie do otrzymania przedmiotów tłoczonych całkowicie wykończonych, nie wymagających stosowania dalszej obróbki skrawaniem.

Postępowość tych lub innych technologicznych metod jest nierozłącznie związane z seryjnością i konkretnymi warunkami danej produkcji.

Metody wytwarzania właściwe w produkcji drobnoseryjnej okazują się niewłaściwe w warunkach produkcji wielkoseryjnej oraz masowej i odwrotnie. Tym też tłumaczy się rozbieżność metod wytwarzania i rozbieżność dróg rozwojowych tłoczenia na zimno w produkcji masowej i drobnoseryjnej.

W produkcji wielkoseryjnej rozwój tłoczenia na zimno charakteryzuje się:

1) stosowaniem złożonych tłoczników;

2) stosowaniem wielozabiegowego wielotaktowego tłoczenia w taśmie;

3) mechanizacją i automatyzacją procesów tłoczenia;

4) stosowaniem szybkobieżnych automatycznych pras i specjalnych automatów;

5) rozwojem metod dających wysoką dokładność oraz wydajność i zastępujących obróbkę skrawaniem (wygladzanie, dogniatanie, kucie na zimno w matrycach, wyciskanie);

6) stosowaniem profilowania taśm na gietarkach i prasach do gięcia;

7) zwiększaniem trwałości tłoczników osiąganym dzięki stosowaniu stali odpornej na zużycie, węglików spiekanych, mechanicznych i chemiczno-ciepłnych sposobów utwardzania.

W produkcji drobnoseryjnej i jednostkowej (doświadczalnej) tłoczenie na zimno rozwija się przez stosowanie zespołowych metod tłoczenia z wykorzystaniem: uniwersalnych i tanich, uproszczonych tłoczników (plytkowych, blaszanych, odlewanych ołowiano-cynkowych i niemetalowych), a także nowych metod technologicznych (tłoczenia gumą, tłoczenia hydraulicznego, obciążania, ciągnięcia z miejscowym przegrzewaniem i ochładzaniem itp.).

Dzięki wysokiej wydajności pras i małej pracochłonności robót tłoczących typowe cechy oraz samo pojęcie seryjności i masowości w produkcji tłoczącej jest nieco inne niż w przypadku obróbki metali skrawaniem.

Typowe cechy charakteryzujące różną seryjność produkcji tłoczącej podano w tabl. 1.

Wyższym rodzajem produkcji masowej jest produkcja przepływowo-masowa, w której stosowana jest kompleksowa mechanizacja procesów wytwarzania, kontroli i transportu części między operacjami.

W szeregu przypadkach produkcji jednostkowej występuje konieczność zastosowania prostych tłoczników, bez których byłoby niemożliwe wykonanie części.

PROCESY TŁOCZENIA NA ZIMNO

ROZDZIAŁ I

KLASYFIKACJA I TERMINOLOGIA PODSTAWOWYCH PROCESÓW I OPERACJI TŁOCZENIA NA ZIMNO

1. Klasyfikacja podstawowych procesów i operacji

Liczne, różnorodne operacje tłoczenia na zimno mogą być usystematyzowane i sklasyfikowane według następujących kryteriów:

- 1) ogólny charakter odkształceń,
- 2) odrębne rodzaje odkształceń,
- 3) odrębne rodzaje operacji.

Według ogólnego charakteru odkształceń tłoczenie na zimno dzieli się na dwie podstawowe grupy:

- 1) odkształcenie z miejscowym rozdzieleniem materiału,
- 2) odkształcenie plastyczne.

Pierwsza grupa obejmuje operacje prowadzące do oddzielenia jednej części materiału od drugiej.

Grupa operacji tłoczących polegających na odkształcaniu plastycznym dzieli się na dwie podgrupy charakteryzujące się tym, że:

- a) zmiana kształtu przedmiotów giętych i przedmiotów w postaci wgłębionych powłok polega głównie na zmianie kształtu powierzchni,
- b) zmiana kształtu przedmiotów w postaci brył polega głównie na przemieszczaniu masy materiału.

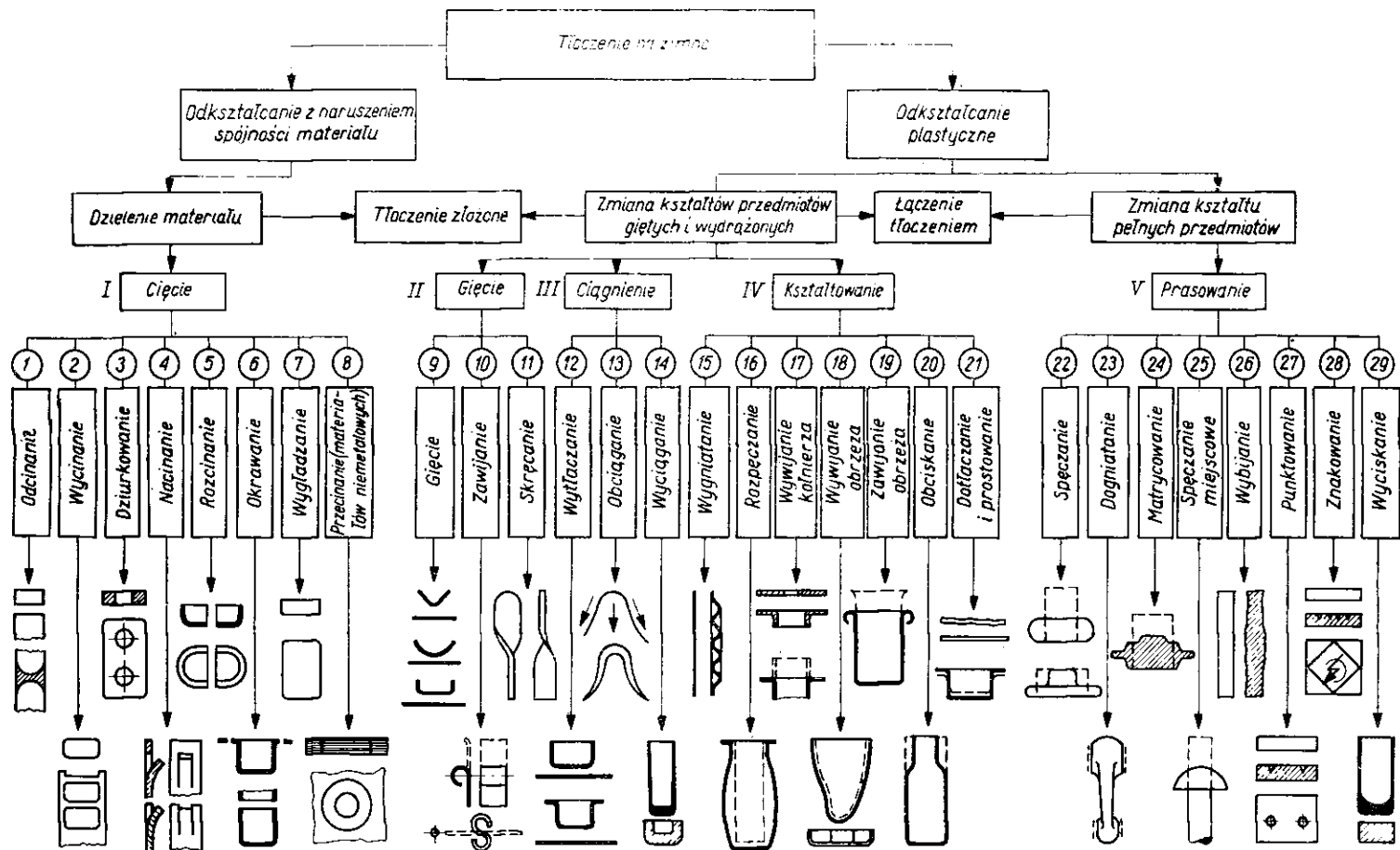
Rozróżnia się pięć rodzajów operacji obróbki plastycznej na prasach:

- 1) cięcie — oddzielanie jednej części materiału od drugiej wzdłuż linii zamkniętej lub nie zamkniętej,
- 2) gięcie — przekształcanie płaskiego półwyrobu w przedmiot wygięty,
- 3) ciągnięcie — przekształcanie płaskiego półwyrobu w przedmiot wydrążony lub dalsza zmiana jego wymiarów,
- 4) kształtowanie — zmiana kształtu przedmiotu lub półwyrobu za pomocą różnego rodzaju miejscowych odkształceń,
- 5) tłoczenie objętościowe czyli prasowanie — zmiana zarysu ukształtowania lub grubości półwyrobu według założonego rozmieszczenia masy materiału.

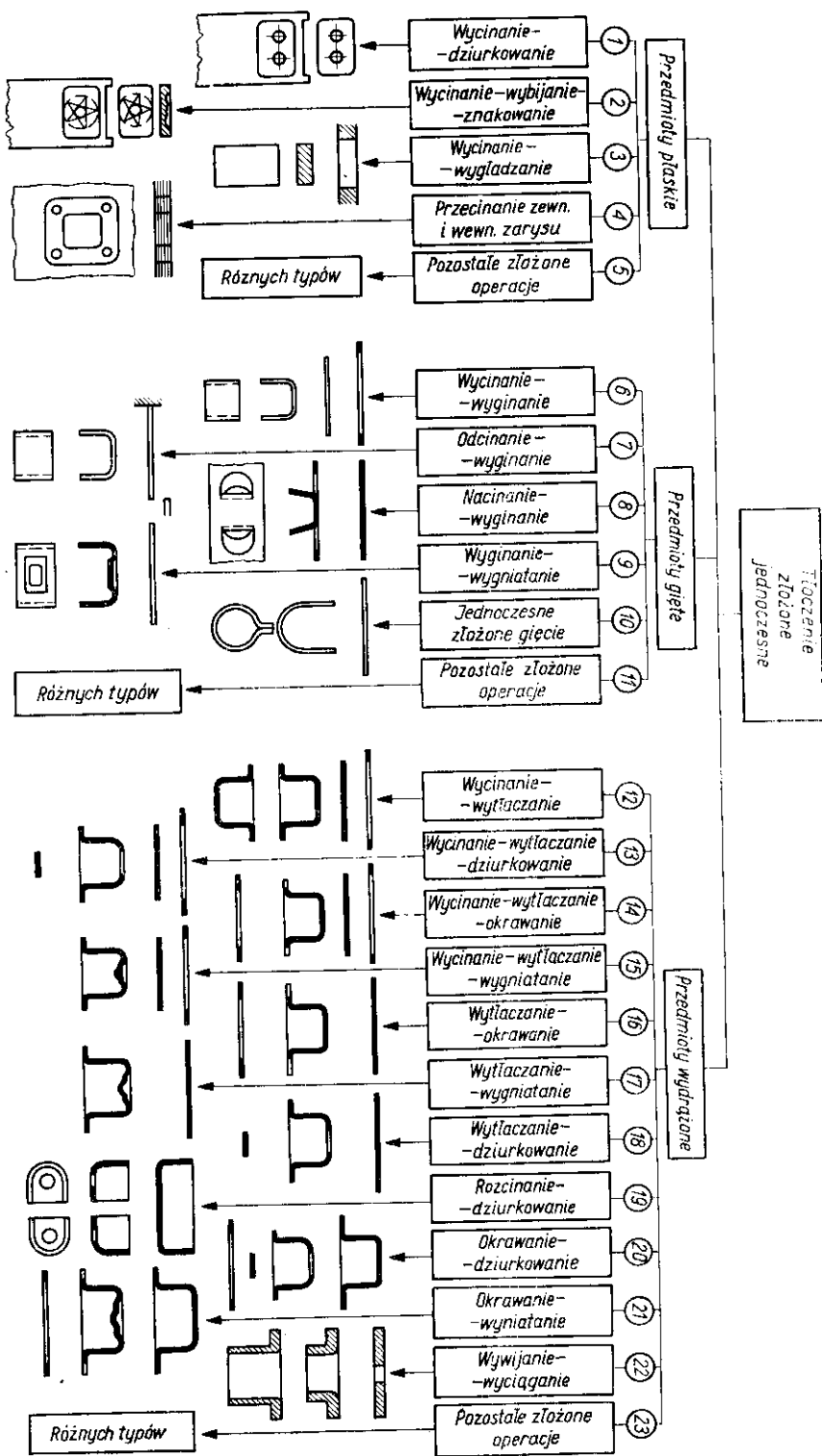
Każdy z podstawowych rodzajów operacji dzieli się na poszczególne, określone operacje charakteryzujące się rodzajem i celem wykonywanej obróbki, a także typem tłocznika.

Na rys. I przedstawiona jest klasyfikacja podstawowych procesów i operacji tłoczenia, ilustrowana przykładami schematycznie przedstawionych operacji.

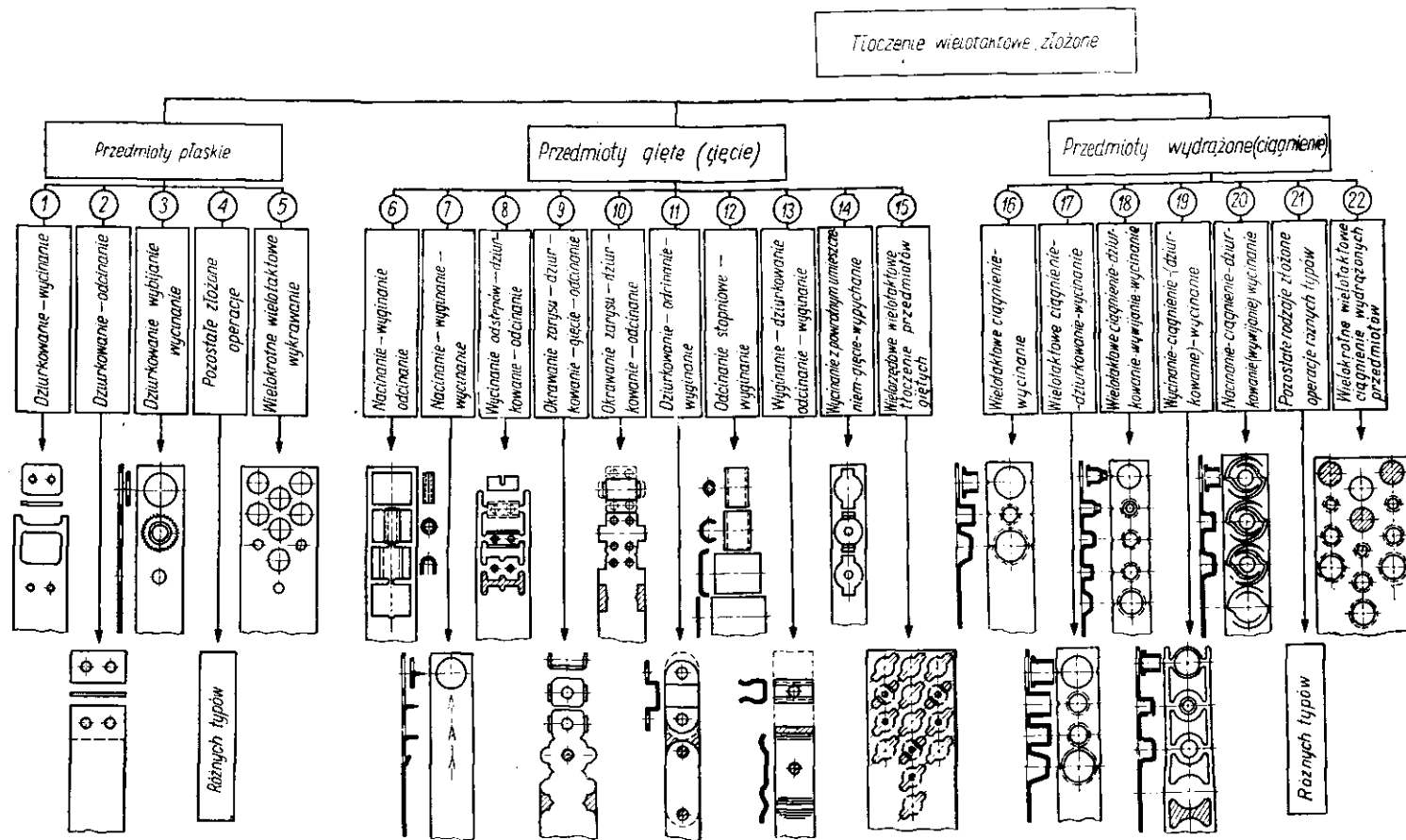
Tłoczenie przedmiotów za pomocą wykonywania szeregu oddzielnych operacji jest w większości przypadków nieekonomiczne, dlatego zwykle stosowane są metody tłoczenia złożonego, łączące dwie lub kilka operacji w jedną. Oprócz tego, w pro-



Rys. 1. Klasyfikacja podstawowych procesów i operacji tłoczenia na zimno



Rs. 2. Klasyfikacja podstawowych operacji tłoczenia jednoczesnego



Rys. 3. Klasyfikacja podstawowych operacji tłoczenia wielotaktowego

dukcji stosuje się operacje montażowo-tłocznice, oparte na odkształceniach gięcia, wygniatania i prasowania.

Operacje tłoczenia złożonego, ze względu na znaczną ich różnorodność i liczebność, są klasyfikowane oddzielnie od podstawowych operacji tłoczenia na zimno.

Tłoczenie złożone polega na połączeniu w jednym tłoczniku dwóch lub kilku technologicznie różnych zabiegów tłoczenia.

Według cech technologicznych tłoczenie złożone może być podzielone na trzy grupy:

- 1) jednoczesne,
- 2) wielotaktowe,
- 3) jednoczesno-wielotaktowe.

Tłoczenie jednoczesne polega na wykonywaniu kilku zabiegów tłoczenia w czasie jednego skoku suwaka prasy i na jednym przedmiocie.

Tłoczenie wielotaktowe polega na wykonywaniu kilku różnych zabiegów w jednym tłoczniku kolejno kilkoma stemplami i w czasie kilku skoków suwaka prasy, przy przesuwaniu materiału po każdym skoku; przy czym po każdym skoku suwaka prasy otrzymuje się gotowy przedmiot.

Tłoczenie jednoczesno-wielotaktowe jest połączeniem w jednym tłoczniku tłoczenia jednoczesnego i wielotaktowego.

Ponieważ możliwe są różne sposoby łączenia zabiegów tłoczenia, to w praktyce istnieje duża możliwość różnych rodzajów tłoczenia złożonego i tłoczników złożonych, pełne ich sklasyfikowanie jest niemożliwe. Dlatego będą tu sklasyfikowane tylko najbardziej rozpowszechnione operacje tłoczenia złożonego.

Klasyfikację ich wykonano przyjmując jako kryterium podziału rodzaj podstawowego odkształcenia i typ tłoczonych przedmiotów:

- 1) płaskich wykonywanych cięciem;
- 2) wygiętych wykonywanych cięciem i gięciem;
- 3) wydrążonych (wglębionych) wykonywanych cięciem i ciągnięciem lub wygniataniem.

Na rys. 2 przedstawiona jest klasyfikacja podstawowych rodzajów tłoczenia jednoczesnego, a na rys. 3 — klasyfikacja podstawowych rodzajów tłoczenia wielotaktowego z przykładami schematycznie przedstawionych operacji.

Oprócz podanych w klasyfikacji podstawowych rodzajów operacji tłoczenia złożonego stosuje się jeszcze bardziej złożone, łączące większą ilość zabiegów oraz operacje wielotaktowo-jednoczesne.

2. Terminologia i charakterystyka podstawowych operacji

W tabl. 2 podana jest terminologia i charakterystyka podstawowych operacji tłoczenia na zimno.

Oprócz operacji tłocznicych na prasach wykonywane są w ramach tłocznictwa operacje przygotowawcze, operacje kształtowania na wyoblarkach i maszynach rolkowych oraz pomocnicze operacje wykańczające.

Do operacji przygotowawczych zalicza się:

1) prostowanie arkuszy i pasów na maszynach do prostowania arkuszy i na wałkach;



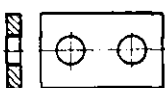



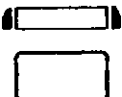

2) cięcie arkuszy na pasy lub pojedyncze półwyroby.








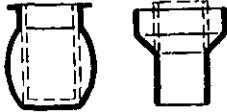

Szereg operacji wykonuje się na wyoblarkach i maszynach do kształtowania rolkami:





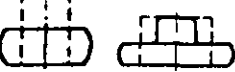
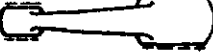
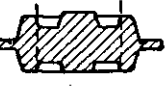
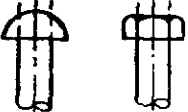
1) zaginanie obrzeży,

2) gięcie profilowanych przedmiotów na giętarkach uniwersalnych,

Tablica 2. Terminologia i charakterystyka operacji tłoczenia na zimno


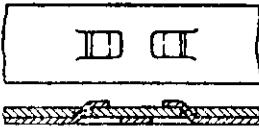
Re- dział od- kształ- cenia	Nr ope- racji wg kła- sy- fikacji	Nazwa operacji	Schemat operacji	Opis i charakterystyka operacji
I. Cięcie (wykrwanie)	1	Odcinanie		Oddzielenie przedmiotu od reszty materiału wzdłuż linii niezamkniętej
	2	Wycinanie		Wykonywanie płaskich lub innych przedmiotów za pomocą oddzielenia przedmiotu od reszty materiału wzdłuż linii zamkniętej
	3	Dziurkowanie		Wykonywanie otworów za pomocą oddzielenia materiału wewnątrz przedmiotu wzdłuż linii zamkniętej
	4	Nacinanie (nadcinięcie)		Częściowe oddzielenie materiału wzdłuż linii niezamkniętej bez usuwania oddzielanej części materiału
	5	Rozcinanie		Rozdzielanie płaskich, wygiętych lub ciągnionych półwyrobów na dwie lub więcej części
	6	Okrawanie		Oddzielenie nierównego obrzeża lub nadmiaru materiału od płaskiego, wydrążonego lub pełnego (odkuwka) przedmiotu
	7	Wyglądanie		Nadawanie dokładnych wymiarów, ostrych krawędzi i gładkiej prostopadłej powierzchni ścienia wzdłuż zarysów płaskich przedmiotów, za pomocą zdejmowania specjalnie pozostawionych naddatków
	8	Przecinanie		Rozdzielanie arkuszywych materiałów niemetalowych głównie wzdłuż zamkniętego zewnętrznego lub wewnętrznego zarysu

Rodzaj odkształcenia	Nr operacji wg klasyfikacji	Nazwa operacji	Schemat operacji	Opis i charakterystyka operacji
II. Gięcie	9	Wyginanie		Wykonywanie wygiętych przedmiotów z płaskich półwyrobów
	10	Zawijanie proste		Kształtowanie zaokrąglenia na brzegu płaskiego półwyrobu za pomocą gięcia wzdłuż łuku kota
	11	Skręcanie		Wykonywanie z płaskich półwyrobów przedmiotów o kształcie krzywoliniowym za pomocą obrócenia jednej części półwyrobu w stosunku do drugiej
III. Ciągnięcie	12	Ciągnięcie		Przekształcanie płaskiego półwyrobu (płytki) w przedmiot wydrążony o dowolnym kształcie lub dalsza zmiana jego wymiarów bez zamierzonej zmiany grubości
	13	Obciąganie		Wykonywanie z płaskiego półwyrobu wydrążonego krzywoliniowego przedmiotu za pomocą rozciągania materiału i pokrywania nim wzornika
	14	Wyciąganie		Wykonywanie wydrążonego przedmiotu z określonym zmniejszeniem grubości ścianki
IV. Kształtowanie	15	Wygniatanie		Kształtowanie wgłębień i wypukłości za pomocą miejscowego rozciągania materiału
	16	Rozpęczanie		Zwiększanie średnicy przedmiotów w postaci naczyń i rur za pomocą nacisków od wewnątrz w kierunku promieniowym
	17	Wywijanie obrzeża otworu		Kształtowanie kołnierzy dookoła uprzednio wykonanych otworów lub wzdłuż obrzeży przedmiotów w postaci naczyń za pomocą rozciągania materiału

Rodzaj ed- kształ- cenia	Nr ope- racji wg klasy- fikacji	Nazwa ope- racji	Schemat operacji	Opis i charakterystyka operacji
IV. Kształtowanie (cd.)	18	Wywijanie ob- rzeża zewnętrz- nego		Kształtowanie niskich kołnierzy wzdłuż zewnętrznych krzywoliniowych krawędzi przedmiotów głównie za pomocą ściskania materiału
	19	Zawijanie ob- rzeża		Kształtowanie pierścieniowego zawinięcia wzdłuż brzegów przedmiotów w postaci naczyń za pomocą krzywoliniowego gięcia obrzeża wzdłuż łuku koła
	20	Obciskanie		Zmniejszenie średnicy ścianek przy brzegu przedmiotów w postaci naczyń za pomocą ściskania materiału z zewnątrz
	21	Dotłaczanie (prostowanie)		Prostowanie nierównej powierzchni lub krzywizny półwyrobów Nadawanie prawidłowego kształtu przedmiotom giętym lub ciągniętym
V. Prasowanie (łoczenie objętościowe)	22	Spęczanie		Wykonywanie przedmiotów w postaci pełnych brył za pomocą zmniejszania ich wysokości przy swobodnym poprzecznym płynięciu materiału na boki
	23	Dogniatanie		Nadawanie dokładnych wymiarów i gładkiej powierzchni pełnym przedmiotom za pomocą gniotu półwyrobów do wyma- ganych granic
	24	Matrycowanie na prasie (prasowanie matrycowe)		Wykonywanie przedmiotów w postaci pełnych brył za pomocą objętościowego przemieszczenia materiału i wypełnienia nim kształtowej komory matrycy
	25	Spęczanie miej- scowe		Kształtowanie miejscowych zgru- bień o wymaganym kształcie za pomocą objętościowego przemieszczenia materiału

Rodzaj odkształcenia	Nr operacji wg klasyfikacji	Nazwa operacji	Schemat operacji	Opis i charakterystyka operacji
V. Pasowanie (cd.)	26	Wybijanie		Kształtowanie wypukło-wklęsłych wzorów na powierzchni przedmiotu przy jednoczesnej zmianie jego grubości
	27	Punktowanie		Zaznaczanie, za pomocą punktowych wgłębień wykonanych stemplami w postaci punktów, środków otworów, które następnie będą wiercone
	28	Znakowanie		Kształtowanie znaków za pomocą wyciśnięcia płytkich liniowych wgłębień na powierzchni przedmiotu
	29	Wyciskanie		Przekształcanie grubego półwyróbu w cienkościemne naczynia lub w półwyrób o mniejszym poprzecznym przekroju za pomocą plastycznego wypływu metalu przez szczelinę między stemplem i matrycą
VI. Łączenie w tłocznikach	—	Zaprasowywanie		Łączenie dwóch części za pomocą pasowania wtlaczanego lub odkształcenia plastycznego jednej lub obu części łączonych
	—	Nitowanie		Łączenie dwóch lub kilku części nitami stanowiącymi oddzielne części lub nitami wyciśniętymi z łączonej części
	—	Spajanie na zimno		Łączenie dwóch części za pomocą łączenia krystalicznego pod wysokim ciśnieniem
	—	Zaginanie		Łączenie brzegów części blaszanych za pomocą zaginania „na zamek”
	—	Wywijanie		Łączenie dwóch lub kilku części za pomocą wywijania obrzeża

Tablica 2 cd.

Rodzaj odkształcenia	Nr operacji wg klasyfikacji	Nazwa operacji	Schemat operacji	Opis i charakterystyka operacji
VI. Łączenie w tłocznikach (cd.)	---	Obciskanie i rozpeczęzanie		Łączenie dwóch części za pomocą obciskania od strony zewnętrznej lub rozpeczęzanie od strony wewnętrznej
	---	Odginanie łapek		Łączenie dwóch części za pomocą odgiętych łapek wpuszczanych w otwory wycięte w drugiej łączzonej części i zaginanych
VII. Łączenie złożone	—	Tłoczenie jednoczesne	Patrz rys. 2	Jednoczesne wykonywanie w jednym tłoczniku kilku zabiegów w czasie jednego skoku suwaka prasy, na jednym półwyrobie i przy jednym jego ustawieniu
	---	Tłoczenie wielotaktowe	Patrz rys. 3	Kolejne wykonywanie szeregu zabiegów w jednym tłoczniku oddzielnymi stemplami w czasie kilku skoków suwaka prasy z przesuwaniami półwyrobu po każdym skoku
	---	Tłoczenie wielotaktowo-jednoczesne		Wykonywanie kilku zabiegów z połączeniem tłoczenia wielotaktowego i jednoczesnego

- 3) zwijanie walców i stożków na walcach,
- 4) łączenie części blaszanych,
- 5) podginanie kołnierzy,
- 6) okrawanie oraz zawijanie kołnierzy i obrzeży,
- 7) nawalcowywanie progów (na przedmiotach walcowych), rur falistych i gwintów,
- 8) prostowanie i wygniatanie wzorów,
- 9) gięcie rur itp.

Do operacji pomocniczych zalicza się:

- 1) polerowanie,
- 2) lakierowanie,
- 3) malowanie,
- 4) oksydowanie,
- 5) metalizację,
- 6) pokrywanie dekoracyjne i przeciwkorozyjne (cynkowanie, miedziowanie, cynowanie, niklowanie, chromowanie, kadmowanie itd.).

Operacje przygotowawcze wykonuje się zwykle na przygotowawczych odcinkach produkcyjnych, a operacje wykańczające — w specjalnych oddziałach produkcyjnych.

ROZDZIAŁ II

CIĘCIE

3. CIĘCIE BLACH NOŻYCAMI

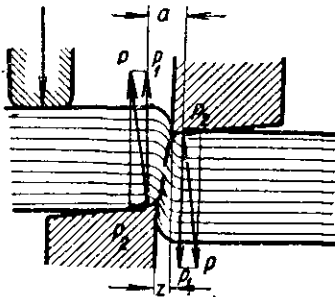
Materiał w arkuszach przeznaczonych do tłoczenia na prasach w większości przypadków tnie się na pasy lub pojedyncze półwyroby o wymaganych wymiarach. Cięcie pasów jest operacją przygotowawczą i wykonywane jest na nożycach dźwigniowych, gilotynowych, krążkowych lub skokowych oraz w specjalnie do tego celu wykonanych odcinakach.

Różne rodzaje cięć i narzędzi przedstawione są w tabl. 3.

Proces cięcia nożycami (rys. 4) składa się z trzech kolejnych faz:

1) fazy sprężystej, gdy odkształcenia znajdują się w zakresie odkształceń sprężystych, a naprężenia nie przekraczają granicy sprężystości;

2) fazy plastycznej, gdy odkształcenia są trwałe, a naprężenia przekraczają granicę plastyczności, stopniowo wzrastają, aż osiągną maksimum odpowiadające wytrzymałości materiału na ścinanie; największe odkształcenia wystąpią wzdłuż linii (powierzchni) poślizgu, rozpoczynających się przy krawędziach tnących noży;



Rys. 4. Schemat procesu cięcia arkusza nożycami

podczas drugiej fazy noże zagłębiają się w materiał na głębokość 0,2 do 0,5 grubości materiału w zależności od jego twardości i podatności do odkształceń plastycznych;

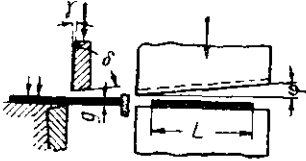
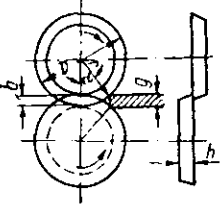
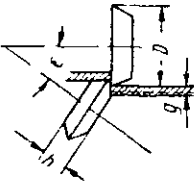
3) fazy rozdzielania, w której powstają mikro — i następnie makropęknięcia powodujące oddzielenie jednej części materiału od drugiej.

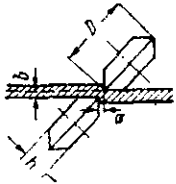
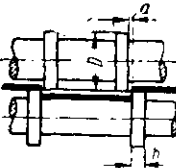
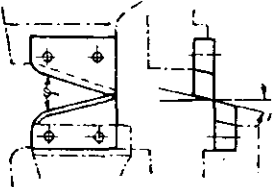
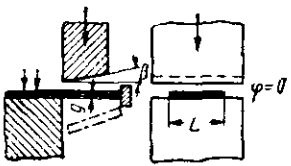
Na powierzchni ściana uwydatniają się dwie strefy: wąska połyskująca powierzchnia odpowiadająca fazie odkształceń plastycznych i szersza matowa powierzchnia pęknięcia. Jak widać ze schematu działających sił (rys. 4), siły ścinające P_1 tworzą moment

$$M = P_1 a$$

gdzie a — odległość między siłami P_1 równa w przybliżeniu $(1,5 \div 2)g$.

Tablica 3. Różne sposoby cięcia blach

Typ nożyce	Schemat	Robocze elementy narzędzi tnących	Główne zastosowanie
Gilatynowe		<p>Kąt rozwarcia noży: w nożycach gilatynowych $\varphi = 2 \div 6^\circ$ w nożycach dźwigniowych $\varphi = 7 \div 12^\circ$ Kąt cięcia $\delta = 75 \div 85^\circ$ Kąt przyłożenia $\gamma = 2 \div 3^\circ$ W celu uproszczenia kształtu półwyrobu noża dopuszczalne jest stosowanie $\delta = 90^\circ$ i $\gamma = 0$ Luz między nożami — od 0,05 do 0,2 mm</p>	<p>Cięcie arkuszy na pasy lub pojedyncze półwyroby. Grubość ciętego materiału do 40 mm (w zależności od typu nożyce)</p>
Krażkowe (o równoległych osiach)		<p>Kąt chwyty $\alpha < 14^\circ$ Zachodzenie noży $b = (0,2 \div 0,3)g$ Wymiary noży: do grubych materiałów ($g > 10$ mm) $D = (25 \div 30)g$, $h = 50 \div 90$ mm do cienkich materiałów ($g < 3$ mm) $D = (35 \div 50)g$, $h = 20 \div 25$ mm</p>	<p>Cięcie arkuszy na pasy oraz wycinanie krawków z przecięciem do brzegu arkusza Grubość ciętego arkusza do 30 mm (różne typy nożyce)</p>
Krażkowe (z pochylonym dolnym nożem)		<p>Kąt pochylecia $\epsilon = 30 \div 40^\circ$ Wymiary noży: do grubych materiałów ($g > 10$ mm) $D = 20g$, $h = 50 \div 80$ mm do cienkich materiałów ($g < 3$ mm) $D = 28g$, $h = 15 \div 20$ mm</p>	<p>Cięcie pasów oraz wycinanie krawków i pierścieni Grubość ciętego materiału do 30 mm (różne typy nożyce)</p>

Typ nożyce	Schemat	Robocze elementy narzędzi tnących	Główne zastosowanie
Krażkowe (z pochylonymi nożami)		<p>Luz $a < 0,2g$; luz $b \leq 0,3g$ Wymiar noży: do grubych materiałów ($g > 10$ mm) $D = 12g$, $h = 40 \div 60$ mm do cienkich materiałów ($g < 3$ mm) $D = 20g$, $h = 10 \div 15$ mm</p>	<p>Wycinanie półwyrobów krążkowych, pierścieniowych i krzywoliniowych o małych promieniach krzywizny Krzywoliniowa powierzchnia przyłożenia umożliwia swobodne obracanie się materiału. Grubość materiału do 20 mm</p>
Wielokrażkowe (o równoległych osiach)		<p>Kąt cięcia 90° Wymiary noży: $D = 40 \div 125g$, $h = 15 \div 30$ mm Zachodzenie noży: $b = -0,5 \div +0,5g$ luz $a = 0,1 \div 0,2g$</p>	<p>Do jednoczesnego cięcia kilku pasów oraz do odcinania materiału przy zmniejszaniu szerokości pasów i taśm Grubość materiału do 10 mm (różne typy nozyc)</p>
Skokowe		<p>Liczba skoków $2000 \div 25000$ na min Skok noża $2 \div 3$ mm Kąt natarcia $\beta = 6 \div 7^\circ$ Kąt rozwarcia noży $\varphi = 24 \div 30^\circ$</p>	<p>Wycinanie półwyrobów, o krzywoliniowych zarysach i małych promieniach krzywizny (do $r = 15$ mm), wzdłuż rys traserskich lub według wzorników Grubość materiału do 10 mm</p>
Płoczniki odcinające		<p>Kąt natarcia $\alpha = 2 \div 3^\circ$ Kąt rozwarcia noży $\varphi = 0$</p>	<p>Cięcie pasów na pojedyncze półwyroby</p>

Pod działaniem momentu pary sił materiał ma skłonność do zajmowania skośnego położenia, zakleszczania się między nożami i powodowania powstawania bocznych sił rozpierających.

Wielkość bocznej siły rozpierającej przy cięciu z dociskiem wynosi

$$T = (0,1 \div 0,2) P \text{ kG}$$

gdzie P — największa siła cięcia w kG.

Aby zapobiec obracaniu się materiału stosuje się urządzenia dociskające.

4. Określenie sił cięcia nożycami

Do określania sił cięcia nożycami zalecane są wzory podane w tabl. 4.

Przyjęte oznaczenia (pozostałe patrz wyżej):

L — linia cięcia w mm;

φ — kąt rozwarcia nożyc w stopniach;

R_t — wytrzymałość na ścinanie w kG/mm^2 , określana na podstawie tabl. 7 ÷ 14;

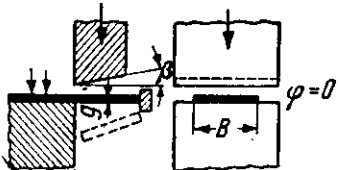
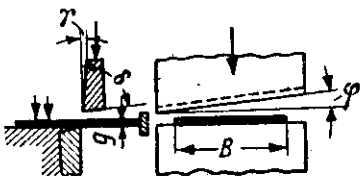
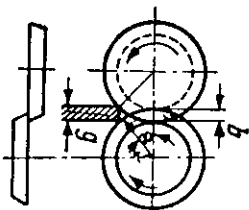
h_p — zagłębienie noży do chwili powstania pęknięcia w mm (patrz tabl. 8);

α — kąt uchwycenia materiału w stopniach;

u — jednostkowa praca cięcia w kG/mm^3 (dla stali 10—20 $u \approx 10$, dla miedzi $u \approx 16$, dla duraluminium $u \approx 1,5$);

k — współczynnik równy 1,2 dla grubych i 1,8 dla cienkich blach.

Tablica 4. Wzory do obliczania siły cięcia nożycami

Sposób cięcia	Schemat	Siła cięcia w kG
Cięcie nożycami o ostrzach równoległych		$P = LgR_t$
Cięcie nożycami gilotynowymi		1) $P = 0,5 \frac{g^2}{\text{tg } \varphi} R_t$ (dla φ od 2 do 5°) 2) $P = k \frac{g^2}{\text{tg } \varphi} U$
Cięcie nożycami krążkowymi		$P = 0,5 \frac{h_p g}{\text{tg } \alpha} R_t$

Uwzględniając występowanie wygięć przy cięciu, nierównomiernej grubości materiału, stopienia noży, zwiększa się obliczoną siłę o 20÷30% i przyjmuje się jako pełną siłę cięcia $P_c = 1,3P$, dlatego we wzorach na siłę cięcia zamiast R , może być przyjęta wielkość $R_r \approx 1,3R_r$.

5. Cięcie blachy wykrojnikami

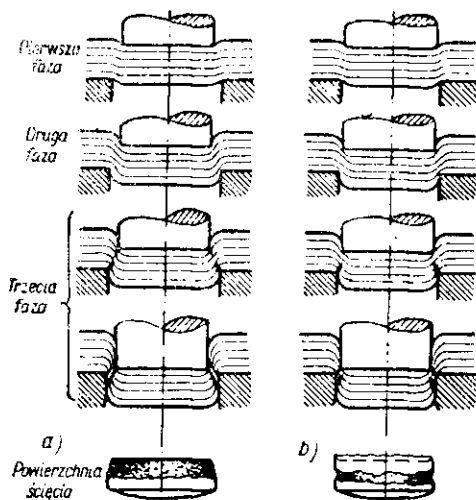
Proces cięcia wykrojnikami przy wycinaniu, dziurkowaniu i innych operacjach jest podobny do procesu cięcia nożycami. W danym przypadku stempel i matryca są jakby nożami mającymi sprzężone ze sobą krawędzie tnące.

Przebieg procesu wycinania lub dziurkowania przedstawiony jest na rys. 5.

Proces cięcia wykrojnikami też składa się z trzech faz:

1) faza odkształceń sprężystych, w czasie której zachodzi ściskanie sprężyste i pocięcie materiału z wciskaniem go w otwór matrycy; przy czym naprężenia w materiale nie przekraczają granicy sprężystości;

2) faza odkształceń plastycznych, w czasie której następuje zagłębianie stempla w materiał oraz wciskanie materiału w otwór matrycy z dużym wygięciem i roz-



Rys. 5. Przebieg procesu wycinania-dziurkowania:
a) przy normalnym luzie.
b) przy małym luzie

ciąganiem włókien; w końcu tej fazy naprężenia w pobliżu krawędzi tnących osiągną maksymalne wartości, odpowiadające wytrzymałości materiału na ścinanie;

3) faza pęknięcia, w czasie której powstają najpierw mikro — a następnie makropęknięcia w pobliżu krawędzi tnących stempla i matrycy, skierowane wzdłuż linii największych odkształceń od naprężeń ścinających. Pęknięcia szybko rozprzestrzeniają się w głąb materiału i powodują oddzielenie części materiału.

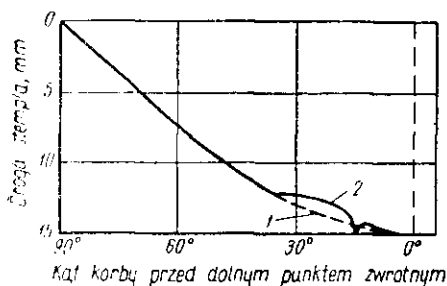
Podczas pierwszej i drugiej fazy wycinania prędkość zagłębiania zmniejsza się a na początku trzeciej fazy — szybko zwiększa się, co widoczne jest na wykresie (rys. 6).

Przy dalszym ruchu stempel przepycha wycięty przedmiot przez szyjkę matrycy.

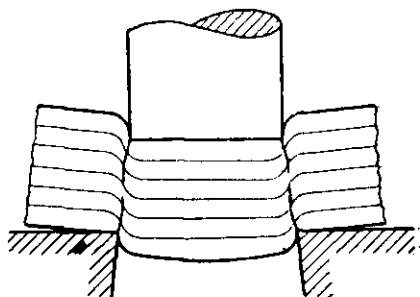
W przypadku normalnego luzu między stemplem i matrycą powierzchnia ścięcia tworząca się przy krawędzi tnącej stempla pokrywa się z powierzchnią pęknięć i ścinania, powstającą przy krawędzi tnącej matrycy i tworzy z nią wspólną powierzchnię ścinania (rys. 7).

W razie małego luzu i dużej grubości materiału (rys. 5b) powierzchnia ścinania, wychodząca od krawędzi stępła nie trafia w powierzchnię ścinania wychodzącą od krawędzi matrycy. Wskutek tego warunki cięcia krawędziami tnącymi stępła i matrycy są różne. Największa intensywność stanu naprężeń i odkształceń powstaje w pobliżu krawędzi tnących matrycy. Dlatego pęknięcia powstają najpierw przy krawędziach tnących matrycy.

Pozostający mostek materiału zostaje przecięty przy dalszym zagłębianiu się stępła i powstaniu nowych pęknięć, przy czym na przedmiocie powstaje naderwa-



Rys. 6. Wykres ruchu suwaka prasy korbowej: 1 — przy ruchu luzem, 2 — przy wycimaniu półwyrobu o średnicy 100 mm i grubości 2 mm



Rys. 7. Kierunki największych odkształceń przy ścinaniu

nie i podwójne ścięcie z przeciągniętym zadziorem. Powierzchnia otworu jest stosunkowo gładka, tylko w dolnej części powstaje mała chropowata powierzchnia odlupania.

Dlatego, w przypadkach gdy chodzi o otrzymanie otworu o gładkich ścianach, należy przeprowadzać dziurkowanie przy małym luzie między stępłem i matrycą.

W razie cięcia wykrojnikiem z małym luzem twardych materiałów podwójne ścięcie zwykle nie powstaje.

W przypadku bardzo dużego luzu powstają na powierzchni przedmiotu zadziory od odrywania i wciągania materiału między stempel i matrycę.

Charakter powierzchni ścięcia zależy od wielkości luzu w stosunku do grubości materiału i własności mechanicznych materiału.

W tabl. 5 pokazany jest charakter powierzchni ścięcia różnych materiałów przy małym i dużym luzie [366].

Badania metalograficzne makro- i mikrostruktury wyciętych części wskazują, że w materiale w strefie cięcia występują znaczne zmiany strukturalne, wyrażające się pojawieniem tekstury ze zgięciem i rozciągnięciem włókien, rozdrobnieniem i wyciągnięciem ziaren materiału, przy jednoczesnej zmianie własności mechanicznych (zwiększeniu twardości i kruchości).

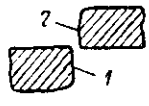
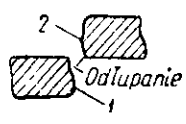
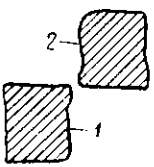
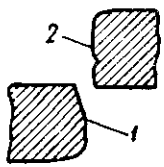
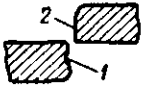

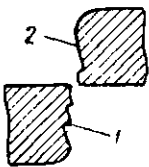
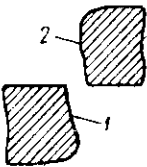


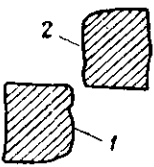
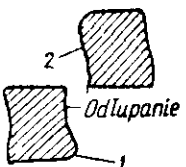
Inaczej mówiąc metal w pobliżu powierzchni ścięcia wykazuje zgniot. Grubość warstwy zgniezionej zależy od grubości materiału, jego własności i początkowej struktury oraz od wielkości luzu i jakości krawędzi tnących.

Grubość zgniezionej warstwy dla miękkiej stali (Ст. 2) nie przekracza 0,4 g w razie cienkich blach (do 10 mm) i 0,25 g w razie grubych blach (ponad 10 mm).

W szeregu przypadkach powstaje konieczność cięcia w wykrojnikach kształtowników (rys. 8).

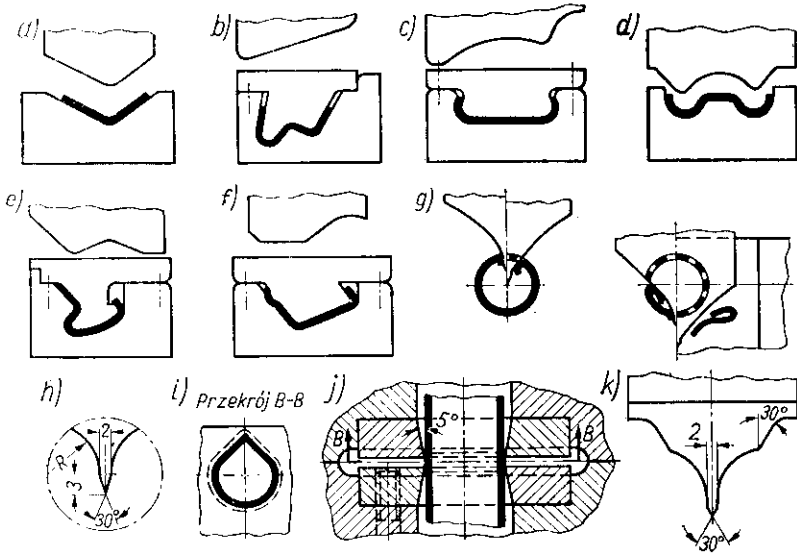
Nierozłożone kształtowniki (rys. 8a) mogą być cięte jednostronnie (bez odpadu). Kształtowniki o złożonych zarysach (rys. 8b÷f) tną się zwykle dwustronnie (z odpadem).

Tablica 5. Powierzchnia ścięcia przy wycinaniu zewnętrznych zarysów i dziurkowaniu z różnymi wartościami luzu
(1 – wycinany przedmiot; 2 – otwór)

Materiał	Grubość	Jednostronny luz (szczelina)	
		0,02 ÷ 0,03 g	0,08 ÷ 0,10 g
Miękkie aluminium	do 4 mm		
	ponad 4 mm		
Mięka stal ($R_p \leq 40 \text{ kG/mm}^2$)	do 4 mm		
	ponad 4 mm		
Twarda stal ($R_p \geq 50 \text{ kG/mm}^2$)	do 4 mm		
	ponad 4 mm		

W celu uniknięcia zniekształcenia zarysu (profilu) przy cięciu albo dociska się kształtownik do matrycy dociskaczem, albo zaciska się go między górną i dolną matrycą (rys. 8b÷f). W ostatnim przypadku nie podnosi się kształtownika lecz podaje się w szczelinę między matrycami. Szerokość wycinanego mostka wynosi zwykle od 1,5 do 2 grubości materiału.

Na rys. 8g przedstawiono rozcinanie rur o grubości do 3 mm i średnicy do 50 mm ostro zakończonym płaskim stemplem. W celu zmniejszenia zgniecenia



Rys. 8. Cięcie profilowego materiału w tłocznikach

rury na początku wcinania się stempla matryce zaciskają rurę w sposób przedstawiony na rys. 8h.

Zarys końca stempla przedstawiony jest na rys. 8h, a położenie rury w matrycach przed cięciem — na rys. 8j. Szerokość stempla i prześwit między matrycami do cięcia rur przyjmuje się równe 3÷4 mm.

Wadą tego sposobu jest to, że część odpadu na początku cięcia zawija się do środka rury i utrudnia cięcie.

Na rys. 8k pokazano zmieniony kształt noża, dzięki czemu odpad z górnej części (ćwiartki) rury odłamuje się od dolnej części odpadu i spada do środka rury.

6. Określenie sił i pracy wycinania i dziurkowania

Siły cięcia i naprężenia ścinające przy wycinaniu i dziurkowaniu zmieniają się w czasie roboczego ruchu stempla. Wykres naprężeń ścinających w zależności od zagłębienia stempla w materiale przedstawiono na rys. 9.

Na wykresie tym podano krzywe dla następujących materiałów: *a* — aluminium, *b* — stal niskowęglowa, *c* — stal o zawartości 0,2÷0,3% C, *d* — stal wysokowęglowa. Wszystkie materiały były w stanie wyzarzonym.

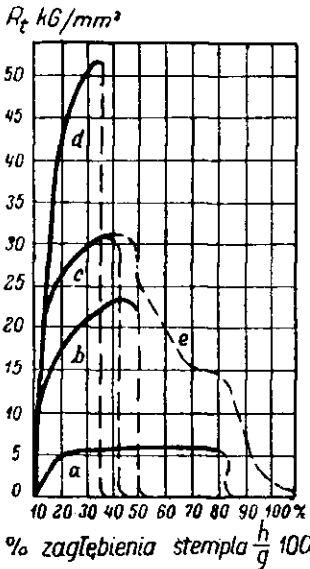
Z wykresu wynika, że naprężenie ścinające zmienia się w czasie procesu wycinania w podobny sposób jak naprężenia umowne przy próbie rozciągania.

Najwyższy punkt każdej krzywej odpowiada największej wartości naprężenia ścinającego a końce krzywych odpowiadają zakończeniu drugiej fazy wycinania, linia przerywana odpowiada trzeciej fazie procesu.

Jednakowy charakter krzywych ścinania i rozciągania, istnienie takich samych faz odkształcania (sprężystego, plastycznego i pęknięcia) świadczy o podobieństwie procesu ścinania i rozciągania; jednak stan naprężeń i charakter złomu są różne w tych procesach.

Zagłębianie stempla w materiał do chwili powstania pęknięcia jest podobne do procesu powstawania szyjki podczas rozciągania do chwili rozerwania próbki.

Siła konieczna do wycinania i dziurkowania zależy od długości obwodu zewnętrznego zarysu przedmiotu lub otworu, grubości i mechanicznych własności ma-



Rys. 9. Wykres zmiany oporu cięcia w procesie wycinania (luz 10% g, krzywa e — przy luzie 4%)

teriału, wielkości luzu i stanu krawędzi tnących. W tabl. 6 podane są wzory do obliczania sił cięcia wykrojnikami o równoległych krawędziach tnących oraz wymagany nacisk prasy.

Nacisk prasy przyjmuje się większy od obliczonego, stosując zwykle współczynnik 1,3 uwzględniający różne uboczne zjawiska występujące przy wycinaniu, nierównomierność grubości materiału i stępienie krawędzi tnących.

Całkowitą siłę wycinania można też wyrazić tymi samymi wzorami zmieniając w nich R_t na R_r .

Tablica 6. Wzory do obliczania siły cięcia wykrojnikami o równoległych krawędziach tnących

Zarys przedmiotu	Obliczeniowa siła cięcia	Wymagany nacisk prasy
Dowolny	$P = LgR_t$	$P_p = LgR_r + S_p$
Okragły	$P = \pi dgR_t$	$P_p = \pi dgR_r + S_p$

W przypadku zastosowania sprężynowego, gumowego lub pneumatycznego spychacza, dociskacza lub wypychacza należy do obliczonej siły dodać siłę potrzebną na ściśnięcie elementu sprężynującego.

W tabl. 6 zastosowano następujące oznaczenia:

L — długość linii cięcia w mm,

d — średnica przedmiotu w mm,

S_p — siła potrzebna do ścięcia poduszki, dociskacza, spychacza w kG.

Wytrzymałość na ścinanie (opór cięcia) zależy od mechanicznych własności materiału, stopnia wstępnego zgniotu oraz względnej grubości wycinanego przedmiotu, wielkości luzu i stanu krawędzi tnących.

W razie zmniejszania względnego wymiaru wycinanego przedmiotu ($\frac{d}{g} < 30$) opór cięcia zmniejsza się (w granicach do 20%), na przykład dla stali 10—20:

Stosunek $\frac{d}{g}$	30	15	10	7,5	5
Wytrzymałość na ścinanie R_t w kG/mm ²	35	32	30	29	28

Zmiana wielkości luzu w granicach od 10 do 1% na stronę nie ma praktycznego wpływu na wytrzymałość na ścinanie. Zwiększenie wytrzymałości na ścinanie występuje tylko przy luzach rzędu 1% g na stronę [356].

W technologicznych obliczeniach przyjmuje się wytrzymałość na ścinanie

$$R_t = (0,8 \div 0,86) R,$$

W tabl. 7 podane są średnie wartości wytrzymałości na ścinanie stosowane w praktyce, a w tabl. 8 — wartości względnego zagłębienia się stempla w materiale do chwili powstania pęknięć.

Tablica 7. Wytrzymałość na ścinanie różnych materiałów

Materiał	Wytrzymałość na ścinanie R_t w kG/mm ² materiału	
	wyżarzonego	umocnionego
Błacha stalowa		
0,1% C	25	32
0,2% C	32	40
0,3% C	36	48
0,4% C	45	56
0,6% C	56	72
0,8% C	72	90
1,0% C	80	105
Stal kromowa	45	56
Stal manganowa	52	56
Błacha brązowa	36	50
Niob-srebro	32	50
Kwasny	25	38
Miedzianowa	20	28
Duraluminy	22	38
Aluminium	10	15
Stopy magnezu (zimne)	14	16
Stopy magnezu (podgrzane do 300°C)	5	7
Cynk	12	20
Ołów		2 ÷ 3
Cyna		3 ÷ 4

Tablica 8. Względne zagłębienie stempla w materiał $C = \frac{h_p}{g}$

Materiał	Grubość materiału w mm			
	do 1	1 ÷ 2	2 ÷ 4	ponad 4
Stal miękka $R_t = 25 \div 35 \text{ kG/mm}^2$ $R_p = 30 \div 40 \text{ kG/mm}^2$	0,75 ÷ 0,70	0,70 ÷ 0,65	0,65 ÷ 0,55	0,5 ÷ 0,40
Stal średnia twarda $R_t = 35 \div 50 \text{ kG/mm}^2$ $R_p = 40 \div 55 \text{ kG/mm}^2$	0,65 ÷ 0,60	0,60 ÷ 0,55	0,55 ÷ 0,48	0,45 ÷ 0,35
Stal twarda $R_t = 50 \div 70 \text{ kG/mm}^2$ $R_p = 55 \div 75 \text{ kG/mm}^2$	0,50 ÷ 0,45	0,45 ÷ 0,40	0,40 ÷ 0,35	0,35 ÷ 0,20
Aluminium, miedź (wyżarzzone)	0,8 ÷ 0,75	0,75 ÷ 0,70	0,70 ÷ 0,60	0,65 ÷ 0,50

Wartości podane w tablicy odnoszą się do normalnych luzów między stemplem i matrycą (patrz tabl. 21).
W razie mniejszych luzów względne zagłębienie jest większe.
W razie zaokrąglenia krawędzi tnących stempla lub matrycy nie występuje odłupywanie materiału i $\frac{h_p}{g} = 1$.

Ponieważ w praktyce stosowane są stale określonych znormalizowanych gatunków, to dla udogodnienia podano w tabl. 9—11 wytrzymałość na ścinanie i własności mechaniczne materiałów różnych gatunków stosowanych w tłocznictwie.

Wytrzymałość na ścinanie materiałów niemetalowych podano w rozdz. VIII.

W tabl. 12 podano wytrzymałość na ścinanie dla stali w stanie nagrzanym.

W tabl. 13 podane są własności mechaniczne stopów aluminium w stanie nagrzanym [285], a w tabl. 14 — własności mechaniczne stopów magnezu w stanie nagrzanym [139].

W celu zmniejszenia siły cięcia przy wykrawaniu z grubego materiału lub przedmiotów o dużych wymiarach stosuje się wykrojniki pochylonymi (zukosowanymi) krawędziami tnącymi stempli i matryc.

Różne rodzaje zukosowanych krawędzi tnących podano na rys. 10.

Do wycinania przedmiotów stosuje się stempel płaski a matrycę zukosowaną (rys. 10a, b). Uzyskuje się wtedy płaski przedmiot i wygięty odpad. Zukosowanie powinno być dwustronne i symetryczne w stosunku do środka nacisku tłoczniaka.

Do dziurkowania stosuje się stempel zukosowany a matrycę płaską (rys. 10c, d, e), wskutek czego przedmiot pozostaje płaski a odpad wygięty.

Jednostronne zukosowanie stosuje się tylko przy nadcinianiu i odginaniu (rys. 10f). W innych przypadkach nie zaleca się wykonywania jednostronnego zukosowania. Zwykle przyjmuje się wielkości zukosowań dwustronnych podane w tabl. 15.

Na wykresie (rys. 11) przedstawiono zmniejszenie sił potrzebnych do wycinania w tłocznikach z różnymi zukosowaniami czołowych powierzchni narzędzi.

W razie wielostemplowego wycinania lub dziurkowania wykonuje się stemple o różnych długościach (rys. 12), wskutek czego siły cięcia nie występują jednocześnie i nie sumują się.

Stopniowanie długości stempli stosuje się nie tylko dla zmniejszenia siły wycinania lecz głównie dla zmniejszenia zużycia i zwiększenia trwałości stempli; w tym celu cienkie stemple wykonuje się krótsze.

Tablica 9. Własności mechaniczne stali stosowanych w tłocznictwie

Nazwa stali	Marka stali	Wytrzymałość na ścinanie R_s w kg/mm^2	Wytrzymałość na rozciąganie R_t w kg/mm^2	Wydłużenie względne a_{10} w %	
Blacha cienka ze stali węglowej (ГОСТ 501-58)	Zwykłej jakości (ГОСТ 380-57, grupa I)	Ст.1	28—34	32—40	> 28
		Ст.2	29—36	34—42	≥ 26
		Ст.3кп	33—40	38—47	24—22
		Ст.3	34—43	40—50	23—21
		Ст.4	36—45	42—52	21—19
		Ст.4а	40—48	46—56	19—17
		Ст.5	43—53	50—62	17—15
		Ст.6	52—62	60—72	13—11
	Wyższej jakości (ГОСТ 380-57, grupa III)	Ст.7	≥ 60	≥ 70	9—8
		M09	28—34	32—40	≥ 28
		M12	29—36	35—43	27—26
		M16	33—40	38—47	≥ 25
		M18а	34—43	40—50	24—22
		M21а	36—45	42—52	22—20
		M26а	40—48	46—56	20—18
		M31а	43—53	50—62	18—16
	Jakościowa (ГОСТ 914-56)	M44а	52—62	60—72	14—12
		M56а	≥ 60	≥ 70	10—9
		05	20	23	} 30—26
		08	24—33	28—38	
		10	24—36	28—42	27—24
		15	28—39	32—45	26—23
		20	30—44	35—50	24—22
		25	35—48	40—55	23—21
		30	38—53	45—60	21—19
		35	44—56	50—65	18—16
	40	45—58	52—67	17—15	
45	48—60	55—70	15—13		
50	48—65	55—75	13—11		
Taśma stalowa zimnowalco-wana	Niskowęglowa (ГОСТ 503-41)	OM	24—34	28—40	30
		M	28—40	33—45	20
		ПМ	32—44	38—50	10
		ПТ	36—48	42—55	4
		T	50—70	58—80	4

Nazwa stali		Marka stali	Wytrzymałość na ścinanie R_t w kG/mm ²	Wytrzymałość na rozciąganie R_p w kG/mm ²	Wydłużenie względne a_{10} w %
Taśma stalowa zimnowalcowana	Ze stali konstrukcyjnej (ГОСТ 2284-43), wyżarzzonej	15	28—43	32—50	22
		20	28—47	32—55	20
		25	30—52	35—60	18
		30—35	35—56	40—65	16
		40—45	38—60	45—70	15
		50—60	38—65	45—75	12
		65—70	38—65	45—75	10
	Ze stali konstrukcyjnej (ГОСТ 2284-43) umocniona	15	34—60	45—80	3
		20	38—64	50—85	2
		25	40—68	55—90	2
		30—35	50—70	65—95	2
		40	50—75	65—100	2
		45	52—80	70—105	1,5
		50—55	56—83	75—110	1,5
	Nierdzewna chromoniklowa (ГОСТ 4986-54)	M	46—52	54—60	45—35
		ПН	65—70	75—80	25—20
		H	86	100	13—15
		ОН	100	115	8
	Sprężynowa obrobiona cieplnie (ГОСТ 2614-55)	Grupa twardości			
		1τ	104—128	130—160	4
		2τ	120—145	150—180	3
		3τ	136—160	170—200	2,5
		4τ	Powyżej 150	Powyżej 190	2

- Uwagi. 1. W przypadku stali nie podanej w tablicy przyjmować $R_t = 0,8 \div 0,86 R_p$.
 2. W przypadku stali umocnionej w poprzednich operacjach należy brać górne wartości graniczne R_t i R_p .
 3. Przy wycinaniu i dziurkowaniu, gdy $d < 10 g$ należy przyjmować wytrzymałość według dolnej wartości granicznej.

Tablica 10. Własności mechaniczne blach i taśm z metali i stopów nieżelaznych stosowanych do tłoczenia na zimno

Nazwa materiału	Stan	Marka	Wytrzymałość na ścinanie R_t w kg/mm^2	Wytrzymałość na rozciąganie R_p w kg/mm^2	Wydłużenie względne a_{10} w %
Mosiądz	Miękki zimnowalcowany	Л 68 Л 62 ЛС 59-1	26 26 30	30 30 35	40 35 25
	Półtwardy zimnowalcowany	Л 68 Л 62	30 33	35 38	25 20
	Twardy zimnowalcowany	Л 68 Л 62 ЛС 59-1	34 36 40	40 42 45	15 10 5
Mosiądz manganowy	Miękki półtwardy	ЛМц 58-2	34 40	39 45	30 25
	Twardy		52	60	3
Braz cynowo-fosforowy i cynowo-cynkowy	Miękki	Бр.ОФ6,5-0,25 Бр.Ц 4-3	26	30	38
	Twardy		48	55	5
	Bardzo twardy		50	65	2
Braz aluminiowy	Wyżarzony	Бр.А 7	52	60	10
	Niewyżarzony		56	65	5
Miedź anodowa	Miękka	M1; M2 i M3	18	21	30
	Twarda		26	30	3
Aluminium	Miękkie	А0, А1, А2, А3	7	7,5—11	30—20
	Twarde		11	12—15	9—6
Duraluminium	Wyżarzony	D16M D16T	15—20	18—25	12
	Hartowany		27—30	34—38	15
Stopy magnezu	Zimne	МА1 МА8	12—14 15—18	17—19 23—24	3—5 14—15
			Podgrzane do 300°C	МА1 МА8	3—5 5—7
	Nikiel	Miękki Twardy	Н1, Н2, Н3	35 47	40 55
Nowe srebro	Miękkie	НМц 65-20		30	35
	Twarde		48	55	1
	Bardzo twarde		56	65	1
Cynk		Ц1, Ц2, Ц3, Ц4	12—20	14—23	40—36
Ołów		С1, С2, С3, С4	2—3	2,5—4	50—40
Stopy tytanu	Wyżarzone	BT1-1	36—48	45—60	≥ 25 —30
		BT1-2	44—60	55—75	≥ 20 —25
		BT5	64—68	80—85	≥ 15

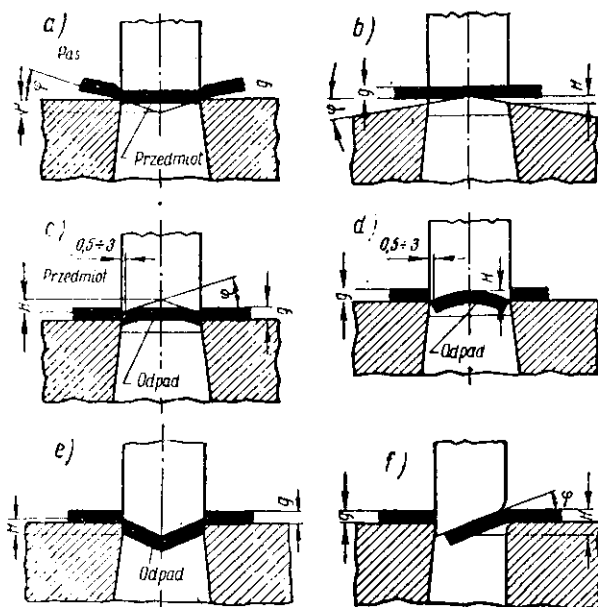
Uwaga. Dla materiałów nie podanych w tablicy przyjmować $R_p = 0,8 \div 0,86 R_t$.

Tablica 11. Porównawcze własności mechaniczne stopów aluminium

Marka stopu i jego stan	Wytrzymałość na rozciąganie R_t w kG/mm^2	Wydłużenie względne a w %	Wytrzymałość na ściskanie R_c w kG/mm^2	Marka stopu i jego stan	Wytrzymałość na rozciąganie R_t w kG/mm^2	Wydłużenie względne a w %	Wytrzymałość na ściskanie R_c w kG/mm^2
АМ	7,5—11,0	30—20	5—7	Д1М	16—22	12—18	11—13
АН	11,0—14,0	9—6	7—9	Д3	35—40	15—22	20—22
АМцМ	10,0—14,5	25—20	6—8	Д4	40—44	15—18	24—27
АМцП	14,5—19,0	12—6	9—10	Д5	43—48	12—8	28—30
АМцН	20,0—25,0	6—3	10,5—11,5	Д6	43—48	15—18	25—28
АМгМ	18—23	24—16	11—12	Д16М	20—25	12—18	12—13
АМгП	23—28	10—4	14—15	Д16Т	43,5—48,0	15—20	27—29
АВМ	11,0—14,5	25—20	6—8	Д16Н	46—50	14—8	28—30
АВТ	20—28	24—18	16—18	Д16М	15,0—21,5	14—20	—
АВТТ	30—35	16—10	20—22	Д16Т	40—44	15—18	26—28
Д1	38—42	15—20	22—24	Д16Н	42—46	13—8	28—30

Wymiar H w razie cienkich materiałów przyjmuje się zwykle równy grubości materiału, a w razie grubych — połowie grubości materiału.

Sily wycinania tłocznikami ze zukosowanymi stemplami lub matrycami oblicza się ze wzorów podanych w tabl. 16.



Rys. 10. Różne typy ukształtowania czołowej powierzchni stempli: a i b) przy wycinaniu; c, d, e) przy dziurkowaniu; f) przy nadciskaniu

Nacisk prasy przyjmuje się większy od obliczonej sily, zwykle przyjmuje się wartości zgodne z podanymi na str. 32.

W celu doboru prasy całkowitą siłę wycinania można określić ze wzorów podanych w tabl. 16 zmieniając R_t na R_c i dodając siłę potrzebną na ściśnięcie spychacza lub innego urządzenia sprężynującego.

Tablica 12. Wytrzymałość na ścinanie stali w stanie nagrzanym, w kG/mm²

Marka stali	Wytrzymałość na ścinanie przy temperaturze w °C					
	20	500	600	700	800	900
Ст. 1; Ст. 2	36	32	20	11	6	3
Ст. 3; Ст. 4	45	45	24	13	9	6
Ст. 5	53	55	33	16	9	7
Ст. 6	60	58	38	19	9	7
10; 15	36	32	20	11	6	3
20; 25	45	45	24	13	9	6
30; 35	53	55	33	16	9	7
40; 45; 50	60	58	38	19	9	7

- Uwagi. 1. Dane zawarte w tablicy stosuje się w spotykanych w praktyce przypadkach wykrawania półwyrobów z grubej blachy w stanie nagrzanym przy niedostatecznej mocy prasy.
 2. Do obliczeń potrzebnej siły należy przyjmować temperatury tłoczonego metalu w chwili tłoczenia.
 3. Zalecana temperatura stali w chwili tłoczenia 700 ÷ 900°C, gdzie 700°C — dolna granica temperatury tłoczonego metalu.
 4. W strefie kruchości na niebiesko (od 100 do 400°C) stal nie może być poddawana żadnej obróbce wskutek znacznego zwiększenia kruchości.

Tablica 13. Porównawcze własności mechaniczne stopów aluminium w stanie nagrzanym

Marka stali	Własności mechaniczne	Temperatura nagrzania w °C					
		24	150	200	260	315	370
AM	Q_r w kG/mm ²	3,5	2,5	2,1	1,4	1,05	0,7
	R_r w kG/mm ²	9,2	5,3	4,2	2,4	1,8	1,1
	a w %	45	65	70	85	90	95
AMцП	Q_r w kG/mm ²	12,6	10,6	6,3	3,5	2,1	1,4
	R_r w kG/mm ²	14,8	12,5	9,9	7,4	4,2	2,1
	a w %	16	17	22	25	40	60
AMrП	Q_r w kG/mm ²	24	19	7,8	5,5	3,15	1,75
	R_r w kG/mm ²	27,5	22,6	17,6	8,5	5,6	3,5
	a w %	10	16	35	80	100	120
Д16Т	Q_r w kG/mm ²	31	26,8	14,8	6,7	3,15	2,5
	R_r w kG/mm ²	48	32,5	19	10	5,3	3,5
	a w %	22	22	25	45	70	100
ABТ	Q_r w kG/mm ²	14	16,2	7,0	2,45	1,4	1,1
	R_r w kG/mm ²	24,5	19,0	9,2	3,5	2,1	1,4
	a w %	30	16	30	75	90	100
ABТТ	Q_r w kG/mm ²	28,2	17	7,8	2,5	1,4	1,1
	R_r w kG/mm ²	34	19,8	10	3,5	2,1	1,4
	a w %	16	20	30	65	90	100

Tablica 14. Własności mechaniczne stopów magnezu w stanie nagrzanym

Marka stopu	Sposób wycięcia próbki z arkusza	Temperatura nagrzania w °C															
		20		150		100		220		250		300		350		400	
		R_p w kG/mm ²	a w %	R_p w kG/mm ²	a w %	R_p w kG/mm ²	a w %	R_p w kG/mm ²	a w %	R_p w kG/mm ²	a w %	R_p w kG/mm ²	a w %	R_p w kG/mm ²	a w %	R_p w kG/mm ²	a w %
MA1	Równoległe do kierunku walcowania	23	7,5	16	11	12	17	18	30	6,5	40	5,5	51	4,5	60	2,5	76
	Prostopadłe do kierunku walcowania	21,5	5	15	8	11	15	18	30	6,5	40	5,5	51	4,5	60	2,5	76
MA8	Równoległe do kierunku walcowania	26,5	12	20	24	16	30	10,5	34	9	40	6,5	58	5	78	3,5	110
	Prostopadłe do kierunku walcowania	25	15	19	28	15	32	10,5	34	9	40	6,5	58	5	78	3,5	110

Tablica 15. Stosowane zwykle wymiary zukosowań

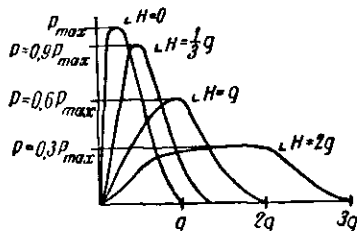
Grubość materiału g w mm	Zukosowanie H w mm	Kąt zukosowania φ w stopniach	Średnia siła cięcia od P_{max}
do 3 3-10	2 g g	do 5 do 8	30-40 60-65

Siłę potrzebną do ściągnięcia materiału ze stempla oblicza się ze wzoru

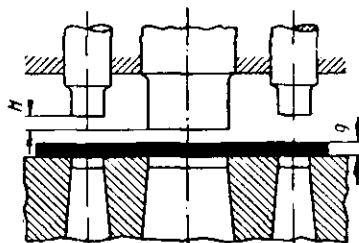
$$P_s = k_s P$$

gdzie P — całkowita siła potrzebna do wycinania w kG,

k_s — współczynnik zależny od rodzaju wykojnika i grubości materiału określany wg tabl. 17.



Rys. 11. Wykres zmniejszenia siły przy wycinaniu w tłocznikach ze skośnymi (zukośowanymi) czołowymi powierzchniami narzędzi



Rys. 12. Stopniowanie rozmieszczenia czołowych powierzchni stempli

Tablica 16. Przybliżone wzory do obliczania sił wykrawania narzędziami z pochyłymi krawędziami tnącymi (zukosowane powierzchnie czołowe)

Rodzaj wykrawania	Sposób zukosowania wg rys. 10	Wzory do obliczania sił wykrawania
Ogólny przypadek wykrawania pochyłymi krawędziami tnącymi	a b c d e	Wzór uproszczony $P = LgR_t k$ k — współczynnik dla L do 200 mm: przy $H = g$ $k = 0,4 \div 0,6$ przy $H = 2g$ $k = 0,2 \div 0,4$
Wykrawanie zarysów prostokątnych dwustronnie pochyłymi krawędziami tnącymi	a b	Przy $H > g$ $P = 2R_t \left(a + b \frac{0,5g}{H} \right) g$ Przy $H = g$ $P = 2gR_t (a + 0,5b)$
Wykrawanie zarysów kwadratowych krawędziami czterostronnie pochyłymi	c	$P = \frac{4g^2 R_t}{\tan \varphi}$
Wykrawanie zarysów okrągłych krawędziami dwustronnie pochyłymi	a b c	Przy $H = g$ $P = 0,66 \pi d g R_t$
Nadcinanie zarysu prostokątnego krawędziami jednostronnie pochyłymi	f	Przy $H > g$ $P = gR_t \left(a + b \frac{g}{H} \right)$ Przy $H = g$ $P = gR_t (a + b)$
Dokładniejsze lecz bardziej złożone wzory patrz [27] Przyjęte oznaczenia: H — wysokość zukosowania w mm; φ — kąt zukosowania w stopniach; a i b — szerokość i długość prostokątnego zarysu wykrawanego w mm; d — średnica okrągłego zarysu wykrawanego w mm		

W przypadkach wielostemplowego dziurkowania siła spychania jest większa, ponieważ występuje zaciskanie się materiału między stemplami.

Siłę konieczną do przepychania wyciętych części przez matrycę z cylindryczną szybką otworu oblicza się ze wzoru

$$P_p = k_p P \cdot n$$

gdzie.

P — całkowita siła wycinania w kG,

k_p — współczynnik określający stosunek P_p do P ,

$n = \frac{h}{g}$ — liczba części znajdujących się w walcowej części otworu tnącego,

h — wysokość walcowej części otworu tnącego matrycy w mm,

g — grubość wycinanych części w mm.

W przypadku wycinania z powrotnym wypychaniem na powierzchnię matrycy $n = 1$.

Tablica 17. Wartość współczynników k_s do obliczania siły spychania ze stempla

Grubość materiału w mm	Typ wykrojnika		
	Jednostemplowy do wycinania lub dziurkowania	Wielotaktowy (dziurkowanie-wycinanie)	Wielostemplowy dziurkownik
Do 1	0,02 ÷ 0,6	0,06 ÷ 0,08	0,10 ÷ 0,12
1 ÷ 5	0,06 ÷ 0,08	0,10 ÷ 0,12	0,12 ÷ 0,15
Ponad 5	0,08 ÷ 0,10	0,12 ÷ 0,15	0,15 ÷ 0,20

Współczynnik k_p wynosi średnio:

przy wypychaniu z matryc metalowych

$$k_p = 0,05 \div 0,10$$

przy powrotnym wypychaniu z matryc nieprzelotowych

$$k_p = 0,07 \div 0,14$$

przy czym większe wartości odnoszą się do cienkich materiałów [192].

W przypadku powrotnego wypychania siła jest większa wskutek wybrzuszenia wycinanych przedmiotów i zaciskania się ich w otworach matryc przy wypychaniu za pomocą nacisku od strony wypukłej.

Pracę cięcia wykrojnikiem o płaskich czołowych powierzchniach narzędzi oblicza się ze wzoru

$$A = x \frac{P_g}{1000} \text{ kGm}$$

gdzie: P — maksymalna wartość siły cięcia w kG,

g — grubość ciętego materiału w mm,

x — współczynnik określany ze stosunku $x = \frac{P_{sr}}{P}$.

Wielkość współczynnika x zależy od rodzaju i grubości materiału (tabl. 18)

Tablica 18. Wartości współczynnika $x = \frac{P_{sr}}{P}$

Materiał	Grubość materiału w mm			
	do 1	1 ÷ 2	2 ÷ 4	ponad 4
Stal miękka $R_t = 25-35 \text{ kG/mm}^2$	0,70 ÷ 0,65	0,65 ÷ 0,60	0,60 ÷ 0,50	0,45 ÷ 0,35
Stal średnio twarda $R_t = 35-50 \text{ kG/mm}^2$	0,60 ÷ 0,55	0,55 ÷ 0,50	0,50 ÷ 0,42	0,40 ÷ 0,30
Stal twarda $R_t = 50-70 \text{ kG/mm}^2$	0,45 ÷ 0,40	0,40 ÷ 0,35	0,35 ÷ 0,30	0,30 ÷ 0,15
Aluminium, miedź (wyżarzony)	0,75 ÷ 0,70	0,70 ÷ 0,65	0,65 ÷ 0,55	0,50 ÷ 0,40

Dla różnych materiałów ($R_t = 30 \text{ kG/mm}^2$ i $R_t = 60 \text{ kG/mm}^2$), przy jednakowej ich grubości i jednakowej średnicy wycinanych przedmiotów, siła wycinania P będzie w drugim przypadku dwa razy większa niż w pierwszym. Jednak P_{sr} zwiększy się tylko o 30 do 40%, wskutek zmniejszenia się względnego największego zagłębienia się stempla $\frac{h_p}{g}$ w fazie plastycznej, a więc wcześniejszego początku powstawania pęknięć poślizgowych.

Dlatego wielkość współczynnika x zmienia się (zmniejsza się) proporcjonalnie do największego względnego zagłębienia stempla w fazie odkształceń plastycznych.

Podane wyżej wartości odnoszą się do wycinania przy normalnym luzie między stemplem i matrycą (patrz tabl. 21). W razie małych luzów wielkość współczynnika x znacznie zwiększa się.

Ze wzoru na pracę cięcia widoczne jest, że siła wycinania jest limitowana graniczną wartością pracy prasy, w przypadku jej przekroczenia silnik prasy będzie przeciążony, co doprowadzi do zmniejszenia liczby obrotów i przegrzania silnika.

W tabl. 19 podano wartości dopuszczalnej siły wycinania w zależności od grubości materiału przy danej granicznej wartości pracy prasy.

Z tablicy tej wynika, że siła wycinania, jaką może wywierać prasa, zmniejsza się ze zwiększaniem się grubości materiału. Dlatego dobierając prasę należy brać pod uwagę nie tylko siłę lecz również pracę cięcia.

Graniczna wartość siły wywierana przez prasę przy cięciu może być dopuszczona nieco większa od wartości podanych w tabl. 19, w związku z dopuszczalnym przeciążeniem silnika podanym w jego charakterystyce.

Pracę cięcia wykrojnikiem o zukosowanych czołowych powierzchniach narzędzi oblicza się ze wzoru

$$A = x_1 P \frac{g + H}{1000} \text{ kGm}$$

Tablica 19. Siła wykrawania w zależności od grubości materiału przy danej pracy dla miękkiej stali ($R_t = 30 \text{ kG/mm}^2$)

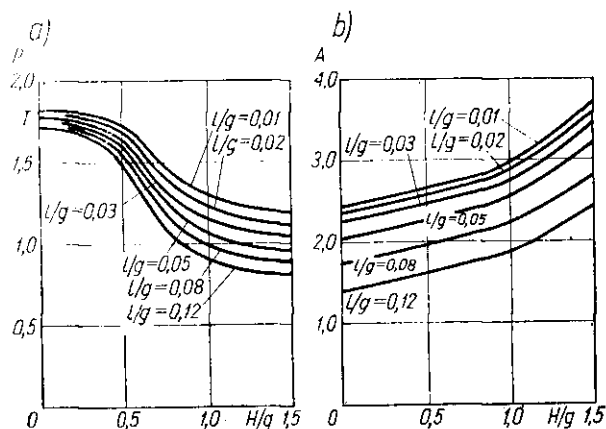
Praca w kGm	Grubość materiału w mm					
	1,0	1,5	2,0	2,5	3	4
	Siła wykrawania w T					
3	4,6	3,2	2,5	2,1	1,8	1,5
5	7,7	5,4	4,2	3,5	3,0	2,5
8	12,3	8,6	6,7	5,5	5,0	4,0
10	15,4	11	8,3	6,9	6	5
15	23	16	12,5	10	9	7,5
20	31	21,5	16,7	14	12	10
25	38,5	27	21	17	16	12,5
30	46	32	25	21	18	15
40	62	43	33	28	24	20
50	77	54	42	35	30	25
65	100	70	54	45	40	33
80	123	86	67	55	50	40
100	154	110	83	70	60	50
120	185	130	100	83	73	60
150	230	160	125	100	90	75
180	278	195	150	125	110	90
200	310	215	165	140	120	100
250	---	270	210	170	160	125
300	---	320	250	210	180	150
400	---	430	330	280	240	200
500	---	540	415	350	300	250

gdzie: P — siła cięcia zukosowanymi narzędziami w kG,
 H — wysokość zukosowania w mm,
 x_1 — współczynnik, przyjmowany dla miękkiej stali:

$$\text{przy } H = g \quad x_1 \approx 0,5 \div 0,6$$

$$\text{przy } H = 2g \quad x_1 \approx 0,7 \div 0,8$$

Zależność rozwijanej przez prasę siły wycinania narzędziami zukosowanymi od grubości materiału jest analogiczna do zależności podanej w tabl. 19, jednak war-



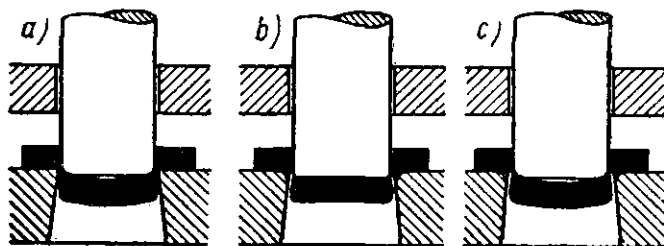
Rys. 13. Zależność siły i pracy cięcia od stopnia zukosowania czołowych powierzchni narzędzi i stosunku $\frac{l}{g}$ (względna wielkość luzu)

tość siły jest mniejsza. Zależność siły i pracy cięcia narzędziami zukosowanymi od wielkości zukosowania podano na rys. 13 [366].

7. Luz między matrycą i stemplem

Luzem nazywa się różnicę między wymiarami roboczych części matrycy i stempla. Luzy mają duże znaczenie technologiczne w procesie cięcia blach, zarówno ze względu na jakość wycinanych przedmiotów i wpływ na trwałość tłoczników, jak i na rozchód energii. Na rys. 5 podany był proces wycinania z normalnym (rys. 5a) i zbyt małym (rys. 5b) luzem oraz wygląd powierzchni ścięcia i jej wady.

Zadziory i wady powierzchni ścięcia powstają również wskutek nierównomiernego rozłożenia luzu na obwodzie lub stępienia krawędzi tnących matrycy i stempla.



Rys. 14. Powstawanie zadziorów w razie stępienia krawędzi tnących

Na rys. 14 przedstawiono schemat powstawania zadziorów wskutek stępienia krawędzi tnących. W razie stępienia krawędzi tnących stempla powstają zadziory na wycinanej części (rys. 14a). W razie stępienia krawędzi tnących matrycy zadziory

powstają na obwodzie otworu (rys. 14b). Jeżeli stępiona jest i matryca, i stempel, to zadziory powstają i na wycinanej części, i na obwodzie otworu (rys. 14c).

Praktyka ostatnich lat wykazała, że zagadnienie luzów jest niedostatecznie zbadane, a istniejące zalecenia wymagają sprecyzowania.

Różnorodność warunków produkcyjnych i wymagań stawianych wyrobom odnośnie do gładkości powierzchni ścicia oraz dokładności wymiarów uniemożliwia ustalenie jednakowej wielkości luzu dla wszystkich przypadków wykrawania.

Należy rozróżnić następujące podstawowe rodzaje wykrawania.

1. Zwykle wycinanie i dziurkowanie przedmiotów, od których nie wymaga się gładkiej powierzchni ścicia i dopuszcza się pochylenia bocznych powierzchni. W tym przypadku przyjmuje się normalne luzy.

2. Dziurkowanie otworów o gładkich ściankach (z małym pochyleniem) wykonuje się ze zmniejszonym luzem.

3. Wycinanie przedmiotów z grubej blachy, z dopuszczalną chropowatością na dużej części powierzchni bocznej, wymaga stosowania zwiększonych luzów.

4. Wycinanie małych przedmiotów z grubej blachy (typu nakrętek) z gładką powierzchnią ścicia wykonuje się przy małym luzie i zaokrąglonych krawędziach matrycy.

5. Wycinanie i dziurkowanie przedmiotów z miękkiego aluminium, nie dającego zwykle naderwań, wykonuje się stosując mały luz.

6. Wycinanie z silnym dociskaniem materiału daje gładką powierzchnię ścicia przy zastosowaniu małego luzu.

7. Wycinanie na szybkobieżnych prasach (> 200 skoków na minutę) wymaga zastosowania zwiększonych luzów w celu zwiększenia trwałości tłoczników.

Tablica 20. Orientacyjne wartości jednostronnego luzu w różnych przypadkach wykrawania

Zakres zastosowania	Grubość materiału <i>g</i> w mm	Wartość względnego luzu jednostronnego w % od <i>g</i>
Zwykle wycinanie i dziurkowanie	do 0,2 0,3 ÷ 3,0 3 ÷ 10 10 ÷ 25	0 (bez luzu) 3 ÷ 6 6 ÷ 10 10 ÷ 15
Dziurkowanie z gładkimi ściankami otworów	do 3 3 ÷ 10 10 ÷ 25	2 ÷ 4 4 ÷ 6 6 ÷ 8
Wycinanie i dziurkowanie aluminium	do 3 3 ÷ 10	2 ÷ 4 4 ÷ 6
Wycinanie i dziurkowanie stali elektrotechnicznej $\varnothing 2$ i $\varnothing 4$	—	3 ÷ 6
Wykrawanie na prasach szybkobieżnych	do 3	6 ÷ 10
Wycinanie bardzo dużych przedmiotów z cienkiej blachy	do 2	8 ÷ 10
Wycinanie gładkie (z dociskaniem)	do 8	0,8 ÷ 1,0 (0,05 ÷ 0,08 mm)
Wycinanie gładkie małych przedmiotów typu nakrętek z grubego materiału	ponad 6	1 ÷ 2

Tablica 21. Wartości początkowych luzów przy wykonywaniu wykrojników do wycinania i dziurkowania (luzy dwustronne) w mm

Grubość materiału w mm	Początkowy luz		Grubość materiału w mm	Początkowy luz	
	najmniejszy	największy		najmniejszy	największy
0,3	0,02	0,04	8	1,3	1,6
0,5	0,03	0,06	9	1,5	1,8
0,8	0,05	0,08	10	1,8	2,2
1,0	0,06	0,10	11	2,1	2,5
1,2	0,08	0,12	12	2,4	2,7
1,5	0,10	0,16	13	2,7	3,0
1,8	0,12	0,20	14	3,0	3,4
2,0	0,14	0,22	15	3,3	3,7
2,2	0,17	0,25	16	3,6	4,0
2,5	0,20	0,28	17	3,9	4,4
2,8	0,22	0,32	18	4,2	4,7
3,0	0,24	0,36	19	4,5	5,0
3,5	0,32	0,46	20	4,9	5,4
4,0	0,40	0,56	21	5,2	5,6
4,5	0,50	0,68	22	5,5	6,0
5	0,6	0,8	23	6,0	6,4
6	0,8	1,0	24	6,2	6,7
7	1,0	1,3	25	6,5	7,0

Uwagi: 1. Najmniejsze luzy początkowe są luzami nominalnymi. Największe luzy początkowe uwzględniają zwiększenie ich w granicach tolerancji wykonania stempla i matrycy.

2. Przy dziurkowaniu otworów z gładkimi ściankami w materiale o grubości do 5 mm należy przyjmować luz według dolnej granicy podanej w tablicy. W przypadku grubszych materiałów — zgodnie z tabl. 20.

3. W razie wycinania i dziurkowania w miękkim aluminium o grubości do 5 mm należy przyjmować luz według dolnej granicy, a w razie wycinania i dziurkowania twardych materiałów ($R_p > 50 \text{ kg/mm}^2$) — według górnej granicy, podanej w tablicy.

8. Praca na prasie o małej sztywności korpusu wymaga stosowania zwiększonych luzów wskutek znacznego sprężynowania korpusu i pochylenia stempla.

Stosowane wielkości jednostronnych luzów (szczelin) podane są w tabl. 20.

Ostatnio ustalono na podstawie badań [356], że dziesięciokrotne zmniejszenie luzu (z 0,1 na 0,01 g na stronę) prawie nie zmienia siły ścinania, natomiast zwiększa pracę cięcia (do 60%).

Różnica wielkości luzów dla różnych materiałów (z wyjątkiem aluminium i wysokowęglowej stali) jest stosunkowo mała, w praktyce pokrywa się ona z odchyłkami tolerancji wykonania stempli i matryc.

Dlatego w praktyce przyjmuje się wielkości luzów bez uwzględnienia rodzaju materiału według tabl. 21, w której podane są graniczne wartości luzów dopuszczalnych przy wykonywaniu wykrojników do wycinania i dziurkowania, wyrażone w częściach milimetra.

W czasie eksploatacji wskutek zużywania się roboczych części tłoczniaka luzy zwiększają się i stają się większe od podanych w tablicy.

Przy wykrawaniu z materiałów o grubości mniejszej od 0,3 mm przyjmuje się praktycznie tłoczniaki bez luzów. W tym przypadku roboczy zarys niezahartowanego stempla uzyskuje się za pomocą wtłoczenia go w hartowaną matrycę lub na odwrót.

W przypadku wycinania małych otworów ($d > 0,5 \text{ g}$ — patrz dalej) przyjmuje się luz od 1 do 1,5% g.

8. Wycinanie i dziurkowanie gładkie oraz wygładzanie

Zwykle wycinanie i dziurkowanie daje nierówną, lekko pochyłą i chropowatą powierzchnię ścięcia (rys. 5).

Gładkość powierzchni polyskującego paska zmierzona profilogramem wzdłuż zarysu wykroju odpowiada 7—8 klasie, a gładkość chropowatej powierzchni zmierzona w tym samym kierunku odpowiada 4—5 klasie gładkości wg ГОСТ 2789—51. Największe praktycznie znaczenie ma ocena nierówności powierzchni ścięcia w kierunku grubości wyciętego przedmiotu, zależnej od grubości materiału i wielkości luzu między stemplem i matrycą.

W tym przypadku nie stosuje się normy ГОСТ 2789—51, ponieważ jest ona przeznaczona do oceny mikrogeometrycznych nierówności, a nie do określania stożkowatości powierzchni ścięcia. Jednak, porównując stożkowatość powierzchni ścięcia z wartościami H_{max} według ГОСТ 2789—51, można dać następujące orientacyjne zestawienie nierówności powierzchni ścięcia przy wykrawaniu wyrażonych klasami gładkości:

Grubość materiału w mm do	1	1—2	2—3	3—4	4—5
Klasy gładkości	∇5	∇4	∇3	∇2	∇1

W szeregu przypadkach wykonania przedmiotów wykrawanych o zwiększonej dokładności (4, 3 i 2 klasy) wymagana jest gładka i prostopadła powierzchnia ścięcia, o gładkości do 8 klasy według ГОСТ 2789—51.

W tym przypadku stosowane są różne sposoby gładkiego wycinania i dziurkowania lub wygładzania, mające poważne zalety w porównaniu z drogą mało wydajną obróbką skrawaniem i dające gładką, polerowaną powierzchnię ścięcia, ściśle prostopadłą do powierzchni przedmiotu, przy wysokiej dokładności wykonania.

Podstawowe sposoby wycinania i dziurkowania podano w tabl. 22.

Gładkie wycinanie i dziurkowanie

Pierwszy sposób gładkiego wycinania polega na wywarceniu dużego nacisku na materiał, dochodzącego 50—60 kG/mm² i więcej. W materiale powstaje wtedy trójosiowy stan naprężenia, zwiększający plastyczność materiału. Dzięki temu nie powstają pęknięcia i otrzymuje się przedmiot o gładkiej powierzchni ścięcia i ostrych krawędziach.

Sposób ten stosuje się do wysoko obciążonych części o grubości 3 do 20 mm stosowanych w mechanizmach precyzyjnych.

Wymiary części są małe i ograniczone warunkiem ($d \leq 10$ g).

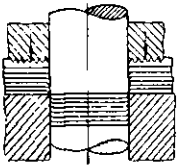
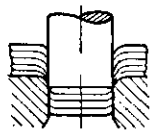
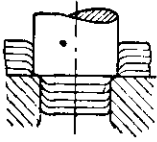
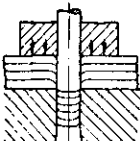
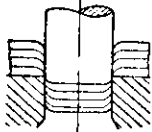
Drugi sposób gładkiego wycinania polega na zastosowaniu matryc z zaokrąglonymi (owalnymi) krawędziami (wymiary zaokrąglenia w kierunku wysokości $1 \div 1,5$ g, na powierzchni czołowej $0,1 \div 0,2$ g).

W danym przypadku w pobliżu owalnych krawędzi matrycy nie występuje nagle koncentracja odkształceń będących wynikiem działania naprężeń ścinających, dzięki czemu nie powstają pęknięcia poślizgowe. Metal napływa do szyjki matrycy, przy czym ziarna metalu bardzo się wydłużają, spłaszczają się w szelinie między stemplem i matrycą, tworząc bardzo gładką boczną powierzchnię wycinanego przedmiotu. Natomiast odpad ma na krawędziach wyciągnięte, ostre zadziory.

Sposób ten stosuje się zarówno w przypadkach wycinania z pasów, jak i przy usuwaniu nadmiaru z uprzednio wyciętych półwyrobów, na przykład przy wykonywaniu małych kół zębatach o małym module (z jednoczesnym dogniataniem w celu uzyskania dokładnego wymiaru grubości i ostrych krawędzi zębów).

Osiągalna gładkość obrobionej w podany sposób powierzchni odpowiada 8 klasie. Osiągalna dokładność wymiarów przedmiotów odpowiada 4—3 klasie dokładności.

Tablica 22. Główne sposoby wycinania i dziurkowania gładkiego

Sposoby		Schemat	Klasy gładkości powierzchni ściecia
Wycinanie gładkie	Z dociskaniem materiału (pod wysokim ciśnieniem)		6 ÷ 7
	W matrycy z zaokrąglonymi krawędziami tnącymi		8
	Stemplem o większych wymiarach niż matryca		7 ÷ 8
Dziurkowanie gładkie	Z dociskaniem materiału (pod wysokim ciśnieniem)		7
	Stemplem z zaokrąglonymi krawędziami tnącymi		8
	Z teleskopowym prowadzeniem stempla (małe otwory)	Patrz rys. 16	7

Należy zwrócić uwagę, że przedmiot po wypchnięciu go z matrycy rozpręży się o 0,02 do 0,05 mm.

Sposób ten stosowany jest do obróbki metali nieżelaznych oraz miękkiej stali. Luz między stemplem i matrycą nie powinien przekraczać 0,01 mm.

Trzeci sposób gładkiego wycinania — wycinanie stemplem zakrywającym otwór matrycy — stosuje się głównie do wyrobu przedmiotów z miękkich metali i stopów nieżelaznych.

W danym przypadku zamiast zwykłego wycinania następuje wyciskanie plastycznego metalu w otwór matrycy, podobnie jak przy tzw. wyciskaniu współbieżnym, przy czym nie występuje ścinanie.

Zwykle wymiar (średnica) stempla daje się większy od wymiaru otworu matrycy o 0,1 do 0,2 g.

W przypadkach gdy zarys przedmiotu jest zaokrąglony naddatek stempla rozkłada się równomiernie, natomiast gdy zarys przedmiotu ma kątowe wgłębienia i występy, naddatek w zewnętrznych (wystających) kątach zarysu daje się dwa razy większy, tj. od 0,2 do 0,4 g, a w wewnętrznych (wgłębionych) kątach — dwa razy mniejszy, tj. od 0,05 do 0,1 g.

W celu uzyskania lepszej gładkości powierzchni przedmiotu daje się na krawędziach matrycy małe sfazowania.

W dowolnym położeniu roboczym stempel powinien być oddalony od czołowej powierzchni matrycy o 0,1 do 0,2 mm.

Po wypchnięciu przedmiotu z matrycy poprzeczne jego wymiary odpowiadające wymiarom otworu matrycy zwiększają się o 0,02 do 0,05 mm.

Gładkość obrobionej w ten sposób powierzchni dosięga 8 klasy.

Dany sposób wycinania stosuje się zarówno w przypadkach wycinania z pasa materiału, jak i z uprzednio wyciętych z odpowiednimi naddatkami półwyrobów. Sposób ten jest szczególnie wskazany przy wyrobie przedmiotów o złożonym zarysie (kół zębatych, zapadek itp.), ponieważ przy zastosowaniu opisanego sposobu uzyskuje się dużą trwałość zębatego stempla.

Czwarty sposób, dziurkowanie przy wysokim nacisku, jest podobny do pierwszego gładkiego wycinania.

Sposób ten stosuje się do wykonywania małych otworów o średnicy d równej od 1 g do 0,25 g.

Piąty sposób, gładkie dziurkowanie stemplem o zaokrąglonych krawędziach, stosuje się do wykonywania otworów o średnicy $d > 3 g$ zarówno w stali, jak i metalach nieżelaznych.

Do dziurkowania grubych materiałów ($d < 3 g$) stosuje się stemple ze stożkowym zaszlifowaniem pod kątem 120° .

Sposób działania i charakter odkształcania jest podobny jak w procesie wycinania w matrycy z zaokrąglonymi krawędziami.

W danym przypadku ziarna metalu wydłużają się i wpływają w matrycę, rozplaszczają się i tworzą błyszczącą powierzchnię przedmiotu. Wypadający z matrycy odpadek ma wyciągnięte ostre zadziory.

Osiągana gładkość powierzchni odpowiada 8 klasie.

Szesty sposób, gładkie dziurkowanie stemplem prowadzonym, stosuje się w przypadkach wykonywania bardzo małych otworów ($d < g$).

Zwykle przyjmuje się jako graniczną wielkość wycinanych otworów średnicę $d = g$, a w przypadkach stożkowego zaszlifowania czołowej powierzchni stempla — $d = 0,8 g$.

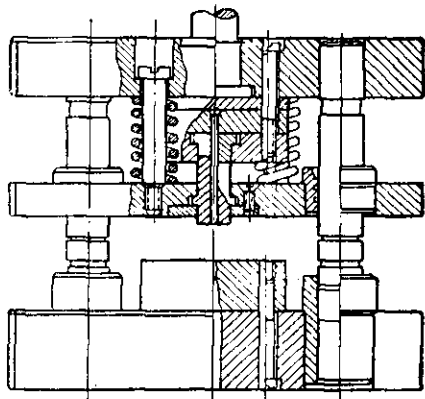
Dotyczy to jednak tylko zwykłego sposobu dziurkowania stemplem o swobodnie wystającym końcu roboczym.

Niedostateczna wytrzymałość i sztywność swobodnego końca stempla uniemożliwia wykonywanie nim otworów o średnicach mniejszych od grubości materiału. Dlatego otwory o małych średnicach wykonuje się za pomocą wiercenia.

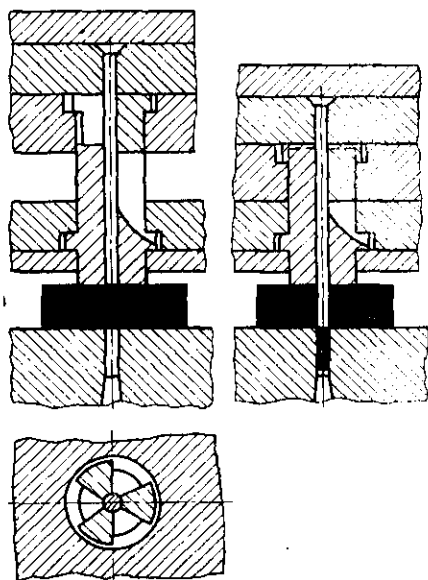
W ZSRR został opracowany i wprowadzony do przemysłu sposób wykonywania bardzo małych otworów ($d = 0,3 g$) za pomocą dziurkowania, oparty na specjalnej konstrukcji zamocowania i prowadzenia stempla oraz uprzednim silnym docisnięciu materiału dookoła wykonywanego otworu.

Na rys. 15 i 16 przedstawiony jest tłocznik i konstrukcja oprawy umieszczonego w nim stempla prowadzonego na całej długości w czasie ruchu roboczego, z wyjątkiem końca stempla zagłębnionego w materiale.

W górnej części stempel ma prowadzenie między trzema nieruchomymi zębami. W dolnej części stempel jest prowadzony w otworze ruchomej tulei dociskowej,



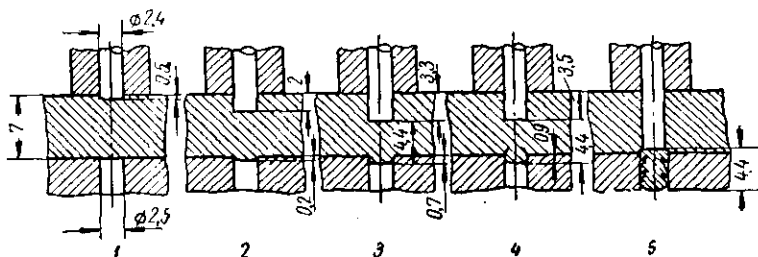
Rys. 15. Dziurkownik do otworów o bardzo małej średnicy



Rys. 16. Sposób teleskopowego prowadzenia stempla

mającej wyfrezowane rowki dla nieruchomych górnych zębów prowadzących. Dociskanie materiału do matrycy odbywa się za pomocą silnych sprężyn.

Po dociśnięciu materiału stempel wysuwa się z tulei prowadzącej i dziurkuje otwór o małej średnicy.



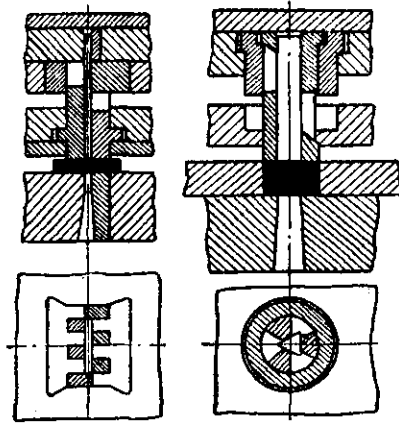
Rys. 17. Przebieg procesu dziurkowania małych otworów

Przebieg procesu dziurkowania podany jest na rys. 17. Jeżeli luz jest mały ($1 \div 1,5\%$ g), to wykonane otwory są gładkie, a odpad ma dwa lub trzy chropowate paski na powierzchni ściecia.

W podobny sposób można wykonać ciągle teleskopowe prowadzenie waskich i innych nieokrągłych stempli (rys. 18).

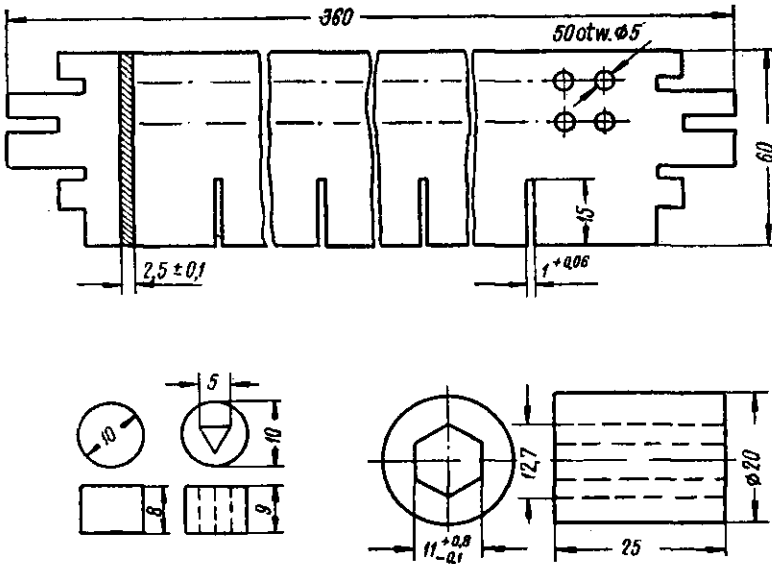
W ten sposób można wykonywać otwory o średnicach do 0,4 mm w stali, mosiądzu, aluminium, tekstolicie, getinaksie o grubości $g = 2 \div 3 d$ oraz nieokrągłe otwory, uzyskując przy tym wysoką gładkość powierzchni (rys. 19).

Rys. 18. Teleskopowe prowadzenie stempli o przekroju nieokrągłym



Obecnie opanowane jest dziurkowanie małych otworów w materiałach o grubości od 1 do 20 mm.

Stemple wykonane ze stali Y8A wykazują trwałość od 10 do 15 tys. części, a stemple ze stali stopowej — do 50 tys. części.



Rys 19. Przykłady przedmiotów z wąskimi wcięciami i otworami

W opisanym sposobie dziurkowania nie występuje ścinanie lecz wyciskanie materiału w otwór matrycy. Wskutek silnego dociskania materiału ($q \geq 0,5 Q_c$) w strefie dziurkowania powstaje stan naprężeń wszechstronnego ściskania, ułatwiający odkształcenia plastyczne.

Wyglądanie

Wyglądanie polega na usunięciu małego naddatku materiału na zewnętrznym zarysie przedmiotu uprzednio wyciętego lub na wewnętrznym zarysie otworu dziurkowanego. Celem tego procesu jest usunięcie chropowatych powierzchni ściecia i uzyskanie dokładnych wymiarów, ostrych krawędzi i gładkich powierzchni.

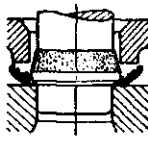
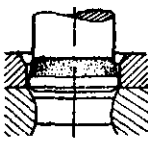
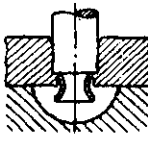
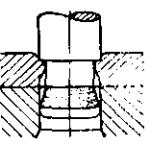
Podstawowe sposoby wyglądzania przedstawione są w tabl. 23.

Wyglądanie za pomocą ścinania naddatku jest najbardziej rozpowszechnione i szczególnie szeroko stosowane w produkcji zegarów i innych wyrobów precyzyjnych, mających części o bardzo złożonych zarysach (rys. 20).

Uzyskiwana za pomocą tej obróbki dokładność odpowiada 3, a nawet 2 klasie dokładności.

Proces wyglądzania polega w tym przypadku na skrawaniu naddatku na zewnętrznym zarysie lub w otworze przedmiotu. Wyglądanie przeprowadza się w tym samym kierunku co wycinanie, czyli przy wyglądzaniu zewnętrznego zarysu układa się przedmiot na matrycy zaokrąglonymi krawędziami w dół, a przy wyglądzaniu otworów — zaokrąglonymi krawędziami do góry.

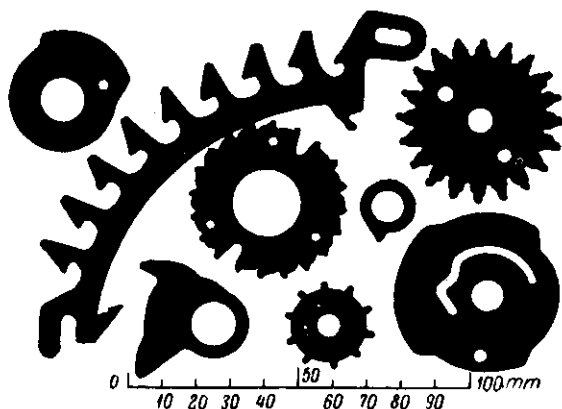
Tablica 23 Główne sposoby wyglądzania

Sposoby		Schemat	Klasy gładkości powierzchni ściecia
Wyglądanie zewnętrznego zarysu	Ścinaniem naddatku		7÷8
	Obciskaniem w stożkowej matrycy		7
Wyglądanie otworów	Ścinaniem naddatku		7÷8
	Jednocześnie z dziurkowaniem (stopniowanym stemplem)		7÷8

W przypadkach materiałów o grubości do 3 mm stosuje się zwykle jedną operację (zabieg) wyglądzania, natomiast gdy wymagania dotyczące gładkości są bardzo wysokie, lub gdy grubość materiału jest większa od podanej, stosuje się dwie, a nawet trzy operacje wyglądzania, ponieważ przy jednorazowym wyglądzaniu, w końcowej fazie procesu następuje odłupywanie wióra, a nie skrawanie (rys. 21a).

Wyższą jakość wygładzanej powierzchni, z nieznacznym śladem oderwania ostatniego elementu wióra, uzyskuje się za pomocą wygładzania na specjalnych prasach (rys. 21b).

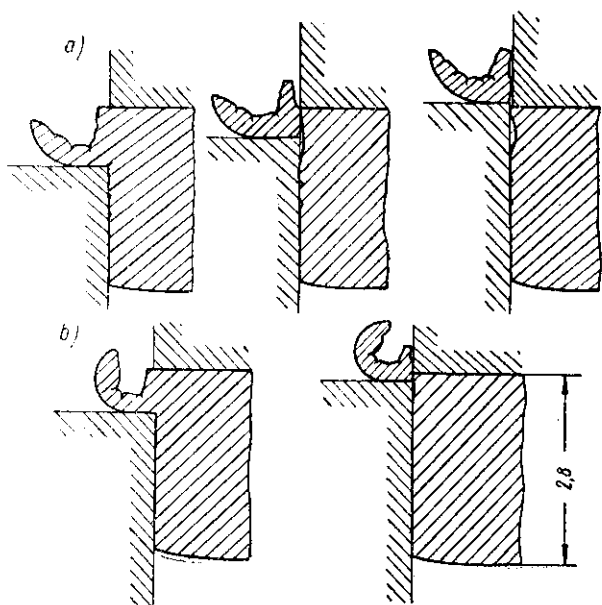
W pasach tych podczas roboczego ruchu suwaka stempel wygładzający wykonuje ruchy drgające, które ułatwiają skrawanie wióra.



Rys. 20. Przedmioty poddawane wygładzaniu

Częstotliwość drgań wynosi $700 \div 1000$ na minutę, a amplituda drgań — około $0,05$ mm.

W tym sposobie wygładzania stempel w skrajnym dolnym położeniu oddalony jest od czołowej powierzchni matrycy o $0,05 \div 0,1$ mm, a wygładzany przedmiot jest wypychany z matrycy następnym przedmiotem.



Rys. 21. Ścinanie wióra w końcowej fazie wygładzania: a) przy zwykłym wygładzaniu na specjalnych prasach o drgającym ruchu narzędzia

Stempel nie jest dopasowywany do matrycy dzięki czemu tłocznik przeznaczony do takiego wygładzania jest znacznie tańszy.

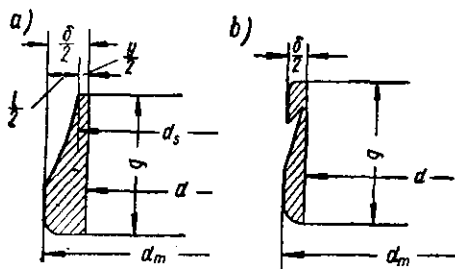
Jakość wygładzanej powierzchni zależy w znacznym stopniu od grubości ścinania

nej (skrawanej) warstwy czyli nadatku na wygładzanie. Im mniejsza grubość skrawanej warstwy, tym wyższa jest jakość wygładzania.

Istnieją dwa sposoby określenia wielkości nadatku na wygładzanie (rys. 22).

Pierwszy sposób oparty jest na wycinaniu na wykrojnیکach z dużym luzem ($\frac{l}{2} = 6 \div 8\%g$) i uzyskiwaniu stożkowej powierzchni bocznej (rys. 22a). Oprócz usuwanej warstwy stożkowej daje się osobny nadatek na wygładzanie $\frac{y}{2}$.

Ostatecznie otrzymuje się sumaryczny nadatek nieco za duży $\frac{\delta}{2} \geq 0,1 g$, co powoduje powstawanie odłupania przy wygładzaniu.



Rys. 22. Wielkość nadatku na wygładzanie

Drugi sposób oparty jest na maksymalnym zmniejszeniu nadatku na wygładzanie. W tym celu wycinanie wykonuje się tłocznikiem o małym luzie ($\frac{l}{2} = 2 \div 4\%g$), a boczną powierzchnię półwyrobu otrzymuje się z naderwaniem i z drugą strefą ścinania (rys. 22b).

Grubość skrawanej warstwy zmniejsza się w tym przypadku do $\frac{\delta}{2} \leq 0,08 g$, co ułatwia proces wygładzania i polepsza jakość powierzchni.

Sposób ten, wypróbowany doświadczalnie przez Timmerbeila [366], nie jest jeszcze dostatecznie wypróbowany w warunkach produkcyjnych.

Każdy z opisanych sposobów może mieć zalety w różnych warunkach w zależności od rozmiarów wytwarzanych przedmiotów, rodzaju tłoczniaka do wygładzania oraz sposobu podawania i ustalania półwyrobu.

Tablica 24. Wymiary roboczych części wykrojnیکów do przedmiotów poddawanych następnie wygładzaniu

Wymiary części roboczych	Sposób 1	Sposób 2
	Wycinanie ze zwiększonym luzem (rys. 22a)	Wycinanie z małym luzem (rys. 22b)
Wymiar (średnica) matrycy do wycinania	$d_m = d + l + y$	$d_m = d + \delta$
Wymiar (średnica) stempla do wycinania	$d_s = d + y$	$d_s = d_m - l$
Wartość jednostronnego luzu	$\frac{l}{2} = 0,06 \div 0,08 g$	$\frac{l}{2} = 0,02 \div 0,04 g$
Nadatek na wygładzanie	$y = 0,15 \div 0,25 mm$ (lub wg tabl. 25)	—
Sumaryczny nadatek na wygładzanie	$\delta = l + y$	$\frac{\delta}{2}$ — patrz rys. 23

d — ostateczny wymiar przedmiotu (pozostałe oznaczenia wg rys. 22).

Przy wygładzaniu przedmiotów średniej wielkości w tłocznikach jednoczesnych, z dociskiem i dobrym ustaleniem półwyrobu, należy stosować małe naddatki na wygładzanie i małe luzy przy wycinaniu (rys. 22b).

Przy wygładzaniu bardzo małych przedmiotów w tłocznikach z ruchomym urządzeniem podającym, nie zapewniającym dokładnego ustalania części, należy stosować zwiększone naddatki na wygładzanie i większe luzy przy wycinaniu (rys. 22a).

W tabl. 24 podane są wzory do obliczania wymiarów roboczych części tłoczników do wycinania (wykrojników).

W tabl. 25 podano wielkości dwustronnych naddatków na wygładzanie, odpowiadające pierwszemu sposobowi (wycinanie z dużym luzem).

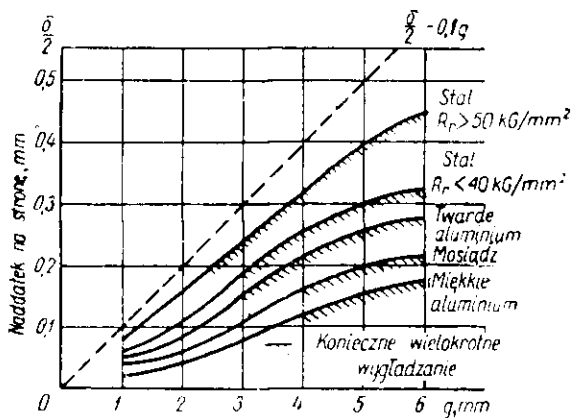
Tablica 25. Dwustronne naddatki na wygładzanie w mm

Grubość materiału w (mm)	Mosiądz, miękka stal		Stal średnio twarda		Twarda stal	
	najmniejszy	największy	najmniejszy	największy	najmniejszy	największy
0,5 ÷ 1,6	0,10	0,15	0,15	0,20	0,15	0,25
1,6 ÷ 3,0	0,15	0,20	0,20	0,25	0,20	0,30
3,0 ÷ 4,0	0,20	0,25	0,25	0,30	0,25	0,35
4,0 ÷ 5,2	0,25	0,30	0,30	0,35	0,30	0,40

Najmniejszy naddatek stosuje się na wygładzanie przedmiotów o prostych zarysach, a największy — na wygładzanie przedmiotów z ostrymi występami.

W przypadku wielokrotnego wygładzania naddatek na drugie i dalsze wygładzanie przyjmuje się najmniejszy z podanych w tabl. 25.

Rys. 23. Wykres służący do określania grubości warstwy skrawanej przy wygładzaniu zewnętrznego zarysu



Według danych zaczerpniętych z niektórych zakładów naddatek na wygładzanie niezależnie od grubości materiału wynosi:

- dla przedmiotów o opływowym zarysie $0,08 \div 0,12$ mm na stronę
- dla przedmiotów o małych zaokrągleniach $0,10 \div 0,13$ mm na stronę.

Na rys. 23 podany jest wykres służący do określania jednostronnego naddatku na wygładzanie (grubości skrawanej warstwy) $\frac{\delta}{2}$ dla drugiego sposobu przygotowania półwyrobu [366].

Liczbę koniecznych operacji wygładzania, zależną od grubości materiału i złożoności zarysu, określa się w następujący sposób:

Złożoność zarysu	Grubość materiału	
	do 3 mm	ponad 3 mm
Zarys opływowy	1	2
Zarys złożony z ostrymi występami	2	3÷4

W celu polepszenia gładkości przy wygładzaniu twardej stali krawędzie skrawające matrycy lekko zaokrągla się ($r = 0,2$ mm).

Jednokrotne wygładzanie zapewnia następującą dokładność przedmiotów (o wymiarach do 50 mm):

Grubość materiału w mm	Dokładność w mm
do 1	0,01 ÷ 0,015
1 ÷ 3	0,025 ÷ 0,03
3 ÷ 5	0,035 ÷ 0,04

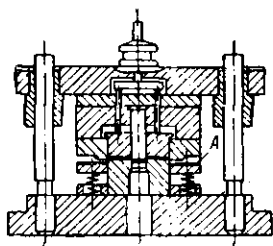
Dokładność większych przedmiotów jest mniejsza.

Tłoczniki do wygładzania (wygładzaki) pracujące przelotowo stosuje się głównie do obróbki małych przedmiotów typu części zegarkowych.

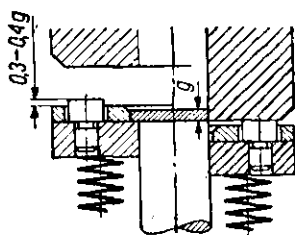
Tłoczniki takie nie dają dobrych wyników przy obróbce dużych przedmiotów. W tych przypadkach stosuje się wygładzaki podobne budową do wykrojników jednoczesnych ze spychaczem i wypychaczem (rys. 24).

Ustalanie półwyrobu odbywa się za pomocą ramki *A* lub za pomocą dodatkowych otworów ustalających. Ostatni sposób ustalania daje lepsze rezultaty.

Otwory, które muszą być dokładnie położone w stosunku do zarysu zewnętrznego, wygładza się jednocześnie z zewnętrznym zarysem.



Rys. 24. Tłocznik jednoczesny do wygładzania zewnętrznego zarysu i otworu



Rys. 25. Przestrzeń na odpady (wióry) przy wygładzaniu

W wygładzakach jednoczesnych powinna być przewidziana szczelina na odpady powstające przy wygładzaniu. W tym celu na spychaczu umieszcza się walcowe zderzaki, tworzące szczelinę o wysokości $b = 0,3 \div 0,4$ g (rys. 25).

Wypychanie przedmiotów z matrycy wygładzającej wymaga znacznej siły dociskającej 20% siły wycinania.

Luz między stemplem i matrycą wygładzaka przyjmuje się w granicach $0,006 \div 0,01$ mm. Wysokość szyjki matrycy wynosi zwykle $6 \div 8$ mm

Siłę potrzebną do wygładzania za pomocą skrawania nadłatku można obliczyć ze wzoru

$$P_w = 0,5\delta LR_1 + \Sigma Q$$

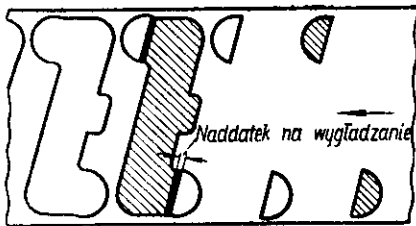
gdzie: $0,5\delta$ — jednostronny naddatek w mm,

L — obwód wygładzonego przedmiotu w mm,

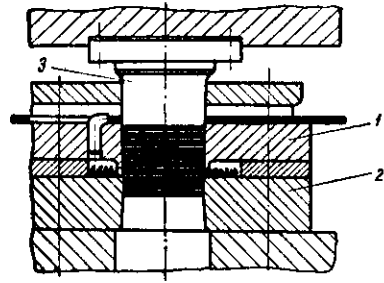
ΣQ — suma sił przepychania, ściskania sprężyn wypychaczy i spychaczy itp. w kG.

W niektórych przypadkach wymagane jest wygładzanie tylko małej części zarysu. Zabieg taki wykonuje się w procesie złożonego tłoczenia w tłocznikach wielotaktowych (rys. 26).

Wygładzanie na całym obwodzie może być połączone w jednym tłoczniku z wycinaniem (rys. 27). W tym przypadku łączenie zabiegów usytuowane jest pionowo,



Rys. 26. Wielotaktowe wykrawanie z wygładzaniem części zarysu



Rys. 27. Złożone wycinanie-wygładzanie: 1 — matryca do wycinania, 2 — matryca do wygładzania, 3 — stempel do wycinania

a tłocznik ma dwie matryce — wycinającą i wygładzającą. Nacisk stempla wycinającego przenosi się na półwyrob wygładzany poprzez stos wyciętych półwyrobów.

Wygładzanie za pomocą obciskania w stożkowej matrycy stosuje się znacznie rzadziej i głównie do materiałów bardzo plastycznych. Naddatek na obciskanie przyjmuje się nie większy od $0,04 \div 0,06$ mm na stronę.

Gładkość powierzchni i dokładność wygładzania tym sposobem jest nieco mniejsza niż przy ścinaniu nadłatku.

Wygładzanie tym sposobem niekiedy łączy się z wycinaniem stosując pionowe rozmieszczenie matryce (wycinająca — górna, wygładzająca — dolna).

Wygładzanie otworów

Wygładzanie otworów stosowane było najpierw głównie w przemyśle zegarowym, obecnie znajduje ono zastosowanie w różnych gałęziach budowy maszyn i aparatów precyzyjnych (maszyny do liczenia i do pisania, maszyny kasowe itp.).

Dziurkowanie w tłocznikach jednoczesnych i wygładzanie zapewnia wyższą dokładność zarówno wymiarów otworów jak i ich rozstawienia w porównaniu z otworami wierconymi w uchwytych.

W przypadku wygładzania otworów istnieją również dwa sposoby określania nadłatków na wygładzanie (rys. 28).

Pierwszy sposób oparty jest na dziurkowaniu z dużym luzem i otrzymaniu otworu ze stożkowym odłupaniem (rys. 28a), drugi sposób — na dziurkowaniu z małym luzem (rys. 28b).

Tablica 26. Wymiary roboczych części wykrojników do dziurkowania otworów poddawanych następnie wygładzaniu

Wymiary części roboczych	Sposób 1	Sposób 2
	Dziurkowanie ze zwiększonym luzem (rys. 28a)	Dziurkowanie z małym luzem (rys. 28b)
Wymiar (średnica) stempla dziurkującego	$d_s = d_o - (l + y)$	$d_s = d_o - \delta$
Wymiar (średnica) matrycy dziurkującej	$d_m = d_o - y$	$d_m = d_s + l$
Wartość jednostronnego luzu	$\frac{l}{2} = 0,06 \div 0,08 g$	$\frac{l}{2} = 0,02 - 0,04 g$
Naddatek na wygładzanie	$y = 0,15 \div 0,20 mm$	—
Sumaryczny naddatek na wygładzanie	$\delta = l + y$	$\frac{\delta}{2}$ — patrz na rys. 29

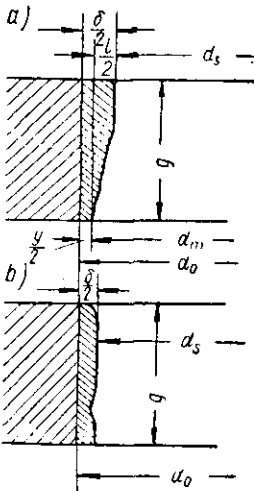
d_o — ostateczny wymiar otworu (pozostałe oznaczenia wg rys. 28).

W tabl. 26 podane są wzory służące do obliczania roboczych części tłoczników do dziurkowania.

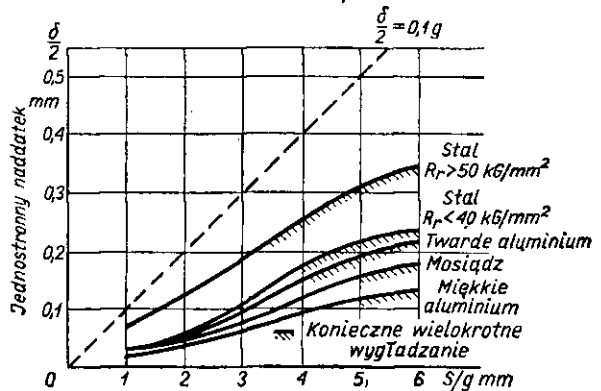
Na rys. 29 przedstawiony jest wykres [366], z którego znajduje się wielkość jednostronnego naddatku na wygładzanie w zależności od rodzaju materiału i jego grubości.

Miękkie aluminium zwykle nie wymaga wygładzania, ponieważ gładką powierzchnię ścięcia można uzyskać przy dziurkowaniu z zastosowaniem małego luzu (2%g na stronę).

W produkcji zegarków wygładza się otwory o małych średnicach. Ponieważ w tym przypadku grubość materiału jest znacznie większa od średnicy otworu,



Rys. 28. Wielkość naddatku na wygładzanie otworu



Rys. 29. Wykres służący do określania grubości warstwy ścinanej przy wygładzaniu otworów

to wygładzanie otworu przeprowadza się bez zetknięcia się stempla z krawędziami tnącymi matrycy (rys. 30). Wiór ma kształt rurowy składający się z elementów pierścieniowych.

Średnicę wgłębienia na wióry przyjmuje się równą $D > 1,5 d$.

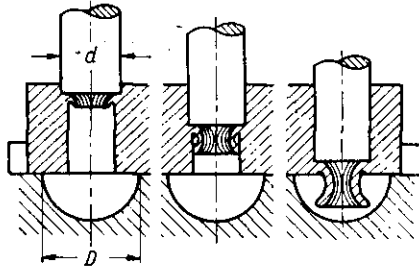
Naddatek (na średnicy) na wygładzanie otworu przyjmuje się zwykle:

po wierceniu $0,1 \div 0,15$ mm

po dziurkowaniu $0,15 \div 0,20$ mm

W budowie mechanizmów precyzyjnych wielkość nadatku zależy również od tolerancji wymiarów rozstawienia otworów [167].

Rys. 30. Wygładzanie małych otworów



Przy wygładzaniu otworów półwyrobów układa się na matrycy tak, aby zaokrąglone jego krawędzie były skierowane do stempla.

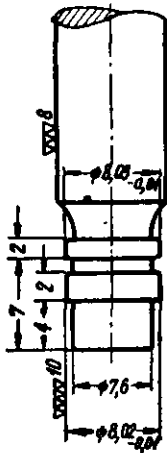
Po wygładzeniu wymiar otworu zmniejsza się wskutek sprężynowania materiału:

w metalach nieżelaznych o $0,005 \div 0,01$ mm

w miękkiej stali o $0,008 \div 0,015$ mm

Okoliczność tę należy przewidzieć przy projektowaniu stempla wygładzającego [167].

Dokładność wygładzania małych otworów zawarta jest zwykle w granicach $0,01 \div 0,02$ mm w odniesieniu do średnicy.



Rys. 31. Stempel do dziurkowania, wygładzania i kalibrowania otworu

Wykonywanie wygładzania jednocześnie z dziurkowaniem stosuje się gdy stosunek $\frac{d}{g} \geq 3 \div 4$, a grubość materiału przekracza 3 mm [133].

Średnicę stempla dziurkującego określa się według średnicy matrycy do wygładzania z uwzględnieniem podwójnej wielkości luzu w porównaniu ze zwykłą jego wielkością.

W ten sposób wielkość uskoku przy krawędzi wygładzającej przyjmuje się równą normalnemu luzowi dla danej grubości materiału.

Na rys. 31 przedstawiony jest stempel do dziurkowania, wygładzania i kalibrowania otworu o średnicy 8,03 mm w przedmiocie o grubości 2 mm. Drugi pierścień na stemple służy do kalibrowania. W celu uniknięcia odkształcenia przedmiotu dziurkowanie z wygładzaniem powinno być wykonywane podczas dociskania przedmiotu do powierzchni matrycy.

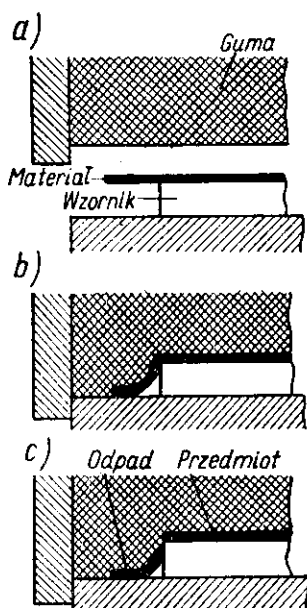
9. Wykrawanie gumą

Wykrawanie gumą stosuje się głównie w produkcji drobnoseryjnej stosunkowo dużych przedmiotów z cienkich materiałów:

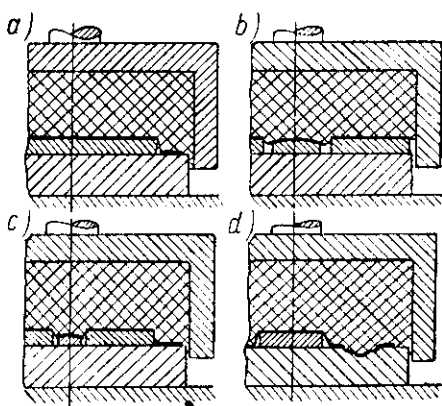
aluminium do 2,0 mm
duraluminium do 1,2 mm
mięka stal do 1,0 mm

W produkcji wielkoseryjnej i masowej stosuje się wykrawanie gumą małych przedmiotów z bardzo cienkich materiałów (folia o grubości 0,01 ÷ 0,005 mm).

Na rys. 32 przedstawiony jest proces wykrawania gumą. Na płycie podstawowej ustawiony jest wzornik (stempel) wykonany w postaci stalowej płyty o grubości



← Rys. 32. Wycinanie gumą



Rys. 33. Schematy różnych operacji wykrawania gumą: a) wycinanie, b) dziurkowanie (wykrawanie otworów), c) wycinanie i dziurkowanie, d) złożone dziurkowanie i wygniatanie

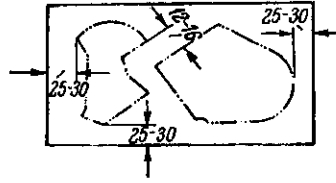
6 ÷ 10 mm. Zewnętrzny zarys wzornika odpowiada zarysowi wykrawanego przedmiotu. Gruba poduszka gumowa, zastępująca matrycę, umieszczona jest w oprawie przymocowanej do suwaka prasy i uniemożliwiającej wyciskanie gumy na boki. Na rys. 32a przedstawiona jest początkowa faza procesu, gdy na wzorniku ułożony jest materiał z nadkładem na obrzeżu. W czasie opuszczania się suwaka prasy guma wygina wystające poza wzornik obrzeże materiału wyjściowego (półwyrobu) i dociska go do płyty podstawowej (rys. 32b). W czasie dalszego opuszczania się

suwaka prasy guma naciskając na wygięte obrzeże odcina je (odrywa) wzdłuż krawędzi wzornika (rys. 32c).

W ten sposób wykonywane są następujące operacje: wycinanie zewnętrznego zarysu (rys. 33a), dziurkowanie (rys. 33b), jednoczesne wycinanie i dziurkowanie (rys. 33c) i złożona operacja wygniatań i wycinania (rys. 33d).

Wykrawanie gumą wykonywane jest zwykle na specjalnych prasach hydraulicznych, przy czym z zasady stosuje się grupowe wykrawanie wielu przedmiotów

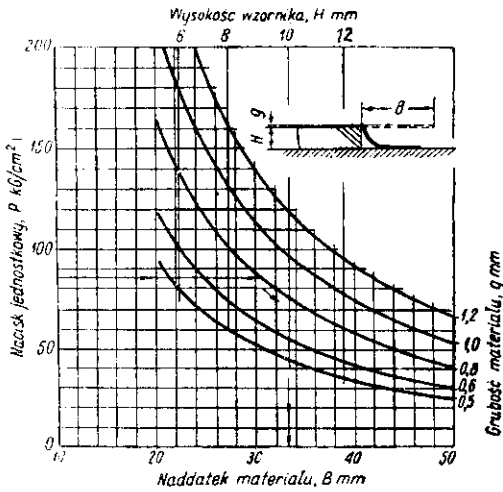
Rys. 34. Rozmieszczenie wzorników (stempli) przy wycinaniu gumą



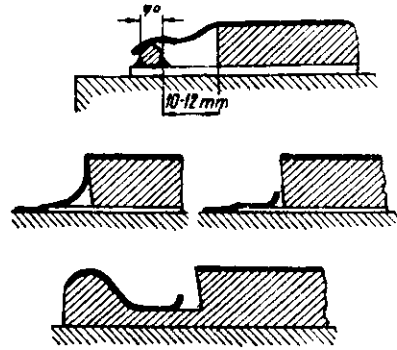
z jednego arkusza. W tym celu na płycie podstawowej układa się szereg wzorników (do 80 sztuk) przedmiotów o różnych kształtach. Ponieważ wzorniki muszą być ustawione w dużych odstępach (12 ÷ 16 mm), wykrawanie gumą jest nieekonomiczne ze względu na znaczny rozchód materiału (rys. 34).

Na rys. 35 przedstawiony jest wykres służący do określenia minimalnego nadatku na wycinanie gumą (zewnętrznego zarysu), wykonany dla blachy duraluminowej Д2, Д4 i Д16, w stanie wyżarzonym [17].

W celu zmniejszenia nadatków na wycinanie gumą stosuje się specjalne podpory lub podkładki, do których dociskane są obrzeża materiału (rys. 36).



Rys. 35. Wykres służący do określenia nadatku materiału odcinanego gumą



Rys. 36. Wzorniki (stempla) wycinające z podporami do przytrzymywania brzoгу materiału

Przedmioty wycinane gumą mają zwykle chropowate krawędzie, dlatego stosowana jest następną operacją wyrównywania krawędzi przedmiotów ułożonych w pakiety na specjalnych frezarkach.

Wykrawanie małych przedmiotów wykonuje się na prasach korbowych i ciernych.

W tym przypadku lepiej jest umieścić gumę w dolnej części tłoczніка a wzornik przymocowuje się do suwaka (rys. 37) [226].

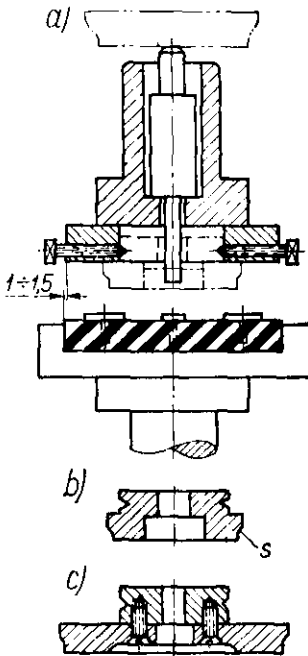
Wymagany nacisk przy wykrawaniu gumą określa się na podstawie powierzchni gumy i jej nacisku jednostkowego. Długość linii wykrawania oraz istnienie wykrawanych otworów nie ma w danym przypadku istotnego znaczenia.

Wymagany nacisk (siłę) oblicza się ze wzoru

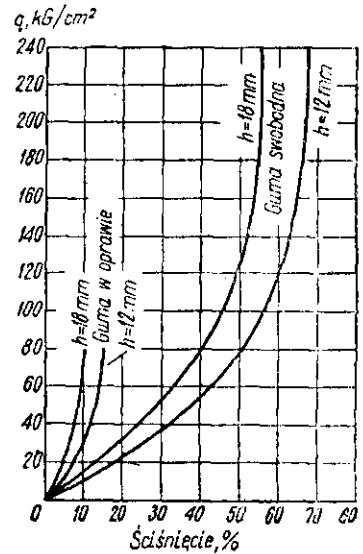
$$P = Fq$$

gdzie: F — powierzchnia gumy w cm^2 ,

q — nacisk jednostkowy gumy konieczny do wykrawania w kG/cm^2 .



Rys. 37. Schemat tłoczніка do wycinania gumą małych przedmiotów: a) tłocznik, b) i c) typy wzorników; s — skos do ułatwienia usuwania odpadów



Rys. 38. Zależność nacisku jednostkowego od ściśnięcia gumy

Nacisk jednostkowy konieczny do wykrawania duraluminu wyżarzonego podano w tabl. 27 [83].

Nacisk jednostkowy wywierany przez gumę zależy od stopnia ściśnięcia, poza tym będzie on różny w zależności od tego, czy guma może się swobodnie rozsze-

Tablica 27. Nacisk jednostkowy gumy potrzebny do wycinania z wyżarzonego aluminium

Grubość materiału w mm	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
Nacisk jednostkowy w kG/cm^2	55	70	82	104	130

rzać na boki, czy rozszerzanie jest ograniczone oprawą poduszki gumowej. W ostatnim przypadku guma znajduje się w stanie wszechstronnego ściskania, a ciśnienie wywierane przez gumę jest podobne do hydrostatycznego ciśnienia cieczy.

Zależność nacisku jednostkowego od stopnia ściśnięcia gumy podana jest na rys. 38. Grubość warstwy gumy nie powinna być mniejsza od pięciu grubości wzornika.

Najmniejsze wymiary otworów, które mogą być wykrawane gumą zależą od nacisku jednostkowego wywieranego przez gumę.

Najmniejsze wymiary otworów wykrawanych w duraluminie podane są w tabl. 28.

Tablica 28. Najmniejsze wymiary okrągłych otworów wykrawanych w duraluminie

Grubość materiału w mm	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0
Najmniejsza średnica w mm	7	7	10	11	12	14
Nacisk jednostkowy w kG/cm^2	85	140	170	210	230	290

Jeżeli naciski jednostkowe są mniejsze, to wymiary najmniejszych otworów wykrawanych gumą są znacznie większe.

Z wykresu przedstawionego na rys. 38 widoczne są zalety zastosowania gumy w oprawie, ponieważ duży nacisk jednostkowy uzyskuje się już przy małym odkształceniu gumy. Wpływa to bardzo dodatnio na trwałość gumy, ponieważ najlepsze warunki pracy i największą trwałość gumy występują przy stopniu odkształcenia wynoszącym $20 \div 25\%$, a graniczny stopień odkształcenia swobodnej gumy wynosi $40 \div 45\%$.

W procesie tłoczenia następuje zużycie i zniszczenie wierzchniej warstwy gumy, którą okresowo ścina się do głębokości $15 \div 25$ mm.

Do wykrawania stosuje się gumę o następujących własnościach mechanicznych [79].

wytrzymałość na rozciąganie	$30 \div 36 \text{ kG/cm}^2$
wydłużenie względne	$300 \div 400\%$
wydłużenie trwałe	$15 \div 20\%$
skrócenie pod ciśnieniem 100 kG/cm^2	$40 \div 55\%$
twardość Shore'a	80

W zakładach naprawy samochodów stosuje się z powodzeniem do wykrawania podkładek plastry gumy wyciętej ze zużytych opon samochodowych [226] zamiast nowej gumy w arkuszach.

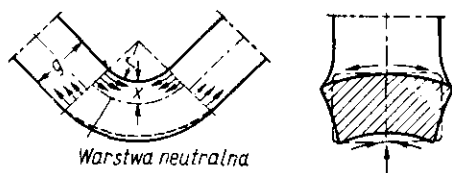
GIĘCIE

10. Proces gięcia blachy

Gięcie blachy jest procesem sprężysto-plastycznego odkształcania mającym różny przebieg z każdej strony zginanego materiału.

Warstwy materiału od wewnętrznej strony zgięcia czyli od strony stempla są ściskane i skracają się w kierunku wzdłużnym, a rozciągają się i wydłużają w kierunku poprzecznym. Zewnętrzne warstwy (od strony matrycy) rozciągają się i wydłużają w kierunku wzdłużnym, a skracają się w kierunku poprzecznym. Między wydłużonymi i skróconymi warstwami znajduje się warstwa neutralna, której długość jest równa początkowej jej długości. W przypadku gięcia wąskich pasów powstaje silne zniekształcenie poprzecznego przekroju, polegające na zmniejszeniu grubości w miejscu gięcia, poszerzeniu wewnątrz kąta, zakrzywieniu przekroju i zwięźnieniu od zewnętrznej strony (rys. 39).

W wyniku zmniejszenia grubości materiału i odkształcenia poprzecznego przekroju warstwa neutralna nie znajduje się w środku przekroju w miejscu zgięcia, lecz jest przesunięta w stronę małego promienia. Gięcie szerokich pasów i arkuszy też powoduje zmniejszenie grubości materiału, lecz bez zniekształcenia poprzecznego



Rys. 39. Schemat procesu wyginania

przekroju, ponieważ odkształceniu materiału w kierunku poprzecznym przeciwdziałają opór materiału o dużej szerokości.

Dlatego schematy stanu naprężeń i odkształceń są różne w przypadkach wąskich i szerokich półwyrobów [236].

W większości przypadków w czasie gięcia występują bardziej złożone odkształcenia, gdy w materiale oprócz wzdłużnych rozciągających i ściskających naprężeń powstają, pod wpływem nacisku skrajnych warstw materiału na warstwy wewnętrzne, promieniowe naprężenia ściskające osiągające największą wartość w warstwie obłożonej.

Podczas gięcia wąskich półwyrobów powstaje trójosiowy stan odkształcenia, ponieważ materiał w miejscu gięcia odkształca się w trzech kierunkach. W miarę zwiększania się szerokości zginanego półwyrobu poprzeczne odkształcenie stop-

niowo zmniejsza się w wyniku większego oporu spowodowanego dużą szerokością półwyrobu. Dlatego w przypadku szerokich półwyrobów można przyjąć, że odkształcenie w kierunku poprzecznym jest równe zero i że w tym przypadku występuje płaski (dwuosiowy) stan odkształcenia.

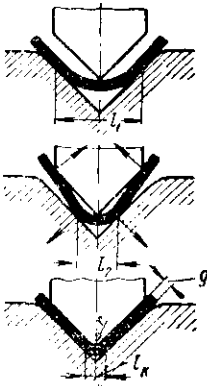
Biorąc pod uwagę niezmiennosc objętości materiału można stwierdzić, że w tym przypadku wydłużenie w jednym kierunku będzie równe skróceniu w kierunku prostopadłym.

Należy rozróżnić dwa przypadki gięcia:

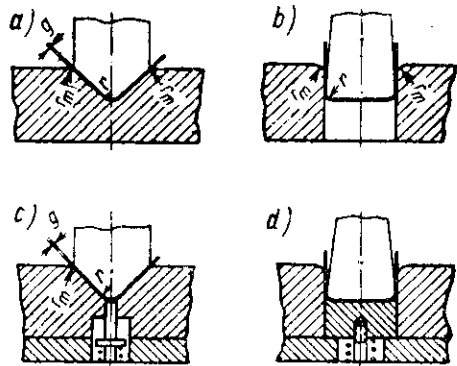
- 1) gięcie o małym promieniu zaokrąglenia i dużym stopniu odkształcenia,
- 2) gięcie o dużym promieniu zaokrąglenia i małym stopniu odkształcenia.

Podczas gięcia o małym promieniu zaokrąglenia naprężenia i odkształcenia skupiają się pod krawędzią stempla i rozprzestrzeniają się na znacznej długości półwyrobu między krawędziami oporowymi. Wskutek tego półwyrob wygina się według krzywej zbliżonej do paraboli.

Przebieg procesu wyginania przedstawiony jest na rys. 40. Podczas całego procesu wyginania półwyrob ma promień wewnętrznego zaokrąglenia większy od promienia stempla, przy czym w procesie wyginania następuje stopniowe zmniejszanie promienia krzywizny i ramienia gięcia (l_1, l_2, l_3).



Rys. 40. Przebieg procesu wyginania



Rys. 41. Sposoby wyginania w tłocznikach:
a i b) bez dociskania materiału, c) z dociskaniem materiału (półwyrobu)

Promień zaokrąglenia stopniowo zmniejsza się i następuje przyleganie półwyrobu w dwóch miejscach do ścianek matrycy a w pewnej chwili — docisnięcie do stempla w trzech miejscach. Dopiero w końcu skoku, podczas dotaczającego (kalibrującego) uderzenia stempla, półwyrob całkowicie przylega do stempla.

Wyginanie w tłocznikach może być wykonywane dwoma sposobami (rys. 41):

- 1) bez dociskania półwyrobu,
- 2) z dociskaniem półwyrobu.

Wyginanie bez dociskania stosuje się do wykonywania przedmiotów (części) o małej dokładności (7 klasy), ponieważ może występować przesunięcie półwyrobu podczas procesu gięcia.

Wyginanie z dociskaniem stosuje się do wyrobów o wyższej dokładności (5 klasy), ponieważ w tym przypadku nie występuje przesuwanie się półwyrobu podczas procesu wyginania.

11. Warstwa neutralna

W tłoczeniu na zimno stosuje się w większości przypadków gięcie o małym promieniu zakrzywienia, któremu towarzyszy zmniejszenie grubości materiału i przesunięcie warstwy neutralnej w kierunku włókien ściskanych, a w wąskich pasach oprócz tego występuje zmiana prostokątnego przekroju poprzecznego w trapezowy.

Promień zakrzywienia warstwy neutralnej, przy czystym gięciu próbki o przekroju prostokątnym (rys. 42), znajduje się z następującego wzoru [88]:

$$\varrho = \frac{R+r}{2} \alpha\beta = (r+0,5g\alpha)\beta$$

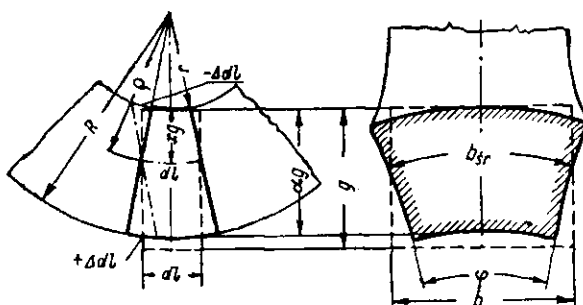
gdzie: R — zewnętrzny promień zgiętego przedmiotu w mm,
 r — wewnętrzny promień zgiętego przedmiotu w mm,

$\alpha = \frac{g_1}{g}$ — współczynnik ścienienia,

$\beta = \frac{b_{sr}}{b}$ — współczynnik poszerzenia.

Wzór ten określa bieżące położenie warstwy neutralnej i charakteryzuje ciągłe przesuwanie się jej w kierunku środka krzywizny w czasie procesu gięcia, ponieważ promień, a w związku z tym i położenie warstwy neutralnej, zależy głównie od stosunku $\frac{r}{g}$ i od współczynnika ścienienia α . Współczynnik β dla $b > 2g$ jest równy jedności.

Ponieważ przy kątowym gięciu ścienienie jest różne w różnych przekrojach promieniowych i osiąga największą wartość w przekroju osiowym, to promień warstwy neutralnej jest też różny w tych przekrojach.



Rys. 42. Odształcenie przestrzennego elementu przy gięciu --- przed gięciem, — po gięciu

Tak więc linia warstwy neutralnej w miejscu gięcia nie jest łukiem koła, lecz krzywą typu paraboli zawartą między dwoma łukami o promieniach ϱ i ϱ_0 (rys. 43).

Należy zaznaczyć, że warstwa neutralna nie jest jakąś warstwą w znaczeniu fizycznym, którą można przedstawić wizualnie lub innymi sposobami, lecz przedstawia umowną krzywoliniową powierzchnię przechodzącą przez różne warstwy półwyrobu.

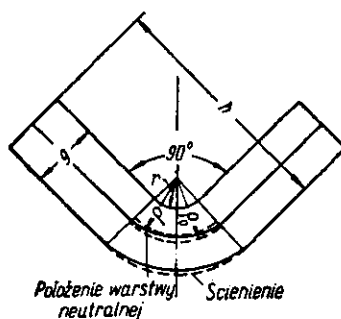
Ze względu na to, że trudno jest obliczać długość krzywej parabolicznej przyjmuje się, że długość warstwy neutralnej w miejscu zgięcia jest równa długości łuku o promieniu ϱ (najmniejszym promieniu krzywizny warstwy neutralnej w przekroju osiowym). Powstałe w ten sposób zmniejszenie obliczeniowej długości warstwy neutralnej jest technologicznie uzasadnione, ponieważ ścienienie materiału przy gięciu nie ogranicza się do części zakrzywionej, a rozprzestrzenia się i na przy-

legające do niej prostoliniowe części półwyrobu, co w pewnym stopniu zwiększa długość przedmiotu.

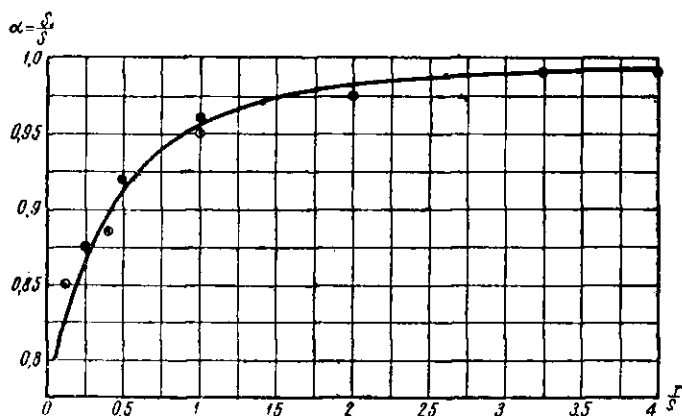
Współczynnik ścienienia przy gięciu zależy od plastyczności materiału, stopnia odkształcenia i kąta gięcia.

Zagadnienie ścieniania materiału przy gięciu, mimo przeprowadzenia szeregu prac badawczych [84], nie jest jeszcze w pełni zbadane i wymaga dalszych teoretycznych i doświadczalnych badań.

Rys. 43. Położenie warstwy neutralnej



Do celów praktycznych mogą być stosowane współczynniki ścienienia ustalone doświadczalnie na podstawie pomiarów próbek z miękkiej stali zginanych o kąt 90° (rys. 44).



Rys. 44. Współczynniki zmniejszenia grubości (ścienienia) przy gięciu o kąt 90° (stal 10—20)

Zwykle zamiast promienia warstwy neutralnej stosuje się współczynnik określający odległość tej warstwy od powierzchni wewnętrznej zgiętego przedmiotu. W przypadku gięcia szerokich półwyrobów współczynnik ten znajduje się ze wzoru

$$x = \frac{e - r}{g} = \frac{\alpha^2}{2} - \frac{r}{g} (1 - \alpha)$$

W tabl. 29 podane są sprawdzone w praktyce wartości współczynnika x w przypadku gięcia o kąt 90° szerokich pasów ze stali 10—20.

Wyżej podane informacje odnoszą się do przypadków, gdy gięcie odbywa się bez rozciągania odginanych półek oraz bez ścieniania lub zaklinowywania ich między matrycą i stemplem. W tych przypadkach warstwa neutralna staje się fikcyjna i wychodzi poza granice grubości materiału.

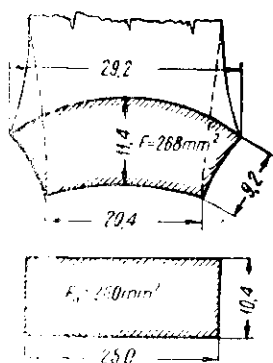
Tablica 29. Wartości współczynnika x przy gięciu pod kątem 90° (stal 10—20)

Stosunek $\frac{r}{g}$	0,1	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
Współczynnik x	0,30	0,33	0,35	0,36	0,37	0,38	0,385	0,405
Stosunek $\frac{r}{g}$	1,0	1,5	1,8	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
Współczynnik x	0,42	0,44	0,45	0,455	0,46	0,47	0,475	0,48

Wzór na promień krzywizny warstwy neutralnej jest słuszny dla dowolnego kąta gięcia, natomiast współczynnik ścienienia jest różny dla różnych kątów (na przykład przy gięciu o kąt $90^\circ \div 180^\circ$).

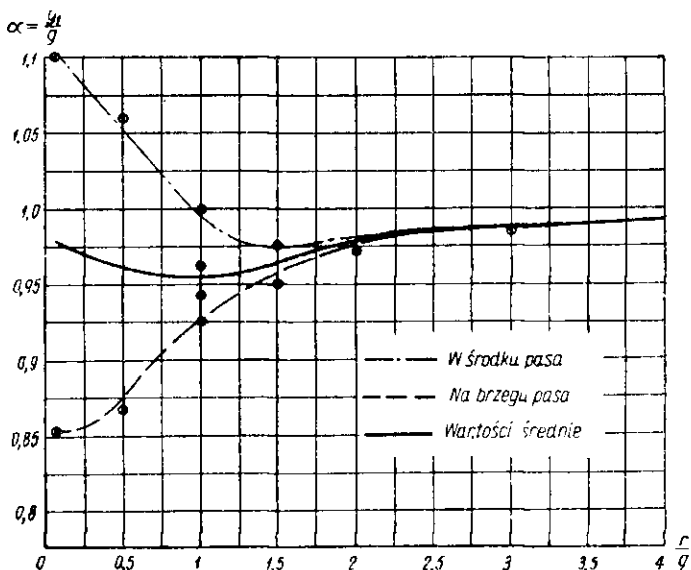
Należy zaznaczyć, że zwykle zginanie o kąt 180° na zimno może być wykonywane tylko przy $r \approx g$. Zginanie o kąt 180° z mniejszym zaokrągleniem, lub do pełnego styku półek (ramion), może być wykonane za pomocą dodatkowego docisnięcia uprzednio zgiętego przedmiotu. Przy czym nie jest to już czyste zginanie, ponieważ następuje silne spłaszczenie materiału w miejscu zakrzywienia, wskutek czego zmienia się charakter odkształcenia.

Stwierdzono doświadczalnie [88], że wskutek ściskania zgiętych próbek z miękkiej stali do styku ramion w środkowej części próbki zamiast ścienienia występuje zgrubienie materiału (rys. 45), przy małym zwiększeniu pola poprzecznego prze-



Rys. 45. Odkształcenie poprzecznego przekroju przy gięciu o kąt 180° i $r < 0,5g$ (stal 20)

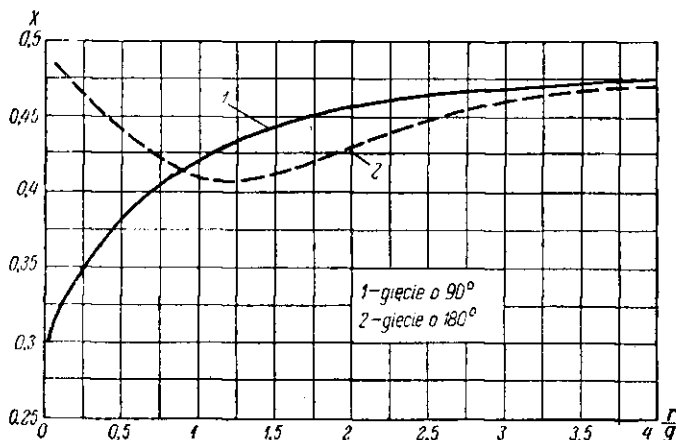
Rys. 46. Współczynniki zmiany grubości przy gięciu o kąt 180° i $B > 3g$ (stal 10—20)



cięciu próbki (do 3%). Badanie makro- i mikrostruktury tych próbek umożliwiło odkrycie drobnych pęknięć i naderwań powstających od wewnętrznej strony kąta wygiętego przedmiotu wskutek spłaszczenia i wyciskania metalu.

Świadczy to o tym, że gdy wewnętrzny promień gięcia jest równy zeru ($r = 0$), to powstaje bardzo złożone odkształcenie plastyczne towarzyszące spłaszczeniu.

Na rys. 46 podane są krzywe wyznaczone doświadczalnie, przedstawiające zależność współczynnika ścienienia od stosunku promienia gięcia do grubości materiału ($\frac{r}{g}$) dla próbek z miękkiej stali, giętych o kąt 180° . Górna krzywa wykreślona jest na podstawie pomiarów grubości w środku próbek, dolna — na podstawie pomiarów na brzegach próbek. Środkowa krzywa daje średnią wartość

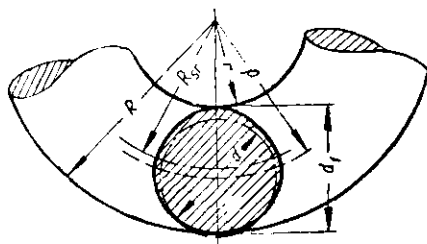


Rys. 47. Współczynniki określające położenie warstwy neutralnej przy gięciu

współczynnika ścienienia, niezbędną do określenia położenia „zastępczej” warstwy neutralnej służącej do dokładnego określenia długości półwyrobu przeznaczanego do gięcia o kąt 180° .

Na rys. 47 przedstawiony jest wykres zależności współczynnika x od stosunku $\frac{r}{g}$, dla gięcia półwyrobów z miękkiej stali o kąt 90° (krzywa 1) i o kąt 180° (krzywa 2).

Krzywa 2 podaje położenie „zastępczej” warstwy neutralnej, przyjmowanej tylko do obliczenia długości półwyrobu.



Rys. 48. Zniekształcenie przekroju okrągłego pręta przy gięciu o promieniu $r < d$

Podczas gięcia półwyrobów o innych przekrojach (okrągłych, rombów, trapezowych) charakter odkształcenia poprzecznego przekroju będzie inny.

Podczas gięcia prętów okrągłych o średnicy d dookoła trzpienia lub stempla o promieniu $r \geq 1,5d$ przekrój poprzeczny prawie się nie zmienia i praktycznie pozostaje okrągły.

W przypadkach gięcia prętów okrągłych przy małym promieniu gięcia ($r < 1,5d$) okrągły przekrój półwyrobu odkształca się i przybiera kształt owalny albo jajowaty obrócony wydłużoną stroną do środka kąta między półkami przedmiotu (rys. 48). Wymiary owalnego przekroju są większe od wymiarów przekroju pierwotnego.

Promień krzywizny warstwy neutralnej może być w danym przypadku określony ze wzoru

$$\varrho = \left(r + \alpha_1 \frac{d}{2} \right) \alpha_1$$

gdzie: $\alpha_1 = \frac{d_1}{d}$ — współczynnik ścienienia w kierunku promieniowym,

d i d_1 — średnica pręta przed i po gięciu,

r — promień gięcia.

Położenie warstwy neutralnej (odległość od wewnętrznej powierzchni o najmniejszym promieniu) przy gięciu okrągłych prętów aluminiowych podano w tabl. 30.

Tak więc warstwa neutralna, w przypadku gdy promień gięcia $r \geq 1,5 d$, przechodzi przez środek okrągłego przekroju, a w przypadku gdy promień gięcia $r < 1,5 d$ — przez przesunięty w dół środek ciężkości odkształconego przekroju

Tablica 30. Współczynnik x określający położenie warstwy neutralnej przy gięciu prętów okrągłych

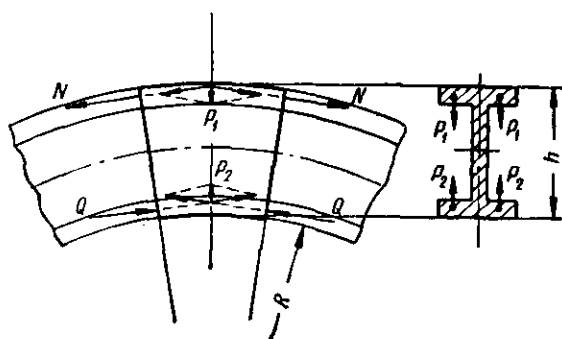
Promień gięcia	$\geq 1,5 d$	d	$0,5 d$	$0,25 d$
Współczynnik x	$0,5 d$	$0,51 d$	$0,53 d$	$0,55 d$

Gięcie boczne pasów (szerokością skierowane prostopadłe do linii gięcia) jeszcze nie jest zbadane. Podane wyżej wzory nie odnoszą się do tego rodzaju gięcia.

Jednak w pierwszym przybliżeniu, przy gięciu bocznym i stosunku $\frac{r}{g} \geq 2$, można posługiwać się wartościami współczynnika podanymi w tabl. 29.

Gięcie kształtowników walcowanych, przy dużych promieniach gięcia ($r \geq 10h$), wykonuje się przeważnie na gietarkach rolkowych, lub na specjalnych prasach do gięcia. Dlatego w tych przypadkach można z dostateczną dokładnością przyjąć, że warstwa neutralna przechodzi przez środek ciężkości poprzecznego przekroju.

Podczas gięcia kształtowników następuje zniekształcenie przekroju poprzecznego wskutek tego, że działające w półkach kształtownika siły N i Q wytwarzają pro-



Rys. 49 Schemat działania sił przy gięciu kształtowników

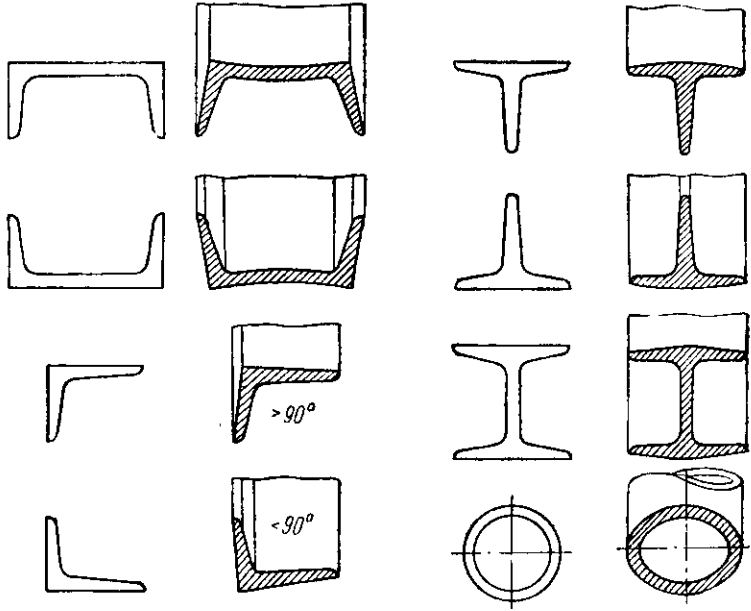
mieniowe naprężenia p_1 i p_2 odginające półki w kierunku do środka kształtownika (rys. 49).

W kształtownikach o innych profilach półki wyginają się tak, że wytrzymałość na zginanie maleje, co powoduje zmniejszanie się momentu zginającego i siły gięcia.

Na rys. 50 przedstawione są zniekształcenia przekrojów różnych kształtowników powstałe wskutek gięcia.

W tłoczeniu na zimno stosowana jest często operacja zawijania elementów o kształcie zawias wykonywana za pomocą nacisku stempla mającego półkoliste wybranie (rys. 51). Podczas takiej operacji następuje złożone odkształcenie plastyczne składające się z gięcia i niesymetrycznego ściskania siłą tarcia.

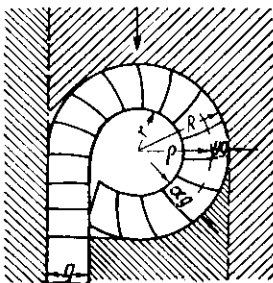
Zawijanie za pomocą tłoczenia wykonuje się stosując promień zawijania $R < 3,3g$, gdyż tylko przy takich wartościach R materiał nie traci statecz-



Rys. 50. Odkształcenie przy gięciu przekrojów kształtowników walcowanych

ności. Dlatego do zawijania przedmiotów o kształcie zawias zwykle stosuje się $R = 2 \div 3,2g$. W przypadkach większych promieni zawijania należy stosować trzpienie o średnicy równej wewnętrznej średnicy zawinięcia.

Przy zawijaniu za pomocą nacisku stempla na krawędź płaskiego półwyrobu brzeg materiału pozostaje niezaokrąglony. W celu uniknięcia tej wady należy uprzednio zaokrąglić brzeg półwyrobu na odcinku objętym kątem 90° .



Rys. 51. Zawijanie brzegów płaskich półwyrobów

Zaokrąglenie brzegu wykonuje się niekiedy przy wycinaniu półwyrobu. W tym przypadku wystarcza zaokrąglenie na odcinku objętym kątem $45 \div 50^\circ$.

Promień krzywizny warstwy neutralnej przy zawijaniu naciskiem stempla można określić z następującego wzoru

$$\varrho = R - yg = R - \frac{1 - 0,5(k+1)\alpha'}{\frac{1}{\alpha'} - k} g$$

gdzie: α' — współczynnik zmiany grubości materiału,

$k = \frac{r}{\varrho_g}$ — współczynnik krzywizny gięcia,

ϱ_g — promień warstwy neutralnej w przypadku gięcia bez ściskania.

Tablica 31. Współczynniki $\frac{\varrho}{g}$, y i α

Współczynniki obliczeniowe	Względny promień $\frac{R}{g}$									
	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	
Stosunek $\frac{\varrho}{g}$	1,2	1,38	1,56	1,74	1,92	2,11	2,3	2,5	2,7	
Współczynnik y	0,4	0,42	0,44	0,46	0,48	0,49	0,5	0,5	0,5	
Współczynnik α	1,1	1,06	1,04	1,025	1,015	1,01	1,005	1,00	~1,0	

W tabl. 31 podane są przybliżone wartości $\frac{\varrho}{g}$, y , α' , w zależności od danego stosunku $\frac{R}{g}$ dla stali 10—20, obliczone z wyżej podanego wzoru.

Do obliczenia wymiarów materiału wyjściowego do zawijania zawias służy wzór podany w tabl. 36.

Omówiona poprzednio warstwa neutralna jest warstwą neutralną odkształceń (warstwą zerowego wydłużenia) mającą duże praktyczne znaczenie, ponieważ dokładne określenie jej położenia jest konieczne do obliczenia długości półwyrobu (materiału wyjściowego) granicznego dopuszczalnego promienia itp.

Od tej warstwy neutralnej należy odróżnić warstwę neutralną naprężeń, w której następuje zmiana znaku naprężeń (ściskanie—rozciąganie).

Położenie warstwy neutralnej naprężeń można określić ze wzoru otrzymanego z analizy rozkładu naprężeń w przekroju poprzecznym [84]:

$$\varrho_n = \sqrt{Rr} = r \sqrt{1 + \frac{\alpha g}{r}}$$

gdzie ϱ_n — promień warstwy neutralnej naprężeń.

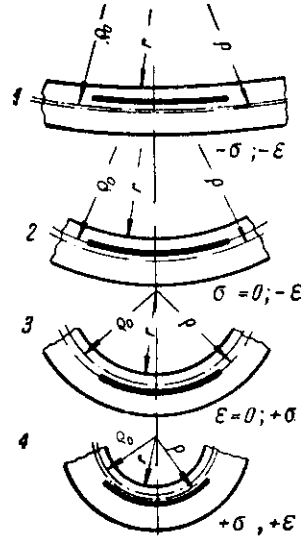
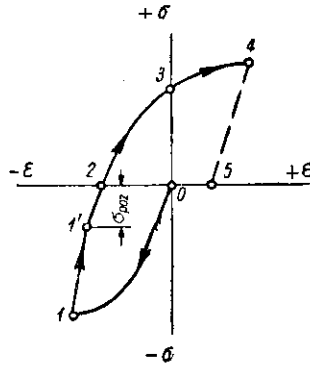
Promień krzywizny warstwy neutralnej naprężeń jest mniejszy od promienia warstwy neutralnej odkształceń, czyli pierwszy znajduje się bliżej środka krzywizny gięcia.

Niepokrywanie się neutralnych warstw naprężeń i odkształceń spowodowane jest przesunięciem odkształceń w stosunku do naprężeń w środkowych warstwach poprzecznego przekroju (rys. 52) [88].

Następuje to wskutek zmiany kierunku odkształceń spowodowanej ciąglem przesuwaniem się warstwy neutralnej naprężeń w czasie gięcia w kierunku środka krzywizny, przy czym część środkowych warstw znajduje się na początku zakrzywania w sferze ściskania. Warstwy te już skrócone przechodzą do strefy rozciągania i podlegają wydłużaniu. Punkt 0 (rys. 52) odpowiada początkowemu, nieodkształco-

nemu stanowi wydzielonej warstwy; w punkcie 1 warstwa ta jest ściśnięta i skrócona; w punkcie 1' rozpatrywana warstwa, otrzymawszy naprężenie szczałkowe, uległa wydłużeniu; w punkcie 2 — staje się neutralna pod względem naprężeń; w punkcie 3 — warstwa uzyskuje wydłużenie równe początkowemu skróceniu

Rys. 52. Niepokrywanie się neutralnych warstw naprężeń i odkształceń (+ε — wydłużenie; -ε — skrócenie; +σ — naprężenia rozciągające; -σ — naprężenia ściskające)



i staje się neutralna pod względem długości; punkt 4 odpowiada końcowi gięcia a punkt 5 odpowiada stanowi po odciążeniu

Z tego wniosek, że neutralna warstwa naprężeń jest zawsze skrócona, a warstwa neutralna odkształceń, na początku skrócona, znajduje się w stanie naprężonym.

12. Wartość odkształcenia i najmniejszy dopuszczalny promień gięcia

Najmniejsze dopuszczalne promienie gięcia powinny odpowiadać podatności materiału do odkształceń plastycznych i nie powodować pęknięć. Dlatego najmniejsze promienie gięcia powinny być określone w zależności od dopuszczalnych odkształceń w skrajnych włóknach.

Odkształcenie skrajnych włókien przy gięciu szerokości pasów można określić ze wzorów uwzględniających ścienienie materiału i przesunięcie warstwy neutralnej [239].

Dla rozciągniętej zewnętrznej warstwy o promieniu R

$$\epsilon_R = \frac{\frac{r}{\alpha g} + 1}{\frac{r}{g} + \frac{\alpha}{2}} - 1; \quad \psi_R = 1 - \frac{\frac{r}{g} + \frac{\alpha}{2}}{\frac{r}{\alpha g} + 1}$$

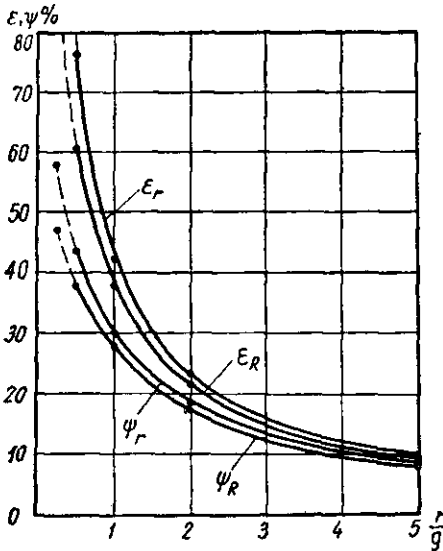
Dla ściśniętej zewnętrznej warstwy o promieniu r

$$\epsilon_r = \frac{\frac{r}{g} + \frac{\alpha}{2}}{\frac{r}{\alpha g}} - 1; \quad \psi_r = 1 - \frac{\frac{r}{\alpha g}}{\frac{r}{g} + \frac{\alpha}{2}}$$

gdzie: ε — całkowite wydłużenie jednostkowe, równoznaczne z największym wydłużeniem jednostkowym w szyjce próbki przy rozciąganiu,
 ψ — przewężenie względne przekroju poprzecznego.

Na rys. 53 podany jest wykres wartości odkształceń skrajnych włókien w zależności od stosunku $\frac{r}{g}$ dla stali 10—20.

W tabl. 32 podano wyniki obliczeń wykonanych na podstawie przedstawionych wzorów, wartości odkształceń skrajnych włókien rozciąganych, dla stali 10—20, przy gięciu o kąt 90° .



Rys. 53. Wartości odkształcenia skrajnych włókien w zależności od $\frac{r}{g}$ (stal 10—20)

Przewężenie względne przekroju poprzecznego lepiej charakteryzuje plastyczność metalu niż wydłużenie jednostkowe.

W celu określenia promienia gięcia na podstawie wartości przewężenia względnego poprzecznego przekroju zestawiono dla stali 10—20 tablicę 33.

Tablica 32. Odkształcenie zewnętrznych włókien przy gięciu pod kątem 90° (stal 10—20)

Wskaźnik odkształcenia	Względna szerokość płaskownika $\frac{B}{g}$	Względny promień gięcia $\frac{r}{g}$						
		0,1*	0,25*	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0
Całkowite wydłużenie względne ε_R w %	> 3	120	88	61,3	38	21,6	15	11,5
	1	111	81	55	33	17	10,2	7
Względne zwięźenie poprzecznego przekroju ψ_R w %	> 3	55	47	38	27,6	18	13	10,3
	1	53	44,6	35,6	25,2	14,5	10	7

Uwaga. Wartości oznaczone gwiazdką wprowadzone są warunkowo, ponieważ przy gięciu z podaną krzywizną zmienia się charakter odkształcenia.

Znając wartość c z próby rozciągania znajduje się w tabl. 33 najmniejszy promień gięcia.

Otrzymane z prób rozciągania wartości przewężenia względnego przy rozerwaniu c mogą być wykorzystane do określenia najmniejszego promienia gięcia w poprzek włókien materiału walcowanego.

Tablica 33. Promień gięcia w zależności od wielkości względnego przewężenia c

c w %	Promień gięcia r	c w %	Promień gięcia r
62	0	25	1,15 g
55	0,1 g	20	1,7 g
50	0,2 g	18	2,0 g
45	0,3 g	15	2,5 g
40	0,43 g	10,3	4,0 g
35	0,62 g	8,5	5,0 g
30	0,85 g	4,5	10,0 g

Do gięcia wzdłuż włókien materiału walcowanego przyjmuje się mniejszą wartość granicznych dopuszczalnych odkształceń

$$\psi' = 0,7c$$

W tabl. 34 podane są nadające się do praktycznego wykorzystania przybliżone wartości najmniejszych dopuszczalnych promieni gięcia dla różnych materiałów przy różnych kierunkach linii gięcia.

Półwyroby przeznaczone do gięcia wykonywane są zwykle za pomocą wycinania wykrojnikami na prasach, lub za pomocą cięcia nożycami. W jednym i drugim przypadku w pobliżu powierzchni cięcia tworzy się strefa umocnionego, odkształconego metalu, którego twardość jest o 20 ÷ 30% wyższa, a plastyczność mniejsza niż w strefie nieumocnionej. W tabl. 34 podane są wartości dla stanu umocnionego i nieumocnionego.

Z tabl. 34 wynika, że zasady usytuowania linii gięcia w poprzek włókien należy ściśle przestrzegać tylko w przypadkach gięcia o małych promieniach (dla miękkiej stali $r < 0,5 g \div 1,0 g$).

W przypadkach dużych promieni gięcia kierunek włókien nie ma znaczenia, co umożliwia w szeregu przypadkach zastosowanie bardziej ekonomicznego rozkroju materiału.

Znacznie większe niebezpieczeństwo powstawania pęknięć podczas gięcia stwarza istnienie zadziorów i ich położenie, dlatego półwyroby należy tak układać, aby zadziory znajdowały się na wewnętrznej stronie kąta utworzonego w wygiętym przedmiocie.

Niedopuszczalne są duże zadziory, ponieważ powodują powstawanie pęknięć podczas gięcia przy każdym położeniu półwyrobu.

Ogólne zasady technologiczne dotyczące półwyrobów przeznaczonych do gięcia można ująć w następujący sposób.

1. Półwyroby, przeznaczone do gięcia o małym promieniu, należy wycinać z taśmy lub pasa w takim położeniu, aby linia gięcia była prostopadła do kierunku włókien lub tworzyła z nimi mały kąt.

2 Jeżeli zachowanie tej zasady powoduje nieekonomiczny rozkrój materiału,

Tablica 34. Najmniejsze promienie gięcia

Materiały	Wyżarzone lub normalizowane		Umocnione	
	Położenie linii gięcia			
	w poprzek włókien	wzdłuż włókien	w poprzek włókien	wzdłuż włókien
Aluminium Miedź wyżarzona Mosiądz J168 Stal 05, 08кп	0	0,3 g	0,3 g 1,0 g 0,4 g 0,2 g	0,8 g 2,0 g 0,8 g 0,5 g
Stal 08—10 Ст.1, Ст.2	0	0,4 g	0,4 g	0,8 g
Stal 15—20 Ст.3'	0,1 g	0,5 g	0,5 g	1,0 g
Stal 25—30 Ст.4	0,2 g	0,6 g	0,6 g	1,2 g
Stal 35—40 Ст.5	0,3 g	0,8 g	0,8 g	1,5 g
Stal 55—60 Ст.7	0,7 g	1,3 g	1,3 g	2,0 g
Miękki duralumin	1,0 g	1,5 g	1,5 g	2,5 g
Twardy duralumin	2,0 g	3,0 g	3,0 g	4,0 g
Stopy magnezu МА 1 МА 8	Nagrzane do 300° 2 g 3 g 2 g 3 g		W stanie zimnym 7 g 9 g 5 g 8 g	
Stopy tytanu BT 1 BT 5	Nagrzane do 300—400° 1,5 g 2 g — —		W stanie zimnym 3 g 4 g 4 g 5 g	

Uwagi: 1. Najmniejsze promienie gięcia stosować tylko w razie absolutnej konstrukcyjnej konieczności; we wszystkich innych przypadkach — stosować zwiększone promienie gięcia.
2. Przy gięciu pod kątem do kierunku walcowania należy przyjmować pośrednie wartości w zależności od kąta między linią gięcia i kierunkiem włókien.
3. W razie wąskich półwyrobów wyciętych i nie wyżarzonych należy przyjmować promienie gięcia jak dla materiału umocnionego.
4. W razie grubej blachy (ponad 8 ÷ 10 mm) zaleca się stosować promienie gięcia stosunkowo duże.

należy z niej zrezygnować, przyjmując większe promienie gięcia. W tym przypadku kierunek włókien jest obojętny i nie powoduje powstawania pęknięć.

3. Półwyroby (wykroje) o niesymetrycznym zarysie należy tak wycinać, aby zadziory były skierowane do środka kąta wygiętego przedmiotu.

4. Półwyroby należy poddawać bębnowaniu w celu usunięcia zadziorów lub wykańczać innymi sposobami.

Najmniejszy promień gięcia kształtowników, rur i pasów giętych „grzbietowo” nie jest limitowany wytrzymałością materiału, ponieważ w przypadku dużych promieni gięcia odkształcenia skrajnych włókien są małe, lecz utratą stateczności i odkształceniem (zniekształceniem) poprzecznego przekroju (rys. 50).

Tablica 35. Najmniejsze promienie gięcia kształtowników i rur

Rodzaj kształtownika	Najmniejszy promień gięcia	Zastosowanie
Kształtowniki walcowane: małe duże	$4 \div 5 h$ $8 \div 10 h$	Gięcie na maszynach trzyrolkowych. Przy gięciu w stanie swobodnym graniczny promień gięcia jest znacznie większy ($25 \div 50 h$)
Kształtowniki cienkościennie symetryczne niasymetryczne	$8 \div 10 h$ $20 \div 25 h$	Gięcie na specjalnych maszynach do gięcia kształtowników
Blachowniki stalowe (pierścieniowe, gięcie grzbietowe)	$3 \div 4 h$	Górne wartości odnoszą się do gięcia na rolkowych maszynach
Rury stalowe przy $g = 0,02 D$ " $g = 0,05 D$ " $g = 0,1 D$ " $g = 0,15 D$	$4 D$ $3,6 D$ $3 D$ $2 D$	Promień gięcia w odniesieniu do osi rury. Gięcie bez napełnienia lub bez trzpienia. W razie małego promienia gięcia należy giąć na trzpieniu lub z napełnieniem
Przyjęte oznaczenia: h — wysokość profilu D — średnica rury g — grubość ścianki rury		

Najmniejszy promień gięcia rur zależy od rodzaju materiału, względnej grubości ścianki i sposobu gięcia.

W tabl. 35 podane są najmniejsze promienie gięcia kształtowników i rur [69].

13. Określenie wymiarów półwyrobów przeznaczonych do gięcia

Określanie wymiarów płaskich półwyrobów podlegających gięciu oparte jest na równoległej długości półwyrobu i warstwy neutralnej wygiętego przedmiotu, przy czym położenie warstwy neutralnej znajduje się z tabl. 29, a promień krzywizny ρ — ze wzoru (str. 66).

Rozróżnia się dwa przypadki określenia wymiarów półwyrobu:

- 1) przy gięciu z zaokrągleniem,
- 2) przy gięciu bez zaokrąglenia (z dotłaczaniem).

Długość półwyrobu równa jest sumie długości prostych odcinków i długości warstwy neutralnej odcinka zakrzywionego.

Długość warstwy neutralnej w zakrzywionym odcinku oblicza się ze wzoru

$$l = \frac{\pi \varphi}{180} (r + xg) \approx 0,017 \varphi (r + xg)$$

lub dla $\varphi = 90^\circ$

$$l = \frac{\pi}{2} (r + xg) = 1,57 (r + xg)$$

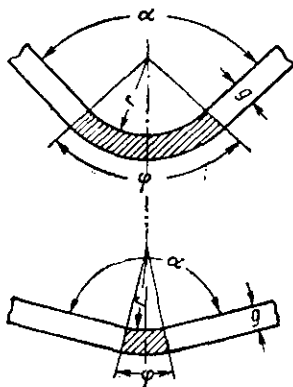
gdzie: l — długość warstwy neutralnej zakrzywionego odcinka,
 φ — kąt środkowy zakrzywionego odcinka,
 x — współczynnik określający położenie warstwy neutralnej (tabl. 29).

Kąt środkowy (rys. 54) zakrzywionego odcinka tylko przy $\varphi = 90^\circ$ jest równy kątowi gięcia, we wszystkich innych przypadkach wynosi on

$$\varphi = 180^\circ - \alpha$$

gdzie α — wewnętrzny kąt gięcia.

W tabl. 36 podano przykłady określania wymiarów półwyrobów dla najbardziej rozpowszechnionych przypadków gięcia.

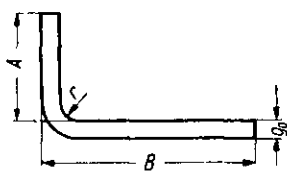


Rys. 54. Zależność między kątem środkowym wygiętego odcinka i kątem zawartym między ramionami wygiętego przedmiotu ($\varphi = 180^\circ - \alpha$)

Położenie warstwy neutralnej (xg) określa się w zależności od wartości stosunku $\frac{r}{g}$ korzystając z tabl. 29.

W celu uproszczenia obliczeń i dogodnego korzystania w warunkach zakładowych może być stosowany sposób obliczania długości półwyrobu oparty również na wzorze służącym do obliczania promienia warstwy neutralnej (str. 66).

Rys. 55. Schemat do obliczania długości materiału wyjściowego (tabl. 37)



Długość półwyrobu (rozwinięcia) określa się jako sumę wewnętrznych wymiarów A i B wygiętych przedmiotów (rys. 55) i poprawki a , znajdującej z tabl. 37.


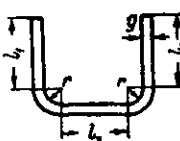
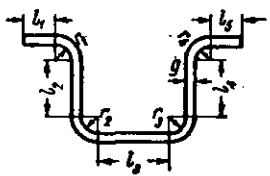
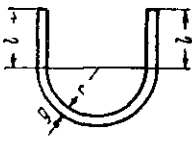
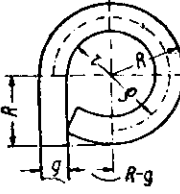
$$l = A + B \pm a$$

Wartość poprawki a obliczona jest ze wzoru

$$a = \frac{\pi}{2} \rho - 2r$$

Z tabl. 37 wynika, że dla określonych wartości r i g (z lewej strony grubej łamanej linii bierze się poprawkę a ze znakiem plus, a przy innych wartościach (z prawej strony od grubej linii) — ze znakiem minus.

36. Określenie wymiarów półwyrobów przy gięciu z zaokrągleniem

Rodzaj gięcia	Szkiec	Długość półwyrobu w mm
Jednokątowe gięcie pod kątem prostym z zaokrągleniem		$L = l_1 + l_2 + \frac{\pi}{2} (r + xg)$
Dwukątowe gięcie pod kątem prostym z zaokrągleniami		$L = l_1 + l_2 + l_3 + \pi (r + xg)$
Wielokątowe gięcie pod kątem prostym z zaokrągleniami		$L = l_1 + l_2 + \dots + l_n + \frac{\pi}{2} (r_1 + x_1g) + \frac{\pi}{2} (r_2 + x_2g) + \dots + \frac{\pi}{2} (r_{n-1} + x_{n-1}g)$
Półkoliste gięcie		$L = 2l + \pi (r + xg)$
Czołowe gięcie (zawijanie) przedmiotów typu zawias		$L = 1,5\pi g + 2R - g$ $g = R - yg$

Uwaga. Współczynnik x — patrz tabl. 29; współczynnik y — patrz tabl. 31.

Tabela 37. Wartość poprawki do obliczania półwyrobów do gięcia, w mm

Grubość materiału w mm	Promień gięcia w mm																
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,8	1	1,2	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10
0,3	0,125	0,10	0,07	0,035	0,00	-0,125	-0,21	-0,3	-0,42	-0,64	-0,85	-1,05	-1,50	-1,9	-2,34	-3,2	-4,07
0,4	0,18	0,15	0,12	0,09	0,05	-0,06	-0,14	-0,22	-0,35	-0,56	-0,78	-1,0	-1,40	-1,84	-2,25	-3,1	-4,0
0,5	0,22	0,20	0,18	0,15	0,12	0	-0,07	-0,16	-0,28	-0,48	-0,7	-0,9	-1,34	-1,75	-2,2	-3,0	-3,9
0,8	0,36	0,35	0,33	0,31	0,28	0,18	0,11	0,04	-0,07	-0,3	-0,5	-0,7	-1,12	-1,57	-1,96	-2,80	-3,66
1	0,43	0,43	0,43	0,41	0,38	0,30	0,23	0,15	0,05	-0,14	-0,35	-0,57	-0,96	-1,38	-1,82	-2,66	-3,50
1,2	0,52	0,53	0,53	0,51	0,48	0,40	0,35	0,25	0,15	-0,01	-0,23	-0,45	-0,82	-1,25	-1,67	-2,52	-3,38
1,5	—	0,65	0,65	0,66	0,63	0,56	0,50	0,45	0,35	0,15	-0,02	-0,21	-0,62	-1,02	-1,47	-2,30	-3,12
2	—	0,85	0,86	0,87	0,88	0,81	0,76	0,70	0,63	0,46	0,28	0,09	-0,27	-0,68	-1,10	-1,93	-2,78
2,5	—	—	1,07	1,08	1,08	1,07	1,01	0,96	0,88	0,75	0,57	0,39	0,05	-0,35	-0,75	-1,60	-2,45
3	—	—	1,28	1,30	1,31	1,32	1,26	1,20	1,13	1,00	0,87	0,69	0,35	-0,02	-0,40	-1,25	-2,20
4	—	—	—	1,72	1,73	1,74	1,77	1,71	1,64	1,51	1,39	1,25	0,92	0,57	0,22	-0,54	-1,36
5	—	—	—	2,14	2,15	2,16	2,17	2,22	2,18	2,07	1,91	1,77	1,55	1,16	0,80	0,10	-0,70

Dane z tabl. 37 stosuje się do miękkiej stali i stopów żelaznych przy gięciu jedno- i dwukątowym oraz promieniu zaokrąglenia $r \geq 0,1 g$, bez dociskania bocznych półek i bez rozciągania materiału wskutek małego luzu.

Określenie wymiarów półwyrobu przedmiotu giętego kątowno, bez zaokrąglenia wierzchołka kąta, dokonuje się wychodząc z równości objętości półwyrobu i zgiętego przedmiotu, uwzględniając ścienienie w miejscu zgięcia.

W danym przypadku długość półwyrobu określa się jako sumę długości odcinków prostych i dodatku na utworzenie wierzchołków kątów:

$$l = l_1 + l_2 + \dots + l_n + kg (n-1)$$

gdzie: n — liczba prostych odcinków,
 l_1, l_2, l_n — długości prostych odcinków w mm,
 k — współczynnik długości dodatkowej, wynoszący przy zaokrągleniu stempla promieniem $r = 0,05 g$

$$k = 0,58 - 0,40$$

przy zaokrągleniu stempla promieniem $r = 0,1 g$

$$k = 0,45 \div 0,48$$

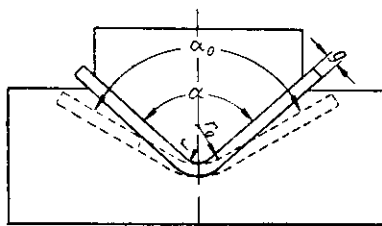
przy czym mniejsze wartości odnoszą się do grubości $g < 1$ mm, a większe — do grubości $g = 3 \div 4$ mm.

14. Odształcenie sprężyste przy gięciu

Gięciu, będącemu procesem odkształceń plastycznych, towarzyszy odkształcenie sprężyste, określone prawem Hooke'a. Po zakończeniu gięcia odkształcenie sprężyste ustępuje, wskutek czego powstaje zmiana wymiarów przedmiotu w porównaniu z wymiarami nadawanymi narzędziami tłocznika nazywana sprężynowaniem, lub odkształceniem sprężystym powrotnym (rys. 56).

Sprężynowanie wyraża się zwykle zmianą kąta i jest tą wartością, o którą należy zmienić kąt gięcia, aby otrzymać wymagany kąt giętego przedmiotu. Wartość

Rys. 56. Zmiana kąta wygiętego przedmiotu wskutek sprężynowania materiału



kąta sprężynowania może być określona dwoma sposobami: podobnym do obliczania wartości odkształcenia sprężystego [84, 102] lub doświadczalnie za pomocą dokonywania prób i pomiarów.

Wartość sprężynowania jest różna:

- przy gięciu swobodnym bez doginania materiału,
- przy gięciu do oporu z doginaniem materiału i doginianiem krawędzi.

Wartość sprężynowania po gięciu swobodnym zależy od własności sprężystych materiału stopnia odkształcenia podczas gięcia ($\frac{r}{g}$), kąta gięcia i rodzaju gięcia (w kształcie V lub korytką).

Niżej podano uproszczone wzory do przybliżonego określenia sprężynowania po gięciu swobodnym [88].

Przy gięciu w kształcie V

$$\operatorname{tg}\beta = 0,375 \frac{l}{k \cdot g} \cdot \frac{Q_r}{E}$$

przy gięciu korytek

$$\operatorname{tg}\beta = 0,75 \frac{l_1}{k \cdot g} \cdot \frac{Q_r}{E}$$

gdzie: β — kąt sprężynowania (jednostronny),
 k — współczynnik określający położenie warstwy neutralnej w zależności od $\frac{r}{a}$ równy $1-x$,

l — odległość między krawędziami oporowymi w mm,

l_1 — ramię gięcia, równe $r_m + r_s + 1,25g$ w mm,

Współczynnik x znajduje się w tabl. 29.

W przypadkach gięcia z dużymi promieniami zaokrągleń lub przy gięciu przedmiotów w kształcie korytek nie określa się sprężynowania kąтового lecz sprężyste odkształcenie części zakrzywionej czyli zmianę promienia krzywizny po gięciu.

W danym przypadku określa się wartość odkształcenia trwałego na podstawie wymiarów podanych na rysunku

$$\varepsilon_t = \frac{1}{2 \frac{r}{g} + 1}$$

Następnie z wykresu rozciągania danego materiału znajduje się całkowitą wartość odkształcenia

$$\varepsilon_o = \varepsilon_t + \varepsilon_s$$

i określa się szukany (zmniejszony) promień stempla ze wzoru

$$r = 0,5g \left(\frac{1}{\varepsilon_c} - 1 \right)$$

W przypadku gięcia z dotłaczaniem (doginaniem) sprężynowanie zależy nie tylko od stosunku $\frac{r}{g}$, lecz także od nastawienia prasy i stopnia zgniotu. Z praktyki znany jest przypadek, gdy sprężynowanie przy gięciu z doginaniem i małym promieniem zaokrąglenia stempla ($\frac{r}{g} < 0,2 \div 0,3$) i wybijaniem narożnika daje nie zwiększenie, lecz zmniejszenie kąta przedmiotu.

Objaśnienie tego zjawiska daje schemat procesu gięcia przedstawiony na rys. 57, a szczególnie dwa ostatnie jego stadia — wyprostowanie półek i wybicie narożnika.

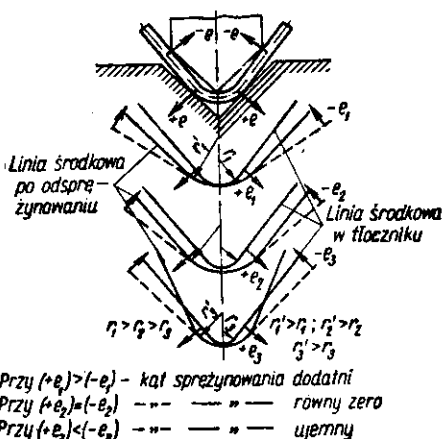
Przy gięciu z dotłaczaniem występują wzajemnie znoszące się sprężynowania:

a) sprężynowanie odcinka zakrzywionego (dodatnie),

b) sprężynowanie prostowanych stemplem półek (ujemne).

W wyniku wzajemnie znoszącego się sprężynowania o wartości dodatniej i ujemnej, w zależności od wartości $\frac{r}{g}$, $\frac{l}{g}$ i α , możliwe są trzy przypadki: ogólny kąt sprężynowania dodatni, równy zeru i ujemny, jak przedstawiono na rys. 57.

Należy zaznaczyć, że kąt sprężynowania uzyskiwany przy gięciu z doginaniem w jednym tłoczniku może być różny w zależności od nastawienia prasy i położenia suwaka w dolnym martwym punkcie.

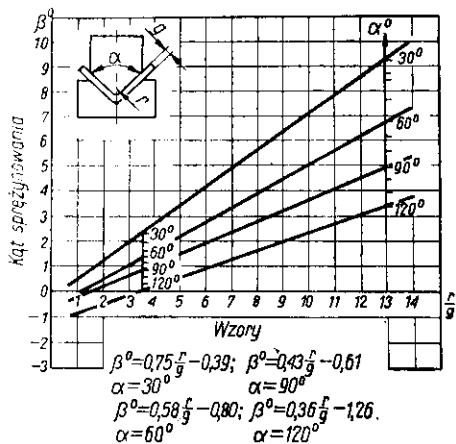


Rys. 57. Różne przypadki sprężynowania przy wyginaniu o małym promieniu

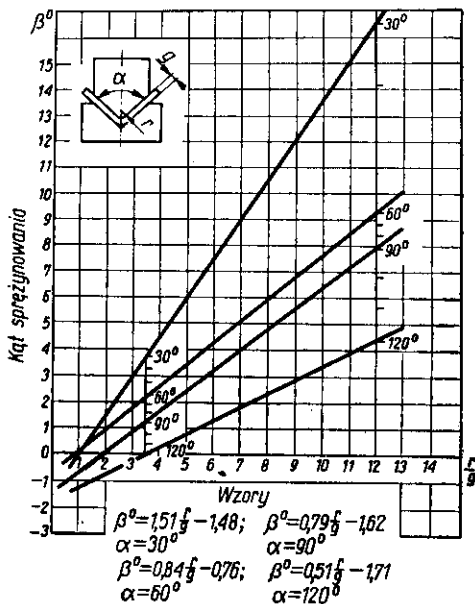
W danym przypadku najprostszym sposobem jest doświadczalne określenie kąta sprężynowania.

Na rys. 58—61 podane są wykresy służące do określania sprężynowania przy gięciu przedmiotów stalowych w zależności od wartości względnego promienia gięcia ($\frac{r}{g}$), uzyskane doświadczalnie [248].

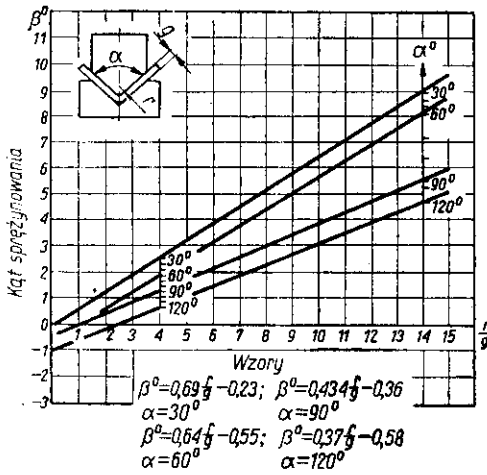
Wykresy sporządzone są osobno dla poszczególnych gatunków stali. Pod wykresami podane są ogólne wzory, według których zostały one wykonane. Wykresy



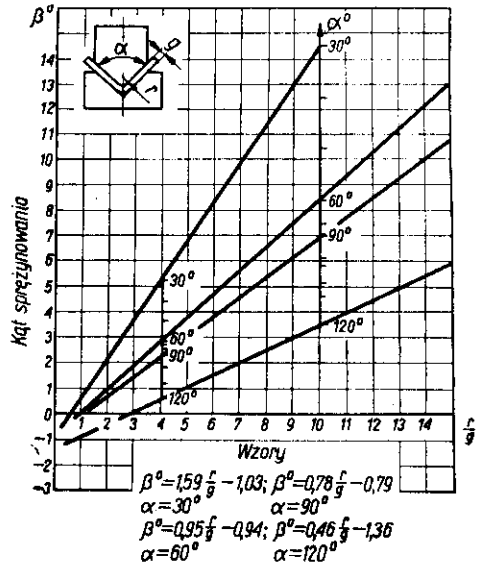
Rys. 58. Kąty sprężynowania przy gięciu stali 08—10 i Cr.1



Rys. 59. Kąty sprężynowania przy gięciu stali 35 i Cr.5

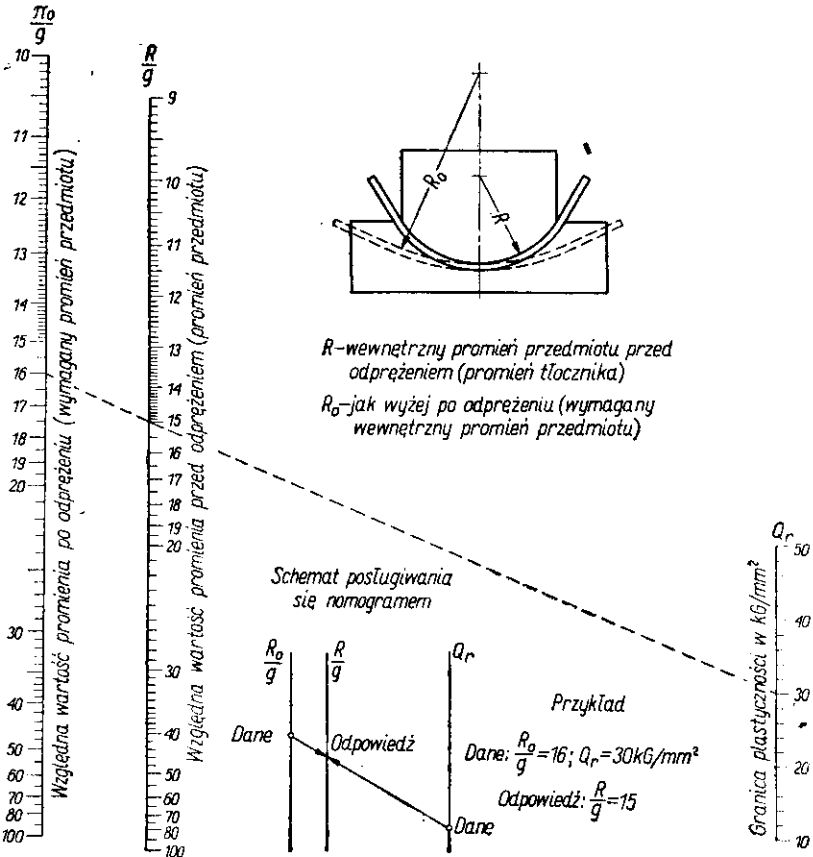


60 77112 T.



Rys. 60. Kąty sprężynowania przy gięciu stali 15—20 i Ct.2 — Ct.3

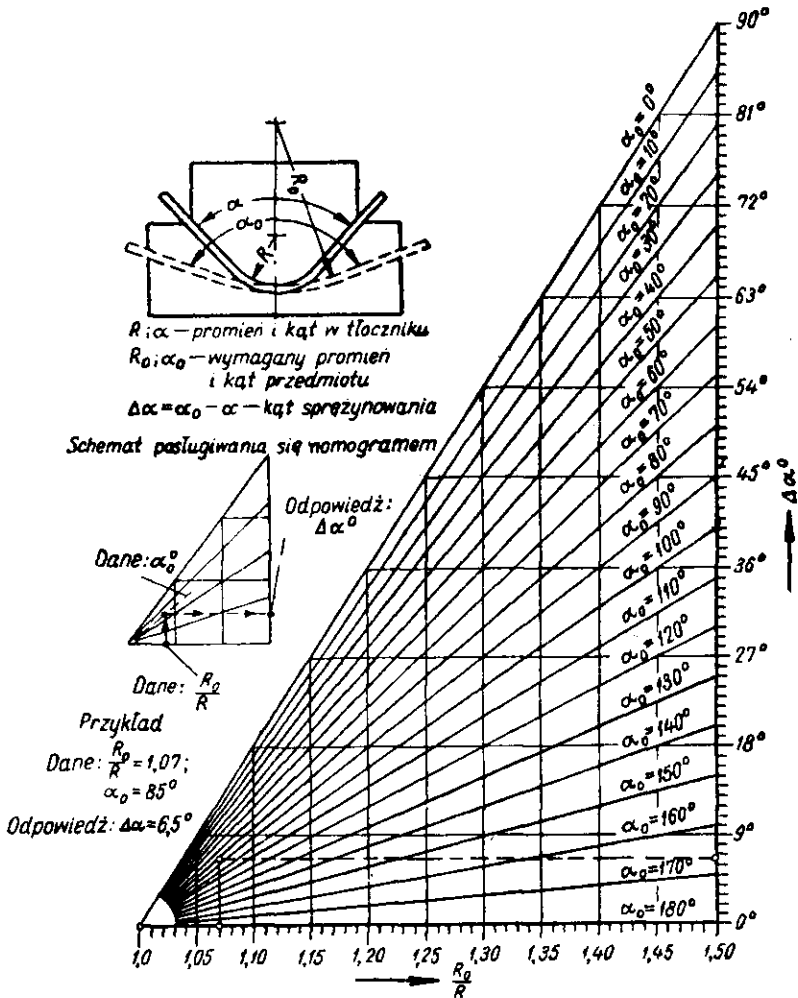
Rys. 61. Kąty sprężynowania przy gięciu stali 25—30 i Ct.4



Rys. 62. Nomogram do określania promienia po sprężynowaniu (odprężeniu)

te dają dodatnie, a w niektórych przypadkach ujemne wartości kątów sprężynowania, przy czym znak (+) lub (-) określa się położeniem odcinka odchylonego w stosunku do linii zerowej.

Doświadczalnie ustalono, że w przypadku gięcia jednokąowego o 90° najmniejszą wartość sprężynowania uzyskuje się przy $r = 1 \div 1,5 g$. Dlatego w celu zmniejszenia



Rys. 63. Nomogram do określania kąta sprężynowania

kąta sprężynowania należy przy gięciu kątowym zmniejszać promień zaokrąglenia stempla i wzmocnić wybijanie krawędzi gięcia.

Przy gięciu przedmiotów o dużych promieniach sprężynowanie osiąga znaczne wartości. W tych przypadkach sprężynowanie może być obliczone z następujących wzorów [173].

Promień zaokrąglenia stempla

$$R = \frac{R_0}{1 + 3 \frac{Q_r \cdot R_0}{E g}} = \frac{1}{\frac{1}{R_0} + 3 \frac{Q_r}{E g}}$$

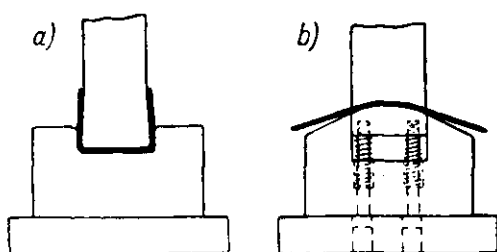
Kąt sprężynowania

$$\Delta\alpha = (180 - \alpha_0) \left(\frac{R_0}{R} - 1 \right)$$

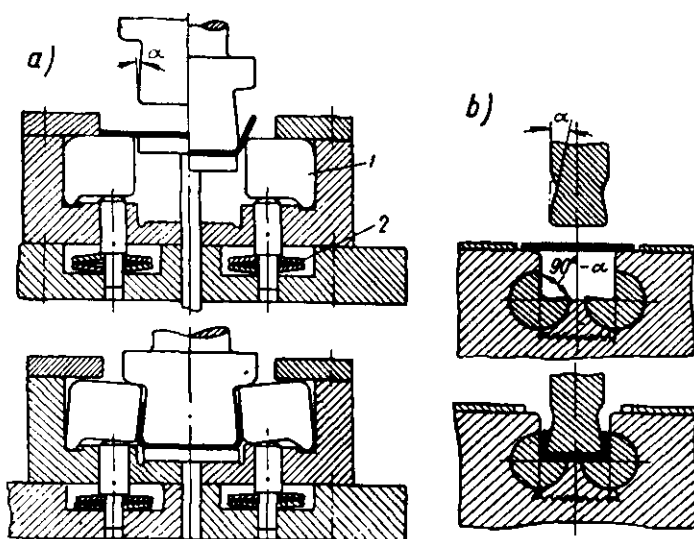
gdzie: E — moduł sprężystości (dla stali $E = 2,1 \cdot 10^4$ kG/mm²),
 $\Delta\alpha = \alpha_0 - \alpha$ — kąt sprężynowania w stopniach,
 α_0 — wymagany kąt przedmiotu (po sprężynowaniu),
 α — kąt stempla i matrycy,
 R_0 — wymagany promień zaokrąglenia (po sprężynowaniu),
 R — promień zaokrąglenia stempla.

Promień zaokrąglenia stempla i kąt sprężynowania mogą być określone z nomogramów podanych na rys. 62 i 63. Sposób posługiwania się tymi nomogramami pokazany jest bezpośrednio na rysunkach.

W celu skompensowania kąta sprężynowania przy gięciu jednokątowym należy zmniejszyć kąt stempla o wartość kąta sprężynowania, a przy gięciu dwukątowym



Rys. 64. Sposoby kompensowania kąta sprężynowania



Rys. 65. Sposoby podginania bocznych pótek

wykonać wybranie równe kątowemu sprężynowaniu (rys. 64a) lub łukowe wygięcie środkowej półki przedmiotu (rys. 64b).

Na rys. 65 pokazane są dwa sposoby podginania bocznych pótek w celu kompensacji kąta sprężynowania.

Pierwszy sposób (rys. 65a) polega na zastosowaniu wahliwych szczęk 1 w ma-

trycy podpartych kółkami sprężynującymi osadzonymi na sprężynach talerzowych 2. Szczęki pochylane są występami stempla.

Drugi sposób (rys. 65b) polega na zastosowaniu obrotowych sworzni z wybraniami.

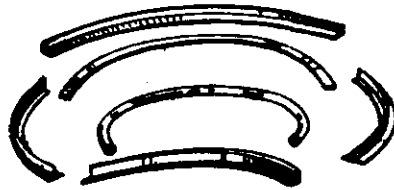
15. Gięcie z rozciąganiem

W licznych gałęziach przemysłu stosuje się części o małej krzywiznie wykonane z pasów lub kształtowników (rys. 66) za pomocą gięcia.

Przedmiotów takich nie należy wykonywać zwykłym gięciem, ponieważ przy gięciu o dużym promieniu odkształcenia będą albo całkowicie, albo w znacznym stopniu sprężyste, materiał będzie się więc rozprężał i wyprostowywał.

W celu wykonania przedmiotów o małej krzywiznie stosuje się gięcie z rozciąganiem. Siła rozciągająca powoduje wydłużenie o wartości przewyższającej odkształ-

Rys. 66. Przykłady gięcia poprzecznego kształtowników

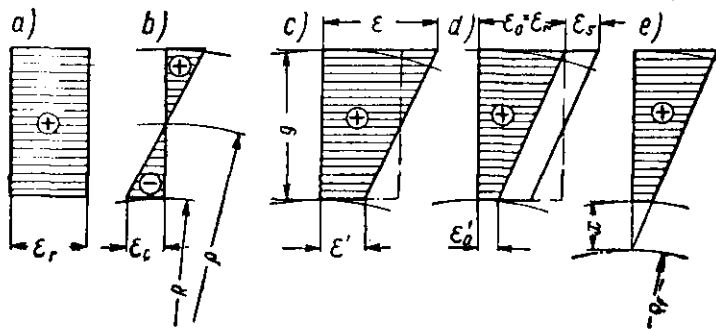


cenie sprężyste, dzięki czemu gięcie odbywa się w zakresie odkształceń plastycznych, a przedmiot zachowuje nadany mu kształt.

Wydłużenie, wywołane rozciąganiem, nakłada się na różnowartościowe odkształcenie powstające od gięcia i daje zmieniony schemat rozkładu odkształceń w przekroju poprzecznym.

Na rys. 67 podane są następujące rozkłady odkształceń w kierunku wysokości przekroju przy gięciu z rozciąganiem:

a — rozkład odkształceń wydłużających ϵ , przy rozciąganiu, równomiernie rozłożonych w przekroju; *b* — rozkład odkształceń wydłużających (+) i skracających (-)



Rys. 67. Schematy rozkładu odkształceń i przemieszczanie się warstwy neutralnej przy gięciu z rozciąganiem (r_f — promień fikcyjnej warstwy neutralnej)

cych (-) powstających przy gięciu; *c* — wynikowy rozkład odkształceń w chwili działania obciążeń, otrzymany z nałożenia na siebie schematów *a* i *b*; *d* — schemat przedstawiający zmniejszenie odkształceń wskutek usunięcia odkształceń sprężystych po zdjęciu obciążenia; *e* — ostateczny rozkład odkształceń.

Jak widać z rys. 67e, w przekroju półwyrobu nie ma warstwy neutralnej, ponieważ w całym przekroju włókna są wydłużane. Neutralna warstwa stała się fikcyjną i znalazła się zewnątrz przekroju w odległości x od wewnętrznej powierzchni zakrzywionego materiału.

Na podstawie rozpatrzenia schematów rozkładu odkształceń przy gięciu z rozciąganiem można wyprowadzić następujące wnioski.

W celu zapewnienia odkształceń plastycznych w całym przekroju, przy gięciu na małą krzywiznę, należy przy rozciąganiu uzyskać wydłużenie.

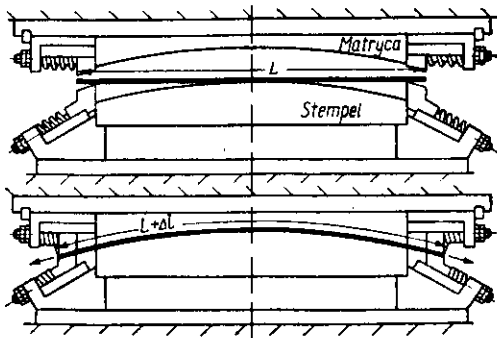
$$\epsilon_r \geq \epsilon_p + \frac{g}{2\rho}$$

gdzie $\epsilon_p = 0,002$ — wartość odkształcenia odpowiadająca granicy plastyczności.

Uwzględniając pewne uproszczenia wywodów można przyjąć

$$\epsilon_r \geq 2,5\epsilon_p \geq 0,005$$

A więc, przy gięciu z rozciąganiem w celu uzyskania trwałych odkształceń w całym przekroju wystarczy rozciągnąć materiał o 0,5% jego długości. Jednak sprężynowanie będzie osiągało dużą wartość. Dlatego przy gięciu kształtowników przyjmuje się zwykle znacznie większe wydłużenie od rozciągania ($2 \div 5\%$), które daje większy

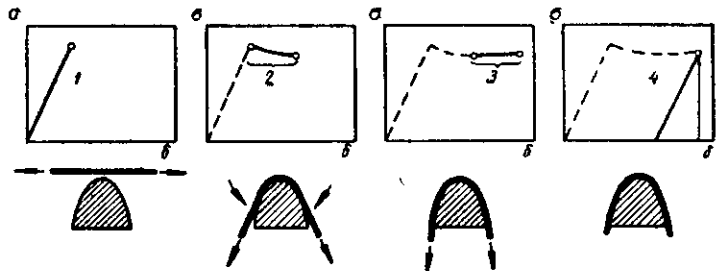


Rys. 68. Tłocznik do gięcia z rozciąganiem

stopień odkształcenia plastycznego, większe umocnienie materiału i mniejsze sprężynowanie. Prowadzi to jednak do większego zniekształcenia profilu i wymaga zastosowania środków zapobiegawczych.

Na rys. 68 przedstawiony jest tłocznik do gięcia z rozciąganiem płaskiego półwyrobu. Konstrukcja i sposób działania tłocznika są zrozumiałe z rysunku.

Na rys. 69 przedstawiony jest schemat gięcia z rozciąganiem na obciążarce. Półwyrob wstępnie rozciąga się aż do uzyskania wydłużenia równego około 1%,



Rys. 69. Przebieg gięcia z rozciąganiem na prasie do obciążania (obciążarce): 1 — rozciąganie, 2 — gięcie, 3 — dodatkowe rozciąganie, 4 — zwolnienie obciążenia

w stanie rozciągniętym gnie się go na wzorniku (stemplu), a następnie kalibruje się dodatkowym rozciąganiem.

Po gięciu z rozciąganiem sprężynowanie jest znacznie mniejsze, ale nie jest zupełnie wyeliminowane.

Wartość sprężynowania po gięciu z rozciąganiem zależy od wartości względnego promienia gięcia ($\frac{r}{g}$), rodzaju profilu i kształtu przedmiotu.

Na przykład odchylenie końców duraluminiowych kształtowników od zarysu stempla wynosi

dla krzywoliniowych odcinków końcowych 2 ÷ 5 mm,
dla prostoliniowych odcinków końcowych do 10 mm.

16. Momenty gnące i siły gięcia

Zewnętrzny moment gnący określa się z warunku równowagi z momentem sił wewnętrznych, który oblicza się z naprężeń w strefach rozciąganej i ściskanej.

W celu określenia momentu sił wewnętrznych należy znać rozkład naprężeń w przekroju poprzecznym i wartość największego naprężenia dla danego stopnia odkształcenia.

W tabl. 38 podane są schematy rozkładu naprężeń stycznych i wzory do obliczania momentów sił wewnętrznych w sposób przybliżony (bez uwzględnienia przesunięcia warstwy neutralnej, zmniejszenia grubości i umocnienia materiału) i w sposób dokładniejszy z uwzględnieniem rzeczywistych warunków procesu gięcia.

Schematy rozkładu naprężeń wykonane metodami teorii obróbki plastycznej z uwzględnieniem realnych warunków gięcia wykazują maksimum naprężeń ściskających w pobliżu warstwy neutralnej.

Spowodowane jest to wpływem promieniowych naprężeń ściskających na wartość

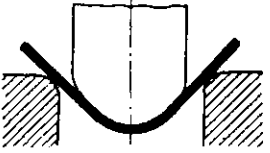
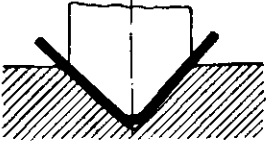
Tablica 38. Wzory do obliczania momentów naprężeń przy gięciu

Sposób obliczania	Schemat naprężeń	Moment sił wewnętrznych w kG/mm
Przybliżony		$M = 1,5WQ_r = W_{pl}Q_r$
Dokładniejszy		$M = 1,5WR_r n = W_{pl}R_r n$
<p>Przyjęte oznaczenia:</p> <p>W — wskaźnik przekroju na zginanie (dla przekroju prostokątnego $W = \frac{Bg^2}{6}$)</p> <p>$W_{pl} = 1,5 W$ — wskaźnik przekroju na zginanie plastyczne dla przekroju prostokątnego,</p> <p>n — współczynnik charakteryzujący wpływ umocnienia, przybliżone wartości współczynnika dla różnych materiałów wynoszą od 1,8 do 1,6, przy czym większe wartości odnoszą się do bardziej plastycznych materiałów.</p>		

Tablica 39. Wzory do obliczania momentów giących

	Rodzaj gięcia		
	Jednokątowe	Półkoliste	Dwukątowe prostokątne
Moment giący w kG/mm	$M = \frac{Pl}{4}$ $l \approx 2(r + g)$	$M = \frac{Pl}{4}$ $l = 2(r + 1,2g)$	$2M = Pl$ $l = r + 1,2g$
Przyjęte oznaczenia: l — ramię w końcowej fazie gięcia w mm, r — promień gięcia w mm			

Tablica 40. Wzory do obliczania siły gięcia

Sposób gięcia	Schemat gięcia	Siła gięcia w kG
Swobodne gięcie		$P = \frac{Bg^2}{l} R, n = BgR, k_1$
Gięcie z dotłaczaniem		$P = pF$
Przyjęte oznaczenia: l — odległość między podporami w mm; n — współczynnik charakteryzujący wpływ umocnienia, równy 1,6÷1,8; p — nacisk jednostkowy dotłaczania w kG/mm ² (wg tabl. 42); F — powierzchnia dotłaczanego półwyrobu (pod stępem) w mm ² ; k_1 — współczynnik określany z tabl. 41.		

Tablica 41. Wartości współczynnika k_1 przy gięciu swobodnym

Materiały	Stosunek $\frac{l}{g}$					
	8	10	15	20	25	30
Stal 10—15, mosiądz, aluminium (miękkie)	0,23	0,18	0,12	0,09	0,073	0,06
Stal 20—25, aluminium umocnione	0,21	0,17	0,11	0,086	0,070	0,057
Stal 30—40, duralumin	0,20	0,16	0,10	0,08	0,065	0,053

Tablica 42. Przybliżone wartości nacisku jednostkowego dotłaczania p w kg/mm^2

Materiał	Grubość materiału w mm			
	do 1	1—3	3—6	6—10
Aluminium	1,5—2,0	2—3	3—4	4—5
Mosiądz	2—3	3—4	4—6	6—8
Stal 10—20	3—4	4—6	6—8	8—10
Stal 25—35	4—5	5—7	7—10	10—12

naprężeń stycznych w strefie ściskania i rozciągania, co powoduje różny charakter odkształceń postaciowych w tych warstwach.

W strefie ściskania promieniowe naprężenia ściskające przeciwdziałają odkształceniom postaciowym, które wskutek tego mogą powstawać tylko przy dużej wartości stycznych naprężeń ściskających.

W strefie rozciągania promieniowe naprężenia, odwrotnie przyczyniają się do powstawania odkształceń postaciowych, które występują przy mniejszych rozciągających naprężeniach stycznych.

Siłę gięcia określa się z warunku równości zewnętrznego momentu gnącego i momentu sił wewnętrznych. Momenty gnące dla różnych rodzajów gięcia podano w tabl. 39.

W tabl. 40 podano przybliżone wzory do obliczania siły w przypadku gięcia swobodnego i gięcia z doginaniem (dotłaczaniem).

W przypadku gięcia z doginaniem siłę gięcia oblicza się nie z procesu gięcia lecz z procesu doginania, wymagającego znacznego nacisku i zależnego od nastawienia skoku prasy i odchyłki grubości materiału.

Jako optymalną wartość rozstawienia krawędzi gnących matrycy należy przyjmować

$$l = 15 \div 20g$$

17. Konstrukcyjno-technologiczne elementy i wytyczne gięcia

Do konstrukcyjno-technologicznych elementów zalicza się: luzy, promienie zaokrągleń matryc, wielkość roboczego wgłębienia i inne elementy roboczych części tłoczniaka, od których zależy normalny przebieg procesu gięcia i jakość wyrobów.

W przypadku gięcia małych części promień zaokrąglenia matrycy przyjmuje się zwykle równy

$$r_m = 2 \div 3g$$

Promień zaokrąglenia we wgłębieniu matrycy przyjmuje się równy

$$R = 0,6 \div 0,8(r + g)$$

W tabl. 43 podane są promienie zaokrągleń matryc do gięcia, głębokość roboczego wgłębienia (rys. 70) i współczynniki do obliczania luzu [74].

Luz między matrycą i stemplem przy gięciu dwukątowym wynosi:

$$\text{najmniejszy } s_{min} = g_{max}$$

$$\text{największy } s_{max} = g_{max} + gn$$

gdzie: s — jednostronny luz (szczelina) między matrycą i stemplem w mm,
 g_{max} — największa grubość materiału (z uwzględnieniem tolerancji) w mm;
 n — współczynnik określany z tabl. 43.

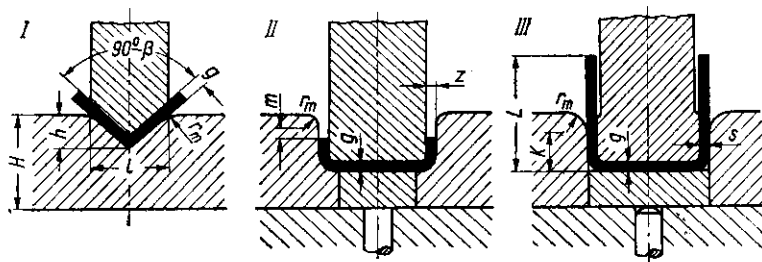
Tablica 43. Konstrukcyjne wymiary wyginaków

Typ wyginaka rys. 70	Wymiary	Grubość materiału w mm								
		do 1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7	7—8	8—10
I, II, III I I II	r_m	3	5	7	9	10	11	12	13	15
	h^m	4	7	11	15	18	22	25	28	32—36
	H	20	30	40	45	55	65	70	80	90
	m	3	4	5	6	8	10	15	20	25
Długość wyginanej półki w mm		Głębokość matrycy k (typ III, rys. 70)								
25—50		15	20	25	25	—	—	—	—	—
50—75		20	25	30	30	35	35	—	—	—
75—100		25	30	35	35	40	40	40	40	—
100—150		30	35	40	40	50	50	50	50	60
150—200		40	45	55	55	60	65	65	65	80
Długość wyginanej półki w mm		Współczynnik n (typ II i III, rys. 70)								
do 25		0,10	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05
25—50		0,15	0,10	0,10	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06
50—100		0,18	0,15	0,15	0,10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08
100—200		0,20	0,18	0,18	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10

Promienie zaokrągleń matrycy do gięcia powinny być jednakowe z obu stron, w przeciwnym razie zeszlizgiwanie się półwyrobu będzie po obu stronach różne i otrzymany przedmiot będzie niesymetryczny.

Do gięcia korytek z szerokimi półkami (rys. 70 III) stosuje się płytkie matryce ze względu na małe wartości roboczego skoku większości pras korbowych.

Takie matryce stosuje się tylko wtedy, gdy nie stawia się wysokich wymagań dotyczących płaskości półek, w przeciwnym przypadku głębokość matrycy musi



Rys. 70. Wymiary konstrukcyjne wyginaków

być większa od wysokości L przedmiotu. Wymagany jest wtedy większy roboczy skok suwaka prasy.

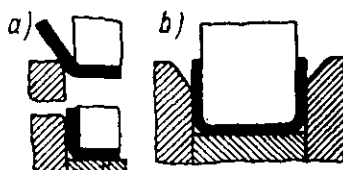
W szeregu przypadkach w celu zmniejszenia sprężynowania przeprowadza się gięcie z niewielkim zmniejszeniem grubości półek, przyjmując luz równy najmniejszej grubości materiału.

Małe promienie zaokrągleń matrycy powodują zmniejszenie grubości i powstawanie wgnieć (rys. 71a).

Do gięcia korytek z dociskaczem zaleca się stosować matrycę ze zukosowanymi i zaokrąglonymi krawędziami (rys. 71b).

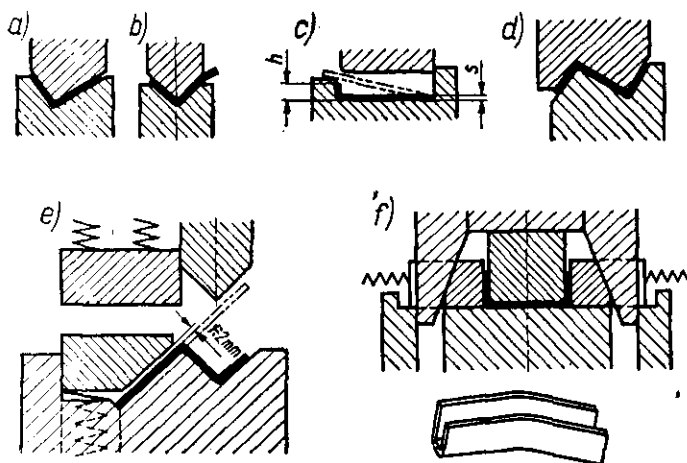
Na rys. 72 podane są sposoby gięcia niektórych typowych części [25]. Gięcie kątowników o niejednakowej szerokości półek należy wykonywać w sposób przedstawiony na rys. 72a (na rys. 72b przedstawiony jest niezalecany sposób gięcia).

Rys. 71. Wgniecenia przy wyginaniu i zalecany kształt matrycy

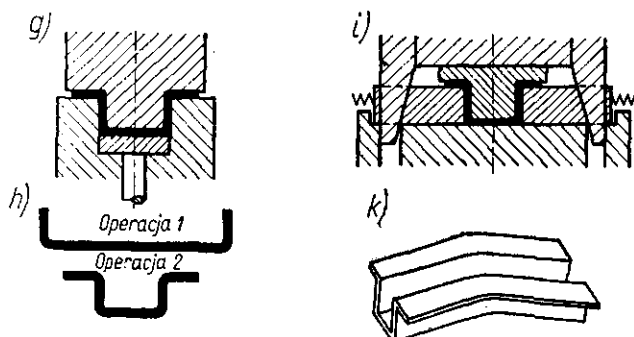


Przedmioty o bardzo wąskiej półce ($h = 2 \div 3g$) należy giąć w matrycy z podparciem (rys. 72c) lub sposobem zawijania brzegu za pomocą nacisku stempli na krawędź materiału.

Przedmiot o profilu Z należy giąć w jednej operacji (rys. 72d, e). Do gięcia przedmiotów o profilu ceowym, a szczególnie o osi krzywoliniowej lub niejednakowej



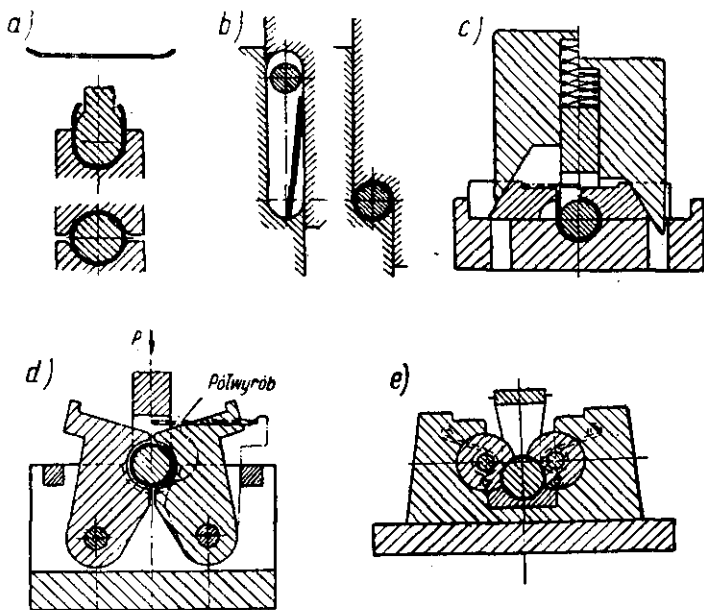
Rys. 72. Sposoby wyginania typowych przedmiotów



szerokości profilu, zaleca się tłoczniki z klinami napędowymi (rys. 72f) o skoku bocznych szerek równym $2 \div 3g$.

Przedmioty o przekroju korytkowym z kołnierzami, z materiału o małej gru-

bości (do 3 mm) i dostatecznie dużych promieniach zaokrągleń ($r \geq 2 \div 3 g$), można giąć w jednej operacji (rys. 72g). Jednak występuje wtedy zmniejszenie grubości i wydłużenie materiału. W razie gdy materiał jest gruby lub promienie gięcia są małe, należy przeprowadzać gięcie w dwóch operacjach (rys. 72h) (jeżeli do-

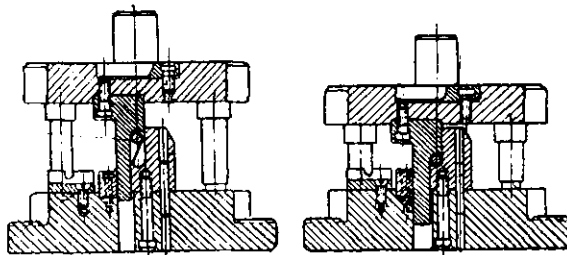


Rys. 73. Podstawowe sposoby wyginania rozciętych tulei i przedmiotów rurowych

puści się nieuniknione przy tym błędy wymiarów i kształtu) lub w tłocznikach z klinami napędowymi (rys. 72i). Przedmioty o osi krzywoliniowej (rys. 72k) można również giąć w tych tłocznikach.

Na rys. 73 przedstawione są podstawowe sposoby gięcia rozciętych tulei i przedmiotów o kształcie rurowym.

Na rys. 73a uwidoczniiony jest sposób gięcia tulei w trzech operacjach (lub zabiegach). Zastosowanie tego sposobu jest najbardziej celowe w przypadku grubego



Rys. 74. Tłocznik do zwi-
niania rurki w jednej operacji

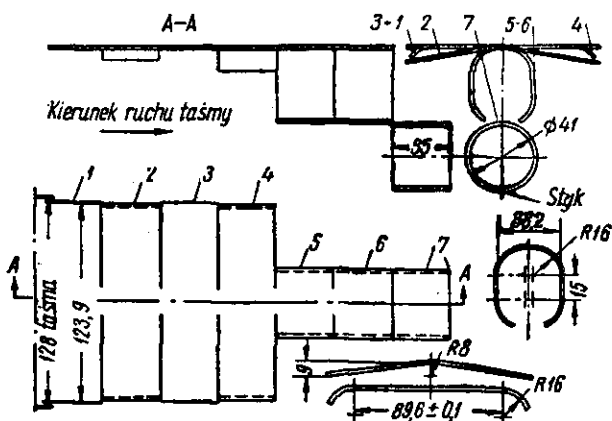
materiału. Podana kolejność zabiegów stosowana jest przy tłoczeniu tulei w specjalnych tłocznikach-automatach przy odwrotnym położeniu półwyrobu (obrót o 180°).

Na rys. 73b, c, d, e przedstawione są schematy gięcia tulei w jednym zabiegu: rys. 73b — zwi-
nianie na trzpieniu, rys. 73c — zwi-
nianie w tłoczniku z klinami na-

pędowymi, rys. 73d — w tłoczniku ze szczękami obrotowymi, rys. 73e — w tłoczniku z krzywkami.

Na rys. 74 przedstawiony jest tłocznik do zwijania rurki w jednym zabiegu.

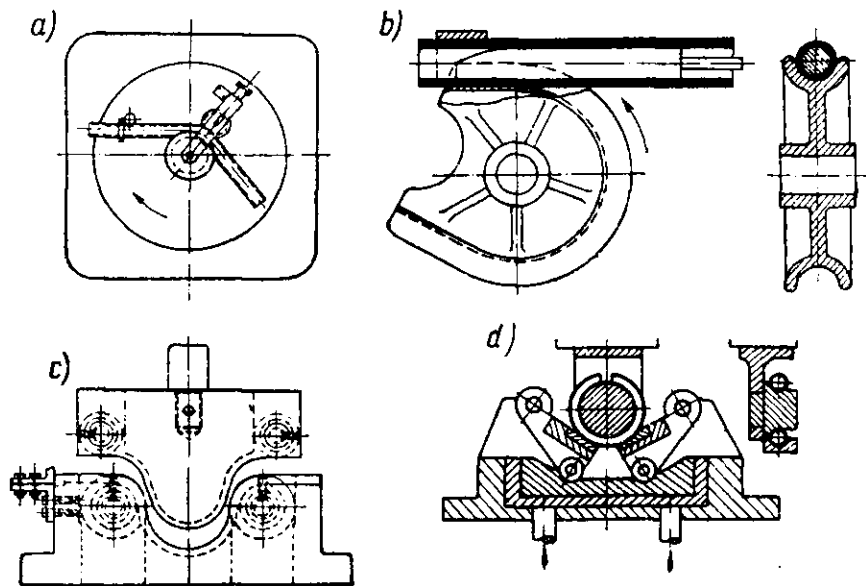
Na rys. 75 podano kolejne zabiegi procesu wykonania tulei w tłoczniku wielo-



Rys. 75. Wykonanie tulejki w tłoczniku wielotaktowym

taktowym. Materiał na tuleję nadcina się w pierwszym zabiegu i nie oddziela się od taśmy. Gięcie tulei wykonuje się w trzech zabiegach (4, 5 i 7).

W ostatnim zabiegu następuje odcięcie tulei od taśmy. Sposób ten jest wysoko-

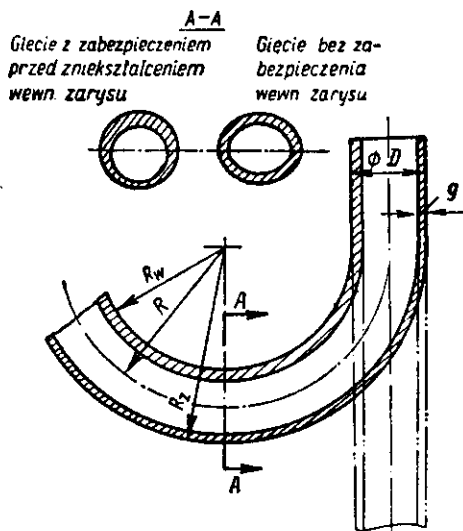


Rys. 76. Sposoby gięcia rur

wydajny, może być zastosowany wraz z automatycznym podawaniem taśmy i daje wyroby o dokładnych wymiarach. Stosuje się go do materiałów o grubości do 2mm.

Tuleje z grubszego materiału są również wykonywane w tłocznikach wielotaktowych, lecz w tym przypadku półwyrob odcina się całkowicie od pasa w pierwszym zabiegu i podaje się z pozycji na pozycję za pomocą specjalnego urządzenia.

Gięcie rur wykonuje się w przyrządach do gięcia między dwoma krążkami (rys. 76a), na specjalnych maszynach do gięcia rur z nieruchomymi trzpieniami (rys. 76b) i w tłocznikach (rys. 76 c.d).



Rys. 77. Odształcenie przekroju rury przy gięciu

Na rys. 76c przedstawiony jest tłocznik z krążkami do gięcia rur o małej średnicy, a na rys. 76d — tłocznik z przesuwanymi po wzorniku szczękami gnącymi. W tym tłoczniku gięcie rurki w pierścieniu odbywa się w trzech etapach. Najpierw podgina się po łuku koła jeden koniec, potem drugi, a następnie wygina cały pierścien.

W procesie gięcia poprzeczne przekroje rurki silnie odkształcają się. Grubość ścianki z zewnętrznej strony zmniejsza się, a z wewnętrznej — zwiększa się (rys. 77). Przy gięciu bez napełniacza przekrój rurki spłaszcza się i przybiera kształt owalny. W przypadku gięcia cienkościennych rur powstają fałdy na wewnętrznej stronie zgięcia.

Niekiedy spotyka się gięcie rur o przekroju prostokątnym przy małej wartości promienia zaokrąglenia (rys. 78). Gięcie takie wykonuje się stosując jako wypełniacz pakiet cienkich stalowych płytek o grubości od 0,2 do 1 mm. Pakiet płytek szlifuje się na wymiar odpowiadający wewnętrznemu wymiarowi rury, wprowadza się do rury za pomocą dwóch taśm wciągających i zaklinowuje się klinami o grubości od 0,5 do 3 mm.

Gięcie przeprowadza się na prasach hydraulicznych lub specjalnych prasach w matrycy ze szczękami bocznymi.

Po gięciu wyciąga się kliny a następnie płytki.

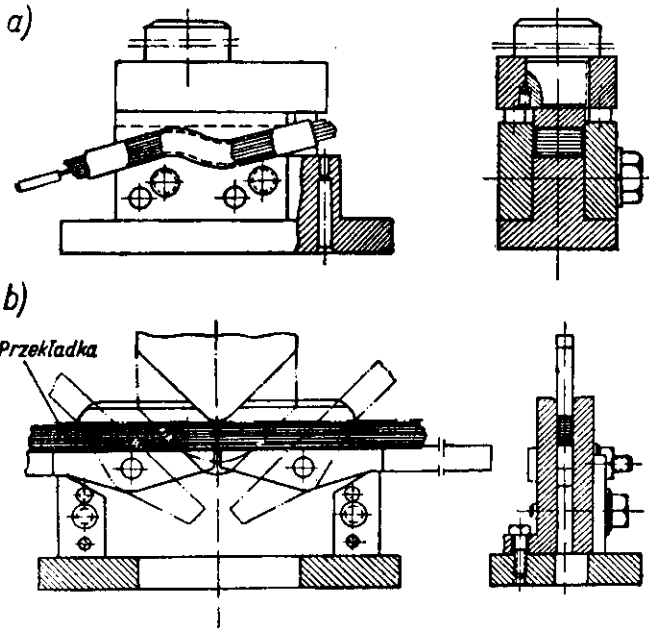
Czasem zdarza się potrzeba wykonania kolan z krótkich odcinków rur. Na rys. 79 przedstawiony jest opracowany przez inż. W.N. Frołowa [331] sposób tłoczenia stalowych kolan rurowych o promieniu gięcia $R \leq 1,5 D$ i grubości ścianki $g > 0,17 D$.

Tłoczenie z półwyrobu w postaci odciętej rury ze skośnie ściętymi końcami wykonuje się w dwóch zabiegach: gięcie i dotłaczanie w położeniu obróconym o 90° . W czasie gięcia występuje spłaszczenie poprzecznego przekroju do kształtu owalnego. W następnym zabiegu następuje nadanie przedmiotowi okrągłego kształtu przekroju poprzecznego. W celu ułatwienia procesu i uniknięcia umocnienia (zgniotu) materiału dotłaczanie kolan grubościennych przeprowadza się w stanie nagrzanym.

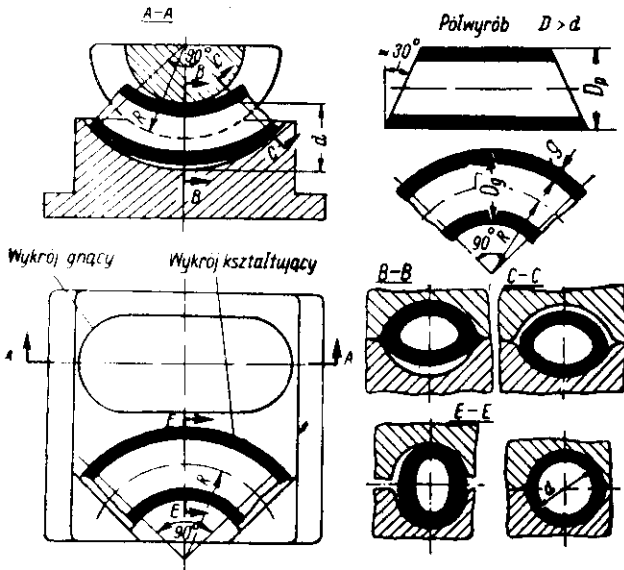
Na rys. 80 przedstawiony jest sposób tłoczenia cienkościennych kolan o następujących parametrach:

$$g = 0,08 \div 0,09D \text{ i } R = 1,25 \div 1,5D$$

$$g = 0,065 \div 0,08D \text{ i } R = 1,7 \div 1,8D$$



Rys. 78. Sposoby gięcia rur o przekroju prostokątnym: a) gięcie w tłoczniku z matrycą nieprzewodową, b) gięcie w tłoczniku z matrycą zawiasową



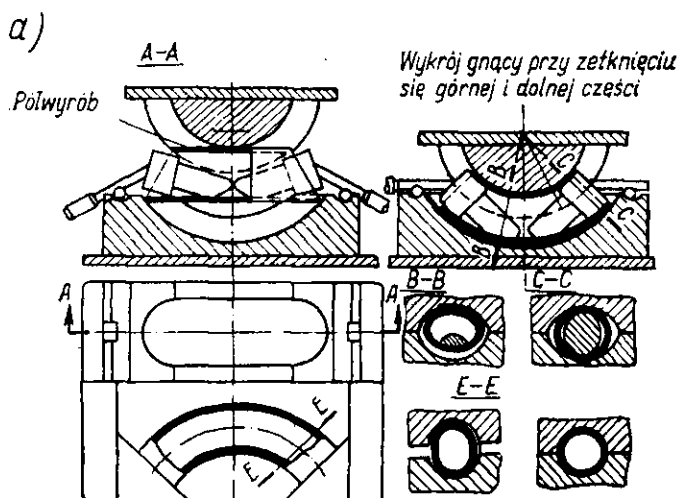
Rys. 79. Gięcie kolan z grubościennych krótkich odcinków rur

Sposób ten różni się od poprzedniego tym, że gięcie kolana wykonuje się z wkładkami łyżkowymi zapobiegającymi zgniataniu rury w czasie gięcia. Dotłaczanie wykonuje się bez nagrzewania materiału.

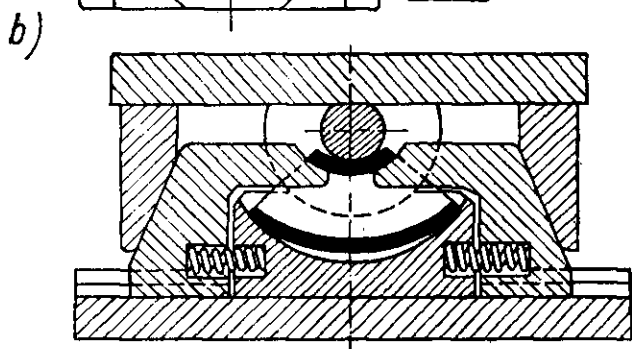
Na rys. 80b przedstawiony jest drugi wariant tłoczniaka do gięcia (wyginaka)

z przesuwanymi wkładkami wsuwającymi się w rurę. Rozwiązanie to jest zalecane, gdy grubość ścianki wynosi $g = 0,17 \div 0,09 D$.

Na rys. 81 podano sposób gięcia małych kolan w tłoczniku z dzieloną matrycą. Półwyrob nasadza się na trzpień 1 i pod naciskiem prasy wtlacza się w zakrzy-



Rys. 80. Gięcie kolan z cienkościennych krótkich odcinków rur



wiony kanał matrycy. Wkładka 2 z kulowym łbem przeciwdziała zgniataniu rury. Za pomocą pokręcania nakrętki 3 wyciąga się wkładkę 2 z kolana i kalibruje się wewnętrzną średnicę.

Za pomocą tłoczenia na zimno wykonywane są często przedmioty z drutu. Przedmioty takie wykonuje się za pomocą wyginania lub zawijania.

Na rys. 82a przedstawiony jest tłocznik do wykonywania przedmiotów z drutu za pomocą zawijania dookoła stempla.

Odcinek drutu wkłada się do tłocznika dosuwając go do zderzaka 1, następnie stempel 3 pierścieniowym występem wpycha drut do matrycy 2. Końce drutu ślizgają się po skośnej powierzchni matrycy i stopniowo zawijają się na stemple.

Na rys. 82b przedstawione są różne przedmioty z drutu wykonywane w tłoczniku opisanego typu.

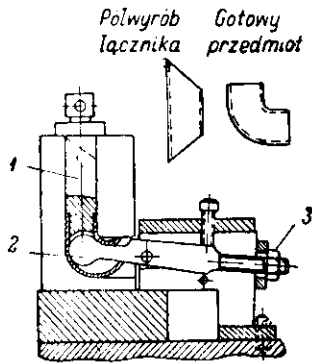
Na rys. 83 przedstawiony jest proces wykonania na automacie spinacza biurowego za pomocą zawijania drutu tulejowymi stemplami.

Zawijanie pod określonym kątem uzyskuje się dzięki odpowiednim wybraniom w tulejowych stemplach. Zawijanie odbywa się tylko na określonym łuku koła. Cały proces wytwarzania odbywa się w czasie jednego skoku suwaka prasy. Trzpie-

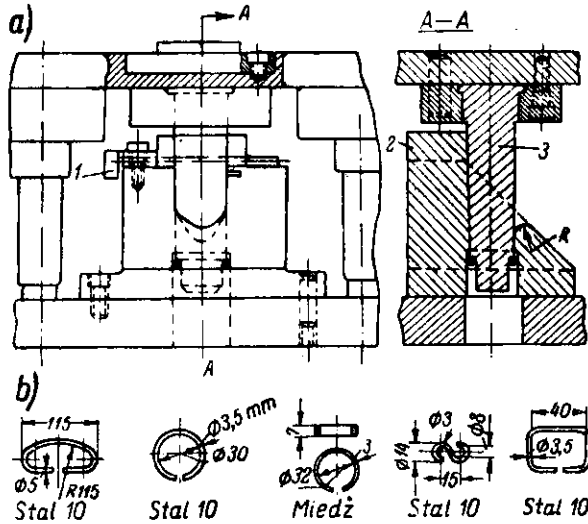
nie 1, 2 i 3, dookoła których wykonywane jest zawijanie, usuwają się automatycznie w odpowiedniej chwili.

Na rys. 84a przedstawione są przedmioty gięte wykonywane masowo na automatach do gięcia.

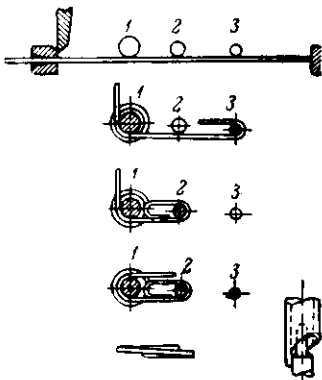
Na rys. 84b pokazany jest proces wykonania zawlecзки na specjalnym automacie.



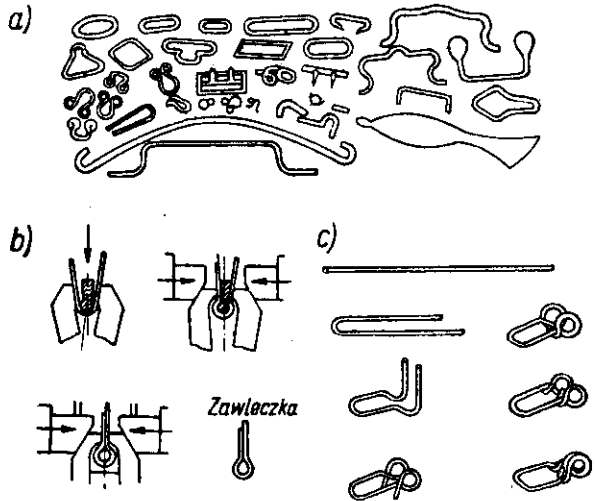
Rys. 81. Gięcie małych kolan rurowych w przyrządzie z dzieloną matrycą



Rys. 82. Wykonywanie przedmiotów z drutu za pomocą zawijania



Rys. 83. Przebieg wykonania spinacza biurowego



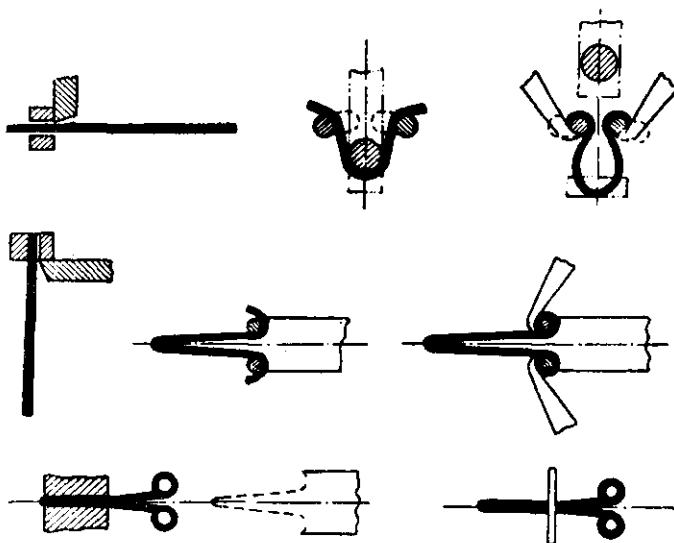
Rys. 84. Przedmioty z drutu wykonywane na automatach do gięcia: a) typy przedmiotów, b) tłoczenie zawlecзки, c) wykonanie ogniwa łańcucha z drutu

Gięcie zawlecзки wykonywane jest w czasie jednego skoku bez przesuwania materiału. Narzędziami są przegubowe szczęki gnące oraz przesuwny trzpień.

Na rys. 84c przedstawiony jest przebieg procesu wykonania ogniwa łańcucha na automacie do gięcia. Wszystkie zabiegi gięcia wykonywane są kolejno bez zmiany

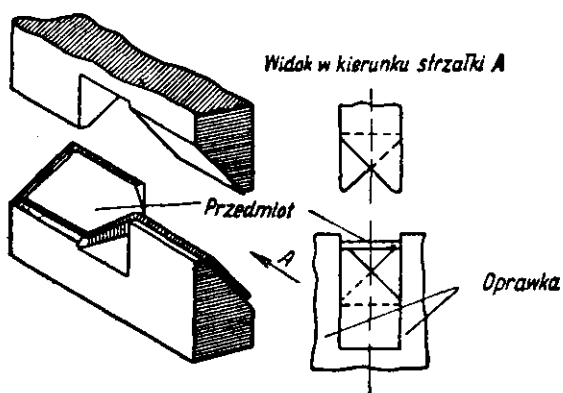
pozycji półwyrobu. Odcięty półwyrób każdego następnego ogniwa wsuwa się w uszko ogniwa poprzedzającego. W ten sposób wykonywane jest tłoczenie łańcucha o dużej długości.

Na rys. 85 pokazany jest proces gięcia na automacie oczka i haczyka haftki. Gięcie wykonywane jest na wysuwnych trzpieniach za pomocą stempli o prostym kształcie.



Rys. 85. Wykonanie na automacie do gięcia oczka i haczyka haftki

Na rys. 86 przedstawiony jest schemat tłocznika do skręcania płaskich przedmiotów o kąt 90° . Skręcanie stosowane jest do wykonywania różnych dźwigni z blachy i umożliwia otrzymywanie lekkich i sztywnych przedmiotów.



Rys. 86. Schemat procesu skręcania w tłoczniku

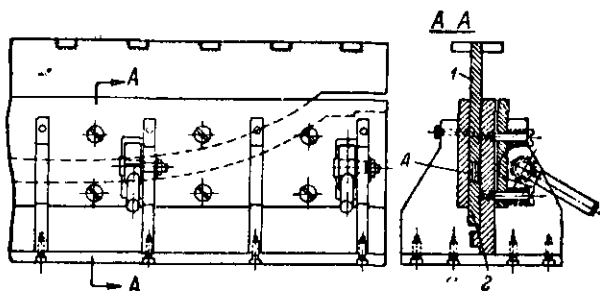
Na rys. 87 uwidoczniono tłocznik do gięcia „grzbietowego” wąskich pasów.

Półwyroby wkłada się pojedynczo lub w pakietach w rowek *A* i dociska krzywkami. Gięcie wykonywane jest kształtowymi stemplami *1* w matrycy *2*. Boczne szczęki zapobiegają skrzywieniu pasów w kierunku poprzecznym.

Bardzo często stosowane jest gięcie z półwyrobów z grubej blachy lub z kształtowników pierścieni lub półpierścieni.

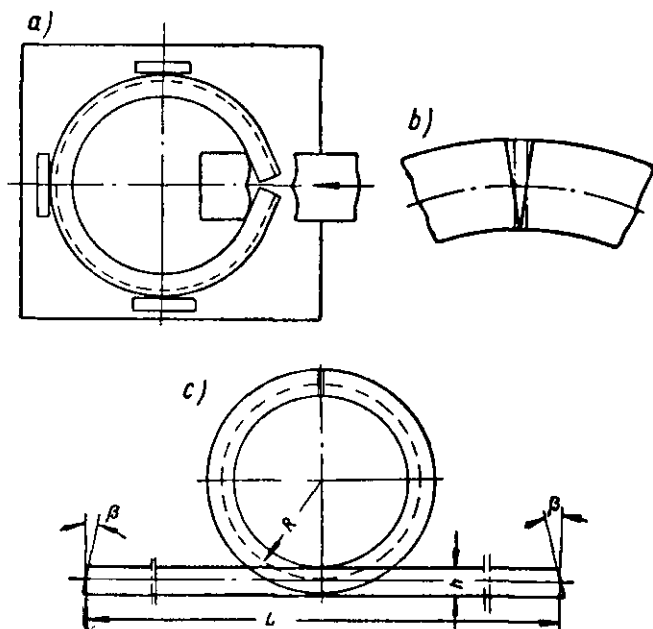
W tych przypadkach końce półwyrobów nie uzyskują wymaganego zakrzywienia. W celu usunięcia tej wady miejsca styku w pierścieniach z kształtowników dogina się w tłocznikach (rys. 88a) na specjalnych hydraulicznych prasach.

Rys. 87. Tłocznik do gięcia „grzbietowego” wąskich pasów



Przy gięciu pierścieni odkształcenie końców materiału różni się od odkształcenia środkowej części pierścienia.

Przy zbliżeniu ogniska odkształcenia do swobodnych końców materiału występuje mniejsze wydłużenie zewnętrznych rozciąganych włókien i mniejsze skrócenie



Rys. 88. Odkształcenie końców przy gięciu pierścieni

włókien wewnętrznych ściskanych. W miejscu styku uzyskuje się dlatego powierzchnie skośne (rys. 88b).

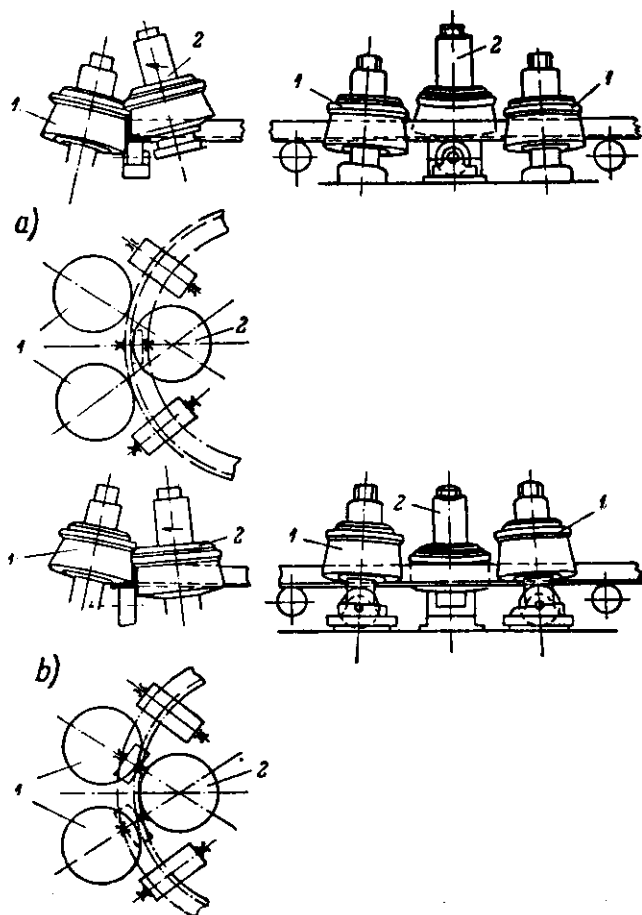
W celu uniknięcia tej wady należy przygotowywać materiał wyjściowy do gięcia (półwyrob) ze skośnie ściętymi końcami, dłuższymi z zewnętrznej strony giętego przedmiotu a krótszymi od strony wewnętrznej.

Kąt skosu zależy od względnego promienia gięcia, jak podano w tablicy (wg danych НИАТ):

Względny promień gięcia $\frac{R}{h}$	5	10	15	20	25	30	> 30
Kąt skosu β°	6	5	4	3	2	1	0

Na rys. 89 podane są schematy gięcia pierścieni z kształtników na giętarcie trzyrolkowej.

Na rys. 89a przedstawiono gięcie pierścienia z kątownika zwróconego na zewnątrz jedną półką. Na rys. 89b — gięcie pierścienia z półką skierowaną do środka pierścienia.



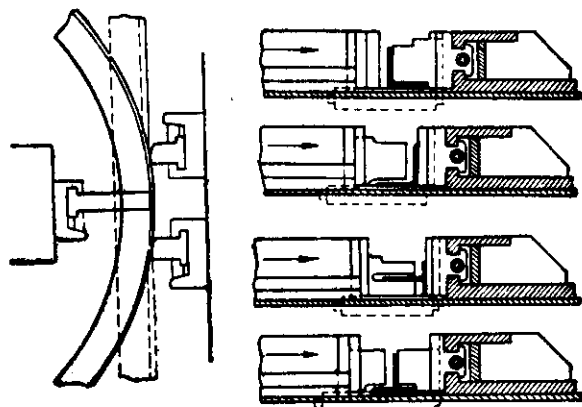
Rys. 89. Gięcie pierścieni z kształtników walcowanych na giętarcie trzyrolkowej

nia. Gięcie wykonywane jest między napędzanymi rolkami 1 i przesuwaną rolką 2. Pod kształtnikiem widoczne są wałki podpierające.

Najmniejsze promienie gięcia kształtników podane są w tabl. 35.

Na rys. 90 pokazano gięcie kształtowników na poziomych prasach do gięcia i prostowania.

Gięcie wykonuje się za pomocą wielokrotnego naciskania stemplem i przesuwania giętego kształtownika.



Rys. 90. Gięcie kształtowników na prasie poziomej

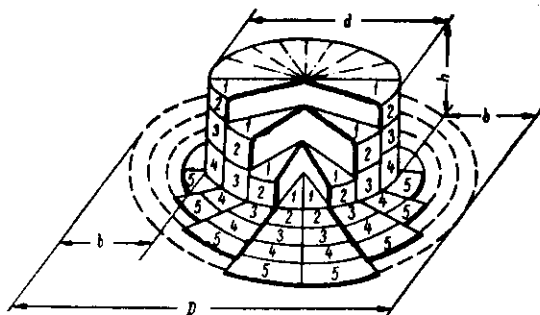
W celu zabezpieczenia przed odkształceniem się poprzecznego przekroju kształtownika stempeł lub szczęki gnące albo wszystkie te narzędzia zaopatrzone są w odpowiednie wycięcia, w które w czasie gięcia wchodzi pólki kształtownika.

ROZDZIAŁ IV
CIĄGNIENIE

18. Proces ciągnięcia

Ciągnięcie jest procesem przekształcania materiału w postaci płytki w przedmiot w postaci naczynia (lub dalszej zmiany jego wymiarów), wykonuje się je w tłoczniach ciągowych zwanych ciągownikami.

Na rys. 91 przedstawiony jest schemat ciągnięcia przedmiotu cylindrycznego z płaskiego krążka blachy i kolejne przemieszczanie się metalu w czasie ciągnięcia.



Rys. 91. Przebieg przemieszczania metalu w procesie ciągnięcia (wytłaczania)

Przemieszczanie to charakteryzuje się przesuwaniami elementów (1 ÷ 5) półwyrobu w miarę zwiększania się głębokości ciągnięcia.

Za pomocą ciągnięcia wykonuje się przedmioty o różnych kształtach zarysu obrzeży i ścianek bocznych.

Ogólna klasyfikacja przedmiotów wykonywanych za pomocą ciągnięcia podana jest na rys. 92.

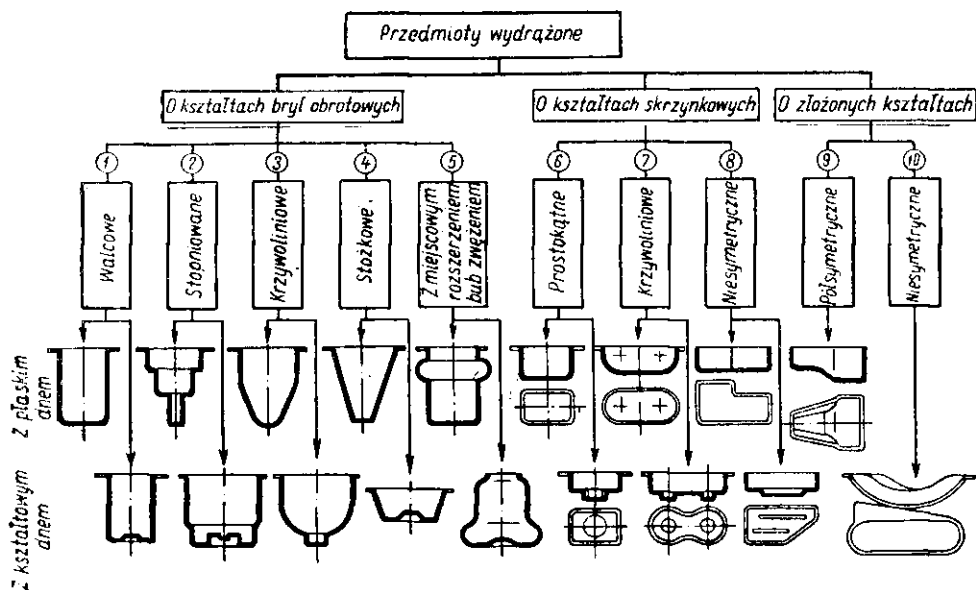
Wszystkie przedmioty o kształcie wklęsłych powłok dzieli się na trzy klasy:

- 1) powłoki obrotowe (o kształcie symetrycznym względem osi),
- 2) powłoki skrzynkowe,
- 3) powłoki o złożonym kształcie.

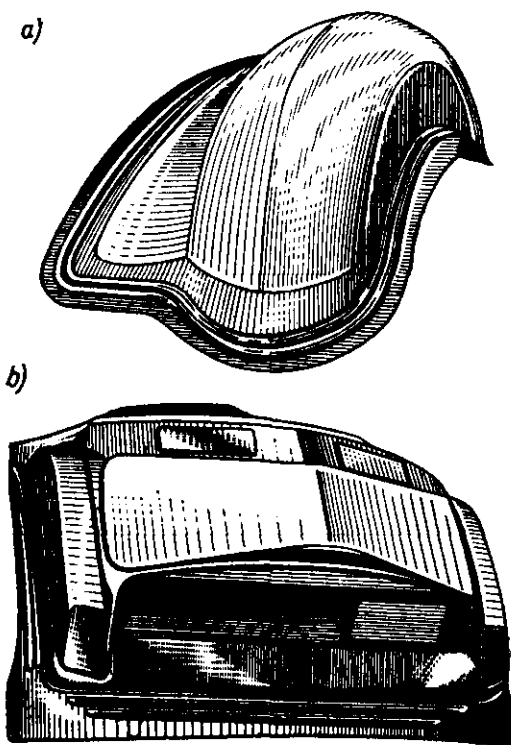
Każda z tych klas dzieli się na szereg grup. Procesy technologiczne ich wytwarzania są różne.

Przykładem powłok ciągniętych o złożonym kształcie są części nadwozia samochodu przedstawione na rys. 93.

W czasie procesu ciągnięcia płaski pierścień materiału ($D-d$) przekształca się w cylinder o średnicy d i wysokości h . Ponieważ objętość materiału nie zmienia się, to po zakończeniu ciągnięcia wysokość cylindrycznej części przedmiotu będzie większa od szerokości pierścienia b .



Rys. 92. Klasyfikacja przedmiotów wydrążonych wykonywanych za pomocą ciągnięcia



Rys. 93. Wytłoczki części nadwozia samochodowego:
 a) błotnik, b) wewnętrzna przednia tablica

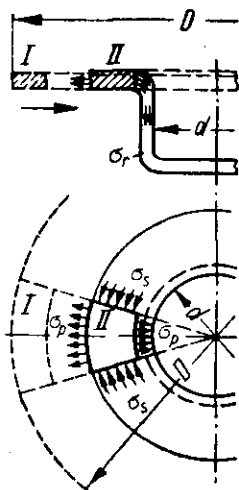
Ciągnienie odbywa się więc dzięki odkształceniom plastycznym, przejawiającym się w przemieszczaniu znacznej objętości materiału w kierunku wysokości.

Z elementarnych zależności geometrycznych przemieszczona objętość może być wyrażona wzorem

$$V_p = g \frac{\pi}{4} (D-d)^2$$

Przy dużym stopniu odkształcenia, odpowiadającym głębokiemu ciągnięciu i małej grubości materiału, przemieszczana objętość jest przyczyną powstawania fałd.

W razie małego odkształcenia i stosunkowo dużej grubości materiału fałdy nie tworzą się, ponieważ objętość przemieszczanego materiału jest mała.



Rys. 94. Odkształcenie elementów półwyrobu i naprężenia przy wytłaczaniu

W celu zapobieżenia tworzeniu się fałd stosuje się przytrzymywanie (dociskanie do czołowej powierzchni matrycy) materiału za pomocą dociskacza.

W czasie ciągnięcia następuje złożone odkształcenie materiału, w procesie tym płaski element I (rys. 94) zmienia swoje wymiary (wydłuża się w kierunku promieniowym, skraca się w kierunku stycznym) i zajmuje położenie II, a następnie przekształca się w element bocznej powierzchni kształtowanego naczynia.

Warunek plastyczności odkształcanego kołnierza, określający moment jego przejścia w stan plastyczny, wyraża się wzorem

$$\sigma_p + \sigma_s = 1,15Q,$$

Na początku pierwszej operacji ciągnięcia w elemencie I znajdującym się w pobliżu zewnętrznej krawędzi kołnierza (rys. 94) występuje największe odkształcenie od ściskania stycznego, średnie — odkształcenie od rozciągania promieniowego i najmniejsze — odkształcenie wyrażające się zmniejszeniem grubości materiału.

Wskutek ściskania stycznego przy ciągnięciu cienkiego materiału istnieje skłonność do powstawania fałd. W grubym materiale, przy takich samych wymiarach półwyrobu i gotowego przedmiotu fałdy nie powstają tak łatwo ze względu na większą stateczność materiału kołnierza ciągniętego półwyrobu.

Przy zbliżaniu się rozpatrywanego elementu półwyrobu do ciągowej krawędzi matrycy odkształcenie od promieniowego rozciągania stanie się największe, ponieważ ściskanie styczne stopniowo maleje. W czasie przesuwania się elementu po roboczej

krawędzi matrycy odkształcenie elementu staje się bardziej złożone wskutek pojawienia się dodatkowego odkształcenia od przestrzennego gięcia. Następnie element przesuwają w zakrzywioną pionową ściankę przedmiotu i ulega małemu wydłużeniu wzdłuż tworzącej i nieznacznemu zmniejszeniu grubości. Jedynie w pobliżu dna przedmiotu powstaje znaczne zmniejszenie grubości materiału.

Najbardziej niebezpiecznym miejscem jest strefa przejścia dna w ściankę boczną przedmiotu wskutek ścienienia materiału i dużej wartości naprężeń rozciągających.

W razie dużego stopnia odkształcenia lub w przypadku powstawania fałd naprężenia rozciągające przekraczają w niebezpiecznym przekroju wytrzymałość materiału i następuje oderwanie dna. Warunek wytrzymałości w niebezpiecznym przekroju wyraża się równaniem

$$\sigma_r \leq 1,1R,$$

Dno przedmiotu ulega rozciągnięciu płaskiemu ($1 \div 2\%$) i zmniejszeniu grubości ($2 \div 3\%$), które w praktyce można nie uwzględniać.

Przeprowadzone badania wskazują, że odkształcanie ścianek w szczelinie ciągnika i zaokrąglonym przejściu przy dnie trwa w czasie całego skoku roboczego i powoduje ciągłe zmniejszanie się grubości ścianki.

Główne kierunki racjonalnego przeprowadzania procesów ciągnięcia polegają na tworzeniu jak najlepszych warunków odkształcania:

- 1) zmniejszeniu oporu odkształcania płaskiego kołnierza,
- 2) zmniejszeniu naprężeń ściskania stycznego w odkształcanym kołnierzu lub zwiększeniu jego stateczności w celu zapobieżenia powstawaniu fałd,
- 3) zmniejszeniu naprężeń rozciągających w przekroju niebezpiecznym w celu uniknięcia naderwań dna oraz zwiększeniu wytrzymałości materiału w tym przekroju.

W wyniku wprowadzenia wskazanych warunków zwiększa się głębokość ciągnięcia w jednej operacji, zmniejsza się liczbę operacji i umożliwia się ciągnięcie przedmiotów o złożonych kształtach.

Należy zaznaczyć, że przy ciągnięciu przedmiotów o różnych geometrycznych kształtach nie wszystkie z wymienionych warunków będą jednakowo sprzyjające.

Na przykład przy ciągnięciu przedmiotów cylindrycznych lub o prostokątnym przekroju poprzecznym z pionowymi ściankami najbardziej sprzyjający warunek kształtowania polega na maksymalnym zmniejszeniu oporu odkształcania płaskiego kołnierza, dzięki czemu znacznie zmniejsza się naprężenia rozciągające w niebezpiecznym przekroju i umożliwia się przez to głębsze ciągnięcie.

Ciągnięcie przedmiotów stożkowych, kulistych, paraboloidalnych lub innych o złożonym krzywoliniowym kształcie głównie utrudnione jest przez skłonność do powstawania fałd.

Dlatego w danym przypadku sprzyjające warunki odkształcania polegają na zwiększeniu naprężeń rozciągających promieniowych, a zmniejszeniu naprężeń ściskających stycznych oraz zwiększeniu wytrzymałości w niebezpiecznym przekroju.

Na rys. 95 podane są schematy stanu naprężeń i odkształceń w różnych miejscach przedmiotu w czasie ciągnięcia z dociskaczem. W czasie ciągnięcia bez dociskacza zmienia się tylko schemat stanu naprężeń w kołnierzu.

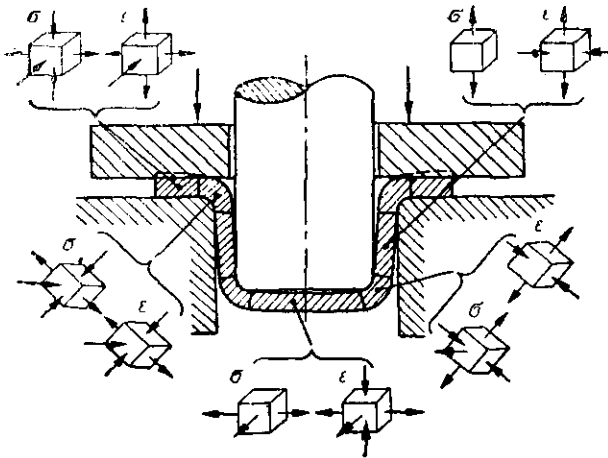
Tak więc ciągnięcie jest procesem złożonego obciążenia przy zmieniających się w sposób ciągły postaciach stanu naprężeń i odkształceń.

Intensywność stanu naprężeń i odkształceń jest różna w różnych stadiach ciągnięcia i różnych miejscach przedmiotu. Największa intensywność stanu naprężeń i odkształceń występuje na brzegu ciągniętego przedmiotu.

Dalsze operacje ciągnięcia mają nieco inne schematy stanu naprężeń i odkształceń ale również są procesami złożonych odkształceń plastycznych.

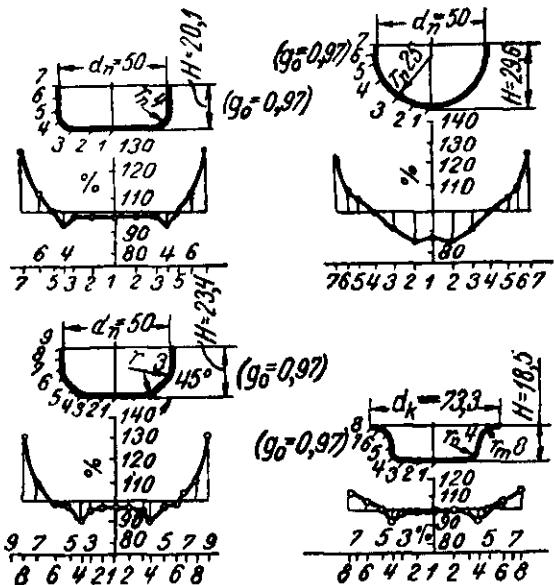
W celu pogładowego przedstawienia charakteru odkształcenia i możliwości

określenia jego wartości stosuje się metodę nanoszenia prostokątnej lub promieniowo kołowej siatki na powierzchni półwyrobu i obserwacji zniekształcania jej w czasie ciągnięcia.



Rys. 95. Schematy stanu naprężeń i odkształceń przy wyciąganiu (σ — naprężenia, ϵ — odkształcenia)

Pomiary zniekształconej siatki wskazują, że w pierwszej operacji ciągnięcia wartość odkształcenia spowodowanego ścisnaniem stycznymi jest większa od wartości odkształcenia rozciągania promieniowego.



Rys. 96. Zmiana grubości ścianek przy wyciąganiu przedmiotów o różnych kształtach

Na rys. 96 przedstawiono zmianę grubości ścianek podczas ciągnięcia przedmiotów o różnych kształtach.

W przypadku ciągnięcia przedmiotów cylindrycznych bez kołnierza największe ścienienie wynosi $10 \div 18\%$, a zgrubienie brzegu $20 \div 30\%$ w stosunku do pierwotnej grubości materiału.

Grubość materiału w miejscu przejścia dna w ściankę boczną zmniejsza się w miarę wzrostu stopnia odkształcenia, względnej grubości półwyrobu $\frac{g}{D}$, plastycz-

ności materiału, liczby operacji ciągnięcia i zmniejszania promieni zaokrąglenia stempla i matrycy.

Przybliżoną grubość brzegu oblicza się z następujących zależności:

w przedmiotach bez kołnierza

$$g' = g \sqrt{\frac{D}{d}}$$

w przedmiotach z kołnierzem

$$g' = g \sqrt{\frac{D}{D_k}}$$

gdzie: g' — grubość brzegu przedmiotu w mm,

g — grubość półwyrobu (krążka wyjściowego) w mm,

D — średnica półwyrobu (krążka wyjściowego) w mm,

d — średnica ciągniętego przedmiotu w mm,

D_k — średnica kołnierza w mm.

Korzystniejsze jest przedstawienie odkształcenia za pomocą siatki logarytmicznej.

Wydłużenie w kierunku promieniowym wynosi

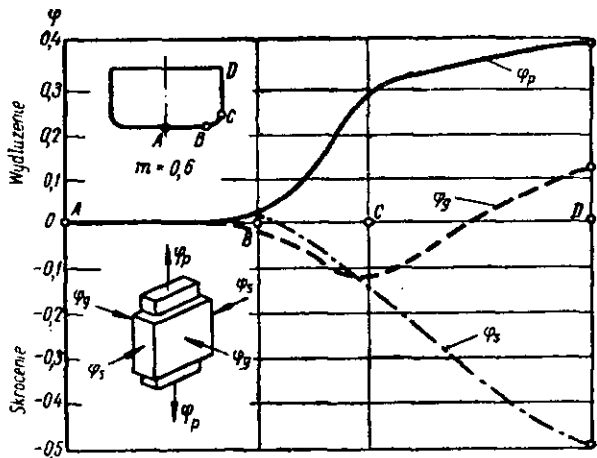
$$\varphi_p = \ln \frac{l}{l_0}$$

Skrócenie w kierunku stycznym

$$\varphi_s = \ln \frac{d}{d_0} = -\ln \frac{d_0}{d}$$

Zmiana grubości materiału

$$\varphi_g = \ln \frac{g}{g_0}$$



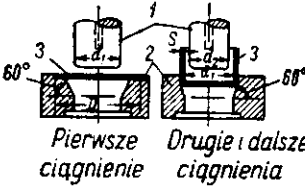
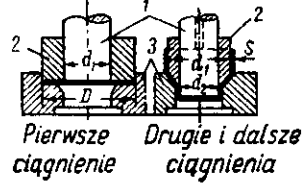
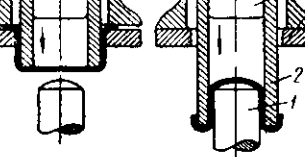
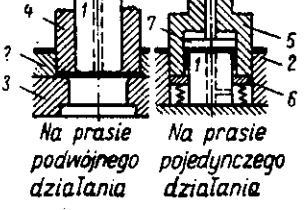
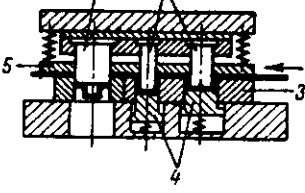
Rys. 97. Odkształcenia przy wytłaczaniu naczyń walcowych

Ze względu na niezmiennosc objętości materiału istnieje zależność

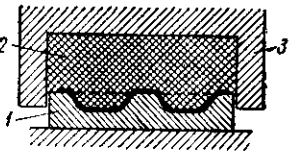
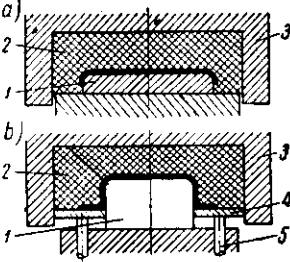
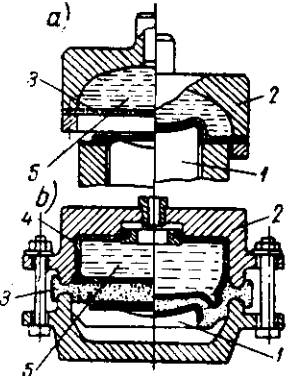
$$\varphi_p + \varphi_s + \varphi_g = 0 \text{ czyli } \frac{l}{l_0} \cdot \frac{d}{d_0} \cdot \frac{g}{g_0} = 1$$

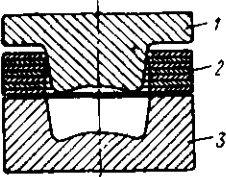
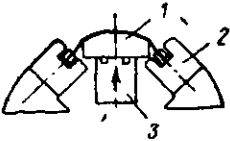
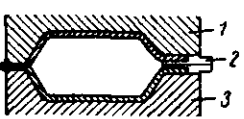
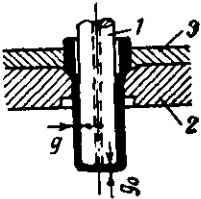
Na rys. 97 podane są krzywe zmiany wartości odkształceń logarytmicznych (φ_p , φ_s , φ_g) w różnych punktach ciągniętego przedmiotu cylindrycznego [365].

Tablica 44. Podstawowe sposoby ciągnięcia

Sposób ciągnięcia	Schemat ciągnięcia	Oznaczenia	Zakres zastosowania
Ciągnięcie bez dociskacza	 <p>Pierwsze ciągnięcie Drugie i dalsze ciągnięcia</p>	<p>1 — stempel ciągowy 2 — matryca ciągową 3 — materiał wyściowy</p>	<p>Płytkie ciągnięcie z cienkich materiałów i głębokie — przy stosunkowo dużej grubości materiału. Pierwsze ciągnięcie przy $g \geq 0,017D$ i $\frac{d_1}{D} \geq 0,55$ Drugie ciągnięcie przy $g \geq 0,015D$ i $\frac{d_2}{d_1} \geq 0,78$</p>
Ciągnięcie z dociskaczem	 <p>Pierwsze ciągnięcie Drugie i dalsze ciągnięcia</p>	<p>1 — stempel ciągowy 2 — dociskacz 3 — matryca ciągową</p>	<p>Głębokie ciągnięcie ze stosunkowo cienkiego materiału Pierwsze ciągnięcie przy $g \geq 0,015D$ i $\frac{d_1}{D} \geq 0,6$ Drugie ciągnięcie przy $g \geq 0,01D$ i $\frac{d_2}{d_1} \geq 0,78$ Uwaga. W prasach pojedynczego działania — odwrotne rozmieszczenie części roboczych tłoczniaka</p>
Ciągnięcie z przewijaniem		<p>1 — stempel ciągowy 2 — stempel-matryca 3 — matryca ciągową 4 — wypychacz</p>	<p>Podwójne ciągnięcie oraz ciągnięcie dwuciennych przedmiotów wydrążonych</p>
Wycinanie i wytłaczanie w tłoczni złożonym	 <p>Na prasie podwójnego działania Na prasie pojedynczego działania</p>	<p>1 — stempel ciągowy 2 — matryca wycinająca 3 — matryca ciągową 4 — stempel wycinający 5 — stempel-matryca 6 — dociskacz 7 — wypychacz</p>	<p>Wykonywanie wydrążonych przedmiotów o małych i średnich wymiarach na prasach pojedynczego i podwójnego działania</p>
Wieloperacyjne ciągnięcie w taśmie		<p>1 — stempel wycinający 2 — stempel ciągowy 3 — matryca 4 — wypychacz 5 — dociskacz</p>	<p>Wykonywanie małych przedmiotów ($d \leq 50$ mm) typu miseczek, spłonek, nitów wydrążonych itp. W razie głębokiego ciągnięcia stosuje się nacinanie taśmy, a w razie płytszych — tłoczenie w pełnej taśmie</p>

Tablica 45. Specjalne sposoby ciagnienia

Sposoby ciagnienia	Schemat ciagnienia	Oznaczenia	Zakres zastosowania
Ciagnienie stemplem gumowym		<p>1 — matryca 2 — stemplem gumowy 3 — oprawa</p>	<p>Produkcja seryjna i drobnoseryjna przedmiotów z cienkiego plastycznego metalu (aluminium, stopy aluminium, stal nierdzewna) o grubości do 1—1,5 mm oraz ze stopów magnezu</p>
Ciagnienie matrycą gumową		<p>1 — stemplem 2 — matryca gumowa 3 — oprawa 4 — dociskacz 5 — kołki poduszki</p>	<p>a) — płytkie ciagnienie przedmiotów aluminiowych i duraliniowych w produkcji drobnoseryjnej przy nacisku gumy 50÷85 kG/cm²; b) przy dużym nacisku gumy (do 500 kG/cm²) głębokie z dowolnego materialu</p>
Ciagnienie hydrauliczne		<p>1 — stemplem 2 — oprawa 3 — przepona gumowa 4 — worek gumowy 5 — ciecz</p>	<p>Produkcja seryjna i drobnoseryjna przedmiotów wydrążonych o złożonym kształcie, z cienkiej blachy (aluminium, stopy aluminium, stal nierdzewna); a) — tłoczenie na prasie hydraulicznej b) — tłoczenie bez prasy</p>

Sposoby ciągnięcia	Schemat ciągnięcia	Oznaczenia	Zakres zastosowania
<p>Ciągnięcie na młotach spadowych</p>		<p>1 — stempel 2 — pierścienie z dykty 3 — matryca</p>	<p>Produkcja seryjna i drobnoseryjna dużych przedmiotów wydłużonych o złożonym kształcie, z aluminium i jego stopów, o grubości do 3—4 mm i miękkiej stali o grubości do 1,5—2 mm</p>
<p>Obciąganie na prasach hydraulicznych</p>		<p>1 — wzornik obciągania 2 — uchwyty nurnik prasy 3 — nurnik prasy</p>	<p>Ciągnięcie za pomocą obciągania blachy (aluminium, stopy magnezu, stal nierdzewna, stal węglowa) na metalowym lub drewnianym wzorniku, w produkcji drobnoseryjnej przy wykonywaniu dużych przedmiotów o niezłożonym kształcie</p>
<p>Ciągnięcie—wyciąganie sprężonym powietrzem</p>		<p>1 — matryca górna 2 — króciec do sprężonego powietrza 3 — dolna matryca</p>	<p>Wykonywanie przedmiotów celuloidowych i z tworzyw sztucznych, płytkie ciągnięcie przedmiotów z cienkiej blachy ze stopów aluminium jednocześnie ze spajaniem na zimno brzegów</p>
<p>Przetłaczanie z wyciąganiem (ze ścięciem ścianek)</p>		<p>1 — stempel ciągowy 2 — matryca ciągowy 3 — ramka ustawcza</p>	<p>Wykonywanie bardzo głębokich przedmiotów (łusek nabojów, lub tp.) z niejednakową grubością ścianek i dna</p> $\frac{g}{g_d} = \frac{1}{10} \div \frac{1}{20}$ <p>W szeregu przypadków stosuje się jednocześnie ciągnięcie przez kilka matryc</p>

Krzywe te pokazują, że w miejscu dennego zaokrąglenia i nieco wyżej, gdzie występuje ścienienie materiału, wartość wydłużenia promieniowego przewyższa wartość skrócenia stycznego.

W miejscach gdzie występuje zgrubienie materiału odkształcenie od ściskania stycznego przewyższa odkształcenie od rozciągania promieniowego.

Z rys. 97 wynika, że odkształcenie przy ciągnięciu ma charakter przestrzenny (objętościowy) a nie płaski, jaki zwykle się przyjmuje w celu uproszczenia rozważań matematycznych przy analizie procesu ciągnięcia. Pomijając zmianę grubości materiału przy ciągnięciu, dopuszcza się znaczny błąd w określeniu rzeczywistej wartości odkształcenia (do 25 ÷ 30%).

W tabl. 44 podane są główne, najbardziej rozpowszechnione sposoby ciągnięcia oraz zakres ich zastosowania.

Przedstawione sposoby stosuje się przy ciągnięciu z pojedynczych półwyrobów i z taśmy w celu wykonania przedmiotów w postaci naczyń (powłok) o różnych kształtach: cylindrycznych, stożkowych, kulistych, prostokątnych i złożonych.

W tabl. 45 przedstawione są specjalne sposoby ciągnięcia, których dokładniejszy opis podany jest w dalszym ciągu pracy.

19. Określanie wymiarów i kształtu materiału wyjściowego (półwyrobów) przeznaczonego do ciągnięcia

Ponieważ w procesie odkształcania plastycznego nie zmienia się objętość materiału, to podstawowym warunkiem do obliczania wymiarów materiału wyjściowego (półwyrobu) jest równość objętości półwyrobu i gotowego przedmiotu.

W przypadku ciągnięcia bez ścieniania ścianek pomija się zwykle zmianę grubości materiału i oblicza się wymiary materiału (półwyrobu) przyjmując za podstawę równość powierzchni półwyrobu i gotowego przedmiotu, uwzględniając przy tym naddatek na obcięcie.

W przypadku ciągnięcia ze zmniejszeniem grubości ścianek obliczenie wymiarów półwyrobu dokonuje się na podstawie równych objętości półwyrobu i przedmiotu.

W praktyce spotyka się ciągnięcie przedmiotów o różnych kształtach wymagające zastosowania różnych sposobów określania wymiarów półwyrobów:

- 1) ciągnięcie przedmiotów o kształtach prostych brył obrotowych,
- 2) ciągnięcie przedmiotów o kształtach złożonych brył obrotowych,
- 3) ciągnięcie przedmiotów prostokątnych,
- 4) ciągnięcie przedmiotów o kształtach złożonych i niesymetrycznych,
- 5) ciągnięcie ze zmniejszaniem grubości materiału

Wymiary półwyrobów przeznaczonych do ciągnięcia przedmiotów o kształtach prostych brył obrotowych

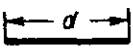
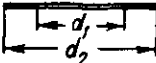
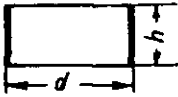
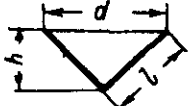
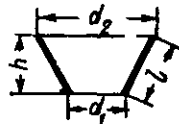
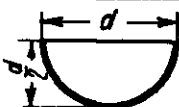
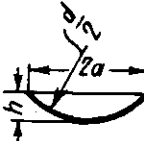
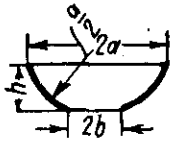
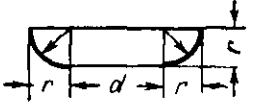
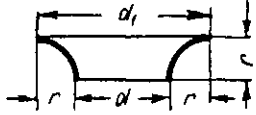
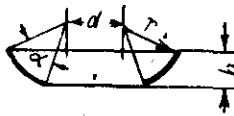
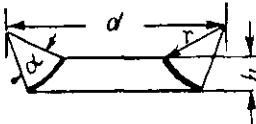
Rozpatrywany przypadek odnosi się do ciągnięcia bez zmniejszania grubości materiału, dlatego określenie wymiarów półwyrobów przeprowadza się na podstawie równości powierzchni półwyrobu i gotowej części (z naddatkiem na obcięcie).

Półwyrob ma w danym przypadku kształt krążka, którego średnicę oblicza się ze wzoru

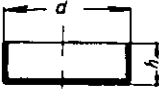
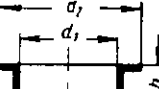
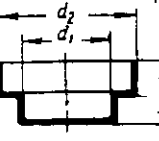
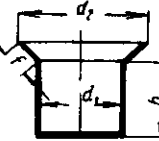

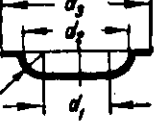
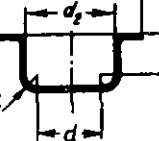
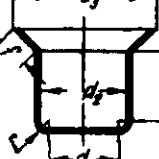
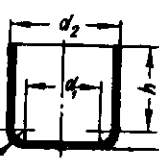
$$D = 1,13\sqrt{F} = 1,13\sqrt{\Sigma F_e} \text{ mm}$$

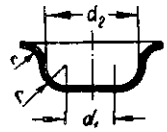
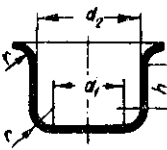
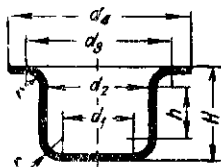
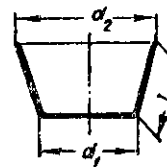
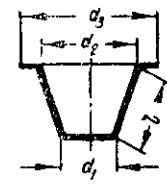
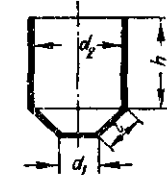
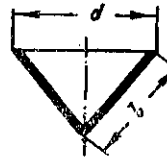

gdzie: F — powierzchnia gotowego przedmiotu w mm^2 ,
 ΣF_e — suma powierzchni elementów składowych powierzchni przedmiotu w mm^2 .

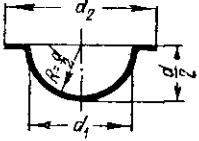
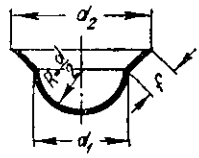
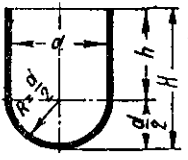
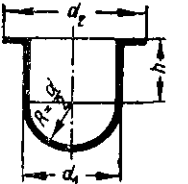
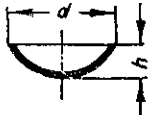
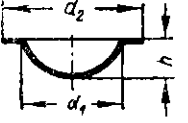
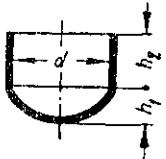
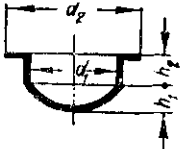
Tablica 46. Pola powierzchni o prostych kształtach geometrycznych

Lp.	Kształt powierzchni	Szkic	Pole powierzchni F
1	Krążek		$\frac{\pi d^2}{4}$
2	Pierścień		$\frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2)$
3	Walec kołowy		$\pi d h$
4	Stożek		$\frac{\pi d l}{2}$
5	Stożek ścięty		$\frac{\pi l}{2} (d_2 + d_1)$
6	Półkula		$\frac{\pi h^2}{2}$
7	Czasza kulista		$\pi d h$
8	Pas kulisty		$\pi d h$
9	Ćwiartka pierścienia kołowego (wypukła)		$\frac{\pi}{4} (2\pi d r + 8r^2)$
10	Ćwiartka pierścienia kołowego (wklęsła)		lub $\frac{\pi}{4} (2\pi d_1 r - 8r^2)$
11	Część wypukłego pierścienia kołowego		$\pi (dL + 2rh)$ gdzie $L = \frac{\pi r \alpha}{180} = 0,017 r \alpha$
12	Część wklęsłego pierścienia kołowego		$\pi (dL - 2rh)$ gdzie $L = \frac{\pi r \alpha}{180} = 0,017 r \alpha$

Tablica 47. Wzory do obliczania średnicy krążka wyjściowego

Lp.	Kształt przedmiotu	Średnica krążka D
1		$\sqrt{d^2 + 4dh}$
2		$\sqrt{d_2^2 + 4d_1h}$
3		$\sqrt{d_2^2 + 4(d_1h_1 + d_1h_2)}$
4		$\sqrt{d_2^2 + 4d_1h + 2f(d_1 + d_2)}$
5		$\sqrt{d_2^2 + 2\pi rd_1 + 8r^2}$
6		$\sqrt{d_2^2 + 2\pi rd_1 + 8r^2 + d_3^2 - d_2^2}$
7		$\sqrt{d_2^2 + 2\pi rd_1 + 8r^2 + 4d_2h + d_3^2 - d_2^2}$
8		$\sqrt{d_2^2 + 2\pi rd_1 + 8r^2 + 4d_2h + 2f(d_2 + d_3)}$
9		<p>lub</p> $\sqrt{d_2^2 + 4d_2H - 1,72rd_1 - 0,56r^2}$

Lp.	Kształt przedmiotu	Średnica krążka D
10		$\sqrt{d_1^2 + 2\pi r (d_1 + d_2) + 4\pi r^2}$
11		$\sqrt{d_1^2 + 4d_2h + 2\pi r (d_1 + d_2) + 4\pi r^2}$
12		lub $\sqrt{d_1^2 + 4d_2h + 2\pi r (d_1 + d_2) + 4\pi r^2 + d_4^2 - d_3^2}$ $\sqrt{d_4^2 + 4d_2H - 3,44rd_2}$
13		$\sqrt{d_1^2 + 2l (d_1 + d_2)}$
14		$\sqrt{d_1^2 + 2l (d_1 + d_2) + d_3^2 - d_2^2}$
15		$\sqrt{d_1^2 + 2l (d_1 + d_2) + 4d_2h}$
16		$\sqrt{2dl}$
17		$\sqrt{2d^2} = 1,4d$

Lp.	Kształt przedmiotu	Średnica krążka D
18		$\sqrt{d_1^2 + d_2^2}$
19		$1,4 \sqrt{d_1^2 + f(d_1 + d_2)}$
20		lub $1,4 \sqrt{d^2 + 2dh}$ $2\sqrt{dH}$
21		$\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + 4d_1h}$
22		$\sqrt{d^2 + 4h^2}$
23		$\sqrt{d_2^2 + 4h^2}$
24		$\sqrt{d^2 + 4(h_1^2 + dh_2)}$
25		$\sqrt{d_2^2 + 4(h_1^2 + d_1h_2)}$

Powierzchnię gotowego przedmiotu oblicza się sumując powierzchnię prostych jej elementów geometrycznych (koło, walec, pierścień itp.).

W tabl. 46 podano wzory do obliczania powierzchni przedmiotów o prostej geometrycznej postaci.

Zamiast obliczania średnicy półwyrobu za pomocą podzielenia powierzchni przedmiotu na proste elementy można ją, dla najczęściej spotykanych kształtów przedmiotów ciągnionych, obliczyć ze wzorów podanych w tabl. 47.

W większości przypadków po ciągnięciu obcina się nierówny brzeg przedmiotu, dlatego przy obliczaniu wymiarów półwyrobu należy uwzględnić naddatek na okrawanie.

Wzory podane w tabl. 47 nie uwzględniają naddatku, dlatego przy posługiwaniu się niektórymi z nich, w przypadku ciągnięcia z okrawaniem, należy do nominalnych wymiarów wysokości lub średnicy kołnierza gotowego przedmiotu dodać wartość naddatku na okrawanie.

Należy zaznaczyć, że wzory nie uwzględniające promieni zaokrągleń załamania rysu dają nieco większe wymiary półwyrobów, dlatego przy posługiwaniu się takimi wzorami można nie uwzględniać naddatku na okrawanie.

W razie przedmiotów ciągnionych, nie wymagających dużej dokładności określenia średnicy półwyrobu, przeprowadza się obliczenie na podstawie zewnętrznych wymiarów przedmiotu.

Powstający z tego powodu błąd zwiększa nieco naddatek na okrawanie, dzięki czemu można przyjmować mniejszy wymiar naddatku.

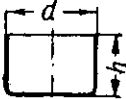
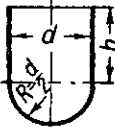
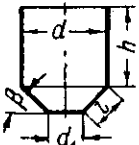
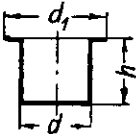
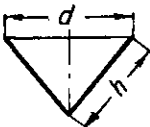
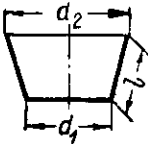
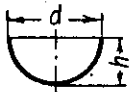
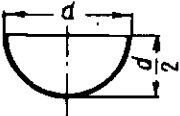
Tablica 48. Naddatki na okrawanie przedmiotów walcowych (cylindrycznych) bez kołnierza, w mm

Całkowita wysokość przedmiotu w mm	Wielkość naddatku			
	przy względnej wysokości przedmiotu $\frac{h}{d}$			
	0,5—0,8	0,8—1,6	1,6—2,5	2,5—4
10	1,0	1,2	1,5	2
20	1,2	1,6	2	2,5
50	2	2,5	3,3	4
100	3	3,8	5	6
150	4	5	6,5	8
200	5	6,3	8	10
250	5	7,5	9	11
300	7	8,5	10	12

Tablica 49. Naddatki na okrawanie przedmiotów z szerokim kołnierzem w mm

Średnica kołnierza d_k w mm	Wielkość naddatku na stronę			
	przy względnej średnicy kołnierza $\frac{d_k}{d}$			
	do 1,5	1,5—2	2—2,5	2,5—3
25	1,6	1,4	1,5	1,0
50	2,5	2,0	1,8	1,6
100	3,5	3,0	2,5	2,2
150	4,3	3,6	3,0	2,5
200	5,0	4,2	3,5	2,7
250	5,5	4,6	3,8	2,8
300	6	5	4	3

Tablica 50. Wzory do obliczania współczynnika stopnia ciągnięcia k w zależności od względnej wysokości przedmiotów $\frac{h}{d}$

Lp.	Kształt przedmiotu	Szkic	Stopień ciągnięcia K
1	Walec z płaskim dnem		$\sqrt{1 + 4 \frac{h}{d}}$
2	Walec z dnem kulistym		$\sqrt{2 + 4 \frac{h}{d}}$
3	Walec z dnem w postaci stożka ściętego		$\sqrt{\left(\frac{d_1}{d}\right)^2 + 2 \frac{h}{d} \left(1 + \frac{d_1}{d}\right) + 4 \frac{h}{d}}$
4	Walec z płaskim dnem i kołnierzem		$\sqrt{\left(\frac{d_1}{d}\right)^2 + 4 \frac{h}{d}}$
5	Stożek		$\sqrt{2 \frac{h}{d}}$
6	Stożek ścięty		$\sqrt{1 + 2 \frac{h}{d_1} + 2 \frac{h}{d_1} \frac{d_2}{d_1}}$
7	Czasza kulista		$\sqrt{1 + 4 \left(\frac{h}{d}\right)^2}$
8	Półkula		$\sqrt{2} = 1,41$

W przypadkach bardziej dokładnego ciągnięcia (bez okrawania) oraz ciągnięcia małych przedmiotów lub przedmiotów z materiału o grubości większej od 1 mm obliczenia przeprowadza się na podstawie wymiarów przedmiotu w warstwie środkowej, przyjmując obliczeniową średnicę przedmiotu

$$d = d_z - g$$

gdzie d_z — zewnętrzna średnica przedmiotu.

W tabl. 48 podane są zalecane przez autora wartości naddatków na okrawanie, w zależności od absolutnej i względnej wysokości przedmiotów bez kołnierza, a w tabl. 49 — wartości naddatków przedmiotów z dużym kołnierzem.

Nie uwzględniane małe zwiększenie powierzchni przedmiotu wskutek rozciągania materiału w czasie ciągnięcia nieco zwiększa rzeczywistą wielkość naddatku na obcięcie.

Uproszczony sposób określenia średnicy półwyrobu [95] polega na skorzystaniu z zależności

$$D = Kd$$

gdzie K — stopień odkształcenia przy ciągnięciu, określany w zależności od stosunku wysokości do średnicy ciągniętego przedmiotu (tabl. 50).

W zależności od $\frac{h}{d}$ łatwo znaleźć ogólny stopień odkształcenia K , a więc i średnicę D półwyrobu (krążka).

Tablica 51. Wartości współczynnika K ciągniętych przedmiotów walcowych z płaskim dnem (tabl. 50 szkieł 1) w zależności od danego stosunku $\frac{h}{d}$

$\frac{h}{d}$	K	$\frac{h}{d}$	K	$\frac{h}{d}$	K	$\frac{h}{d}$	K
0,2	1,34	1,0	2,24	1,9	2,93	2,8	3,50
0,3	1,48	1,1	2,32	2,0	3,0	2,9	3,54
0,4	1,61	1,2	2,41	2,1	3,06	3,0	3,60
0,5	1,73	1,3	2,49	2,2	3,13	4,0	4,12
0,6	1,84	1,4	2,57	2,3	3,18	5,0	4,58
0,7	1,95	1,5	2,64	2,4	3,26	6,0	5,0
0,8	2,05	1,6	2,72	2,5	3,31	7,0	5,38
0,9	2,19	1,7	2,79	2,6	3,38	8,0	5,74
		1,8	2,86	2,7	3,42		

W tabl. 51 podane są wartości K , przez które należy mnożyć średnicę przedmiotu d , aby otrzymać wymiar średnicy półwyrobu do ciągnięcia przedmiotów cylindrycznych z płaskim dnem.

Kształty 1, 3, 4, 5 i 6 (tabl. 50) nie mają zaokrąglonych przejść, co zwiększa nieco wymiar półwyrobu, wskutek czego można nie uwzględniać naddatku lub przyjmować mniejszą jego wartość.

Wymiary półwyrobów przeznaczonych do ciągnięcia przedmiotów o kształtach złożonych brył obrotowych

W danym przypadku określenie średnicy półwyrobu (krążka) przeprowadza się na podstawie reguły Guldina-Pappusa, według której powierzchnia utworzona przez obrót dowolnej linii krzywej dookoła osi leżącej w tej samej płaszczyźnie

równa jest iloczynowi długości tej krzywej (tworzącej) przez obwód koła zakreślonego przez jej środek ciężkości

$$F = 2\pi R_S L$$

gdzie: F — powierzchnia utworzona przez obrót linii krzywej dookoła osi w mm^2 ,
 R_S — odległość środka ciężkości tworzącej od osi w mm ,
 L — długość tworzącej równa $l_1 + l_2 + \dots + l_n$ w mm .

Średnicę półwyrobu znajduje się ze wzoru

$$D = \sqrt{8LR_S} = \sqrt{8\Sigma lr}$$

gdzie $LR_S = \Sigma lr$, a r — odległość od osi do środka ciężkości odcinka tworzącej.

Stosowane są dwa sposoby określania długości tworzącej i położenia jej środka ciężkości: wykresny i wykresno-analityczny.

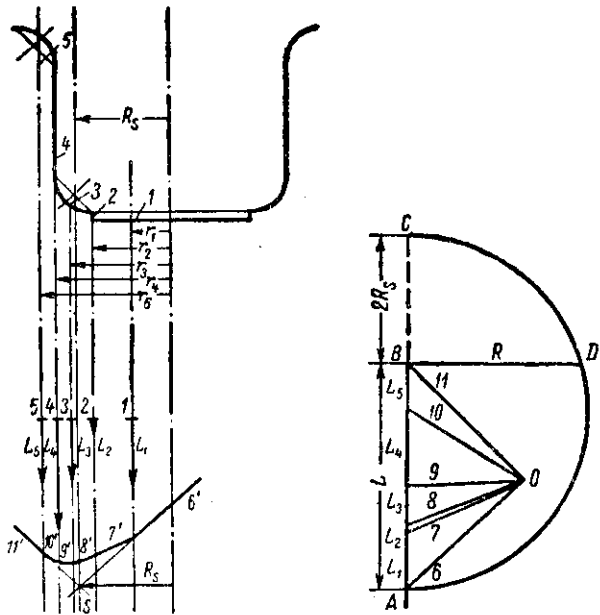
Pierwszy sposób daje przybliżone, a drugi — dokładne wyniki.

Wykresny sposób określania położenia środka ciężkości tworzącej podany jest na rys. 98.

Tworzącą dzieli się na odcinki (proste i łuki), dla których znajduje się środki ciężkości i prowadzi się przez nie linie równoległe do osi.

Z boku rysunku wykreśla się wielobok sił, odkładając długości odcinków (rys. 98 z prawej strony) i prowadząc promień z dowolnie obranego środka O . Następ-

Rys. 98. Wykresny sposób określania wymiarów materiału wyjściowego



nie wykreśla się wielobok sznurowy prowadząc proste równoległe do promieni ($6' \parallel 6$; $7' \parallel 7$ itd.). Przecięcie linii $6'$ i $11'$ równoległych do skrajnych promieni daje położenie środka ciężkości S i wielkości promienia R_S . Średnicę materiału wyjściowego znajduje się albo z wyżej podanego wzoru, albo wykreślnie (rys. 98 prawy), wychodząc z zależności

$$R^2 = 2R_S L$$

gdzie R — promień półwyrobu (krążka) znajdujący jako odcinek BD prosto-

padłej wystawionej w punkcie B (rys. 98), poprowadzonej do przecięcia z półkolem, zbudowanym na średnicy równej $L+2R_s$.

Wykreślne określenie wymiarów półwyrobu (krążka) przeprowadza się w następujący sposób.

1. Liniję zarysu przedmiotu (poprowadzoną w połowie grubości ścianki) dzieli się na odcinki elementarne, najlepiej na odcinki proste i łuki. Krzywoliniowe odcinki dzieli się na małe części zbliżone do linii prostej.

2. Środek ciężkości każdego odcinka zaznacza się punktem. Środki ciężkości odcinków prostych leżą w środkach ich długości. Położenie środków ciężkości łuków (rys. 99) znajduje się z tabl. 52.

Tablica 52. Położenie środka ciężkości łuku koła

Kąt środkowy łuku α w stop.	Odległość A od osi pionowej $y'y$		Odległość od środka ciężkości do środka łuku x
	łuki stykające się z linią pionową (rys. 99a)	łuki stykające się z linią poziomą (rys. 99b)	
30	0,256 R	0,955 R	0,988 R
45	0,373 R	0,901 R	0,978 R
60	0,478 R	0,827 R	0,955 R
90	0,637 R	0,637 R	0,90 R

Promień środka ciężkości łuku wynosi w przypadkach zaokrągleń wypukłych

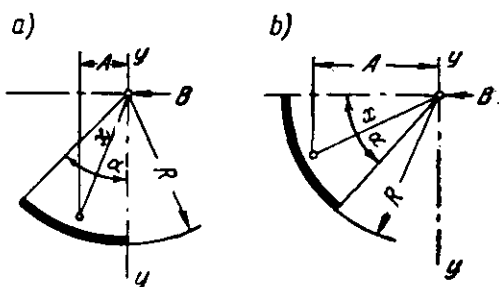
$$r = B + A$$

w przypadkach zaokrągleń wklęsłych

$$r = B - A$$

gdzie B — odległość środka zaokrąglenia od osi (rys. 99).

3. Określa się długości odcinków tworzącej: odcinków prostych z rysunku⁴ a łuków z tablic [38].



Rys. 99. Położenie środka ciężkości łuku

4. Mnoży się długości odcinków l przez promienie r ich środków ciężkości⁴ sumuje i znajduje się

$$\Sigma lr = l_1 r_1 + l_2 r_2 + \dots + l_n r_n$$

5. Z wartości sumy znajduje się w tabl. 53 szukaną średnicę półwyrobu. Tablica ta obliczona jest na podstawie wzoru

$$D = \sqrt{8 \Sigma lr}$$

Tablica 53. Określenie średnicy krążka wg wartości Σlr

D w mm	Σlr	D w mm	Σlr	D w mm	Σlr	D w mm	Σlr
20	50	55	378	90	1012,5	125	1953
21	55	56	392	91	1035	126	1984
22	60,5	57	406	92	1058	127	2016
23	66	58	420,5	93	1081	128	2048
24	72	59	435	94	1104,5	129	2080
25	78	60	450	95	1228	130	2112
26	84,5	61	465	96	1152	131	2145
27	91	62	480,5	97	1176	132	1278
28	98	63	496	98	1200	133	2211
29	105	64	512	99	1225	134	2244
30	112,5	65	528	100	1250	135	2278
31	120	66	544,5	101	1275	136	2312
32	128	67	561	102	1300	137	2346
33	136	68	578	103	1326	138	2380
34	144,5	69	595	104	1352	139	2415
35	154	70	612,5	105	1378	140	2450
36	162	71	630	106	1404	141	2485
37	171	72	645,5	107	1430	142	2520
38	180,5	73	666	108	1458	143	2556
39	190	74	684,5	109	1485	144	2592
40	200	75	703	110	1512	145	2628
41	210	76	722	111	1540	146	2664
42	220,5	77	741	112	1568	147	2701
43	231	78	760,5	113	1596	148	2738
44	242	79	780	114	1624	149	2775
45	253	80	800	115	1653	150	2812
46	264,5	81	820	116	1682	151	2850
47	276	82	840,5	117	1711	152	2888
48	285,5	83	861	118	1740	153	2926
49	300	84	882	119	1770	154	2964
50	312,5	85	903	120	1800	155	3003
51	325	86	924,5	121	1830	156	3042
52	338	87	946	122	1860	157	3081
53	351	88	968	123	1891	158	3120
54	364,5	89	990	124	1922	159	3161

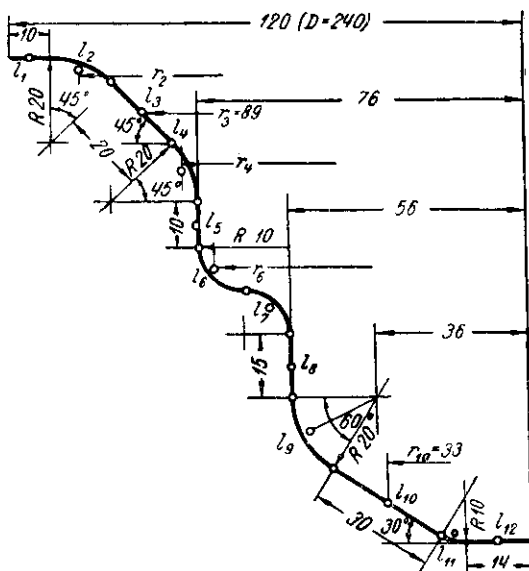
D w mm	Σlr	D w mm	Σlr	D w mm	Σlr	D w mm	Σlr
160	3200	200	5000	280	9800	450	25312
161	3240	202	5100	282	9940	455	25878
162	3280	204	5202	284	10082	460	26450
163	3321	206	5304	286	10224	465	27028
164	3362	208	5408	288	10368	470	27612
165	3403	210	5512	290	10512	475	28203
166	3444	212	5618	292	10658	480	28800
167	3486	214	5724	294	10804	485	29403
168	3528	216	5832	296	10952	490	30012
169	3570	218	5940	298	11100	495	30628
170	3612	220	6050	300	11250	500	31250
171	3655	222	6166	305	11628	505	31878
172	3698	224	6272	310	12012	510	32512
173	3741	226	6384	315	12403	515	33153
174	3784	228	6485	320	12800	520	33800
175	3828	230	6612	325	13203	525	34453
176	3872	232	6715	330	13612	530	35112
177	3916	234	6844	335	14028	535	35778
178	3960	236	6962	340	14450	540	36450
179	4005	238	7080	345	14878	545	37128
180	4050	240	7200	350	15312	550	37812
181	4095	242	7320	355	15753	555	38503
182	4140	244	7442	360	16200	560	39200
183	4186	246	7564	365	16653	565	39903
184	4232	248	7688	370	17112	570	40612
185	4278	250	7812	375	17578	575	41328
186	4324	252	7938	380	18050	580	42050
187	4371	254	8064	385	18528	585	42778
188	4418	256	8192	390	19012	590	43512
189	4465	258	8320	395	19503	595	44253
190	4512	260	8450	400	20000	600	45000
191	4560	262	8580	405	20503	610	46512
192	4608	264	8712	410	21012	620	48050
193	4656	266	8844	415	21528	630	49612
194	4704	268	8978	420	22050	640	51200
195	4753	270	9112	425	22578	650	52812
196	4802	272	9248	430	23112	660	54450
197	4851	274	9384	435	23653	670	56112
198	4900	276	9522	440	24200	680	57800
199	4950	278	9660	445	24753	690	59512

Na rys. 100 podany jest przykład obliczania półwyrobu na przedmioty o złożonym kształcie, a w tabl. 54 — wyniki obliczeń ($\Sigma lr = 11710$).

W tabl. 53 znajduje się średnicę półwyrobu $D = 306$ mm.

Rozpatrywana metoda obliczeń, jak i podane poprzednio wzory służące do określenia średnicy półwyrobu nie uwzględniają zmniejszenia grubości materiału,

Rys. 100. Przykład obliczenia średnicy krążka wyjściowego



ponieważ po ciągnięciu w większości przypadków stosuje się operację obcinania nierównych brzegów.

W przypadku ciągnięcia bez obcinania należy dokładniej obliczać średnicę półwyrobu, z uwzględnieniem zmniejszenia grubości materiału, korzystając z następujących wzorów

$$D = 1,3\sqrt{F\alpha} \quad \text{lub} \quad D = \sqrt{8\Sigma lra}$$

gdzie α — współczynnik zmniejszenia grubości materiału (tabl. 55).

W tabl. 55 podane są wartości współczynnika zmniejszenia grubości $\alpha = \frac{g_1}{g}$ i współczynnika rozciągnięcia $\beta = \frac{F_1}{F}$ w zależności od względnego promienia zaokrąglenia

$$R_0 = \frac{r_m + r_s}{g}$$

Tablica 54. Wartości pomocnicze do obliczania średnicy krążka (wg rys. 100)

Odcinki	l	r	lr	Odcinki	l	r	lr
1	10	115	1150	7	15,7	59,6	935
2	15,5	102,5	1609	8	15	56	840
3	20	89	1780	9	21	52,5	1103
4	15,5	78	1225	10	30	33	990
5	10	76	760	11	5,2	16,6	86
6	15,7	72,4	1137	12	14	7	98

Tablica 55. Współczynniki zmniejszenia grubości i rozciągania przy ciągnięciu z dociskaczem

Względny promień zaokrąglenia R_0	Względna wartość szczeliny s	Nacisk dociskacza q w kG/cm ²	Prędkość ciągnięcia v w m/sek	Współczynnik zmniejszenia grubości $\alpha = \frac{g_1}{g}$	Współczynnik rozciągania $\beta = \frac{F_1}{F}$
3	1,1	10—20	<0,2	1,0—0,97	1,0—1,03
3—2	1,1—1,0	20—25	0,2—0,4	0,97—0,93	1,03—1,08
2	1,0—0,98	25—30	<0,4	0,93—0,90	1,08—1,11

wartości względnej szczeliny

$$s = \frac{d_m - d_s}{2g}$$

jednostkowego nacisku dociskacza q kG/cm² i prędkości ciągnięcia v m/sek.

Ciągnięcie przeprowadza się przy takim doborze wymienionych czynników, aby współczynniki zmniejszenia grubości i rozciągania były w przybliżeniu równe jedności.

W razie ciągnięcia bez dociskacza, a również w przypadkach ciągnięcia małych przedmiotów z materiałów o grubości większej od 3 mm przeważa zwiększenie grubości materiału i współczynnik zmniejszenia grubości będzie większy od jedności.

Wymiary materiału wyjściowego do wielotaktowego ciągnięcia w taśmie

Istnieją dwa sposoby wielotaktowego ciągnięcia w taśmie:

- 1) ciągnięcie z nadcinianiem taśmy,
- 2) ciągnięcie z pełnej taśmy.

Pierwszy sposób stosuje się do ciągnięcia przedmiotów ze stosunkowo cienkiego materiału oraz ciągnięcia przedmiotów z dużym kołnierzem:

$$g < 0,05d; \quad d_k > 1,2d$$

Drugi sposób stosuje się do ciągnięcia małych przedmiotów ze stosunkowo grubego materiału przy małych wymiarach kołnierza:

$$s \geq 0,05d; \quad d_k = 1,1 \div 1,2d$$

Pierwszy sposób daje wyroby o wyższej jakości, lecz jest mniej ekonomiczny pod względem rozchodu materiału niż drugi.

Wymiary materiału wyjściowego do ciągnięcia w taśmie oblicza się różnie dla każdego z tych sposobów.

W przypadku ciągnięcia w taśmie z nadcieniami wymiary materiału wyjściowego oblicza się tak, jak do ciągnięcia z pojedynczych półwyrobów, wychodząc z równości powierzchni przedmiotu i półwyrobu, przyjmując, że średnia grubość ścianek równa jest grubości materiału wyjściowego.

W danym przypadku stosuje się wzory podane w tabl. 47 lub sposób oparty na regule Guldina.

Rzeczywisty wymiar krążka przyjmuje się większy od obliczonego o wymiar nadatku na pierścieniowy odpad przy wycinaniu.

$$D_k = D + b$$

Szerokość taśmy oblicza się ze wzorów podanych w tabl. 56.

Tablica 56. Wzory do obliczania szerokości taśmy

Sposób ciągnięcia	Wzory do obliczania szerokości
Ciągnięcie z nadciniem taśmy (rys. 101a)	$B = D + b + 2n_2 = D_k + 2n_2$
Ciągnięcie z wycinaniem odstępów (rys. 101b)	$B = (1 \div 1,05)(D + b) + 2n_2 = A + 2n_2$
Jak wyżej (rys. 101c)	$B = D + b = D_k$
Ciągnięcie w pełnej (całej) taśmie	$B = 1,1D + 2n_1$
<p>Przyjęte oznaczenia:</p> <p>D — obliczeniowa średnica krążka wyjściowego w mm, b — nadatek na okrawanie w mm (tabl. 57), D_k — szczywista średnica krążka wyjściowego w mm, n_1, n_2 — szerokość bocznych odstępów wg tabl. 58, n — szerokość odstępów między wykrojami w mm, wg tabl. 58, H — skok podawania, równy $D_k + n$ (rys. 101), w mm, A — wymiar wykroju, równy $(1 \div 1,05) D_k$ w mm, k_1, k_2 — szerokość odstępów (rys. 101): $k_1 \approx (0,5 \div 0,7) D_k$, $k_2 \approx (0,25 \div 0,35) D_k$</p>	

Tablica 57. Wielkość nadatku na okrawanie (na średnicy)

Obliczeniowa średnica krążka w mm	Grubość taśmy w mm										
	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3
do 30	2	1,2	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	3	—	—	—
30—60	1,2	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8	3	3,5	4	5
ponad 60	—	—	2	2,2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6

Uwaga. Rzeczywisty wymiar pierścieniowego odpadu będzie większy od obliczeniowego ze względu na rozciąganie materiału przy ciągnięciu.

Tablica 58. Odstępy przy wielotaktowym ciągnięciu w taśmie

Wymiary półwyrobów D_k w mm	Odstępy między przedmiotami n	Odstępy robocze	
		przy ciągnięciu w pełnej taśmie n_1	przy ciągnięciu w taśmie z nadcieniami lub wycięciami n_2
do 10	1—1,5 1,5—2 2—2,5	1—1,5 1,5—2 2—2,5	1,5—2 2—2,5 2,5—3

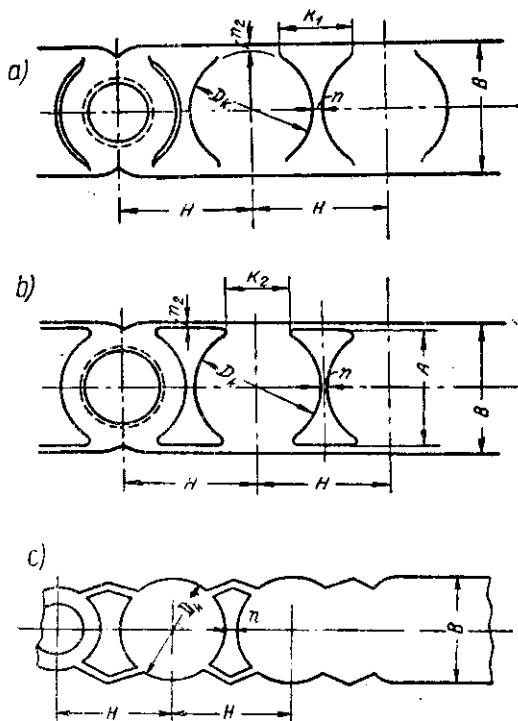
Najbardziej ekonomiczny i dogodny w produkcji jest sposób przedstawiony na rys. 101c.

Obliczanie materiału wyjściowego do wielotaktowego ciągnięcia w taśmie należy wykonywać bardzo dokładnie w środkowej warstwie materiału z uwzględnieniem wszystkich promieni zaokrążeń.

W przypadku ciągnięcia w całej taśmie wymiary umownych półwyrobów oblicza

się uwzględniając współczynnik zmniejszenia grubości, który dla jednorzędowego ciągnięcia wynosi $0,96 \div 0,98$, a dla wielorzędowego ciągnięcia — $0,92 \div 0,95$.

Ponieważ w razie ciągnięcia w pełnej taśmie w pierwszym ciągnięciu włącza się w matrycę więcej materiału niż trzeba go do ukształtowania gotowego przedmiotu,



Rys. 101. Szkice do obliczeń wymiarów materiału przy wielotaktowym ciągnięciu w taśmie

dlatego średnicę umownego półwyrobu (krażka) przyjmuje się o 10% większą od obliczonej, wskutek czego można nie uwzględniać współczynników zmniejszenia grubości.

Skok podawania materiału przy ciągnięciu w prostoliniowo nadcinanej taśmie jest równy $H = D_k$.

Skok podawania materiału przy ciągnięciu w pełnej taśmie wynosi $H = D$.

Wymiary i kształt półwyrobów (wykrojów) do ciągnięcia prostokątnych przedmiotów [237]

Ciągnięcie przedmiotów prostokątnych jest złożonym procesem tłoczenia na zimno, ponieważ w danym przypadku odkształcenia wzdłuż obwodu prostokątnego przedmiotu są zmienne.

Na rys. 102 przedstawiono odkształcenie prostokątnej siatki naniesionej na płaski półwyrob (wykroj). Z rysunku widzimy, że ścianki nie odginają się w sposób prosty, lecz podlegają złożonemu odkształceniu plastycznemu składającemu się ze ściskania wzdłuż obwodu, rozciągania w kierunku pionowym i pewnego zwiększenia grubości ścianki w górnej części przedmiotu.

A więc rozpowszechnione mniemanie, że ciągnięcie zachodzi tylko w narożnikach naczynia prostokątnego, jest zbyt daleko posuniętym uproszczeniem.

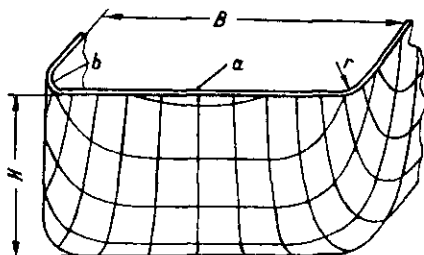
W tabl. 59 podane są przybliżone wartości względnego skrócenia wzdłuż obwodu mierzone w dwóch punktach: pośrodku górnej krawędzi płaskiej ścianki i na kra-

wędzi zaokrąglonego narożnika. Dla porównania podana jest wartość względnego odkształcenia przy ciągnięciu przedmiotów cylindrycznych o takiej samej wysokości względnej.

Wartość odkształcenia podana jest w pewnych określonych granicach, ponieważ jest ona zależna od stosunku $\frac{r}{B}$.

Z podanego w tabl. 59 zestawienia wynika, że jeżeli dla niskich prostokątnych naczyń ($H = 0,3B$) można pominąć odkształcenie płaskich ścianek i popelniając

Rys. 102. Odkształcenie prostokątnej siatki linii przy wytłaczaniu naczyń prostokątnych



niewielki błąd przyjąć, że one po prostu są odginane, to dla wysokich naczyń ($H \geq 0,5B$) tego odkształcenia nie można pominąć.

Ze względów technologicznych należy rozróżniać ciągnięcie niskich prostokątnych naczyń ciągniętych w jednej operacji, od wysokich — ciągniętych w kilku kolejnych operacjach.

Obliczenia i ustalenie kształtu i wymiarów półwyrobów są w tych przypadkach zupełnie różne, ponieważ w pierwszym przypadku ostateczny kształt przedmiotu uzyskuje się z płaskiego półwyrobu, a w drugim — z półwyrobu o kształcie naczynia.

Największa wysokość naczyń prostokątnych ciągniętych w jednej operacji zależy od szerokości naczynia B , względnego promienia zaokrąglenia narożników i przejścia ścianek w dno $\frac{r}{B}$ oraz względnej grubości materiału wyjściowego $\frac{g}{D}$.

Przybliżone wartości tej wysokości podano w tabl. 60.

Do wysokości naczynia H wchodzi naddatek na okrawanie, którego wartość podana jest w tabl. 61.

Ogólna wysokość naczyń prostokątnych przyjmowana do obliczeń technologicznych równa jest

$$H = H_0 + \Delta H_0 = (1 + \Delta)H_0$$

gdzie H_0 — wysokość naczynia według rysunku.

Tablica 59. Przybliżone wartości względnego odkształcenia ściskania w %

Względna wysokość naczynia	Względne odkształcenie przy ciągnięciu naczynia prostokątnego		Względne odkształcenie przy ciągnięciu naczyń walcowych
	w środku krawędzi płaskiej ścianki (a, rys. 102)	na krawędzi narożnika (b, rys. 102)	
$H = B$	26 ÷ 30	45 ÷ 50	55
$H = 0,5B$	15 ÷ 20	33 ÷ 38	42
$H = 0,3B$	5 ÷ 8	25 ÷ 30	32

Tablica 60. Największa względna wysokość naczyń prostokątnych ciągniętych w jednej operacji (stal 08—10)

Względny promień zaokrąglenia narożników r/B	Względna wysokość H/B przy względnej grubości półwyrobu $g/D \cdot 100$			
	2—1,5	1,5—1,0	1,0—0,6	0,6—0,3
0,3	1,0	0,95	0,90	0,85
0,2	0,90	0,82	0,76	0,70
0,15	0,75	0,70	0,65	0,60
0,1	0,60	0,55	0,50	0,45
0,05	0,40	0,37	0,34	0,30
0,025	0,30	0,27	0,24	0,20

Uwagi: 1. Do innych materiałów należy stosować poprawki w tę lub inną stronę w zależności od większej lub mniejszej plastyczności metalu.
2. Dopuszczalną wielkość ciągnięcia naczyń prostokątnych należy sprawdzić wg zalecanych współczynników ciągnięcia (patrz dalej tabl. 75),

Tablica 61. Wartość nadatku na okrawanie naczyń prostokątnych

Liczba operacji ciągnięcia	Nadatek na okrawanie ΔH_o
1	$(0,03 \div 0,05) H_o$
2	$(0,04 \div 0,06) H_o$
3	$(0,05 \div 0,08) H_o$
4	$(0,06 \div 0,10) H_o$

Obliczanie półwyrobów na naczynia prostokątne ciągnięte w jednej operacji

Istniejące metody obliczania półwyrobów do ciągnięcia naczyń prostokątnych obejmują tylko dwa lub trzy poszczególne przypadki, bez dokładnego wskazania zakresów ich zastosowania.

Zwykle okazuje się, że metody obliczeń, przyjmowane w jednym przypadku, są niedopuszczalne przy ciągnięciu podobnych przedmiotów, ale o innych stosunkach wymiarów. Spowodowane jest to tym, że sposób obliczenia i wyznaczenia zarysu półwyrobu zależy od względnej wysokości naczynia $\frac{H}{B}$ i względnego promienia zaokrąglenia narożników, ponieważ od tych stosunków zależy stopień przetłaczania materiału z narożników w ścianki boczne i zwiększanie ich wysokości.

W pracach autora podano podział wymienionych skojarzonych parametrów naczyń na poszczególne zakresy (rys. 103), w zależności od stopnia przetłaczania metalu w boczne ścianki, w związku z czym wymagane są różne sposoby określania kształtu półwyrobu [237].

W wyniku tych prac ustalono dokładniejsze granice stosowania istniejących metod obliczania i sposoby wyznaczania kształtu półwyrobów w przypadkach nie rozpatrywanych dawniej w literaturze technicznej (zakres Ia i IIc).

Krzywe 1 i 2 określają największą wysokość naczyń ciągniętych w jednej operacji, o małej grubości względnej $\frac{g}{D} \cdot 100 = 2$ i $\frac{g}{D} \cdot 100 = 0,6$.

Powyżej tych granicznych krzywych znajduje się zakres ciągnięcia wielooperacyjnego (Ia—Ic), a poniżej — zakres jednooperacyjnego ciągnięcia. Ostatni zakres

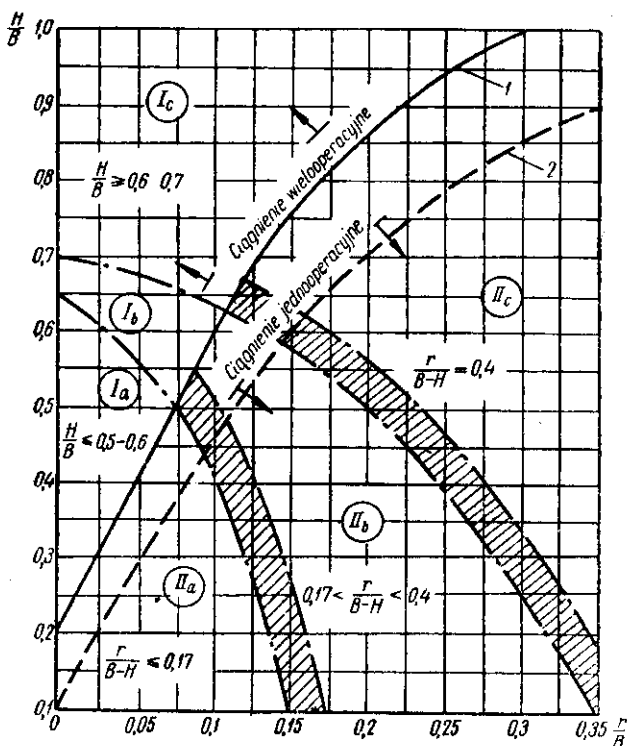
został podzielony przez autora na trzy zakresy IIa, IIb, IIc w zależności od stopnia przetłaczania materiału z narożników w boczne ścianki.

Do zakresu IIa odnosi się ciągnięcie niskich naczyń ze stosunkowo małymi promieniami zaokrągleń narożników spełniającymi zależność

$$\frac{r}{B-H} \leq 0,17$$

Ciągnięcie takie charakteryzuje się nieznacznym przetłaczaniem metalu z narożników do ścianek bocznych bez zmiany ich wysokości. Wyznaczanie półwyrobu

Rys. 103. Zakresy różnych przypadków ciągnięcia kwadratowych i prostokątnych naczyń



(wykroju) polega w tym przypadku na geometrycznym rozwinięciu elementów naczynia na płaszczyznę.

Zakres IIb obejmuje ciągnięcie niskich naczyń, ale o stosunkowo większych promieniach zaokrągleń narożników spełniających zależność

$$0,17 < \frac{r}{B-H} < 0,4$$

Ciągnięcie takich naczyń charakteryzuje się znacznym przetłaczaniem metalu z narożników do bocznych ścianek i zwiększeniem wysokości tych ostatnich. Wyznaczenie półwyrobu za pomocą geometrycznego rozwinięcia naczynia i korekty zarysu.

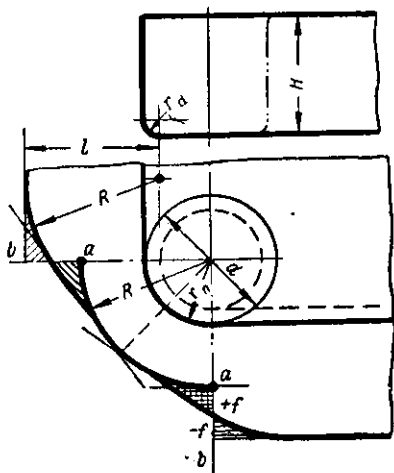
Zakres IIc obejmuje jednooperacyjne ciągnięcie wysokich naczyń z dużymi promieniami zaokrągleń narożników spełniającymi zależność

$$\frac{r}{B-H} \geq 0,4$$

Ciągnięcie takie charakteryzuje się bardzo dużym przemieszczeniem metalu z narożników w boczne ścianki i znacznym zwiększeniem wysokości tych ścianek.

W większości przypadków w tym zakresie można do ciągnięcia naczyń kwadratowych stosować półwyroby w postaci krążków, a do ciągnięcia naczyń prostokątnych — półwyroby o zarysie zbliżonym do owalnego z dwoma końcami zaokrąglonymi i dwoma prostoliniowymi bokami. Pola zakreskowane na rys. 103 przedstawiają strefy przejściowe od jednego do drugiego zakresu. W strefach tych leżą granice zakresów.

Przy wykreślaniu zarysu półwyrobu dla naczyń o stosunkowo małym promieniu zaokrąglenia narożników (zakres IIa) umownie przyjmuje się, że ciągnięcie zachodzi tylko w narożnikach, a płaskie ścianki są tylko odginane. Kształt półwyrobu (wy-



Rys. 104. Wykreślanie zarysu materiału wyjściowego na niskie prostokątne naczynie ciągnięte w jednym zabiegu (operacji) (zakres IIa, rys. 103)

kroju) uzyskuje się za pomocą geometrycznego rozwinięcia elementów naczynia na płaszczyznę podstawy z wyznaczeniem łagodnego przejścia na rogach wykroju (rys. 104).

Obliczanie i wykreślanie przeprowadza się w następującej kolejności [203]:

1. Określa się, według danych wymiarów naczynia, długość odginanych części ścianek l , uwzględniając zaokrąglenie przy dnie

$$l = H + 0,57r_d$$

2. Określa się promień zaokrąglenia rogów półwyrobu R — tak jak dla ćwiartki ciągniętego naczynia cylindrycznego o średnicy d i wysokości H . W przypadku równości promieni zaokrąglenia narożników i przejścia ścianek w dno ($r_n = r_d = r$) promień zaokrąglenia rogów półwyrobu będzie równy

$$R = \sqrt{2rH} = \sqrt{dH}$$

W przypadku różnych wartości promieni zaokrąglenia r_n i r_d promień zaokrąglenia rogów półwyrobu (płaskiego wykroju) wynosi

$$R = \sqrt{r_n^2 + 2r_n H - 0,86r_d(r_n + 0,16r_d)}$$

3. Półwyrób wykreśla się z ostrymi załamaniem zarysu w miejscach przejść od zaokrąglenia do płaskich ścianek.

Tablica 62. Wartości współczynnika x

Względny promień zaokrąglenia narożnika $\frac{r}{B}$	Względna wysokość naczynia $\frac{H}{B}$			
	0,3	0,4	0,5	0,6
0,10	—	1,09	1,12	1,16
0,15	1,05	1,07	1,10	1,12
0,20	1,04	1,06	1,08	1,10
0,25	1,035	1,05	1,06	1,08
0,30	1,03	1,04	1,04	—

4. Odcinki ab dzieli się na pół i prowadzi się styczne do łuku zakreślonego promieniem R .

5. Kąty między stycznymi i krawędziami ścianek płaskich zaokrągła się łukami o promieniu R .

Niskie naczynia prostokątne o małych promieniach zaokrąglenia narożników, wykonane z półwyrobów skonstruowanych w wyżej podany sposób, w większości przypadków nie wymagają obcinania brzegów, ponieważ nadmiar materiału z narożników ($+f$) jest przetłaczany w boczne ścianki i kompensuje ścięte części ścianek ($-f$).

W przypadkach ciągnięcia naczyń z okrawaniem kołnierza wymiar l rozwinięcia oblicza się uwzględniając naddatek na obcięcie. W takim przypadku nie jest potrzebna duża dokładność zarysu półwyrobu. Można przyjąć prostokątny wykrój ze ściętymi rogami.

Przy konstruowaniu półwyrobów na naczynia o stosunkowo dużych promieniach zaokrąglenia narożników (zakres IIb) należy uwzględnić przetłaczanie metalu z narożników do bocznych ścian naczynia i pewne zwiększenie wysokości ścianek. W tym przypadku obliczanie i konstruowanie półwyrobu przeprowadza się w następującej kolejności:

1. Określa się długość l rozwiniętych płaskich ścianek naczynia i promień R w rogach półwyrobu z podanych wyżej wzorów.

2. Wykreśla się zarys półwyrobu z ostrymi załamaniem w miejscach przejść od prostoliniowych odcinków zarysu do zaokrąglenia.

3. Określa się zwiększony promień zaokrąglenia w rogach rozwinięcia $R_1 = xR$, w celu kompensacji metalu przetłaczanego z narożników do bocznych ścianek. Współczynnik x znajduje się z równania

$$x = 0,074 \left(\frac{R}{d} \right)^2 + 0,982$$

lub bierze się z tabl. 62 w zależności od względnych wymiarów naczynia.

4. Określa się szerokość pasków h_b i h_a odciętych od geometrycznego rozwinięcia płaskich ścianek, w celu kompensacji metalu przemieszczanego z narożników do płaskich ścian (rys. 105).

Wymiary h_a i h_b oblicza się, na podstawie równości powierzchni dodanej ćwiartki pierścienia i odjętej powierzchni paska o szerokości h_b i długości $B-2r$ (lub h_a i $A-2r$), ze wzoru

$$h_b = y \frac{R^2}{B-2r}; \quad h_a = y \frac{R^2}{A-2r}$$

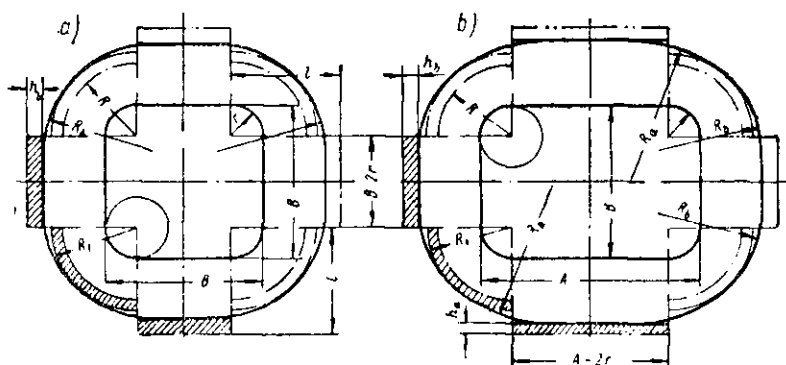
Tablica 63. Wartości współczynnika

Względny promień zaokrąglenia narożnika $\frac{r}{B}$	Względna wysokość naczynia $\frac{H}{B}$			
	0,3	0,4	0,5	0,6
0,10	—	0,15	0,20	0,27
0,15	0,08	0,11	0,17	0,20
0,20	0,06	0,10	0,12	0,17
0,25	0,05	0,08	0,10	0,12
0,30	0,04	0,06	0,08	—

Współczynnik y znajduje się z nomogramu AWF lub bierze się z tabl. 63 w zależności od względnych wymiarów naczynia.

5. Koryguje się zarys rozwinięcia zwiększając promień na R_1 i zmniejszając wysokość ścianek o h_b i h_a .

6. Po uzyskaniu wymiarów szerokości, długości i promienia zaokrąglenia rozwinięcia wykreśla się opływowy (bez załamań) zarys prowadząc łuki styczne o pro-



Rys. 105. Wykreślanie zarysu materiału wyjściowego (płytki) na niske prostokątne i kwadratowe naczynia ciągnięte ze stosunkowo dużymi promieniami zaokrąglień narożników (zakres IIc rys. 103):
a) kwadratowe, b) prostokątne naczynia

mieniach R i R_a . Stosuje się to do naczyń prostokątnych o stosunku boków $A:B = 1,5 \div 2,0$. Przy ciągnięciu naczyń poddawanych okrawaniu, można zarys półwyrobu uprościć, dopuszczając zwiększenie jego wymiarów.

W przypadku stosunkowo wysokich naczyń objętych zakresem IIc, kształt półwyrobu jest zbliżony do koła lub do owalu, wskutek czego można nie stosować geometrycznych wykreślnych metod wyznaczenia zarysu półwyrobu znajdując jego wymiary z obliczenia, korzystając z warunku równości powierzchni półwyrobu i gotowego przedmiotu. W razie naczyń kwadratowych o boku B i wysokości H , w przypadku równości promieni narożników i przejścia ścianek w dno (rys. 106) średnicę wykroju oblicza się ze wzoru

$$D_k = 1,13 \sqrt{B^2 + 4B(H - 0,43r) - 1,72r(H + 0,33r)}$$

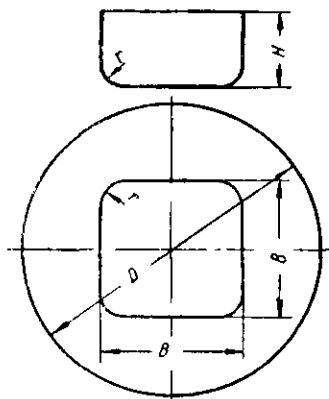
gdzie: H — wysokość z nadładkiem na okrawanie,

r — promień zaokrąglenia narożnika i przejścia ścianki w dno.

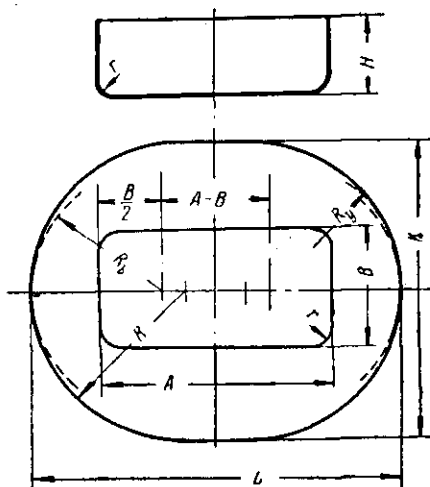
Zamiast obliczania średnicy krążka (półwyrobu) z wyżej podanego wzoru można skorzystać ze wzoru uproszczonego w następującej postaci

$$D_k = 2 bN = 2N(B - 2r)$$

Wartość N znajduje się z wykresu podanego w pracy autora [244].



Rys. 106. Kształt materiału wyjściowego na naczynie kwadratowe ze stosunkowo dużymi promieniami zaokrągleń narożników (zakres IIc, rys. 103)



Rys. 107. Wymiary i kształt materiału wyjściowego na naczynia prostokątne z dużymi promieniami zaokrągleń narożników (zakres IIc, rys. 103)

W przypadku różnych wartości promieni narożników i przejścia od ścianek do dna średnicę krążka oblicza się ze wzoru

$$D_k = 1,13 \sqrt{B^2 + 4B(H - r_n + 0,57r_d) - 4r_n(0,43H - 1,78r_n) - 4r_d(18r_n + 0,11r_d)}$$

Naczynia prostokątne o wymiarach $A \times B$ można rozpatrywać jako składające się z dwóch połówek naczynia kwadratowego o boku B , połączonych częścią środkową o wymiarze $A - B$. W tym przypadku zarys półwyrobu będzie utworzony z dwóch półkoli o promieniu R i dwóch prostych równoległych łączących końce tych półkoli (rys. 107).

Otrzymany w ten sposób kształt zarysu jest dostatecznie dokładny i jednocześnie prosty, ułatwiający wykonanie wykrojnika.

Zgodnie z podaną zasadą konstruowania półwyrobu, środek okręgu o promieniu R_n znajduje się w odległości $\frac{B}{2}$ od krótszego boku naczynia. Długość półwyrobu wynosi

$$L = D_k + (A - B)$$

gdzie $D_k = 2R_n$ — średnica półwyrobu na umowne naczynie kwadratowe o wymiarach $B \times B$, obliczana z poprzednio podanego wzoru,

$A - B$ — odległość między środkami półkoli.

Szerokość półwyrobu wynosi

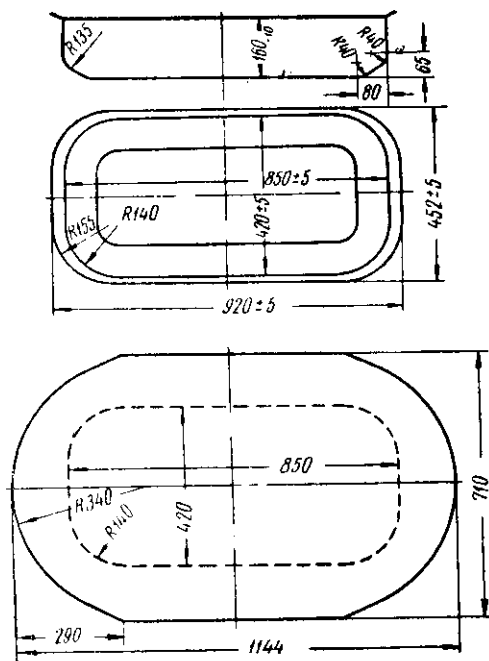
$$K = \frac{D_k(B - 2r) + [B + 2(H - 0,43r)](A - B)}{A - 2r}$$

W większości przypadków $K < L$ i półwyrob ma kształt owalny. W razie gdy wymiar K jest bliski L , to półwyrob ma kształt krążka. Promień zaokrąglenia półwyrobu z węższej strony owalu określa się ze wzoru

$$R = 0,5K$$

Konstrukcję półwyrobu przedstawiono na rys. 107. W przypadku małej różnicy wymiarów A i B ($A < 1,3B$) i przy $H < 0,8B$ szerokość K owalnego półwyrobu można przyjąć równą $2R_b$.

Przykładem jednooperacyjnego i jednozabiegowego ciągnięcia prostokątnych naczyń o dużych promieniach zaokrąglenia kątów (zakres IIc) jest ciągnięcie, na



Rys. 108. Wymiary i kształt materiału wyjściowego na naczynie w kształcie koryta

prase podwójnego działania, naczyń z ocynkowanej stali o grubości 0,7 mm (rys. 108).

Parametry ciągnięcia: $H/B = 0,38$; $r/B = 0,33$; $\frac{r}{B-H} = 0,54$.

Graniczne wymiary niskich prostokątnych naczyń należy sprawdzić na podstawie współczynnika ciągnięcia narożników (patrz str. 159).

Obliczanie półwyrobów (wykrojów) na naczynia kwadratowe i prostokątne ciągnięte wielooperacyjnie

Zakres ciągnięcia wielooperacyjnego (rys. 103) może być podzielony dalej na dwa węższe zakresy Ia i Ic ciągnięcia naczyń o różnych względnych wysokościach i względnych promieniach zaokrąglenia narożników, wpływających na kształt i sposób konstruowania półwyrobu. Pole Ib jest przejściową strefą między zakresami Ia i Ic.

Do zakresu Ia odnosi się ciągnięcie stosunkowo niewysokich kwadratowych

i prostokątnych naczyń ($H \leq 0,5 \div 0,6B$), lecz o małych promieniach zaokrągleń, powodujących trudność lub niemożliwość ciągnięcia naczyń w jednej operacji. Drugą operację ciągnięcia (kalibrowania) stosuje się w celu zmniejszenia zaokrągleń narożników i przejścia od ścianek do dna.

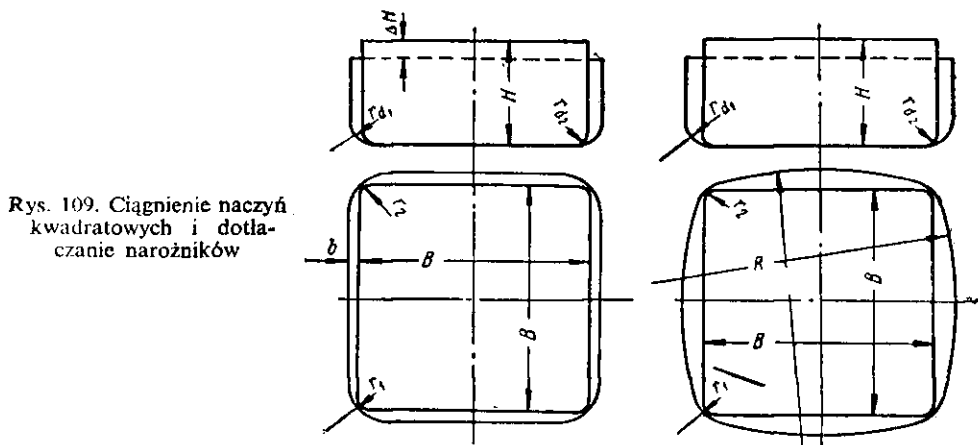
Ponieważ lekkie kalibrowanie zaokrągleń zmienia tylko wymiary a nie kształt naczyń, to wykreślenie zarysu półwyrobu można przeprowadzać za pomocą geometrycznego rozwinięcia naczyń na powierzchnię podstawy, podobnie jak dla naczyń z zakresu IIa (rys. 103).

Uwzględniając dwukrotne ciągnięcie naczyń i przetłoczenie pewnej części materiału z narożników w boczne ścianki, zaleca się zwiększyć promień rozwinięcia R o $10 \div 20\%$ i w razie równości promieni zaokrągleń narożników i krawędzi dna obliczyć ten promień z równania

$$R = (1,1 \div 1,2) \sqrt{2rH}$$

Promienie zaokrągleń narożników naczyń w pierwszym i w drugim ciągnięciu powinny mieć wzajemnie przesunięte środki (rys. 109).

Drugie ciągnięcie wykonuje się bez dociskacza, dlatego zaleca się stosować niewielki prześwit między ściankami ($b = 4 \div 5g$).



Rys. 109. Ciągnięcie naczyń kwadratowych i dotłaczanie narożników

Przy czym, jeżeli $b = 0,43(r_{d1} - r_{d2})$, to wysokość naczyń po pierwszej i po drugiej operacji pozostaje niezmienną. Zwiększenie wysokości naczyń w drugiej operacji wynosi

$$H = b - 0,43(r_{d1} - r_{d2})$$

gdzie r_{d1} i r_{d2} — promienie zaokrągleń przejścia ścian bocznych w dno po pierwszej i po drugiej operacji.

Półwyroby, przeznaczone do wielooperacyjnego ciągnięcia wysokich kwadratowych lub prostokątnych, o względnej wysokości $\frac{H}{B} \geq 0,65 \div 0,7$ (zakres Ic rys. 103), mają kształt płytki okrągłej lub owalnej.

Wymiary półwyrobu oblicza się z równości sumy powierzchni elementów naczyń i powierzchni płaskiego półwyrobu, tak samo jak dla naczyń odnoszących się do zakresu IIc.

Na przykład w przypadku prostokątnych naczyń, przyjmując jednakowe pro-

mnienie zaokrągleń narożników i przejścia ścianek w dno, oblicza się średnicę półwyrobu ze wzoru

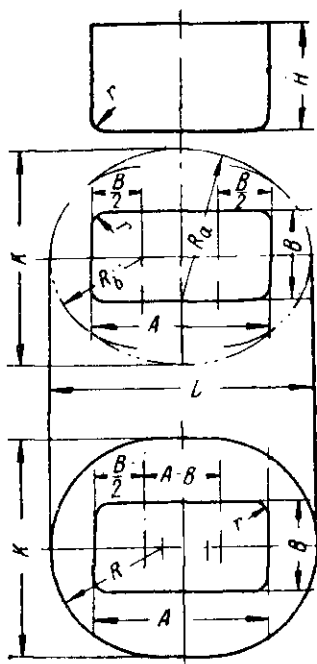
$$D_k = 1,13 \sqrt{B^2 + 4B(H - 0,43r) - 1,72r(H + 0,33r)}$$

W danym przypadku wysokość H przyjmuje się z nadstatkiem na okrawanie, dobieranym w granicach od $0,05H_0$ do $0,1H_0$, gdzie H_0 — wysokość naczynia podana na rysunku.

W przypadkach wielooperacyjnego ciągnięcia wysokich, prostokątnych naczyń obliczenie płaskiego półwyrobu i określanie kształtów pośrednich należy przeprowadzać rozpatrując węższe strony prostokątnych naczyń jako połowy naczynia kwadratowego połączone ze sobą częścią środkową [244].

W tym przypadku zarys wykroju (półwyrobu) ma kształt owalny ukształtowany z węższych stron łukami o promieniu R_b , a z szerszych — łukami o promieniu R_a , lub zarys utworzony z dwóch półkoli o promieniu $R = 0,5K$ i dwóch boków równoległych prostoliniowych (rys. 110).

Ostatnio opisany zarys jest najwłaściwszy, ponieważ wykonanie wykrojnika jest w tym przypadku ułatwione. Określanie wymiarów owalnych wykrojów — dłu-



Rys. 110. Kształt materiału wyjściowego w przypadku wielooperacyjnego ciągnięcia naczyń prostokątnych

gości L i szerokości K — dokonuje się na podstawie poprzednio podanych wzorów (str. 132).

Większy promień zaokrąglenia owalu można obliczyć ze wzoru

$$R_a = \frac{0,25(L^2 + K^2) - LR_b}{K - 2R_b}$$

W szeregu przypadkach owalny zarys wykroju może być uproszczony. Na przykład przy małej różnicy wymiarów A i B , a także przy bardzo dużej wysokości względnej naczynia można stosować półwyroby w postaci krążka.

Określanie półwyrobów na przedmioty ciągnięone o kształcie złożonym i niesymetrycznym

Wymiary i kształt półwyrobów na przedmioty ciągnięone o złożonym i niesymetrycznym kształcie określa się za pomocą: 1) podziału zarysu na oddzielne elementy, 2) wykonania rozwinięć poszczególnych elementów, 3) wykreślenia skorygowanego (bez ostrych załamań) zarysu z wyrównaniem pól powierzchni odjętych i dodanych.

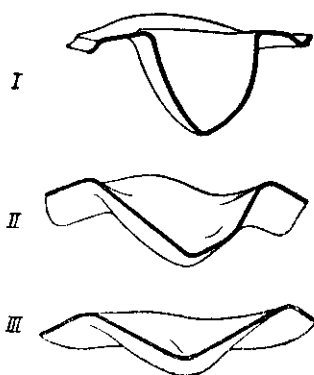
Ponieważ w danym przypadku trudno jest otrzymać prawidłowe wymiary płaskiego półwyrobu za pomocą obliczeń, dlatego zwykle ustala się zarys półwyrobu za pomocą próbnych ciągnięć.

W przemyśle samochodowym przy projektowaniu tłoczników do części nadwozia o bardzo złożonym przestrzennym kształcie stosuje się metodę modelowania. Korzystając z małego (skala 1:10) drewnianego lub gipsowego modelu o kształcie części nadwozia, konstruktor może dokładnie ustalić najbardziej odkształcane fragmenty półwyrobu i przypuszczalne kierunki płynięcia metalu, najkorzystniejsze przestrzenne położenie ciągniętego przedmiotu, najbardziej celową powierzchnię docisku, konieczność zastosowania progów ciągowych (listew ciągowych), kształtu i wymiarów płaskiego półwyrobu.

Na rys. 111 przedstawiona jest oryginalna metoda określania przejściowych kształtów ciągniętego przedmiotu o złożonym kształcie [267].

Istota danego procesu polega na tym, że według wzorca przedmiotu lub według matrycy ostatecznego kształtu przedmiotu wykonuje się powłokę z grubej merli-

Rys. 111. Ustalanie przejściowych kształtów złożonej wytłoczki metodą woskowych odcisków



nasyconej woskiem (rys. 111, I). Grubość powłoki wynosi 2÷3 mm. Po zastygnięciu wosku powłokę wyjmuje się z matrycy i kierując się charakterem odkształcenia, rozprostowuje się ją do kształtu prostszego i płytszego przeznaczonego do określenia ciągnięcia pośredniego (rys. 111, II).

Według rozprostowanej powłoki wykonuje się gipsowy model matrycy ciągu pośredniego. Wykonując dalsze rozprostowanie powłoki otrzymuje się kształt, jaki ma być nadawany w pierwszym ciągnięciu (rys. 111, III), według którego odlewa się model gipsowy matrycy pierwszego ciągu.

Wymiary półwyrobów płaskich do ciągnięcia ze zmniejszaniem grubości ścianek

Obliczanie wymiarów półwyrobów do ciągnięcia ze zmniejszeniem grubości ścianki przeprowadza się wychodząc z równości objętości materiału półwyrobu i gotowego przedmiotu z nadatkiem na okrawanie.

Tablica 64. Wielkość odpadów przy okrawaniu

Względna wysokość przedmiotów h/d	do 3	3 ÷ 10	ponad 10
Wielkość odpadu przy okrawaniu a w %	8—10	10 ÷ 12	12—15

Zarys przedmiotu dzieli się na elementy o prostym geometrycznym kształcie, oblicza się ich objętość z geometrycznych wzorów i sumuje się.

Grubość półwyrobu ustala się zwykle na podstawie rysunku gotowego przedmiotu i warunków jego obróbki.

Średnicę półwyrobu określa się z następującego wzoru

$$D_k = 1,13 \sqrt{\frac{V}{g}}$$

gdzie: V — objętość półwyrobu z uwzględnieniem odpadu przy okrawaniu równa $(1+a)V_p$;

g — grubość półwyrobu (od 1,0 do 1,2 grubości dna);

a — współczynnik uwzględniający odpad przy okrawaniu (tabl. 64);

V_p — objętość gotowego przedmiotu.

W tabl. 64 podana jest wielkość odpadów przy okrawaniu w procentach ciężaru lub objętości przedmiotu.

Bardziej dokładne metody obliczania półwyrobów na przedmioty ciągnięte ze zmniejszeniem grubości ścianek podane są w literaturze [54].

W tabl. 65 podane są podstawowe wzory do obliczania objętości prostych brył geometrycznych.

20. Współczynniki ciągnięcia i liczba operacji

Stopień odkształcenia i współczynniki ciągnięcia

W zależności od stosunku wysokości do średnicy ciągniętego przedmiotu, a także od względnej grubości półwyrobu (wykroju) ciągnięcie może być wykonane w jednej lub w kilku operacjach (lub zabiegach).

Należy dążyć, aby ciągnięcie było wykonywane w jak najmniejszej liczbie operacji, z możliwie dużym stopniem odkształcenia (względnie zmniejszenie średnicy i zwiększenie głębokości) bez stosowania międzyoperacyjnego wyżarzania¹⁾.

Stopień odkształcenia przy ciągnięciu przedmiotów cylindrycznych można wyrazić jednym z następujących wskaźników

$$\frac{D-d}{d}; \quad \frac{D-d}{D}; \quad \ln \frac{D}{d}; \quad K = \frac{D}{d} = \frac{1}{m}; \quad m = \frac{d}{D} = \frac{1}{K}$$

gdzie: D — średnica wykroju (półwyrobu) w mm,

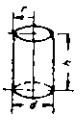
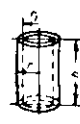
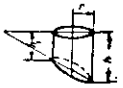

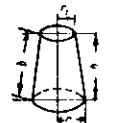
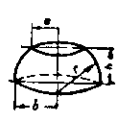
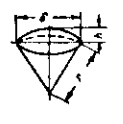
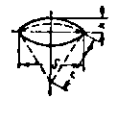
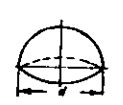
d — średnica przedmiotu w mm,

m — współczynnik ciągnięcia,

K — stopień ciągnięcia — odwrotność współczynnika ciągnięcia.

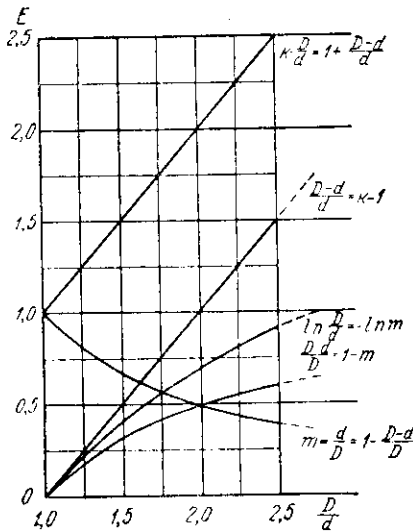
¹⁾ Z wyjątkiem ciągnięcia silnie umacniających się stopów, szczególnie tych, u których procesowi odkształcania na zimno towarzyszą przemiany strukturalno-fazowe i które wymagają wyżarzania międzyoperacyjnego.

Tablica 65. Wzory do obliczania objętości i bocznej powierzchni prostych brył geometrycznych

Bryła	Szkic	Objętość V	Boczna powierzchnia F
Walec		$\pi r^2 h = \frac{\pi d^2}{4} h$	$2\pi r h = \pi d h$
Walec wydrążony		$\pi h (r^2 - r_1^2)$	$2\pi h (r + r_1)$
Walec ukośnie ścięty		$\pi r^2 \frac{h + h_1}{2}$	$\pi r (h + h_1)$
Stożek		$\frac{1}{3} \pi r^2 h$	$\pi r l = \pi r \sqrt{r^2 + h^2}$
Stożek ścięty		$\frac{1}{3} \pi h (r^2 + r_1^2 + r \cdot r_1)$	$\pi l (r + r_1)$
Pas kulisty		$\frac{\pi h}{6} (3a^2 + 3b^2 + h^2)$	$2\pi r h$
Wycinek kuli		$\frac{2}{3} \pi r^2 h$	$\frac{1}{2} \pi r (4h + S)$
Odcinek kuli		$\pi h^2 \left(r - \frac{h}{3} \right) = \pi h \left(\frac{S^2}{8} + \frac{h}{6} \right)$	$2\pi r h = \frac{\pi}{4} (S^2 + 4h^2)$
Półkula		$\frac{\pi d^3}{12}$	$\frac{\pi d^2}{2}$

Wskaźniki te są jednoznacznie, zależne od siebie i dają prawidłową charakterystykę ogólnego stopnia odkształcenia tylko przy niezmiennych warunkach — zupełnego przeciągnięcia kołnierza w boczne, cylindryczne ścianki przedmiotu.

Liczbowe wartości tych wskaźników w zależności od stosunku $\frac{D}{d}$ podane są na wykresie (rys. 112).



Rys. 112. Zestawienie różnych wskaźników stopnia odkształcenia przy ciągnięciu

Najwłaściwszym wskaźnikiem stopnia odkształcenia jest wskaźnik wyrażony w postaci logarytmicznej $\ln \frac{D}{d}$, jednak jest on niedogodny do praktycznego wykorzystania w warunkach warsztatowych.

Najbardziej charakteryzującym wskaźnikiem stopnia odkształcenia jest współczynnik ciągnięcia $m = \frac{d}{D}$, ponieważ jego wartość liczbowa jest odwrotnością stopnia odkształcenia (im mniejsza wartość m , tym większy stopień odkształcenia). Jednak współczynnik ten jest najbardziej dogodny do szybkich obliczeń i jest szeroko stosowany w praktyce.

Spotyka się niezbyt właściwe wyjaśnienie istoty współczynnika ciągnięcia, jakoby był tylko prostym stosunkiem $\frac{d}{D}$, nie związanym z szerokością kołnierza i nie charakteryzującym stopnia odkształcenia. Błądność takiej interpretacji widoczna jest z wykresu (rys. 112), oraz z następujących przekształceń

$$m = \frac{d}{D} = 1 - \frac{D-d}{D}; \quad K = \frac{D}{d} = 1 + \frac{D-d}{d}$$

Wyrażenia znajdujące się w prawej części wzorów przedstawiają odkształcenie względne przy ciągnięciu, zależne od szerokości przeciąganego kołnierza.

Największe wartości stopnia odkształcenia przy ciągnięciu podano w tabl. 66. Największy dopuszczalny stopień odkształcenia i odpowiednie współczynniki ciągnięcia zależą w znacznym stopniu od względnej grubości półwyrobu (wykroju) i promienia zaokrąglenia krawędzi roboczych matrycy ciągnawej.

Tablica 66. Graniczny stopień odkształcenia przy ciągnięciu w pierwszej operacji

Wskaźnik stopnia odkształcenia	Teoretyczny	Praktyczny
m	0,368	0,45 ÷ 0,48
K	2,72	2,25 ÷ 2,50
$\ln \frac{D}{d}$	1,0	0,8 ÷ 0,9

Dopuszczalny stopień odkształcenia przy ciągnięciu ograniczają następujące trzy czynniki.

1. Niedostateczna plastyczność materiału powodująca podwyższenie oporu odkształcania płaskiego kołnierza, co prowadzi do zwiększenia naprężeń rozciągających w niebezpiecznym przekroju i do odrywania dna.

2. Powstawanie fałd wskutek utraty stateczności kołnierza, co prowadzi do szybkiego wzrostu oporu ciągnięcia i naderwań materiału. Najmniej stateczne i najbardziej skłonne do tworzenia fałd są półwyroby o małej grubości względnej.

3. Mały promień zaokrąglenia roboczych krawędzi powoduje, podobnie jak inne czynniki, znaczne zwiększenie oporu wciągania płaskiego półwyrobu w otwór matrycy, wzrost naprężeń rozciągających w niebezpiecznym przekroju i odrywanie dna.

Im większy jest promień zaokrąglenia roboczej krawędzi matrycy, tym większy jest osiągnięty stopień odkształcenia.

Każdej wartości stopnia odkształcenia odpowiada określona wartość naprężenia rozciągającego w niebezpiecznym przekroju, ograniczającego możliwość ciągnięcia i w określonych warunkach powodującego powstawanie pęknięć i odrywanie dna.

Warunek wytrzymałości niebezpiecznego przekroju wyraża się zależnością

$$\sigma_r \leq 1,15R_r$$

gdzie σ_r — naprężenie rozciągające w niebezpiecznym przekroju.

Dlatego najbardziej właściwym i dokładnym sposobem określania stopnia odkształcenia i liczby operacji ciągnięcia jest sposób polegający na określeniu rzeczywistych naprężeń powstających przy ciągnięciu w oparciu o prawa teorii plastyczności.

Współczynnik ciągnięcia wyraża się stosunkami: w pierwszym ciągnięciu $m_1 = \frac{d_1}{D}$; w drugim — $m_2 = \frac{d_2}{d_1}$; w dalszych ciągnięciach $m_n = \frac{d_n}{d_{n-1}}$. Ze stosunków tych znajduje się średnice przedmiotów w poszczególnych ciągnięciach:

$$d_1 = m_1 D; \quad d_2 = m_2 d_1; \quad d_n = m_n d_{n-1}$$

Ciągnięcie przedmiotów walcowych (cylindrycznych)

Wartości stosowanych w praktyce współczynników ciągnięcia są w większości przybliżone, ponieważ nie uwzględniają ich zależności od względnej grubości materiału wyjściowego, promienia zaokrąglenia roboczych krawędzi matrycy, prędkości ciągnięcia itp.

Ogólną wadą większości spotykanych zaleceń dotyczących współczynników ciągnięcia jest nieuwzględnianie w nich prawa podobieństwa, wskutek czego współ-

czynniki ciągnięcia, ustalone w pewnych określonych warunkach są niesłusznie uogólniane i zalecane w dowolnych warunkach.

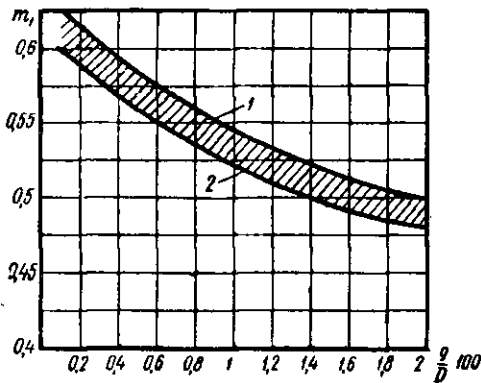
W tłoczeniu na zimno podstawowym wymaganiem wynikającym z prawa podobieństwa jest konieczność pełnego geometrycznego podobieństwa wytłoczek i półwyrobów. Tylko w tych warunkach współczynniki ciągnięcia będą wyrażały porównywalne odkształcenia.

Przede wszystkim należy przestrzegać podobieństwa geometrycznego kształtu ciągniemych przedmiotów (bez kołnierza, z kołnierzem, dno płaskie, wypukłe lub ze skosami itp.).

Z tabl. 50, w której podano współczynniki ogólnego stopnia odkształcenia geometrycznie różnych przedmiotów, wynika, że przy jednakowym stosunku wysokości przedmiotu do jego średnicy współczynniki ciągnięcia cylindrycznych przedmiotów są różne nie tylko w razie ciągnięcia przedmiotów z kołnierzem i bez kołnierza, lecz także w przypadkach ciągnięcia przedmiotów o różnym kształcie dna.

Drugim koniecznym warunkiem jest podobieństwo półwyrobów (krążków) wyrażające się stosunkiem $\frac{g}{D}$. Różnym wartościom $\frac{g}{D}$ odpowiadają różne wartości dopuszczalnych stopni odkształcenia i współczynników ciągnięcia, uwarunkowane różną statecznością kołnierzy o tych samych wymiarach lecz o różnej grubości materiału.

Na rys. 113 podana jest zależność współczynników pierwszego ciągnięcia (wytłaczania) od względnej grubości półwyrobów ze stali 10: krzywa 1 — przy małych,



Rys. 113. Zależność współczynników pierwszego ciągnięcia (wytłaczania) od względnej grubości płytki wyjściowej (stal 10)

krzywa 2 — przy zwiększonych promieniach zaokrąglenia roboczych krawędzi matryc.

Z przedstawionych zależności wynika, że zalecane do stosowania w praktyce współczynniki ciągnięcia powinny być bezwzględnie podawane w zależności od względnej grubości materiału, charakteryzującej podobieństwo geometryczne półwyrobów. Wszelkie zalecenia ustalające zależność współczynników ciągnięcia tylko od rodzaju materiału są błędne i nieuzasadnione, ponieważ nie uwzględniają one podstawowego warunku prawa podobieństwa geometrycznego, nie odzwierciedlają zależności największego stopnia odkształcenia od względnej grubości półwyrobu i oceniają tymi samymi wielkościami nieporównywalne odkształcenia.

Tym, na przykład, tłumaczy się okoliczność, że ciągnięcie małych cylindrycznych przedmiotów daje się przeprowadzić stosując współczynnik $m_1 = 0,45$, podczas gdy ciągnięcie dużych przedmiotów z cieniłego materiału tego samego gatunku z trudem można wykonać przy współczynniku $m_1 = 0,60$.

Ten wpływ „czynnika skali” wartość współczynnika ciągnięcia jest znacznie większy, niż wpływ plastyczności tego lub innego metalu, ponieważ do ciągnięcia bierze się głównie metale i stopy o wysokich własnościach plastycznych z niewielkimi odchyleniami tych własności (z wyjątkiem stopów magnezu i innych specjalnych stopów).

Drugą przyczyną występowania czynnika skali jest odchylenie od geometrycznego podobieństwa względnych promieni zaokrąglenia roboczych krawędzi matrycy i stempla $\frac{r_m}{g}$; $\frac{r_s}{g}$.

Współczynniki ciągnięcia muszą więc być różne w przypadkach przedmiotów o różnych geometrycznych kształtach (przede wszystkim w razie przedmiotów cylindrycznych z kołnierzem i bez kołnierza), a także w razie różnych grubości względnych materiału. Ostatni warunek powinien w istotnej mierze odzwierciedlać podobieństwo i dawać rozgraniczenie w zależności od względnych promieni zaokrąglenia matrycy i stempla.

W tabl. 67 podane są ustalone przez autora i sprawdzone w wieloletniej praktyce optymalne wartości współczynników ciągnięcia przedmiotów cylindrycznych bez kołnierza (przy ciągnięciu z dociskiem) w zależności od względnej grubości krążka

Tablica 67. Współczynniki ciągnięcia naczyń walcowych bez kołnierza

Współczynniki ciągnięcia	Względna grubość krążka $\frac{g}{D} \cdot 100$				
	2—1,5	1,5—1,0	1,0—0,6	0,6—0,3	0,3—0,1
m_1	0,48 ÷ 0,50	0,50 ÷ 0,53	0,53 ÷ 0,55	0,55 ÷ 0,58	0,58 ÷ 0,60
m_2	0,73 ÷ 0,75	0,75 ÷ 0,76	0,76 ÷ 0,78	0,78 ÷ 0,79	0,79 ÷ 0,80
m_3	0,76 ÷ 0,78	0,78 ÷ 0,79	0,79 ÷ 0,80	0,80 ÷ 0,81	0,81 ÷ 0,82
m_4	0,78 ÷ 0,80	0,80 ÷ 0,81	0,81 ÷ 0,82	0,82 ÷ 0,83	0,83 ÷ 0,85
m_5	0,80 ÷ 0,82	0,82 ÷ 0,84	0,84 ÷ 0,85	0,85 ÷ 0,86	0,86 ÷ 0,87

wstępnego (półwyrobu) i względnego promienia zaokrąglenia stempla i matrycy.

Mniejsze wartości współczynników ciągnięcia odpowiadają większym promieniom zaokrąglenia w pierwszych operacjach ($r = 8 \div 15g$), a większe wartości — małym promieniom ($r = 4 \div 8g$).

Podane współczynniki odnoszą się do stali do głębokiego ciągnięcia (08, 10Г i 15Г) i miękkiego mosiądzu.

W przypadku ciągnięcia mniej plastycznych materiałów (stal 20—25, СТ.2, СТ.3, stal trawiona, utwardzone zgniotem aluminium i mosiądz itp.) należy brać współczynniki ciągnięcia o 1,5 ÷ 2% większe, a do ciągnięcia bardziej plastycznych metali (blacha stalowa do bardzo głębokiego ciągnięcia, aluminiowa itp.) — mniejsze o 1,5 ÷ 2% od wartości podanych w tabl. 67. W przypadku stosowania wyzarzania międzyoperacyjnego współczynniki ciągnięcia dalszych operacji można przyjmować o 2 ÷ 3% mniejsze.

W związku z obserwowanym dążeniem hut do stopniowego polepszania jakości blach podane w tabl. 67 współczynniki mogą być w przyszłości dokładniej ustalone.

Liczbę kolejnych operacji określa się za pomocą przyjętych współczynników ciągnięcia i znajduje się ze wzoru

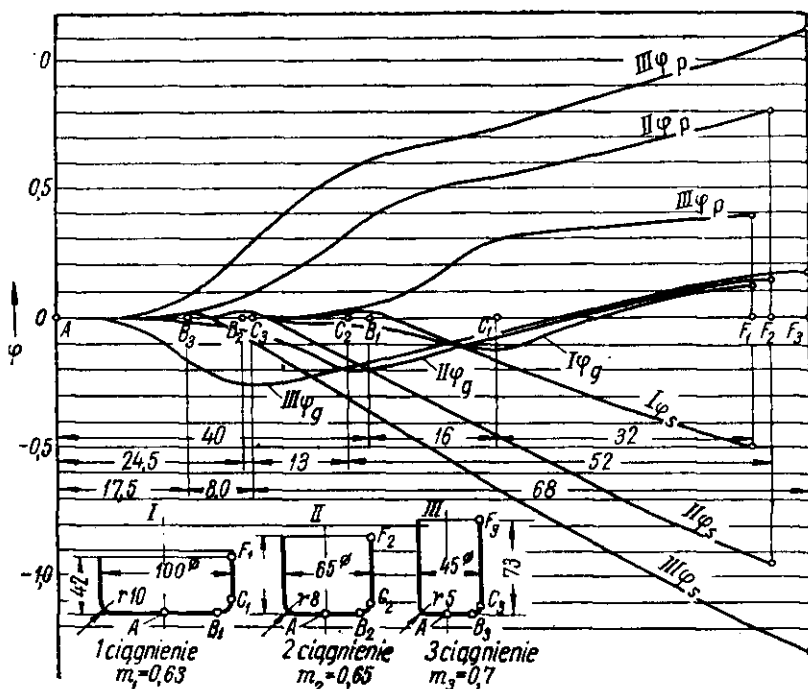
$$n = \frac{\lg d_n - \lg(m_1 D)}{\lg m_2}$$

gdzie: n — liczba operacji,
 d_n — średnica gotowego przedmiotu w mm,
 D — średnica krążka wstępnego (półwyrobu) w mm,
 m_2 — współczynnik ciągnięcia dla drugiej i dla dalszych operacji.

Liczba operacji ciągnięcia przedmiotów cylindrycznych bez kołnierza może być znaleziona z tabl. 68 w zależności od wymaganej głębokości ciągnięcia $\frac{h}{d}$, względnej grubości półwyrobu $\frac{g}{D} \cdot 100$, względnego promienia zaokrąglenia matrycy $\frac{r_m}{g}$.

Na rys. 114 podano porównanie wartości odkształceń (wyrażonych w postaci logarytmicznej) przy ciągnięciu cylindrycznych przedmiotów w trzech operacjach [365] (patrz str. 109).

Rysunek ten wyjaśnia poglądowo fizyczny sens wielooperacyjnego (wielozabiegowego) ciągnięcia — wprowadzenie w obszar odkształcenia nowych nieodkształ-



Rys. 114. Odkształcenia przy wielooperacyjnym ciągnięciu

conych części materiału i zmniejszenie ścienienia ścianek w następnych operacjach wskutek ściskania stycznego.

W rozpatrywanym przykładzie stopień odkształcenia nie jest rozłożony w sposób najwłaściwszy — niedostateczny stopień odkształcenia w pierwszej operacji i nieco za duży w następnych operacjach.

Wskutek tego w trzeciej operacji powstaje zbyt duże ścienienie materiału w niebezpiecznym przekroju (punkt C_3) — wydłużenie materiału na zaokrąglonym przejściu odbywa się kosztem zmniejszenia grubości materiału.

Podczas gdy zmniejszanie grubości materiału w niebezpiecznym przekroju szybko postępuje, zgrubienie brzegu przedmiotu zwiększa się nieznacznie.

Tablica 68. Największa względna głębokość ciągnięcia $\frac{h}{d}$ walcowanych naczyń bez kołnierza

Liczba operacji ciągnięcia	Względna grubość krążka $\frac{g}{D} \cdot 100$				
	2—1,5	1,5—1,0	1,0—0,6	0,6—0,3	0,3—0,1
1	0,94 ÷ 0,77	0,84 ÷ 0,65	0,70 ÷ 0,57	0,62 ÷ 0,5	0,52 ÷ 0,45
2	1,88 ÷ 1,54	1,60 ÷ 1,32	1,36 ÷ 1,1	1,13 ÷ 0,94	0,96 ÷ 0,83
3	3,5 ÷ 2,7	2,8 ÷ 2,2	2,3 ÷ 1,8	1,9 ÷ 1,5	1,6 ÷ 1,3
4	5,6 ÷ 4,3	4,3 ÷ 3,5	3,6 ÷ 2,9	2,8 ÷ 2,4	2,4 ÷ 2,0
5	8,9 ÷ 6,6	6,6 ÷ 5,1	5,2 ÷ 4,1	4,1 ÷ 3,3	3,3 ÷ 2,7

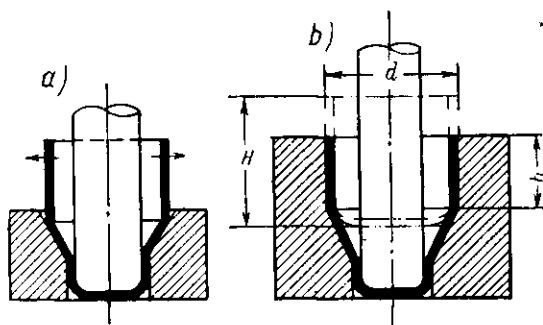
Uwaga. Większe wartości $\frac{h}{d}$ odpowiadają zwiększonym promieniom zaokrągleń w pierwszych operacjach (od $r = 8g$ przy $\frac{g}{D} = 2 \div 1,5$, do $r = 15g$ przy $\frac{g}{D} \cdot 100 = 0,10$), mniejsze wartości — zmniejszonym promieniom zaokrągleń ($r \approx 4 \div 8g$)

Przemieszczenie punktów F wskazuje na zwiększenie długości tworzącej (wydłużenie w kierunku promieniowo-osiuwym), w rozpatrywanym przykładzie równe 5,5 mm, znacznie mniejsze od wymiaru zwiększenia wysokości przedmiotu wynoszącego 31 mm.

Dalsze operacje po wytłaczaniu (po pierwszej operacji ciągnięcia) w przypadku małej grubości względnej materiału ($\frac{g}{d_1} < 2$) wykonuje się z dociskaczem, a w razie dłużej grubości względnej ($\frac{g}{d_1} > 2$) — bez dociskacza.

Podczas przetłaczania bez dociskacza przedmiotów o małej średnicy wskutek odkształcania i przechodzenia walcowej ścianki w stożkową powstaje moment obrotowy, powodujący powstanie naprężeń rozciągających w górnej części napałka aż do miejsca jego styku z powierzchnią otworu matrycy (rys. 115a).

W przypadku wielooperacyjnego ciągnięcia bez dociskacza przedmiotów o kształcie tulei w górnej części przedmiotu powstają pęknięcia, w celu uniknięcia ich za-



Rys. 115. Schemat ostatniego ciągnięcia bez dociskacza

leca się stosowanie pogłębienia matrycy na wysokości $h = 0,6d$ (rys. 115b), tworzącego podparcie zapobiegające powstawaniu pęknięć [223].

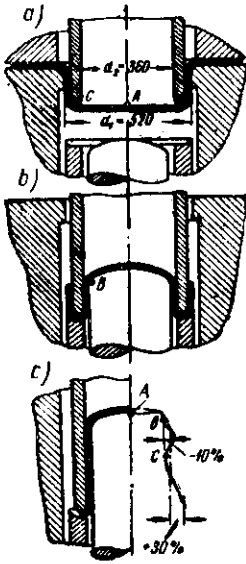
Należy jednak zaznaczyć, że ciągnięcie wysokich przedmiotów cylindrycznych lepiej jest wykonywać ze zmniejszaniem grubości ścianek, ponieważ wymaga to mniejszej liczby operacji.

Ciężnienie z przewijaniem

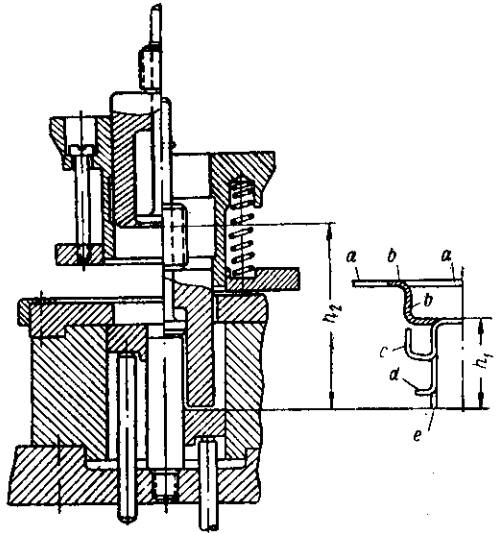
Ciężnienie z przewijaniem w większości przypadków jest połączeniem dwóch operacji ciężnienia jako dwóch zabiegów wykonywanych w czasie jednego skoku suwaka prasy, przy czym drugie ciężnienie przeprowadzane jest w odwrotnym kierunku w stosunku do pierwszego i połączone jest z przewinięciem wytłoczki. W ten sposób można osiągnąć wysoki stopień odkształcenia.

Sposób ten stosowany jest głównie do wytwarzania dużych i średnich przedmiotów przy względnej grubości materiału wyjściowego $\frac{g}{D} \cdot 100 > 0,25$.

Na rys. 116 przedstawiony jest przebieg procesu ciężnienia z przewijaniem (sta-



Rys. 116. Proces ciężnienia z przewijaniem



Rys. 117. Schemat tłoczniaka do ciężnienia z przewijaniem

dla a , b i c) na prasie podwójnego działania dużego przedmiotu ze stalowego krążka o średnicy 965 mm i grubości 2,5 mm [365].

Współczynniki ciężnienia wynosiły

$$m_1 = 0,54; \quad m_2 = 0,69; \quad m_{og} = m_1 \cdot m_2 = 0,37$$

Na rys. 116c z prawej strony przedstawiono zmiany grubości materiału wzdłuż wysokości przedmiotu ciężnionego osiągające w niebezpiecznym przekroju (punkt B i C) — 10%, a na brzegu przedmiotu +30%.

Siła ciężnienia w danym przypadku wynosi 200 ÷ 250 T.

Siła docisku 120 ÷ 150 T.

Siła docisku wypychacza-dociskacza 70 ÷ 100 T.

Szybkość ciężnienia $v = 100$ mm/sek.

Na rys. 117 przedstawiony jest schemat tłoczniaka do ciężnienia z przewijaniem na prasie podwójnego działania. Z prawej strony przedstawiono kolejne stadia zmian kształtu ($a \div e$) [345].

Ciągnięcie z przewijaniem przedmiotów średniej wielkości wykonywane jest niekiedy jednocześnie z wycinaniem krążka, w tym celu w tłoczniku wbudowuje się matrycę do wykrawania nad matrycę do ciągnięcia.

W szeregu przypadkach ciągnięcie z przewijaniem stosuje się w jednej z dalszych operacji ciągnięcia, w celu zwiększenia naprężeń rozciągających i zmniejszenia naprężeń ściskających. Najbardziej celowe jest to w odniesieniu do ciągnięcia przedmiotów z dnem kulistym, stożkowym, parabolicznym itp.

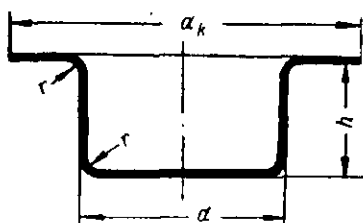
Ciągnięcie z przewijaniem stosuje się również do wykonywania przedmiotów z podwójnymi ściankami.

Do ciągnięcia z przewijaniem potrzebna jest prasa o dużym skoku ($h_2 > 2h_1$ wg rys. 117).

Ciągnięcie przedmiotów walcowych z dużym kołnierzem

Współczynnik pierwszego ciągnięcia $m = \frac{d}{D}$ przedmiotów z dużym kołnierzem (rys. 118) nie daje właściwego wyobrażenia o stopniu odkształcenia, ponieważ zależność ta pozostaje przy dowolnej głębokości ciągnięcia z krążka o średnicy D i może być odniesiona do dowolnego przejściowego położenia.

W danym przypadku brak geometrycznego warunku końca odkształcenia, jakim



Rys. 118. Ciągnięty przedmiot z szerokim kołnierzem

jest przejście całego kołnierza w walcową ściankę podczas ciągnięcia przedmiotów bez kołnierza.

Korzystając z oznaczeń podanych na rys. 118 oraz przyjmując jednakowe promienie zaokrągleń przy dnie i przy kołnierzu, można napisać następujące zależności: średnica krążka

$$D = \sqrt{d_k^2 + 4dh - 3,44dr}$$

ogólny współczynnik ciągnięcia

$$K = \frac{1}{m} \sqrt{\left(\frac{d_k}{d}\right)^2 + 4\frac{h}{d} - 3,44\frac{r}{d}}$$

gdzie: $\frac{d_k}{d}$ — względna średnica kołnierza,

$\frac{h}{d}$ — względna głębokość ciągnięcia,

$\frac{r}{d}$ — względny promień zaokrąglenia przy dnie i przy kołnierzu, przy czym wpływ pierwszej z wymienionych wielkości jest znacznie większy niż dwóch następnych.

Wynika z tego, że przy ciągnięciu przedmiotów cylindrycznych z szerokim kołnierzem dopuszczalny stopień odkształcenia powinien być ustalony w zależności od stosunku $\frac{d_k}{d}$ i wyrażony za pośrednictwem względnej głębokości ciągnięcia $\frac{h}{d}$.

Tablica 69. Względna głębokość pierwszego ciągnięcia $\frac{h}{d}$ naczyń walcowych z kołnierzem

Względna średnica kołnierza $\frac{d_k}{d}$	Względna grubość krążka $\frac{g}{D} \cdot 100$				
	2—1,5	1,5—1,0	1,0—0,6	0,6—0,3	0,3—0,10
do 1,1	0,90 ÷ 0,75	0,82—0,65	0,70—0,57	0,62 ÷ 0,50	0,52 ÷ 0,45
1,3	0,80 ÷ 0,65	0,72 ÷ 0,56	0,60 ÷ 0,50	0,53 ÷ 0,45	0,47 ÷ 0,40
1,5	0,70 ÷ 0,58	0,63 ÷ 0,50	0,53 ÷ 0,45	0,48 ÷ 0,40	0,42 ÷ 0,35
1,8	0,58 ÷ 0,48	0,53 ÷ 0,42	0,44 ÷ 0,37	0,39 ÷ 0,34	0,35 ÷ 0,29
2,0	0,51 ÷ 0,42	0,46 ÷ 0,36	0,38 ÷ 0,32	0,34 ÷ 0,29	0,30 ÷ 0,25
2,2	0,45 ÷ 0,35	0,40 ÷ 0,31	0,33 ÷ 0,27	0,29 ÷ 0,25	0,26 ÷ 0,22
2,5	0,35 ÷ 0,28	0,32 ÷ 0,25	0,27 ÷ 0,22	0,23 ÷ 0,20	0,21 ÷ 0,17
2,8	0,27 ÷ 0,22	0,24 ÷ 0,19	0,21 ÷ 0,17	0,18 ÷ 0,15	0,16 ÷ 0,13
3,0	0,22 ÷ 0,18	0,20 ÷ 0,16	0,17 ÷ 0,14	0,15 ÷ 0,12	0,13 ÷ 0,10

Uwaga. Większe wartości odpowiadają zwiększonym promieniom zaokrągleń (od $r = 10 \div 12g$ w razie $\frac{g}{D} \cdot 100 = 2 \div 1,5$ do $r = 20 \div 25g$ w razie $\frac{g}{D} \cdot 100 = 0,3 \div 0,10$ przy zmniejszeniu ich do $r \leq 0,5h$ w miarę zwiększania średnicy kołnierza i zmniejszenia względnej głębokości ciągnięcia). Mniejsze wartości odpowiadają zmniejszonym promieniom zaokrągleń przy dnie i kołnierzu ($r \approx 4 \div 8g$).

Jednocześnie dopuszczalny stopień odkształcenia uwzględniać powinien wpływ promieni zaokrągleń oraz zależność od względnej grubości krążka.

W tabl. 69 podane są przybliżone wartości względnej głębokości $\frac{h}{d}$ pierwszego ciągnięcia przedmiotów z kołnierzem ze stali 10.

Do bardziej plastycznych materiałów w porównaniu ze stalą 10 można brać wartości bliższe podanych z lewej strony, a do mniej plastycznych — bliższe podanych z prawej strony.

Jeżeli przedmiot o podanych stosunkach $\frac{d_k}{d}$, $\frac{r}{g}$ i $\frac{g}{D}$ ma głębokość względną $\frac{h}{d}$ większą niż podano w tabl. 69, to przedmiot nie może być wykonany w jednej operacji. W tym przypadku należy przeprowadzić pierwsze ciągnięcie o większej średnicy przy jednoczesnym uzyskaniu wymaganej średnicy zewnętrznej kołnierza.

Tablica 70. Najmniejsze wartości współczynników pierwszego ciągnięcia naczyń walcowych z kołnierzem

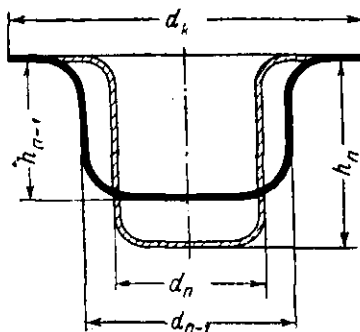
Względna średnica kołnierza $\frac{d_k}{d}$	Względna grubość krążka $\frac{g}{D} \cdot 100$				
	2—1,5	1,5—1,0	1,0—0,6	0,6—0,3	0,3—0,10
do 1,1	0,51	0,53	0,55	0,57	0,59
1,3	0,49	0,51	0,53	0,54	0,55
1,5	0,47	0,49	0,50	0,51	0,52
1,8	0,45	0,46	0,47	0,48	0,48
2,0	0,42	0,43	0,44	0,45	0,45
2,2	0,40	0,41	0,42	0,42	0,42
2,5	0,37	0,38	0,38	0,38	0,38
2,8	0,34	0,35	0,35	0,35	0,35
3,0	0,32	0,33	0,33	0,33	0,33

A więc ciągnięcie powinno być wykonane przy mniejszym stosunku $\frac{d_k}{d}$, przy czym względna głębokość ciągnięcia nie powinna być większa od podanej w tabl. 69.

W tabl. 70 podane są najmniejsze wartości współczynników pierwszego ciągnięcia przedmiotów cylindrycznych z kołnierzem (stal 10).

Z tabl. 70 widoczne jest, że im większa jest średnica kołnierza, tym mniejsza jest wartość współczynnika pierwszego ciągnięcia, ponieważ ze zwiększeniem śred-

Rys. 119. Schemat ostatniego ciągnięcia przedmiotów z szerokim kołnierzem



nicy kołnierza zwiększa się średnica krążka materiału wyjściowego, wskutek czego liczbowa wartość tego współczynnika zmniejsza się.

A więc zmniejszenie współczynnika pierwszego ciągnięcia przy jednoczesnym zwiększeniu średnicy kołnierza nie oznacza zwiększenia stopnia odkształcenia.

Dalsze operacje ciągnięcia przedmiotów z kołnierzem polegają na przeciąganiu walcowej części na walec o mniejszej średnicy i zwiększaniu się szerokości kołnierza (rys. 119).

W następnych operacjach ciągnięcie powinno być prowadzone do takiej głębokości, aby kołnierz uzyskany w pierwszej operacji nie był odkształcany i zewnętrzna jego średnica nie zmniejszała się.

Dlatego należy w pierwszej operacji wciągać w strefę odkształceń o $3 \div 10\%$ więcej materiału (liczonego wg powierzchni) niż go trzeba na ostatecznie ukształtowaną walcową część przedmiotu.

Nadmiar wciągniętego materiału przetłacza się stopniowo w następnych kolejnych operacjach do kołnierza.

Zmniejszenie powierzchni wytłoczki w każdej następnej operacji ciągnięcia przedmiotu z kołnierzem wynosi od 1,5 do 3%.

Takie rozłożenie materiału zabezpiecza przed wciąganiem kołnierza w kolejnych operacjach i przed odrywaniem dna.

Graniczną głębokość kolejnych ciągnięć oblicza się ze wzoru

$$h_n = \frac{d_{n-1}}{d_n} h_{n-1} - 0,86 \frac{d_{n-1} r_{n-1} - d_n r_n}{d_n}$$

Na rys. 120 i 122 podane są przykłady przebiegu ciągnięcia przedmiotów z szerokim kołnierzem bez zmiany jego średnicy w kolejnych operacjach. Na rys. 121 przedstawiony jest przebieg ciągnięcia przedmiotu z pochylonym kołnierzem.

Współczynniki ciągnięcia w kolejnych operacjach określa się stosunkiem

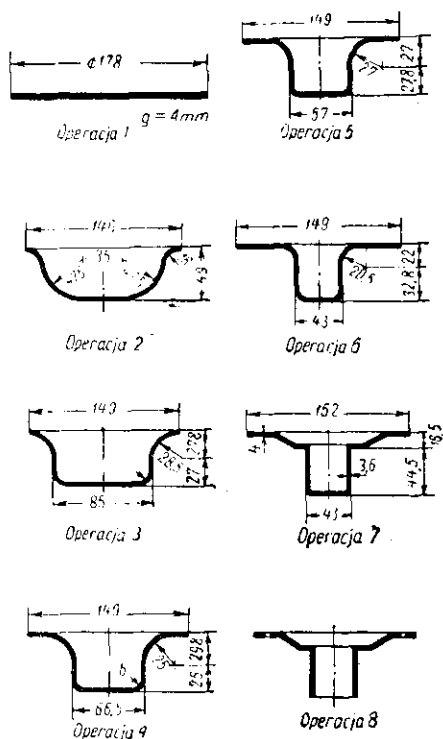
$$m_n = \frac{d_n}{d_{n-1}}$$

Tablica 71. Współczynniki dalszych ciągnięć naczyń walcowych z kołnierzem

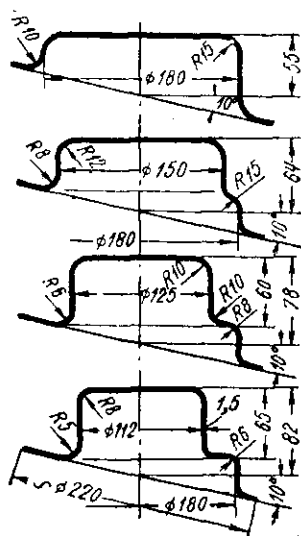
Współczynniki ciągnięcia	Względna grubość krążka $\frac{g}{D} \cdot 100$				
	2—1,5	1,5—1,0	1,0—0,6	0,6—0,3	0,3—0,10
m_2	0,73	0,75	0,76	0,78	0,80
m_3	0,75	0,78	0,79	0,80	0,82
m_4	0,78	0,80	0,82	0,83	0,84
m_5	0,80	0,82	0,84	0,85	0,86

niezależnym od szerokości i zewnętrznego wymiaru kołnierza, można je przyjmować równe współczynnikom stosowanym przy ciągnięciu przedmiotów bez kołnierza lub nawet nieco mniejsze.

W tabl. 71 podane są współczynniki dalszych ciągnięć (przetłaczanie) dla przedmiotów cylindrycznych z szerokim kołnierzem (stal 10).



Rys. 120. Przebieg ciągnięcia przedmiotów z dużym kołnierzem



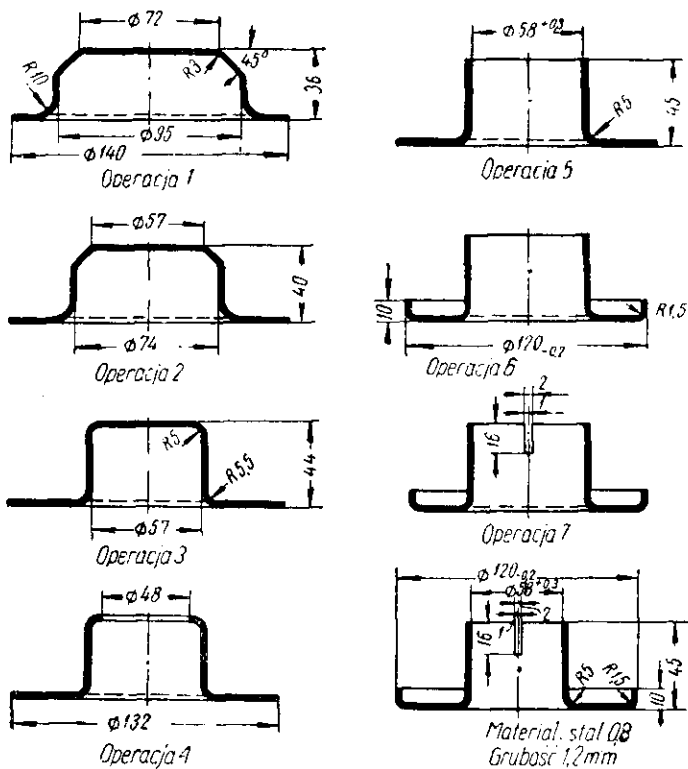
Rys. 121. Przebieg ciągnięcia przedmiotów z pochylonym kołnierzem

W przypadku zastosowania operacji wyżarzania współczynniki przeciągania mogą być zmniejszone o 5÷8%.

Głębokie ciągnięcie przedmiotów z małym kołnierzem

$$\left(\frac{d_k}{d} = 1,1 \div 1,4 \text{ przy } \frac{h}{d} > 1 \right)$$

przeprowadza się zwykłym sposobem, za pomocą ciągnięcia w pierwszej operacji przedmiotu walcowego bez kołnierza, przeciągania go w następnych operacjach



Rys. 122. Przebieg ciągnięcia przedmiotów z szerokim kołnierzem

z utworzeniem stożkowego kołnierza (wskutek wyciągania metalu spod stożkowego dociskacza) i rozplaszczania go.

Wielotaktowe ciągnięcie w taśmie

Stosowane są dwa sposoby ciągnięcia w taśmie: ciągnięcie w pełnej taśmie (bez nadeńć) (rys. 123a) i ciągnięcie w taśmie z nadeńciami (rys. 123b). Obliczenia technologiczne dla tych sposobów ciągnięcia są różne.

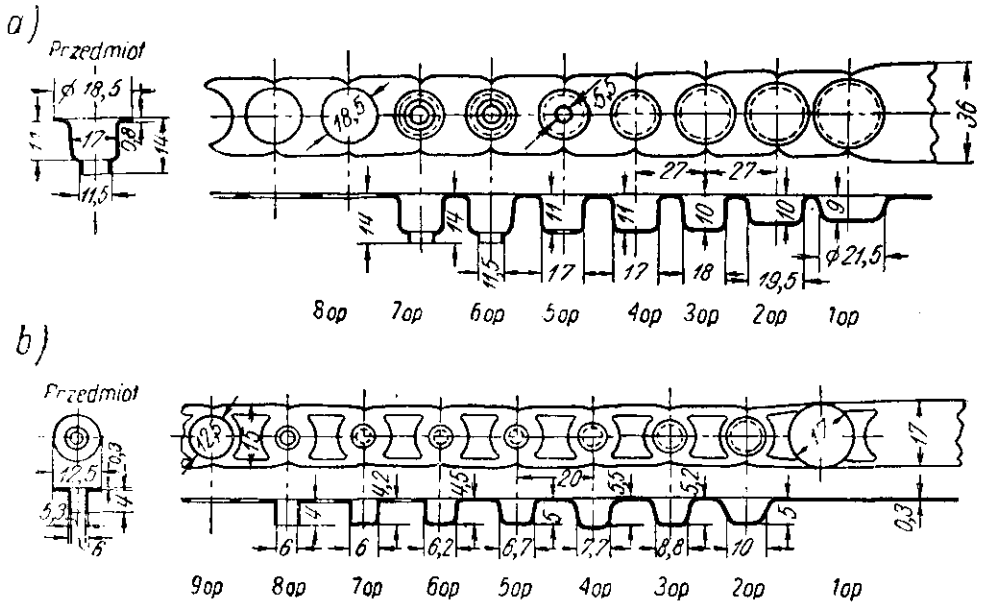
W pierwszym przypadku, aby uniknąć naderwań zmniejsza się stopień odkształcenia w każdej operacji, w tym celu przyjmuje się większe współczynniki ciągnięcia. Powoduje to często konieczność wprowadzenia dodatkowego zabiegu, a więc i dodatkowego stempla i matrycy, bez zmniejszenia wydajności tłoczniaka.

W celu podniesienia ekonomii zużycia materiału i zwiększenia wydajności w masowej produkcji stosuje się wielorzędowe ciągnięcia w pełnej taśmie z szachowym rozmieszczeniem wytłoczek w taśmie [94].

Najbardziej rozpowszechniony jest sposób ciągnięcia jednorzędowego z nadeńciami lub z wygięciami w taśmie. Jednak ten sposób daje niedostatecznie ekonomiczne wykorzystanie materiału i wymaga stosowania wąskich taśm, dlatego w masowej produkcji małych przedmiotów stosuje się wielorzędowe (wielokrotne) ciągnięcia

nienie lub ciągnięcie jednozabiegowe z pojedynczych półwyrobów na automatach z podawaniem półwyrobów z zasobnika.

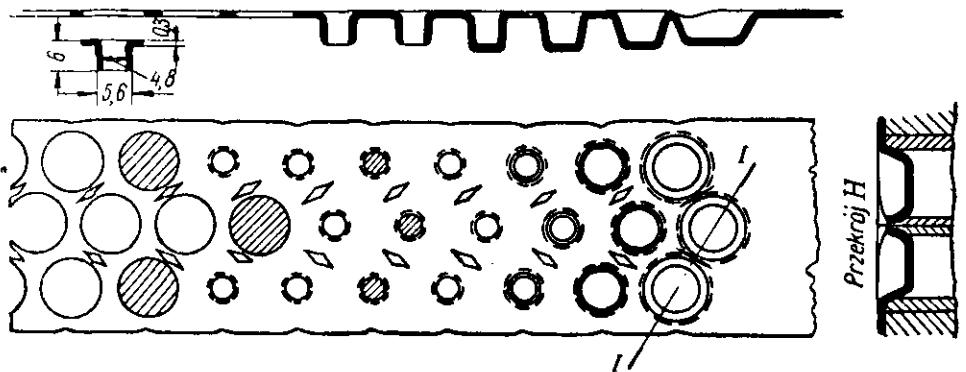
W tym sposobie tłoczenia wykrawanie i wytłaczanie (pierwsze ciągnięcie) wykonuje się na specjalnych prasach przy wielorzędowym rozmieszczeniu wykrojów (9—11 rzę-



Rys. 123. Przebieg ciągnięcia w taśmie: a) w pełnej taśmie; b) z wycinaniem odstępów (mostków)

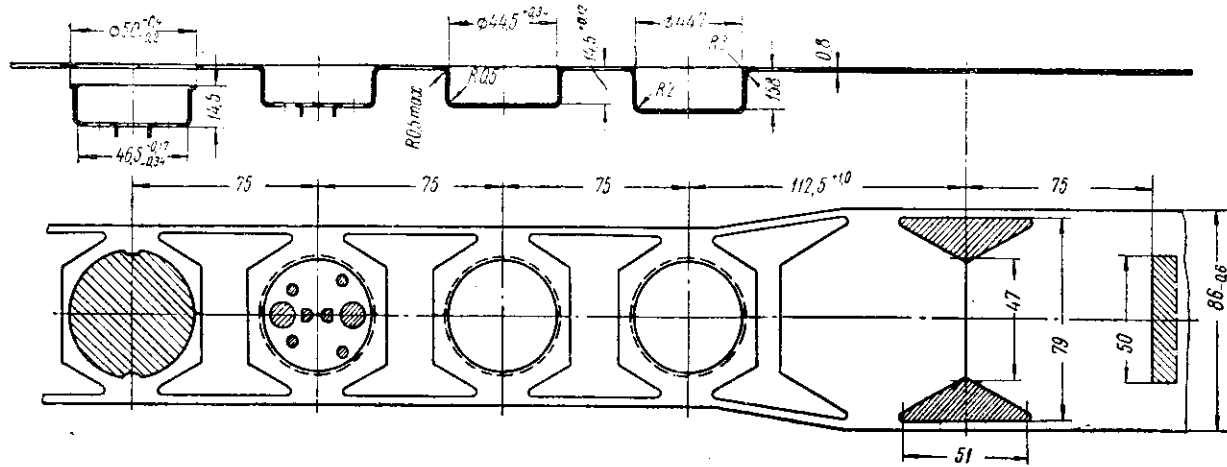
dów) dającym znaczną ekonomię materiału w porównaniu z tłoczeniem jednorzędowym.

Na rys. 124 przedstawiony jest oryginalny sposób wielorzędowego ciągnięcia w stalowej taśmie z małymi nacięciami między poszczególnymi przedmiotami,

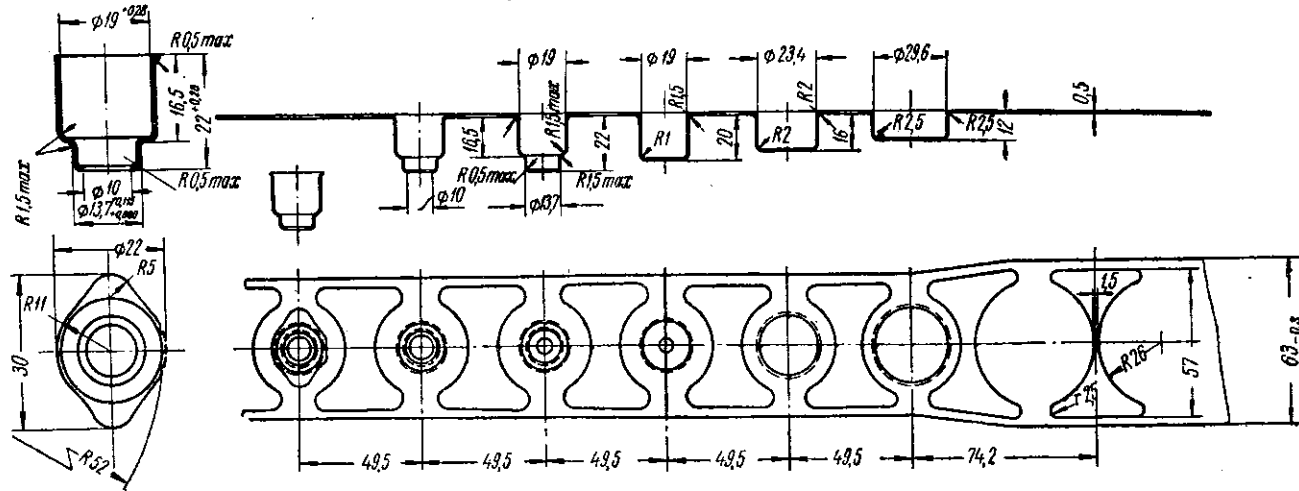


Rys. 124. Wielorzędowe ciągnięcie w taśmie stalowej z nacięciami

co znacznie ułatwia proces ciągnięcia. Nacięcia wykonuje się automatycznie podczas pierwszego ciągnięcia w wyniku naciągania materiału na zaostrome krawędzie wstawianych matryc.



Rys. 125. Przebieg ciągnięcia w taśmie przedmiotów o średnich wymiarach



Rys. 126. Przebieg ciągnięcia głębokich przedmiotów

Sposób wielorzędowego ciągnięcia stosowany jest w masowej produkcji szewskich oczek z taśmy stalowej zimnowalcowanej, daje on znaczną ekonomię zużycia materiału i zwiększoną wydajność w porównaniu z jednorzędowym ciągnięciem. Przy pracy prasy z szybkością 120 skoków na minutę dany sposób zapewnia wydajność około 168 000 szt. na jedną zmianę.

Na rys. 125 i 126 przedstawione jest wielotaktowe ciągnięcie w taśmie przedmiotów średniej wielkości.

Warunki odkształcania pogarszają się w przypadku ciągnięcia wielotaktowego w pełnej taśmie, szczególnie przy ciągnięciu wielorzędowym pojawia się nierównomierność odkształcania w kierunku poprzecznym i wzdłużnym, powstają fałdy na brzegach taśmy, zwiększa się opór odkształcania i naprężenia rozciągające w niebezpiecznym przekroju.

Dlatego w kolejnych zabiegach ciągnięcia wielotaktowego w pełnej taśmie stopień odkształcania powinien maleć, a więc współczynniki ciągnięcia powinny być coraz większe.

Przeprowadzając obliczenia technologiczne ciągnięcia w pełnej taśmie należy zwrócić uwagę, aby w drugim i w dalszych zabiegach ciągnięcia kołnierz utworzony w pierwszym zabiegu ciągnięcia nie odkształcał się.

Proces ciągnięcia w taśmie z nadcieciami lub wycięciami jest podobny do procesu ciągnięcia z pojedynczych półwyrobów przedmiotów z kołnierzem. W danym przypadku należy uwzględnić prędkość ciągnięcia, ponieważ zwykle ciągnięcie takie jest wykonywane na szybkobieżnych prasach. Współczynniki ciągnięcia można dobierać z tabl. 70 i 71.

W tabl. 72 podane są przybliżone wartości głębokości pierwszego ciągnięcia w pełnej taśmie, w tabl. 73 — przybliżone wartości współczynników dalszych ciągnięć w pełnej taśmie.

W celu uniknięcia naderwań należy przestrzegać następujących zasad wciągania materiału w matrycę.

Tablica 72. Dopuszczalna względna głębokość $\frac{h}{d_1}$ pierwszego ciągnięcia w pełnej taśmie

Umowna względna średnica kołnierza $\frac{d_k}{d_1}$	Względna grubość materiału $\frac{g}{D} \cdot 100$		
	ponad 2,0	2,0—1,0	1,0—0,6
1,3	0,45	0,40	0,35
1,5	0,40	0,36	0,32
2,0	0,35	0,32	0,30

Tablica 73. Wartości współczynników dalszych ciągnięć w pełnej taśmie

Współczynniki dalszych ciągnięć w mm	Względna grubość materiału $\frac{g}{D} \cdot 100$		
	ponad 2,0	2,0—1,0	1,0—0,6
m_2	0,80	0,82	0,85
m_3	0,82	0,84	0,87
m_4	0,85	0,87	0,90
m_5	0,87	0,89	0,92

1. W przypadku ciągnięcia w pełnej taśmie przy pierwszym ciągnięciu wciąga się w matrycę o 5÷15% więcej materiału niż potrzeba do wykonania ciągniętej gotowej części, a w następnych operacjach, wraz ze zmniejszaniem średnicy wytłoczki, następuje przetłaczanie materiału z walcowej ścianki w płaski kołnierz.

2. W przypadku ciągnięcia w taśmie z nadcięciami kształtuje się w pierwszym ciągnięciu wytłoczkę o powierzchni równej powierzchni gotowego przedmiotu łącznie z kołnierzem. W postaci płaskiej części półwyrobu powinien pozostać w pierwszym zabiegu tylko naddatek na okrawanie i na mostki łączące przedmiot z taśmą.

Jeżeli przy próbie tłoczniaka okaże się, że w pierwszym zabiegu (ciągnięciu) wciąga się zbyt dużo materiału, to należy zmniejszyć długość stempla pierwszego ciągnięcia, a tym samym zmniejszyć głębokość ciągnięcia.

W dalszych operacjach następuje pewne zmniejszenie powierzchni półwyrobu, wytworzonego w pierwszym zabiegu, wskutek zgrubienia, a niekiedy i zwiększenia wymiarów spęczanego kołnierza.

Zmniejszenie powierzchni półwyrobu wynosi około 2÷3% w każdym zabiegu. Wyjątkiem jest ciągnięcie płytkich przedmiotów ($h < 0,3d$) ze stosunkowo cienkiego materiału, w którym nie zmniejsza się powierzchnia półwyrobu.

Obliczanie rozmieszczenia materiału w poszczególnych zabiegach przeprowadza się sposobami poprzednio podanymi (patrz str. 122). Obliczenia przeprowadza się w odniesieniu do środkowej warstwy materiału.

Pierwsze ciągnięcie powinno być wykonywane z dociskiem półwyrobu do matrycy, a następne — bez docisku.

W przypadkach ciągnięcia sztywnych, nie gniotących się przedmiotów wskazane jest, aby sprężynowy spychacz powodował wpychanie materiału w matrycę i tym samym zmniejszał naprężenie rozciągające w niebezpiecznym przekroju.

W razie ciągnięcia niedostatecznie sztywnych przedmiotów jest to niedopuszczalne. Dlatego w danym przypadku ogranicza się różnymi sposobami ruch spychacza w dół.

W przypadku ciągnięcia długich przedmiotów o małej średnicy niekiedy nie daje się w dalszych ciągnięciach stempli a wpycha się materiał w matrycę dociskaczem.

Współczynniki ciągnięcia wielotaktowego w taśmie określa się według wewnętrznych wymiarów ciągniętych przedmiotów lub według wymiarów roboczych części stempli.

Ciągnięcie przedmiotów kwadratowych i prostokątnych

Ciągnięcie niskich przedmiotów kwadratowych i prostokątnych

Z rozpatrywania odkształceń występujących przy ciągnięciu przedmiotów prostokątnych (rys. 102) wynika, że nie są one tylko odginane lecz podlegają złożonym odkształceniom, składającym się ze skracania wzdłuż obwodu i wydłużania w kierunku prostopadłym, przy czym odkształcenie to osiąga największą wartość w narożnikach.

Udział bocznych płaskich ścianek naczyń w odkształcaniu i przemieszczaniu materiału daje następujące wyniki:

1) znaczne zmniejszenie odkształceń w narożnikach w porównaniu z odkształceniem w naczyniach walcowych o odpowiednich wymiarach,

2) zmniejszają się naprężenia styczne i zwiększa się stateczność kołnierza i odporność na tworzenie fałd,

3) pierwsze ciągnięcie naczyń prostokątnych wykonuje się ze znacznie mniejszymi współczynnikami ciągnięcia narożników niż w razie ciągnięcia naczyń walcowych.

Współczynnik ciągnięcia naczyń prostokątnych ciągnionych w jednym zabiegu wyraża się umownym współczynnikiem ciągnięcia narożników półwyrobu (wykroju):

$$m = \frac{r}{R_n}$$

gdzie R_n — umowny promień narożnego zaokrąglenia wykroju

$$R_n = R_b - 0,7(B - 2r)$$

Współczynnik ciągnięcia jest jednak jednoznacznie określony stosunkiem $\frac{h}{r}$, ponieważ

$$m = \frac{d}{D} = \frac{d}{2\sqrt{2rh}} = \frac{1}{\sqrt{2\frac{h}{r}}}$$

A więc graniczna wielkość ciągnięcia może być wyrażona stosunkiem $\frac{h}{r}$.

Współczynniki ciągnięcia naczyń prostokątnych powinny uwzględniać szereg czynników mechanicznych i geometrycznych.

Do czynników wpływających dodatnio na współczynnik ciągnięcia (w kierunku jego zmniejszenia) zalicza się:

- 1) plastyczność metalu nie umocnionego lub umocnionego w małym stopniu,
- 2) stateczność kołnierza, zależna od względnej grubości materiału i od zastosowania dociskacza,
- 3) stopień przetłaczania materiału z naroża do płaskiej ścianki bocznej.

Przy czym należy podkreślić, że dwa ostatnie czynniki mają większe znaczenie niż pierwszy, ponieważ do głębokiego ciągnięcia stosuje się głównie materiały o wysokich własnościach plastycznych wahających się w wąskich granicach.

Możliwość i stopień przemieszczania materiału w boczne ścianki zależy od stosunku $\frac{r}{B}$ i prowadzi do podwyższenia stopnia odkształcenia i do zmniejszenia współczynnika ciągnięcia naczyń prostokątnych do $m = 0,30 \div 0,32$ zamiast $m = 0,55 \div 0,60$ w przypadku naczyń walcowych.

Stateczność kołnierza i możliwość zapobieżenia powstaniu fałd zależy głównie od względnej grubości materiału $\frac{g}{D}$.

W tabl. 74 podane są przybliżone wartości największych głębokości ciągnięcia naczyń kwadratowych i prostokątnych ze stali 10, w pierwszym ciągnięciu.

Tablica 74. Największe wartości $\frac{h}{r_1}$ przy pierwszym ciągnięciu (stal 10)

Stosunek $\frac{r}{B}$	Naczynia kwadratowe			Naczynia prostokątne		
	Względna grubość materiału $\frac{g}{D} \cdot 100$					
	0,3—0,6	0,6—1	1—2	0,3—0,6	0,6—1	1—2
0,4	2,2	2,5	2,8	2,5	2,8	3,1
0,3	2,8	3,2	3,5	3,2	3,5	3,8
0,2	3,5	3,8	4,2	3,8	4,2	4,6
0,1	4,5	5,0	5,5	4,5	5,0	5,5
0,05	5,0	5,5	6,0	5,0	5,5	6,0

Tablica 75. Współczynniki ciągnięcia m , niskich naczyń kwadratowych i prostokątnych ciągniętych w jednym zabiegu (stal 10)

Stosunek $\frac{r}{B}$	Względna grubość materiału $\frac{g}{D} \cdot 100$		
	2—1	1,0—0,6	0,6—0,3
0,4	0,40—0,42	0,42—0,45	0,44—0,48
0,3	0,36—0,38	0,38—0,40	0,40—0,42
0,2	0,33—0,34	0,34—0,36	0,36—0,38
0,1	0,30	0,32	0,33
0,05	0,29	0,30	0,32

W razie ciągnięcia przedmiotów z mniej plastycznego metalu należy brać stosunek $\frac{h}{r_1}$ o 5÷7% mniejszy, a przy ciągnięciu z bardziej plastycznego metalu — o 5÷7% większy od wartości podanych w tabl. 74.

W tabl. 75 podane są przybliżone wartości współczynników ciągnięcia dla niskich kwadratowych i prostokątnych naczyń ciągniętych w jednym zabiegu.

W razie ciągnięcia z mniej plastycznych metali (stal 20÷25 itp.) należy brać współczynniki ciągnięcia według górnej granicy, a przy ciągnięciu bardziej plastycznych metali (aluminium, stal do bardzo głębokiego ciągnięcia itp.) — według dolnej granicy.

Wielkość D oznacza szerokość wykroju (półwyrobu). Większe wartości odnoszą się do ciągnięcia kwadratowych naczyń, a mniejsze — do ciągnięcia naczyń prostokątnych.

W przypadku ciągnięcia kwadratowych lub prostokątnych naczyń z kołnierzem dopuszczalne współczynniki ciągnięcia zależą nie tylko od stosunku $\frac{r}{B}$ i $\frac{g}{D}$, lecz i od względnej szerokości kołnierza (ze zwiększaniem jej współczynnik ciągnięcia maleje).

Współczynniki pierwszego ciągnięcia naczyń z kołnierzem mogą być przyjmowane mniejsze od wartości podanych w tabl. 75.

Wieloperacyjne ciągnięcie wysokich naczyń kwadratowych i prostokątnych

Wieloperacyjne ciągnięcie wysokich naczyń kwadratowych. Opracowanie procesu technologicznego wieloperacyjnego ciągnięcia wysokich naczyń kwadratowych składa się z obliczenia liczby ciągnięć i określenia przejściowych kształtów i wymiarów przedmiotu ciągniętego.

Kształt ciągniętych przedmiotów w pośrednich operacjach, w przypadku ciągnięcia naczyń kwadratowych, jest zwykle walcowy, przekształcający się w ostatniej lub przedostatniej operacji w kwadratowy lub czworokątny z wypukłymi bokami.

Wstępne obliczenie liczby operacji przeprowadza się ogólnie znanym sposobem na podstawie współczynników ciągnięcia naczyń walcowych (tabl. 67).

Po określeniu operacji oblicza się wymiary półwyrobów w poszczególnych operacjach zaczynając od przedostatniego ciągnięcia, które ma największy wpływ na ostateczny wynik ciągnięcia.

Przy przekształcaniu naczynia walcowego w kwadratowe lub owalne w prostokątne stopień odkształcenia jest niejednakowy na obwodzie przedmiotów. Najmniejsze odkształcenie występuje w narożach, a największe w środku obrzeża ścian bocznych.

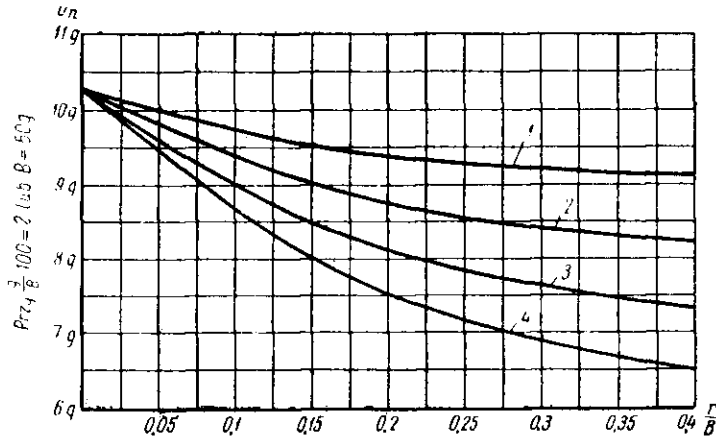
Dlatego należy przeprowadzać obliczenie ciągu ($n-1$) według średniego stopnia odkształcenia na obwodzie, charakteryzującego się średnim współczynnikiem ciągnięcia:

$$m_b = \frac{B-0,43r}{0,5 R_{b(n-1)}} \quad \text{stąd} \quad R_{b(n-1)} = \frac{B-0,43r}{1,57m_b}$$

Jest to równoznaczne z określeniem strzałki łuku

$$b_n = R_{b(n-1)} - 0,5B = \frac{\left(1 - 0,785m_b - 0,43 \frac{r}{B}\right) B}{1,57m_b}$$

Wykonany przez autora wykres (rys. 127) podaje zmianę wielkości b_n w zależności od względnego promienia zaokrąglenia narożnika $\frac{r}{B}$ i liczby poprzedzających ciągnięć, ponieważ ze wzrostem tej liczby zwiększa się zgniot metalu i dopuszczalny współczynnik ciągnięcia.



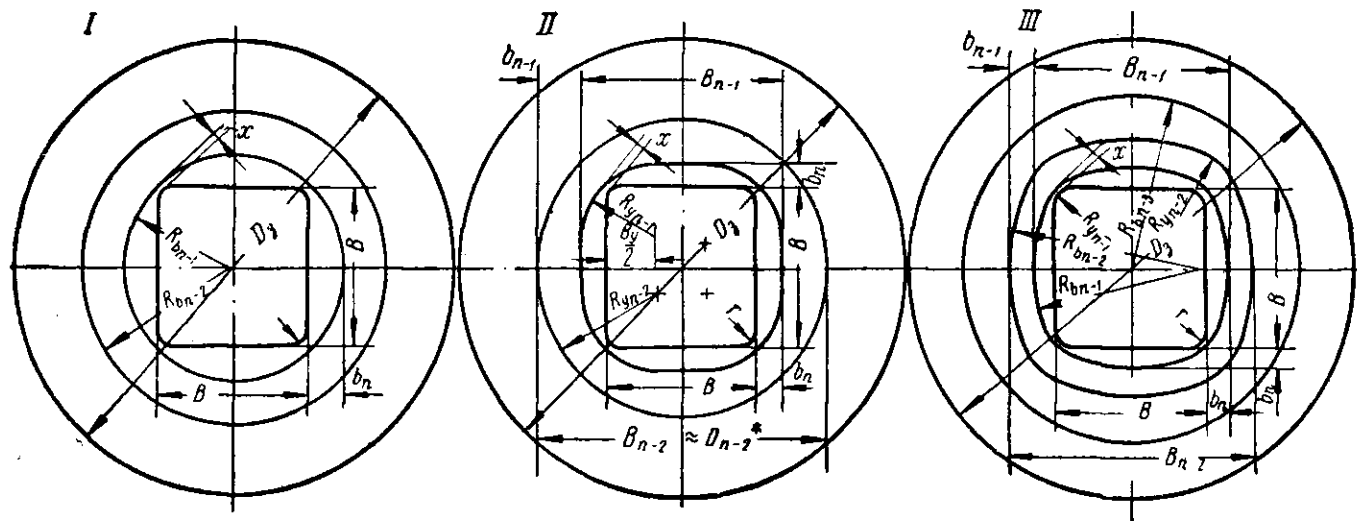
Rys. 127. Zależność wielkości b_n od stosunku $\frac{r}{B}$ i liczby poprzedzających ciągnięć (1—4)

Obliczenia technologiczne i kształty półwyrobów w poszczególnych ciągach są różne dla różnych wartości grubości względnej materiału $\frac{g}{B} \cdot 100$, która charakteryzuje większą lub mniejszą stateczność odkształcanego półwyrobu.

Na rys. 128, podane są trzy sposoby wielooperacyjnego ciągnięcia naczyń kwadratowych o różnych kształtach przejściowych, stosowanych przy różnych wartościach $\frac{g}{B}$.

Pierwszy sposób polega na tym, że półwyrob w kolejnych ciągnięciach ma kształt walcowy zmieniający się w ostatnim ciągnięciu w kwadratowy.

Ze względu na trudności technologiczne i znaczną nierównomierność odkształceń powstających wskutek przekształcenia naczynia walcowego w kwadratowe sposób ten stosowany jest w przypadkach dużej grubości względnej materiału $\left(\frac{g}{B} \cdot 100 \geq 2\right)$ i stosunkowo małej odległości między ściankami $b_n \leq 10g$. W razie większej wartości b_n następuje utrata stateczności, powstawanie fald i naderwań. W przypadku



Rys. 128. Przebieg zmian kształtu przy wielooperacyjnym ciągnięciu naczyń kwadratowych (przy różnym stosunku $\frac{g}{B}$): I — przy $B \leq 50$ g;
 II — przy $B \leq 100$ g; III — przy $B > 100$ g

ciągnięcia naczyń kwadratowych z bardzo dużymi promieniami zaokrągleń narożników ($r = 0,2 \div 0,4B$) można przeprowadzać ciągnięcie przy mniejszej grubości względnej materiału, lecz z zachowaniem warunku $b_n \leq 10g$.

Drugi sposób ułatwia ostatnie ciągnięcie, ponieważ w $(n-1)$ lub nawet w $(n-2)$ ciągnięciu półwyrob ma kształt naczynia kwadratowego z dużymi promieniami zaokrągleń narożników i małym prześwitem między ściankami.

Sposób ten stosuje się przy mniejszej grubości względnej materiału ($\frac{g}{B} \cdot 100 \geq 1$).

Odległość między ściankami w ostatniej operacji b_n określa się z wykresu (rys. 127) w zależności od stosunku $\frac{r}{B}$ i liczby operacji ciągnięcia.

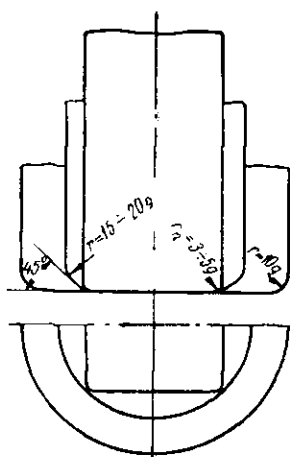
Trzeci sposób charakteryzuje się tym, że półwyroby w $(n-1)$ i w $(n-2)$ ciągnięciu mają kształt czworokątów o niewielkiej wypukłości ścian bocznych ($b_n = 8g$), co ułatwia ostatnie (n) i przedostatnie $(n-1)$ ciągnięcie. Sposób ten stosuje się do ciągnięcia naczyń z wykrojów o małej grubości względnej materiału ($\frac{g}{B} \cdot 100 < 1$).

Jednak wykonanie tłoczników (ciągowników) jest w tym przypadku bardziej złożone i droższe.

Drugi i trzeci sposób mogą być stosowane również w przypadkach mniejszej grubości względnej materiału, lecz musi być wtedy zmniejszona wartość b_n i zwiększona liczba operacji.

We wszystkich podanych sposobach obliczanie wymiarów półwyrobów w poszczególnych ciągnięciach zaczyna się od przedostatniego $(n-1)$ ciągnięcia.

W celu zmniejszenia odkształceń i ułatwienia procesu ciągnięcia półwyrob po przedostatnim ciągnięciu powinien mieć dno płaskie, zgodne z dnem gotowego



Rys. 129. Kształt dna w poszczególnych operacjach

przedmiotu i boczne skośne powierzchnie nachylone pod kątem 45° , z dużymi promieniami zaokrągleń (rys. 129).

Kolejność obliczeń i wzory stosowane przy wielooperacyjnym ciągnięciu naczyń kwadratowych podane są w tabl. 76. Podane obliczenia odnoszą się do ciągnięcia w operacjach jednozabiegowych na prasach podwójnego działania lub na prasach korbowych z poduszką sprężystą.

Ciągnięcie naczyń na wielostopniowych prasach-automatach należy wykonywać według drugiego sposobu. Przy czym zaleca się wprowadzenie dodatkowego zabiegu ciągnięcia i zmniejszenie wartości: b_n , b_{n-1} , b_{n-2} itd.

Tablica 76

Obliczanie wielkości	Wzory i kolejność obliczania wielooperacyjnego ciągnięcia wysokich naczyń kwadratowych		
	pierwszy sposób	drugi sposób	trzeci sposób
Względna grubość	$\frac{g}{B} \cdot 100 \geq 2$	$\frac{g}{B} \cdot 100 > 1$	$\frac{g}{B} \cdot 100 \leq 1$
Średnica krążka (przy $r = r_y = r_d$)	$D_k = 1,13 \sqrt{B^2 + 4B(H - 0,43r) - 1,72r(H + 0,33r)}$		
Wymiar narożnika	—	$B_y \approx 50g$	—
Przemieszczenie ścianki	$b_n \leq 10g$	$b_n \leq 10g$	$b_n \approx 8g$
Promienie zabiegu $n-1$ (przedostatniego)	$R_{b_{n-1}} = 0,5B + b_n$	$R_{y_{n-1}} = 0,5B_y + b_n$	$R_{b_{n-1}} = \frac{B^2}{8b_n} + \frac{b_n}{2}$ $R_{y_{n-1}} \approx 2,5r$
Szerokość wytłoczki zabiegu $n-1$	—	$B_{n-1} = B + 2b_n$	$B_{n-1} = B + 2b_n$
Przemieszczenie narożnika (włączając g)	$x = b_n + 0,41r - 0,207B$	$x = b_n + 0,41r - 0,207B_y$	$x = \frac{1 - m_n}{m_n} \cdot r$; $m_n = 0,65 - 0,7$
Promienie zabiegu $n-2$	$R_{b_{n-2}} = \frac{R_{b_{n-1}}}{m_2} = 0,5D_k m_1$	$R_{n-2} = \frac{R_{y_{n-1}}}{m_{n-1}}$	$R_{b_{n-2}} = R_{b_{n-1}} + b_{n-1}$ $R_{y_{n-2}} = \frac{R_{y_{n-1}}}{m_{n-1}}$; $m_{n-1} = 0,55 - 0,6$

Obliczanie wielkości	Wzory i kolejność obliczania wielooperacyjnego ciągnięcia wysokich naczyń kwadratowych		
	pierwszy sposób	drugi sposób	trzeci sposób
Przesunięcie ścianki	—	$b_{n-1} \approx R_{y_{n-2}} = R_{y_{n-1}}$	$b_{n-1} = 9 \div 10g$
Szerokość wytłoczki w zabiegu $n-2$ (przy $n = 4$)	—	$B_{n-2} \approx B_{n-1} + 2b_{n-1}$	$B_{n-2} = B_{n-1} + 2b_{n-1}$
Szerokość wytłoczki w zabiegu $n-2$ (przy trzech zabiegach)	—	$D_{n-2} = 2 \left[\frac{R_{y_{n-1}}}{m_{n-1}} + 0,707(B - B_y) \right]$	—
Promień w zabiegu $n-3$	—	—	$R_{b_{n-3}} = 0,5D_k m_1 = \frac{0,5B + b_n + b_{n-1}}{m_2}$
Wysokość naczynia	$H = 1,05 \div 1,10H_0$ (H_0 — wysokość wg rysunku)		
Wysokość w zabiegu $n-1$ (przedostatnim)	$H_{n-1} = 0,88H$	$H_{n-1} \approx 0,88H$	$H_{n-1} \approx 0,88H$
Wysokość w pierwszym ciągnięciu ($n-2$ lub $n-3$ zabiegu)	$H_1 = H_{n-2} = 0,25 \left(\frac{D}{m_1} - d_1 \right) + 0,43 \frac{r_1}{d_1} (d_1 + 0,32r)$		
Wysokość zabiegu $n-2$ ($H_{n-3} = H_1$)	—	—	$H_{n-2} = \frac{H_{n-3} \cdot R_{b_{n-1}}}{0,5B_{n-1} + b_{n-1}}$

Uwagi: 1. Wymiar b_n przyjmuje się w zależności od stosunku $\frac{r}{B}$ (w pierwszym sposobie) lub $\frac{r}{B_y}$ (w drugim sposobie) i od liczby ciągnięć (patrz rys. 127).

2. Współczynniki ciągnięcia m_1, m_2, m_{n-1} przyjmuje się z tablicy dla ciągnięcia przedmiotów walcowych (tabl. 67).

3. Dopuszcza się ścisłe ustalenie wielkości obliczanych sposobem graficznym

4. Podane sposoby ciągnięcia stosuje się również w razie większej grubości względnej materiału w porównaniu z podaną w tablicy.

Wieloperacyjne ciągnięcie wysokich naczyń prostokątnych

W wieloperacyjnym ciągnięciu naczyń prostokątnych rozróżnia się dwa rodzaje zmian kształtu półwyrobów.

1. Wykrój owalny, półwyroby w pierwszym i w dalszych ciągnięciach mają kształt owalny a w ostatnim ciągnięciu przedmiot otrzymuje kształt naczynia prostokątnego.

2. Wykrój okrągły, pierwsze ciągnięcie walcowe, dalsze ciągnięcia owalne, ostatnie — prostokątne.

Pierwszy rodzaj zmian kształtu spotyka się przy ciągnięciu prostokątnych naczyń o stosunku boków $A : B \geq 1,2$, drugi rodzaj — przy ciągnięciu naczyń prostokątnych o stosunku boków $A : B < 1,15$, oraz przy bardzo dużej wysokości względnej, powodującej konieczność zastosowania ponad trzech operacji ciągnięcia.

Jako podstawę do określenia kształtu półwyrobów w kolejnych operacjach autor podaje następującą metodę — obliczanie części naczynia od strony węższego boku jako połowy naczynia kwadratowego.

Obliczenia technologiczne i określanie kształtu półwyrobów w poszczególnych ciągnięciach są różne w zależności od względnej grubości wykroju (materiału wyjściowego).

Na rys. 130 podane są trzy sposoby wieloperacyjnego ciągnięcia prostokątnych naczyń stosowane przy różnych wartościach stosunku $\frac{g}{B}$.

W pierwszym sposobie wykrój i dalsze półwyroby mają kształt owalny utworzony dwoma półkołami i dwoma równoległymi liniami prostymi.

W razie dużej wysokości względnej naczynia lub małej różnicy długości boków przyjmuje się materiał wyjściowy w postaci krążka (wykroju okrągłego). Sposób ten stosuje się tylko przy stosunkowo dużej grubości względnej materiału wyjściowego ($\frac{g}{B} \cdot 100 \geq 2$) i małej odległości między ściankami $b_n \leq 10 g$.

W przypadku ciągnięcia naczyń prostokątnych o dużych promieniach zaokrąglenia narożników ($r_n = 0,2 \div 0,4B$) sposób ten można również stosować przy mniejszej grubości względnej, lecz warunek $b_n \leq 10 g$ musi być zachowany.

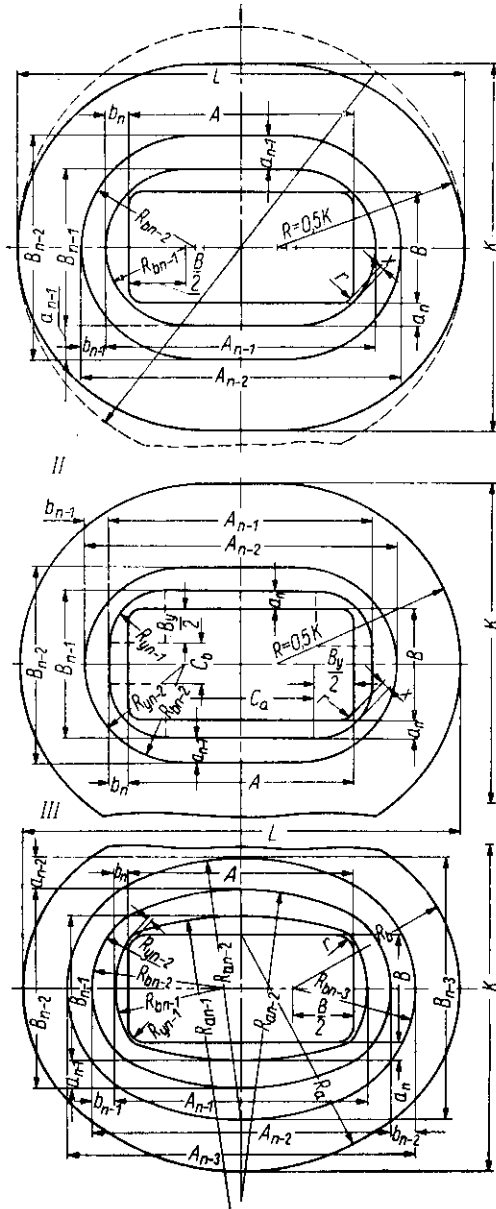
Drugi sposób stosuje się przy mniejszej grubości względnej materiału ($\frac{g}{B} \cdot 100 \geq 1$). Sposób ten polepsza warunki ostatniego ciągnięcia, ponieważ półwyrob w $(n-1)$ ciągnięciu, a niekiedy w $(n-2)$ ciągnięciu ma kształt prostokątny z dużymi promieniami zaokrąglenia narożników. Wartość b_n przyjmuje się z wykresu (rys. 127) w zależności od stosunku $\frac{r}{B_y}$ i liczby operacji ciągnięcia.

Wymiar a_n określa się na podstawie współczynnika proporcjonalności kształtu

$$x = \frac{K - B}{L - A}$$

gdzie K i L — wymiary owalnego półwyrobu płaskiego (wykroju).

Trzeci sposób stosuje się do ciągnięcia naczyń o stosunkowo małej grubości względnej materiału ($\frac{g}{B} \cdot 100 < 1$). Sposób ten wyróżnia się tym, że w ciągnięciu $(n-1)$ i $(n-2)$ przedmiot ma kształt wydłużonego czworokąta z wypukłymi bokami ($b_n \approx 8g$), co polepsza warunki ostatniego i przedostatniego ciągnięcia. Jednak w danym przypadku wykonanie tłoczników będzie bardziej pracochłonne i droższe.



Rys. 130. Przebieg zmian kształtu przy wielooperacyjnym ciągnięciu prostokątnych naczyń

(przy różnym stosunku $\frac{g}{B}$):

I — przy $B \leq 50g$; II — przy $B \leq 100g$; III — przy $B > 100g$

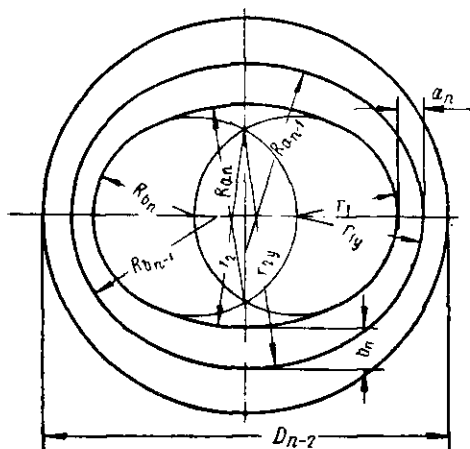
Drugi i trzeci sposób mogą być również stosowane przy mniejszej grubości względnej materiału, lecz musi być wtedy zmniejszona wartość b_n i zwiększona liczba operacji.

We wszystkich podanych sposobach obliczenia wymiarów przejściowych rozpoczyna się od określenia wymiarów i kształtów przedmiotu po przedostatnim ciągnięciu.

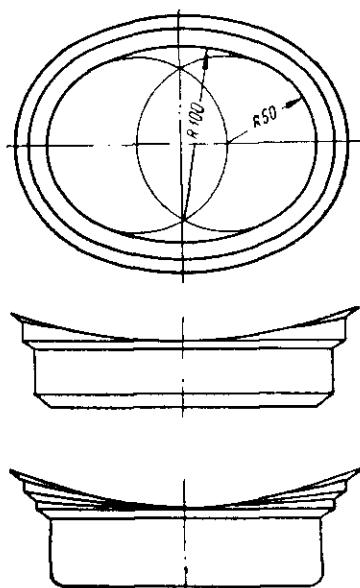
Kolejność obliczeń i stosowane do wielooperacyjnego ciągnięcia naczyń prostokątnych wzory podane są w tabl. 77.

Podany sposób obliczeń przeznaczony jest do jednozabiegowych ciągnięć na prasach podwójnego działania lub na prasach korbowych z poduszką sprężystą.

Ciągnięcie naczyń na wielostopniowych prasach-automatach należy wykonywać według drugiego sposobu. Zaleca się przy tym wprowadzenie dodatkowego zabiegu ciągnięcia, zmniejszenie stopnia odkształcenia i zmniejszenie wartości b_n , b_{n-1} , a_n , a_{n-1} itd. Przy wielooperacyjnym ciągnięciu przedmiotów owalnych materiał wyjściowy ma kształt krążka lub poszerzonego owalu i oblicza się go ze wzorów dla wysokich prostokątnych naczyń. Ustalenie zarysów półwyrobów w kolejnych ciąg-



Rys. 131. Przebieg zmian kształtu przy wielooperacyjnym ciągnięciu owalnych naczyń



Rys. 132. Nieprawidłowy dobór zmian kształtu w kolejnych operacjach i powstające wady

nieniach wykonuje się z uwzględnieniem różnic przetłaczania materiału przy różnych krzywiznach zarysu.

Prowadzi to do warunku stałości stopnia odkształcenia (współczynnika ciągnięcia) na całym zarysie w danym ciągnięciu [329].

Inaczej mówiąc stosunek promienia krzywizny zarysu ciągnięcia n do promienia krzywizny (tego samego odcinka) zarysu ciągnięcia $(n-1)$ wykreślonego z tego samego środka powinien być jednakowy na całym obwodzie (rys. 131).

$$\frac{r_1}{r_{1y}} = \frac{r_2}{r_{2y}} \text{ lub } \frac{a_n}{b_n} = \frac{R_{bn}}{R_{an}}$$

Tablica 77

Obliczanie wielkości	Wzory i kolejność obliczania wielooperacyjnego ciągnięcia wysokich naczyń prostokątnych		
	pierwszy sposób	drugi sposób	trzeci sposób
Względna grubość	$\frac{g}{B} \cdot 100 \geq 2$	$\frac{g}{B} \cdot 100 > 1$	$\frac{g}{B} \cdot 100 \leq 1$
Średnica umownego krążka ($r = r_y = r_d$)	$D_k = 1,13 \sqrt{B^2 + 4B(H - 0,43r) - 1,72r(H + 0,33r)}$		
Długość wykroju	$L = D_k + (A - B)$		
Szerokość wykroju	$K = D_k \frac{B - 2r}{A - 2r} + [B + 2(H - 0,43)] \frac{A - B}{A - 2r}$		
Promień wykroju	$R = 0,5K$	$R = 0,5K$	$R_a = \frac{0,25(L^2 + K^2) = LR_b}{K - 2R_b}$ $R_b = 0,5D_k$
Współczynnik proporcjonalności wymiarów	$x_1 = \frac{K - B}{L - A}$	$x_1 = \frac{K - B}{L - A}$	$x_1 = \frac{K - B}{L - A}$
Promień ścianki	$b_n = a_n \leq 10g$	$b_n = a_n \leq 10g$	$b_n = 8g; a_n = x_1 b_n$
Promień w zabiegu $n-1$	$R_{b_n} = 0,5B + b_n$	$R_{y_{n-1}} = 0,5B_y + b_n$	$R_{b_{n-1}} = \frac{B^2}{8b_n} + \frac{b_n}{2}$ $R_{y_{n-1}} = 2,5r;$ $R_{a_{n-1}} = \frac{A^2}{8a_n} + \frac{a_n}{2}$
Przemieszczanie narożnika (włączając g)	$x = b_n + 0,41r - 0,207B$	$x = b_n + 0,41r - 0,207B_y$	$x = \frac{1 - m_n}{m_n} \cdot r;$ $m_n = 0,65 - 0,7$
Wymiary w zabiegu $n-1$	$B_{n-1} = 2R_{b_{n-1}}$ $A_{n-1} = A + 2b_n$	$B_{n-1} = B + 2a_n$ $A_{n-1} = A + 2b_n$	$B_{n-1} = B + 2a_n = B + 2b_n \cdot x_1$ $A_{n-1} = A + 2b_n$

Obliczanie wielkości	Wzory i kolejność obliczania wielooperacyjnego ciągnięcia wysokich naczyń prostokątnych		
	pierwszy sposób	drugi sposób	trzeci sposób
Promień w zabiegu $n-2$	$R_{b_{n-2}} = \frac{R_{b_{n-1}}}{m_{n-1}}$	$R_{n-2} = \frac{R_{y_{n-1}}}{m_{n-1}}$	$R_{b_{n-2}} = R_{b_{n-1}} + b_{n-1}$
Przemieszczenie ścianek	$b_{n-1} = \frac{R_{b_{n-2}} - R_{b_{n-1}}}{x_1}$ $a_{n-1} = R_{b_{n-2}} - R_{b_{n-1}}$	$b_{n-1} = R_{y_{n-2}} - R_{y_{n-1}}$ $a_{n-1} = x_1 b_{n-1}$	$b_{n-1} = 9 - 10g$ $a_{n-1} = x_1 b_{n-1}$
Wymiary w zabiegu $n-2$	$B_{n-2} = 2R_{b_{n-2}}$ $A_{n-2} = A + 2(b_n + b_{n-1})$	$B_{n-2} = B + 2(a_n + a_{n-1})$ $A_{n-2} = A + 2(b_n + b_{n-1})$	$B_{n-2} = B + 2(a_n + a_{n-1})$ $A_{n-2} = A + 2(b_n + b_{n-1})$
Przemieszczenie narożnika	—	—	$x_{n-1} = \frac{1 - m_{n-1}}{m_{n-1}} \cdot R_{y_{n-1}}$ $R_{y_{n-2}}$ — ustalany graficznie
Promień w zabiegu $n-2$ i $n-3$	—	$R_{b_{n-2}} = \frac{B_{n-2}}{2} = \frac{R_{y_{n-1}}}{m_{n-1}} + 0,707(B - B_y)$	$R_{b_{n-3}} = R_b \cdot m_{n-3}$
Wymiary w zabiegu $n-3$	—	—	$A_{n-3} = 2R_{b_{n-3}} + (A - B)$ $B_{n-3} = B_n + 2(a_n + a_{n-1} + a_{n-2})$
Przemieszczenie ścianki	—	—	$b_{n-2} = \frac{A_{n-3} - A_{n-2}}{2}$ $a_{n-2} = x_1 \cdot b_{n-2}$
Promienie w zabiegach wyznaczone graficznie	—	—	$R_{a_{n-2}}; R_{a_{n-3}}$
Wysokość naczynia	$H = 1,05 \div 1,1 H_0$ (H_0 — wysokość wg rysunku)		
Wysokość w zabiegach	$H_{n-1} \approx 0,88H; H_{n-2} \approx 0,86H_{n-1}$		
Uwaga. Patrz uwagi w tabl. 76			

W przypadku przyjęcia współśrodkowych zarysów przedmiotów w kolejnych operacjach otrzymuje się wadliwe wyroby, jak pokazano na rys. 132.

Należy zwrócić uwagę na sposób ciągnięcia naczyń prostopadłych i bardziej jeszcze złożonych przedmiotów o zastosowaniu podgrzewania kołnierza oraz ochładzania ścianek i dna (patrz str. 217).

Zaletą tego sposobu jest możliwość bardzo głębokiego ciągnięcia wielooperacyjnego. Wadami są: mała wadajność, nie opracowane smarowanie, wypróbowane tylko ciągnięcie głównie stopów aluminiowych i magnezowych, wymagających niezbyt wysokiej temperatury nagrzania.

Obliczenia technologiczne przy tym sposobie ciągnięcia są zupełnie inne niż poprzednio podane.

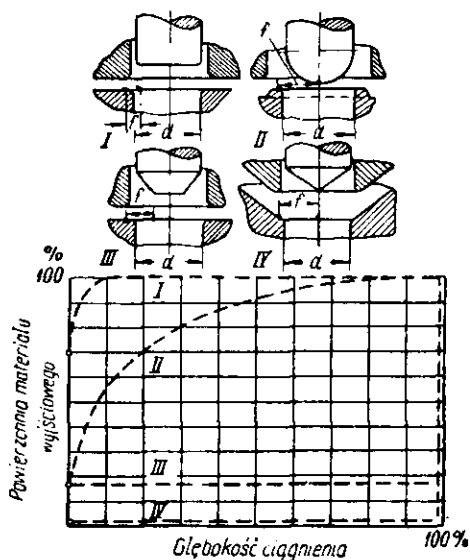
Innym sposobem wykonania naczyń prostokątnych jest wyciskanie na zimno z płaskich grubych półwyrobów, wykonywane podczas jednego skoku suwaka prasy. Sposób ten jest bardziej wydajny niż ciągnięcie wielooperacyjne. Jednak jest on stosowany w zasadzie do aluminium i do stopów aluminium.

Ciągnięcie naczyń o złożonych kształtach brył obrotowych

Do tego rodzaju przedmiotów zalicza się naczynia mające kształt stopniowany, stożkowy, kulisty lub paraboloidalny.

Ciągnięcie przedmiotów o wymienionych kształtach jest bardziej złożone niż ciągnięcie naczyń walcowych.

Specyfika ciągnięcia takich przedmiotów polega na tym, że znaczna część powierzchni kształtowanego materiału nie jest dociśnięta ani do matrycy, ani do stempla,



Rys. 133. Procentowa wartość dociśniętej i swobodnej powierzchni półwyrobu przy ciągnięciu przedmiotów o różnych kształtach

wskutek czego łatwo powstają fałdy. Oprócz tego stempel naciska na początku ciągnięcia tylko w środku półwyrobu powodując miejscowe ścienienie materiału.

Możliwość powstawania fałd przy ciągnięciu przedmiotów o różnych kształtach charakteryzuje się względną wielkością swobodnej powierzchni materiału o szerokości f (rys. 133) [324].

Współrzędne krzywych I—IV określają procentową wartość powierzchni półwyrobu znajdującej się pod naciskiem stempla, a odcinki ponad krzywymi — wartość swo-

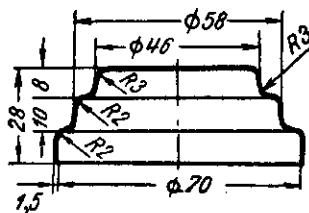
bodnej powierzchni półwyrobu. Najbardziej sprzyjające warunki ciągnięcia istnieją przy ciągnięciu naczyń walcowych (krzywa I), najmniej sprzyjające — przy ciągnięciu przedmiotów stożkowych (krzywa IV).

Ciągnięcie przedmiotów o stopniowanym zarysie

Ze względu na dużą różnorodność i złożoność przedmiotów (naczyni) o stopniowanym zarysie trudno jest ustalić jedną metodę dla określania przejściowych kształtów w kolejnych operacjach ciągnięcia.

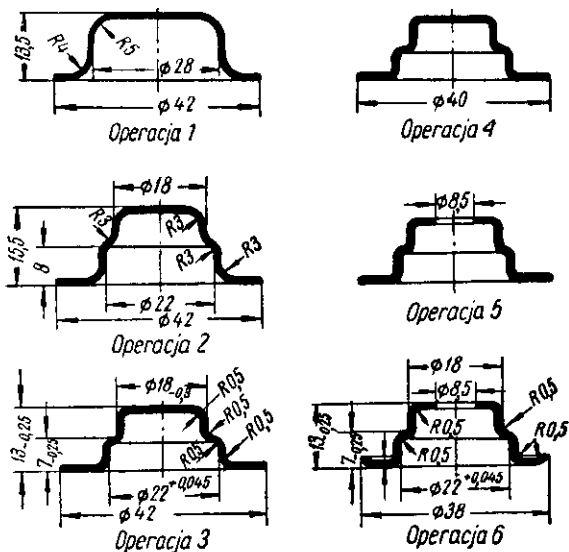
Przed wszystkim należy ustalić, czy dany przedmiot można wykonać za pomocą

Rys. 134. Ciągnięcie przedmiotów o stopniowanym kształcie



jednego ciągnięcia (z zastosowaniem jednego lub kilku dociskaczy), czy trzeba zastosować kilka ciągnięć.

W danym przypadku można przyjąć następującą przybliżoną metodę; należy obliczyć stosunek wysokości do średnicy najmniejszego stopnia $\frac{h}{d}$ i z tabl. 68 znajduje się liczbę operacji ciągnięcia.



Rys. 135. Przebieg ciągnięcia stopniowanego przedmiotu

Przedmiot przedstawiony na rys. 134 przy względnej grubości materiału wyjściowego $\frac{g}{D} \cdot 100 > 0,6$ może być wykonany w jednej operacji ciągnięcia.

W razie ciągnięcia w kilku operacjach przedmiotów o kształcie stopniowanym, liczbę operacji ciągnięcia określa liczba stopni, jeżeli przy tym współczynniki ciąg-

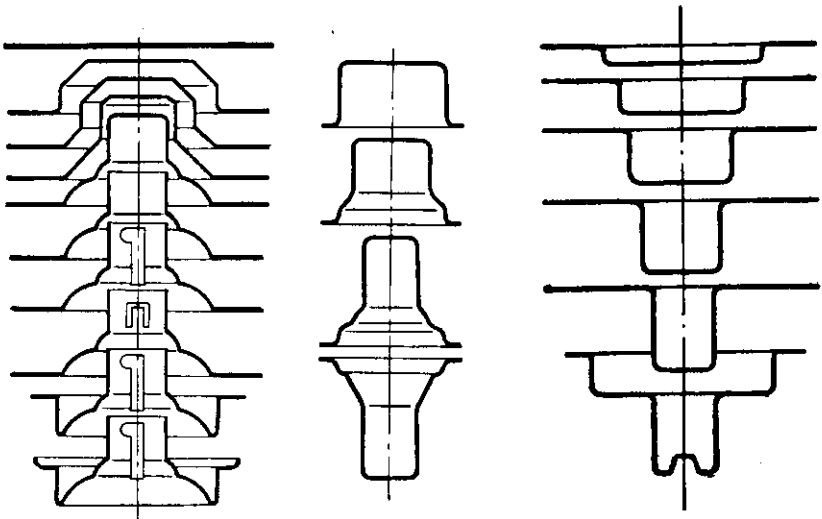
nienia każdego stopnia nie wykraczają poza granice dopuszczalnych wartości podanych w tabl. 67 i 71.

Przy ciągnięciu przedmiotów o stopniowym zarysie stosuje się następujące zasady.

1. Zarys przedmiotu dzieli się na elementy wewnętrzne i zewnętrzne. Najpierw wykonuje się ciągnięcie wewnętrznych, a następnie zewnętrznych elementów. W ostatniej operacji tłoczy się kołnierz (rys. 135).

2. W szeregu przypadkach najpierw ciągnie się przedmiot o wstępnym kształcie zarysu ograniczonego odcinkami prostymi i pochyłymi, z dużymi promieniami zaokrągleń, a końcowy kształt przedmiotu tłoczy się w ostatniej operacji.

3. W każdej operacji wciąga się w matrycę tyle materiału, ile trzeba do jego dalszego odkształcenia w następnej operacji. Jednak korzystnie jest mieć niewielki



Rys. 136. Przykłady ciągnięcia przedmiotów o złożonym kształcie

naddatek materiału w stosunku do obliczonego ($3 \div 5\%$), ponieważ w razie niedostatecznej ilości materiału mogą powstawać pęknięcia.

W razie ciągnięcia przedmiotów o stopniowanym zarysie z szerokim kołnierzem powinny być przestrzegane poprzednio podane zasady ciągnięcia przedmiotów z szerokim kołnierzem.

Na rys. 136. przedstawione są przykłady ciągnięcia przedmiotów o złożonym kształcie ilustrujące podane zasady.

Ciągnięcie przedmiotów o kształcie kulistym, paraboloidalnym i krzywoliniowym

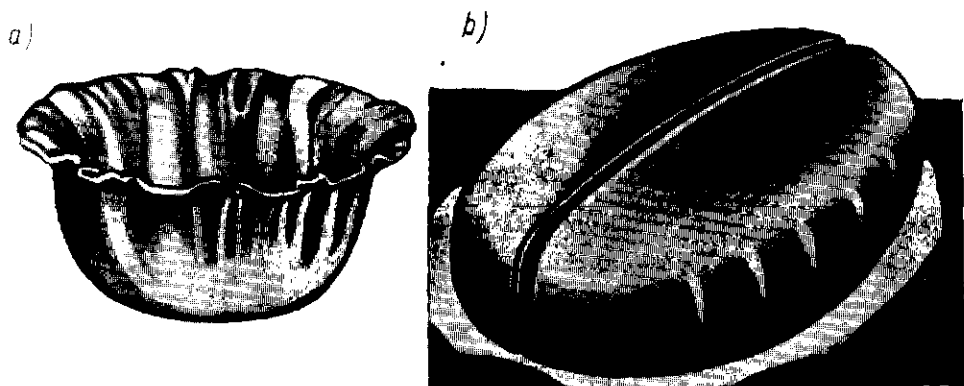
W przypadku ciągnięcia przedmiotów o kształcie kulistym (półkula) współczynnik ciągnięcia jest stały i dla dowolnej średnicy równy $m = 0,71$.

Mimo, że wartość tego współczynnika jest duża w porównaniu ze współczynnikiem ciągnięcia przedmiotów walcowych, ciągnięcie kuliste jest znacznie trudniejsze, ponieważ znaczna część powierzchni półwyrobu jest niedociśnięta i łatwo powstają fałdy (patrz rys. 135).

Na rys. 137a przedstawiony jest kulisty przedmiot z dużymi fałdami, otrzymany przy stałym docisku, a na rys. 137 b — przedmiot z fałdami otrzymany przy ciągnięciu bez żeber ciągowych.

W celu zapobieżenia powstawaniu fałd konieczne jest stosowanie matryc z żebrami ciągowymi i odpowiedniego docisku, zapewniającego rozciąganie materiału w czasie ciągnięcia.

Analiza odkształceń i naprężeń przy ciągnięciu przedmiotów kulistych i o powierzchniach krzywoliniowych w tłocznikach z żebrami ciągowymi lub sposobem przewijania wykazuje, że ciągnięcie to różni się zasadniczo od ciągnięcia walcowych przedmiotów, ponieważ zastosowanie żeber ciągowych powoduje silne rozciąganie materiału w kierunku promieniowym i znacznie zmniejsza odkształcenie ściskania



Rys. 137¹ Fałdy powstające przy ciągnięciu przedmiotów o zaokrąglonych kształtach ze słabym dociskaniem: a) przy dużym luzie między matrycą i dociskaczem, b) przy ciągnięciu bez żeber ciągowych

w kierunku stycznym. Regulując siłę docisku i stopień hamowania przesuwu materiału pod dociskaczem można otrzymać zamiast ściskania rozciąganie, dzięki czemu eliminuje się możliwość powstawania fałd. Jednak wskutek tego zwiększa się opór odkształcania kołnierza i zwiększa się promieniowe naprężenia rozciągające w niebezpiecznym przekroju.

Jak wynika z powyższych rozważań, w danym przypadku powinny być stawiane inne wymagania w stosunku do jakości tłoczonego materiału.

Zwykle wymagania, polegające na zastosowaniu metalu o mniejszej wytrzymałości, w tym przypadku są nie do przyjęcia, ponieważ przy przeciąganiu kołnierza pod dociskaczem przez żebra ciągowie zwiększa się sztucznie opór odkształcania.

Obniżona wytrzymałość materiału przy zwiększonych naprężeniach rozciągających w niebezpiecznym przekroju jest niedopuszczalna, ponieważ w tym przypadku prędzej będzie naruszony warunek wytrzymałości niebezpiecznego przekroju $\sigma_r \leq 1,1 R_r$.

Z tego wynika, że najkorzystniejsze warunki przy ciągnięciu w tłocznikach z żebrami ciągowymi będą osiągnięte w przypadku zastosowania metalu o zwiększonej wytrzymałości i dostatecznie wysokiej plastyczności.

Osiąga się to, na przykład, stosując mały wstępny zgniot blachy polepszający charakterystykę wytrzymałościową (Q_r , R_r).

Wiadomo, że rzeczywisty wskaźnik plastyczności c zmniejsza się przy tym nieznacznie.

A. D. Tomlenow wykazał [107], że stan naprężenia dwuosiowego rozciągania, powstający przy ciągnięciu w tłocznikach z żebrami ciągowymi sprzyja lepszemu wykorzystaniu plastyczności materiału, wskutek większej stateczności procesu odkształcania.

Plastyczność metalu, ciągniętego w tłocznikach z żebrami ciągowymi, nie po-

winna być charakteryzowana maksymalnym zakresem plastyczności aż do momentu zerwania próbki, lecz wielkością odkształcenia plastycznego do chwili pojawienia się szyjki.

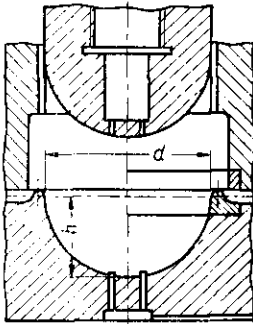
W razie ciągnięcia przedmiotów o kształcie kulistym nie należy stawiać zbyt wysokich wymagań odnośnie do plastyczności materiału wyjściowego. Podwyższona plastyczność pożądana jest tylko w tym przypadku, gdy metal ma podwyższone własności wytrzymałościowe.

Na przykład wyżarzenie materiału wyjściowego lub międzyoperacyjne wyżarzenie mogą tylko pogorszyć warunki ciągnięcia w tłocznikach z żebrami ciągowymi wskutek nadmiernego obniżenia własności wytrzymałościowych.

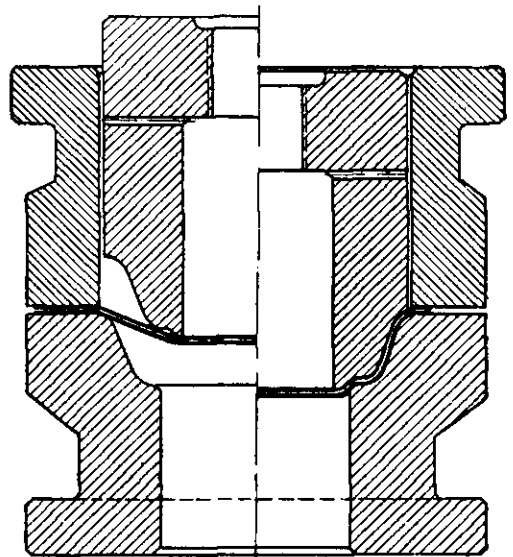
Niedostateczne zrozumienie podanego wyżej zagadnienia staje się często przyczyną niespodziewanych braków, technologicznie nieuzasadnionych wymagań dotyczących jakości materiału i przypadków zabrakowania dobrego materiału wskutek zbyt „niskiej tłoczności”.

Podczas gdy współczynnik ciągnięcia przedmiotów kulistych jest wielkością stałą i nie określa możliwości ciągnięcia, względna grubość materiału wyjściowego $\frac{g}{D}$ ma decydujący wpływ na jakość ciągniętych przedmiotów. Im mniejsza jest wartość $\frac{g}{D}$, tym łatwiej powstają fałdy i tym trudniejszy jest proces ciągnięcia.

W przypadku gdy $\frac{g}{D} \cdot 100 > 3$ ciągnięcie półkuli może być wykonane bez dociskacza, za pomocą kształtowania z dotłaczaniem w matrycy nieprzelotowej.



Rys. 138. Tłocznik do ciągnięcia przedmiotów kulistych w matrycy z żebrami ciągowymi



Rys. 139. Trzywarstwowe ciągnięcie przedmiotów

W razie gdy $\frac{g}{D} \cdot 100 > 0,5$ konieczne jest ciągnięcie z dociskaczem lub ciągnięcie z przewijaniem.

W przypadku gdy $\frac{g}{D} \cdot 100 < 0,5$ stosuje się matrycę z żebrami ciągowymi (rys. 138) lub ciągnięcie z przewijaniem.

W produkcji stosowany jest dawno sposób ciągnięcia wielowarstwowego (2÷3

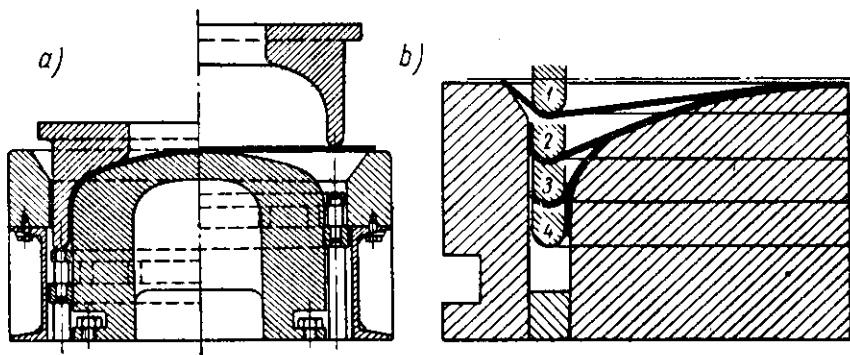
warstw) przedmiotów o tworzących krzywoliniowych typu misek, talerzy, pokryw itp., z materiału o grubości $0,4 \div 0,45$ mm (rys. 139).

Mimo trzykrotnego zwiększenia wydajności, sposób ten polepsza jakość przedmiotów, ponieważ trzywarstwowy materiał wyjściowy ma większą stateczność i uzyskuje się przedmioty bez zmarszczek i fald.

Sposób wielowarstwowego ciągnięcia może znaleźć zastosowanie w budowie maszyn do wykonywania części, od których nie wymaga się dużej dokładności wymiarów lub tam, gdzie wymiary pasowane uzyskuje się w następnych operacjach.

Do tłoczenia przedmiotów cienkościennych, o zarysie kulistym, parabolicznym itp., o dużych wymiarach, zamiast tłoczników z żebrami ciągowymi stosuje się sposób ciągnięcia bez dociskacza, lecz z podwójnym przeginaniem półwyrobu (rys. 140).

Stosowany niekiedy sposób wykonania przedmiotów o zarysie kulistym lub parabolicznym za pomocą ciągnięcia półwyrobu o zarysie stopniowanym, a następnie



Rys. 140. Ciągnięcie za pomocą podwójnego przeginania półwyrobu: a) schemat tłocznika, b) przebieg odształcenia (1—4)

tłoczenia przedmiotu o wymaganym kształcie nie jest zalecany, ze względu na dużą ilość wad (nierównomierność grubości, zmarszczki, ślady stopni itp.). W szeregu przypadkach w celu usunięcia wad tych przedmiotów poddaje się je dodatkowej obróbce na wyoblarkach.

Wyższe pod względem jakości wyniki wytwarzania przedmiotów o zarysie parabolicznym daje metoda ciągnięcia z przewijaniem (rys. 141).

Obecnie metoda ta jest wypierana przez tłoczenie hydrauliczne, umożliwiające wykonywanie takich samych przedmiotów w jednej lub w dwóch operacjach.

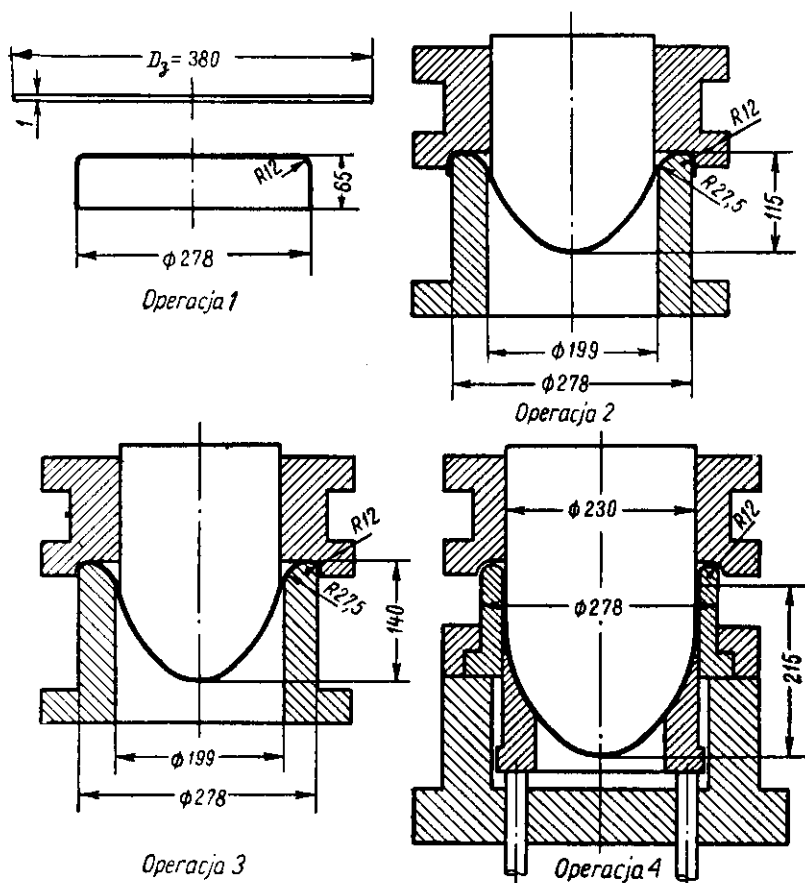
Ciągnięcie przedmiotów stożkowych

Proces ciągnięcia przedmiotów (naczyń) stożkowych, w zależności od wysokości względnej, kąta rozwarcia stożka i względnej grubości materiału.

Ze względów technologicznych przedmioty stożkowe dzieli się na cztery rodzaje:

- 1) niskie — o wysokości względnej $\frac{h}{d} = 0,1 \div 0,25$, kąt między tworzącą i osią stożka równy $50 \div 80^\circ$;
- 2) średnie — o wysokości względnej $\frac{h}{d} = 0,3 \div 0,7$, kąt między tworzącą i osią stożka równy $15 \div 45^\circ$;
- 3) wysokie — o wysokości względnej $\frac{h}{d} > 0,8$, kąt między tworzącą i osią stożka do 10° ;
- 4) wysokie z ostrym wierzchołkiem — o dużej wysokości względnej, kąt między tworzącą i osią stożka do 40° .

Ciągnięcie naczyń stożkowych, podobnie jak kulistych, jest utrudnione, ponieważ nacisk stempla, przenoszony na małą powierzchnię w środku przedmiotu, powoduje miejscowe ścienienie, a czasem nawet pęknięcie materiału. Oprócz tego znaczna część powierzchni materiału jest swobodna (nie podparta) i łatwo powstają fałdy.



Rys. 141. Operacje przy ciągnięciu korpusu latarni samochodu

W razie ciągnięcia wąskich, wysokich przedmiotów stożkowych stosuje się umowne współczynniki ciągnięcia, obliczone dla średniej średnicy:

$$m_n = \frac{d_{sr\ n}}{d_{sr(n-1)}} \quad d_{sr} = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

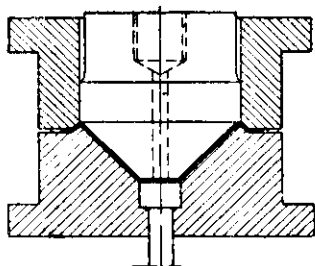
gdzie: d_1 — najmniejsza średnica stożka,
 d_2 — największa średnica stożka.

Obliczanie ciągnięć na podstawie średnich średnic dla szerokich, niskich przedmiotów stożkowych jest pozbawione sensu zarówno pod względem fizycznym, jak i praktycznym.

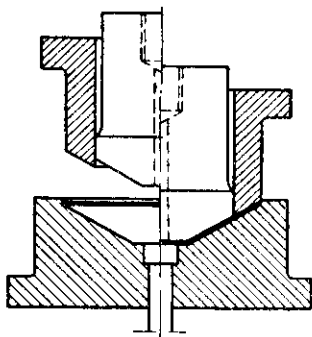
Ciągnięcie niskich przedmiotów stożkowych jest utrudnione, ponieważ stopień odkształcenia materiału jest mały (z wyjątkiem miejsc przylegających do zaokrąglonych krawędzi stempla), wskutek czego przedmiot po ciągnięciu rozpręży

się i traci swój kształt. Dlatego należy zwiększyć nacisk dociskacza i wytworzyć w odkształcanym materiale znaczne naprężenia rozciągające, przewyższające granicę sprężystości materiału, za pomocą zastosowania matrycy z żebrami ciągowymi (rys. 142).

Na rys. 143 przedstawiony jest inny sposób ciągnięcia płytkich, szerokich przed-



Rys. 142. Ciągnięcie przedmiotu stożkowego w matrycy z żebrami ciągowymi



Rys. 143. Ciągnięcie płytkiego stożka ze stożkowym dociskaczem

miotów stożkowych (kloszy do lamp) polegający na zastosowaniu stożkowego dociskacza.

Ciągnięcie tego rodzaju przedmiotów jest szeroko stosowane również w tłoczeniu hydraulicznym.

Ciągnięcie przedmiotów stożkowych o średniej wysokości w większości przypadków wykonuje się w jednej operacji (zabiegu). Tylko w razie małej grubości względnej materiału wyjściowego oraz w razie istnienia kołnierza konieczne są dwie lub trzy operacje ciągnięcia.

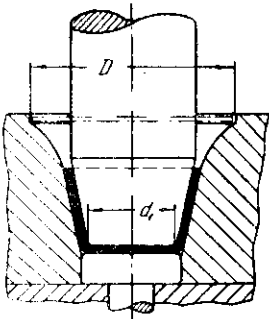
W razie ciągnięcia przedmiotów ze stosunkowo grubego materiału $\frac{g}{D} \cdot 100 > 2,5$ można nie stosować dociskacza, podobnie jak w ciągnięciu przedmiotów walcowych. W danym przypadku konieczne jest dotłaczanie przedmiotów w końcu skoku roboczego (rys. 144).

Przedmioty o kształcie stożkowym, w rodzaju koszyczków łożysk stożkowych (rys. 145), mające względną grubość materiału wyjściowego $\frac{g}{D} \cdot 100 = 1,5 \div 2$, ciągnie się w jednej operacji lecz z zastosowaniem dociskacza.

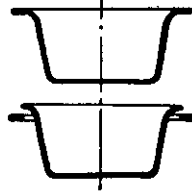
Cienkościenne przedmioty stożkowe o dużej różnicy średnic dna i wylotu wykonuje się ciągnąć najpierw półwyrob o prostym zaokrąglonym zarysie, o powierzchni równej powierzchni gotowego przedmiotu, a następnie w tłoczniku do dotłaczania (kalibrowania) otrzymuje się ostateczny kształt (rys. 146).

Na rys. 147 przedstawione są kolejne fazy kształtowania przedmiotu o złożonym zarysie.

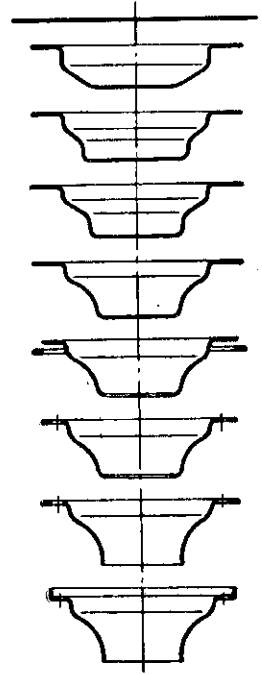
Ciągnięcie wysokich przedmiotów stożkowych wykonywane jest w kilku operacjach. Najbardziej rozpowszechnione jest wielooperacyjne ciągnięcie stopniowanego zarysu, wpisanego w zarys gotowego przedmiotu, a następnie dotłaczanie (rys. 148a). Sposób ten wymaga dużej liczby operacji i nie zapewnia gładkiej powierzchni przedmiotu. Jest on wypierany przez inny sposób, który polega na ciągnięciu najpierw półwyrobu o powierzchni równej lub nieco większej od powierzchni gotowego przedmiotu stożkowego, przy czym wymiar obrzeża półwyrobu jest równy wymiarowi obrzeża gotowego przedmiotu.



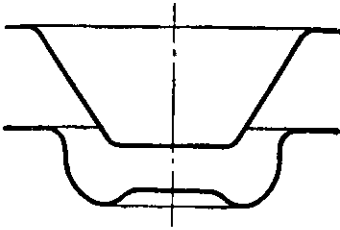
Rys. 144. Ciągnięcie naczynia stożkowego ze stosunkowo grubego materiału



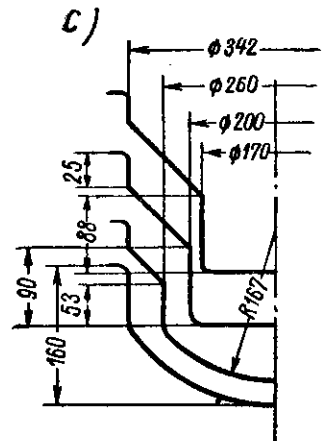
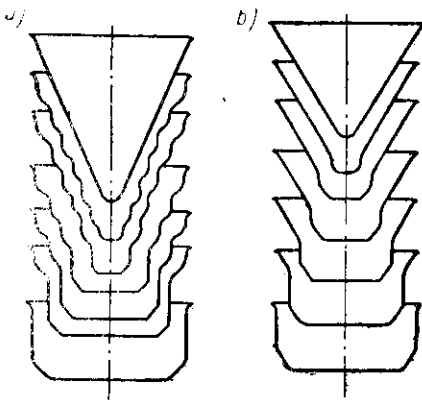
Rys. 145. Ciągnięcie kołszyczków łożysk stożkowych z zastosowaniem dociskacza



Rys. 147. Przebieg ciągnięcia przedmiotu o złożonym kształcie



Rys. 146. Przebieg ciągnięcia przedmiotów stożkowych o znacznych różnicach średnic dna i wylotu



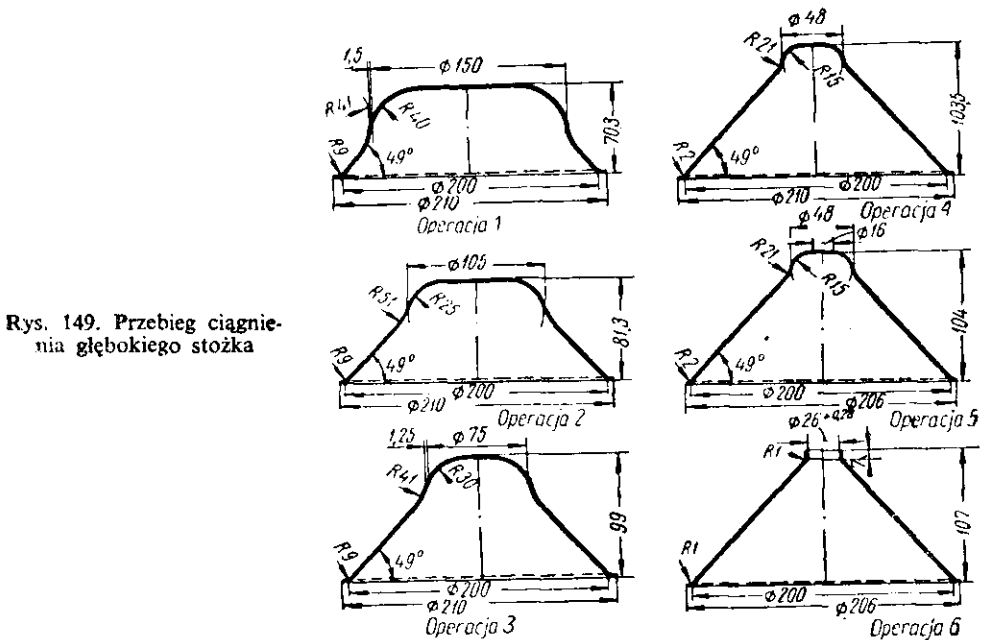
Rys. 148. Przebiegi ciągnięcia głębokich przedmiotów stożkowych: a) sposób stopniowanego ciągnięcia, b) sposób stopniowego wydłużenia stożka, c) ciągnięcie zwiększające stożek

Tablica 78. Współczynniki ciągnięcia wysokich naczyń stożkowych

Względna grubość półwyrobu $\frac{e}{d_{n-1}} \cdot 100$	0,5	1,0	1,5	2,0
Współczynnik ciągnięcia $m_n = \frac{d_n}{d_{n-1}}$	0,85	0,8	0,75	0,7
gdzie d_n i d_{n-1} — średnice danej i poprzedzającej wytłoczki				

W każdej kolejnej operacji wyciąga się stopniowo coraz dłuższą część stożkową powierzchni (rys. 148b).

Współczynniki ciągnięcia zarówno dla pierwszego, jak i dla drugiego sposobu określa się według średniej średnicy i znajduje się je z tabl. 78



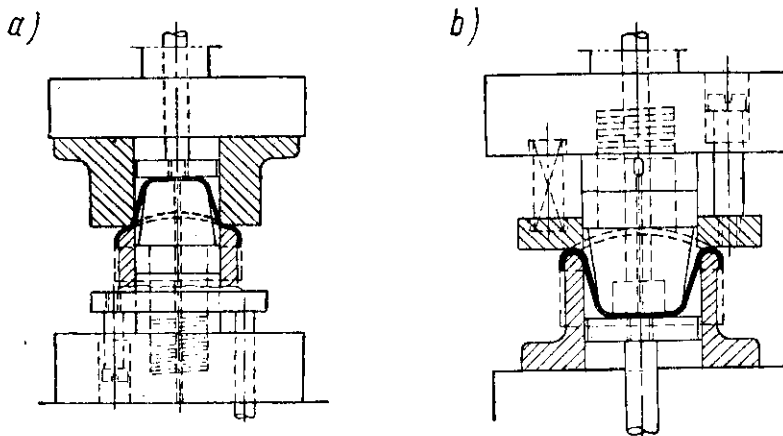
Rys. 149. Przebieg ciągnięcia głębokiego stożka

Na rys. 149 przedstawiony jest racjonalny sposób wykonania wysokiego stożkowego przedmiotu o dużej różnicy między średnicą dolną i górną.

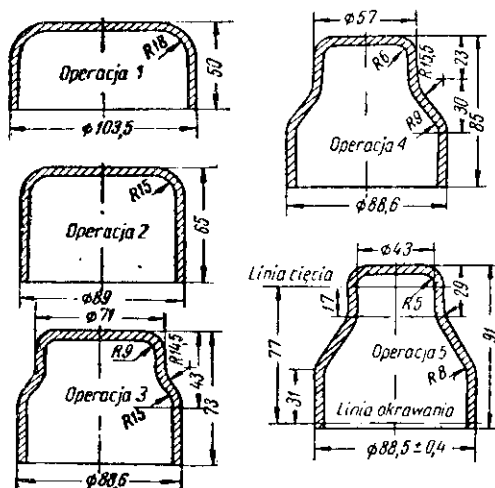
Wysokie przedmioty stożkowe o małej różnicy średnic wskazane jest wykonywać za pomocą ciągnięcia stożka ściętego bezpośrednio z walcowego półwyrobu z wypukłym dnem (rys. 150). Sposób zwykłego ciągnięcia (rys. 150a) stosuje się do grubego materiału, a sposób ciągnięcia z przewijaniem (rys. 150 b) — do cienkich materiałów. Stosunek górnej do dolnej średnicy przedmiotu w drugiej operacji zależy od względnej grubości materiału i może być wzięty z tabl. 79.

Na rys. 151 i 152 przedstawione są kolejne zmiany kształtu w kolejnych ciągnięciach kapturka walcowo-stożkowego.

Na rys. 153 przedstawiony jest przebieg ciągnięć małych przedmiotów o ostrych końcach, stożkowych lub ostrołukowych.

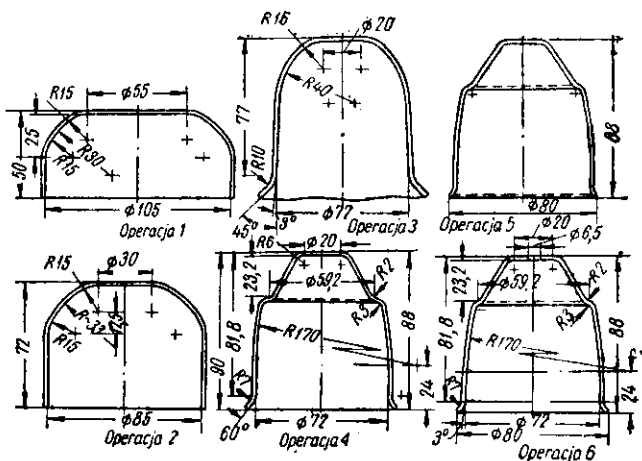


Rys. 150. Ciągnięcie naczynia stożkowego z walcowej miseczki: a) zwykły sposób ciągnięcia, b) ciągnięcie z przewijaniem



Rys. 151. Przebieg ciągnięcia kapturka walcowo-stożkowego

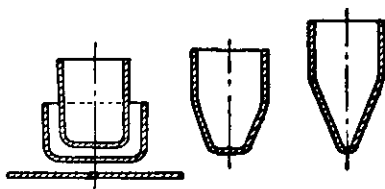
Rys. 152. Przebieg tłoczenia płaty ze stożkowym dnem. Six cross-sectional diagrams showing the stages of stamping a plate with a conical bottom. Operacja 1: Initial shape with R15, R10, R30, and diameter 105. Operacja 2: Intermediate shape with R15, R10, R15, and diameter 85. Operacja 3: Further drawing with R15, R10, R40, and diameter 77. Operacja 4: Drawing with R15, R10, R170, and diameter 72. Operacja 5: Drawing with R15, R10, R40, and diameter 80. Operacja 6: Final shape with R15, R10, R170, and diameter 80.



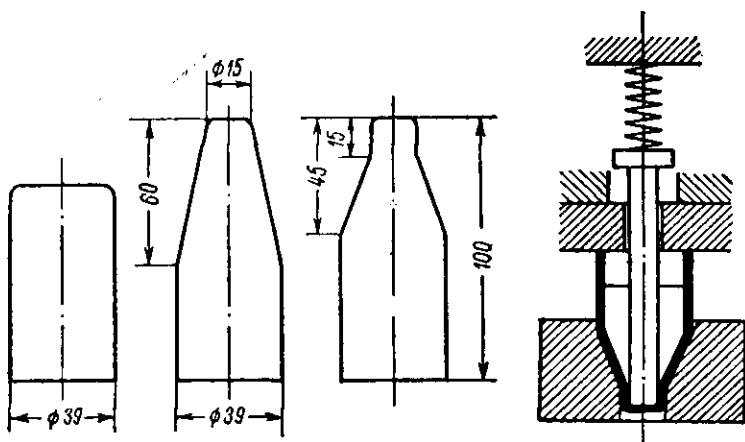
Tablica 79. Stosunek mniejszej do większej średnicy przedmiotu stożkowego d'_2/d_2

Względna grubość półwyrobu $\frac{g}{d_1} \cdot 100$	0,25	0,50	1,0	2,0
Stosunek $\frac{d'_2}{d_2}$	0,9	0,85	0,8	0,75
gdzie d_1 — średnica pierwszego ciągnięcia				

Rys. 153. Przebieg ciągnięcia przedmiotu z zakończeniem stożkowym lub ostrołukowym



W danym przypadku stosuje się sposób ciągnięcia z obciskaniem w matrycy o odpowiednim kształcie.



Rys. 154. Schemat ciągnięcia z obciskaniem

Na rys. 154 podany jest inny sposób ciągnięcia z obciskaniem wysokich przedmiotów o kształcie walcowo-stożkowym lub walcowym z odsadzeniem stożkowym. (223).

W przypadku wykonywania przedmiotów stożkowych bez dna wskazane jest niekiedy tłoczenie z materiału wyjściowego w postaci płaskiego krążka z otworem lub w razie małej stożkowatości — z odcinka rury.

Ciągnięcie ze zmniejszaniem grubości ścianek (przetłaczanie z wyciąganiem)

Przetłaczaniem z wyciąganiem nazywa się proces powodujący zmianę wymiarów uprzednio wytłoczonego półwyrobu za pomocą zmniejszenia przekroju poprzecznego — zmniejszenia średnicy i grubości ścianki. Ponieważ głównym odkształce-

niem jest zmniejszenie grubości ścianki, a nie zmniejszenie średnicy wewnętrznej, to przy obliczeniach technologicznych pomija się zmianę tej średnicy.

W przypadku ciągnięcia ze zmniejszeniem grubości ścianek liczbę operacji określa się na podstawie dopuszczalnego stopnia odkształcenia, który oblicza się ze wzoru

$$E = \frac{F_{n-1} - F_n}{F_{n-1}} \approx \frac{g_{n-1} - g_n}{g_{n-1}}$$

gdzie: g_{n-1} i g_n — grubość ścianki przed i po odkształceniu w mm²,
 F_{n-1} , F_n — powierzchnia poprzecznego przekroju przed i po odkształceniu w mm.

W obliczeniach technologicznych można posługiwać się współczynnikiem ścienienia, który w danym przypadku przedstawia stosunek

$$m_n = \frac{g_n}{g_{n-1}}$$

Średnie wartości stopnia odkształcenia przy przetłaczaniu z wyciąganiem podane są w tabl. 80.

Tablica 80. Średnie wartości stopnia odkształcenia E i współczynniki ścienienia m_n przy wyciąganiu w % [53]

Materiał	Pierwsza operacja		Dalsze operacje	
	E	m_n	E	m_n
Stal miękka	55 ÷ 60	45 ÷ 40	35 ÷ 45	65 ÷ 55
Stal średnio twarda	35 ÷ 40	65 ÷ 60	25 ÷ 30	75 ÷ 70
Mosiądz	60 ÷ 70	40 ÷ 30	50 ÷ 60	50 ÷ 40
Aluminium	60 ÷ 65	40 ÷ 35	40 ÷ 50	60 ÷ 50

Liczbę operacji oblicza się ze wzoru

$$n = \frac{\lg g_1 - \lg g_2}{\lg \frac{100}{100 - E}}$$

W produkcji cienkościennych łusek stosuje się jednoczesne wyciąganie w dwóch matrycach (rys. 155) lub w trzech ze stopniowym zmniejszaniem grubości ścianek. Sumaryczny stopień odkształcenia uzyskiwany w ten sposób jest większy niż w przypadku ciągnięcia w jednej matrycy.

Na rys. 156 podany jest przykład ciągnięcia ze zmniejszaniem grubości ścian cienkościennej łuski, na rys. 157 — ciągnięcie naczynia z cienką ścianką walcową i grubym, szerokim kołnierzem, a na rys. 158 — proces ciągnięcia przedmiotu w postaci rury.

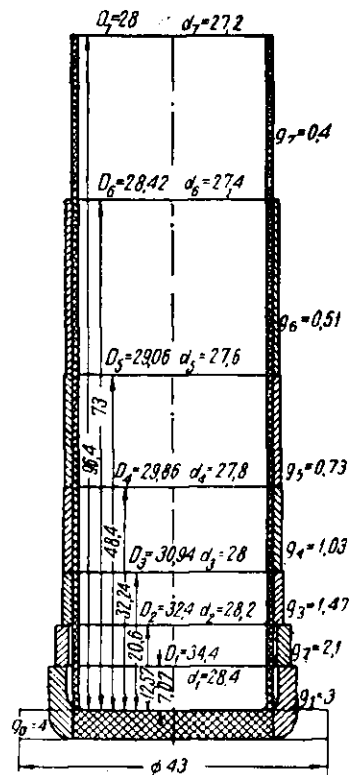
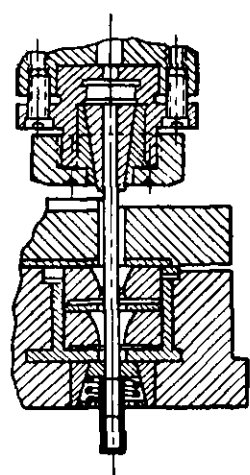
Obliczanie wymiarów półwyrobu po kolejnych ciągnięciach jest szczegółowo opisane w specjalnej literaturze [54]. Przedstawiono tam sposób obliczania kolejnych ciągnięć umożliwiającą uzyskanie części o wymaganych założonych własnościach mechanicznych.

Ciągnięcie ze zmniejszaniem grubości ścianek ma następujące zalety:

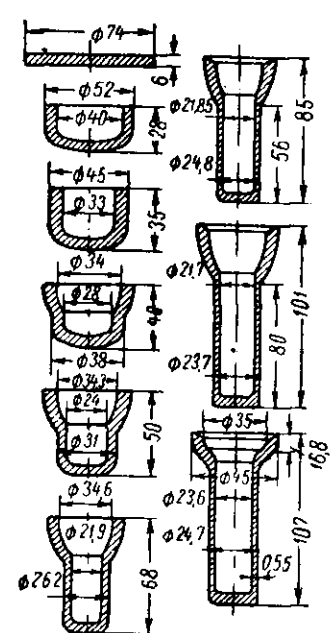
1) wyższy stopień odkształcenia niż w przypadku zwykłego ciągnięcia, dzięki większej stateczności odkształcania;

- 2) mniejsza liczba operacji potrzebna do wykonania przedmiotu o tej samej wysokości;
- 3) prostsze i tańsze tłoczniki, o wymiennych stemplach i matrycach;
- 4) wykonywanie obróbki na prasach pojedynczego działania i możliwość pełnej automatyzacji.

Rys. 155. Schemat ciągnięcia przez dwie matryce ze zmniejszaniem grubości ścianki

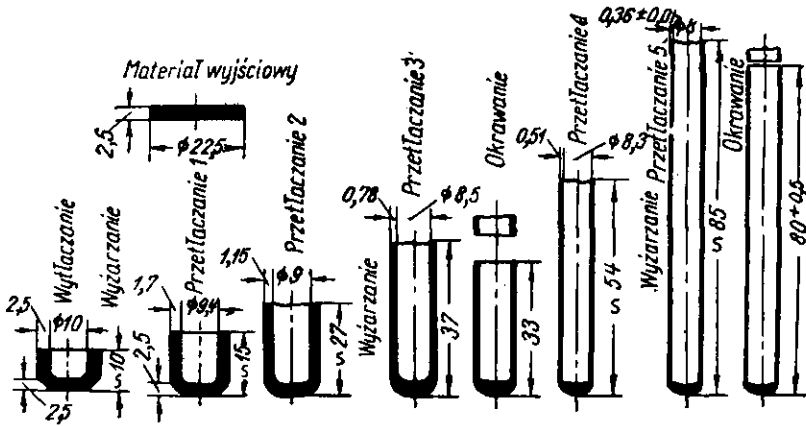


Rys. 156. Przebieg ciągnięcia ze zmniejszaniem grubości ścianki



Rys. 157. Przebieg ciągnięcia naczynia z cienkimi ściankami i z grubym kielichowym kołnierzem

Do wyrobu przedmiotów tulejowych z plastycznych metali stosowany jest jeszcze bardziej wydajny proces wyciskania na zimno, wykonywany w czasie jednego skoku prasy. Niekiedy proces ten łączy się z przetłaczaniem.



Rys. 158. Ciągnięcie przedmiotu w postaci rury z dnem

Obliczanie wysokości przedmiotów wykonywanych za pomocą wielooperacyjnego (wielozabiegowego) ciągnięcia [242]

Do obliczeń technologicznych wielooperacyjnego ciągnięcia należy obok określenia liczby operacji i kolejnych zmian przekroju poprzecznego określić wysokość półwyrobów w kolejnych ciągnięciach.

Dane te są konieczne w celu skonstruowania tłoczniaka (ciągownika) oraz do obliczenia wielkości skoku roboczego i wysokości roboczej przestrzeni prasy.

W tabl. 81 podane są wzory służące do obliczania wysokości przedmiotów (naczyni) walcowych lub głębokości ciągnięcia, oparte na zasadzie równości powierzchni gotowego przedmiotu i materiału wyjściowego.

Ponieważ wysokość ciągnięcia zależy nie tylko od średnicy krawędzi wyjściowego i średnicy przedmiotu (współczynnika ciągnięcia), lecz także od geometrycznego kształtu dna, dlatego wzory podano dla sześciu różnych typów kształtu.

Podane wzory wyprowadzono przyjmując następujące założenia i uproszczenia:

- a) w naczyniach walcowych z płaskim dnem przyjęto $r = 0$;
- b) w naczyniach walcowych z zaokrągleniami przy dnie promienie tych zaokrągleń przyjęto równe

$$r_1 = \frac{d_1 - d_2}{2}; \quad r_2 = \frac{d_2 - d_3}{2} \text{ itd.}$$

- c) w naczyniach z dnem w postaci stożka ściętego przyjęto wysokości den równe

$$a_1 = \frac{d_1 - d_2}{2}; \quad a_2 = \frac{d_2 - d_3}{2}$$

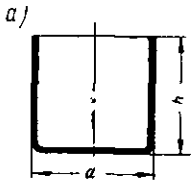
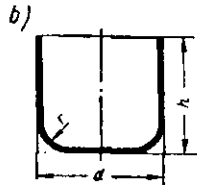
oraz

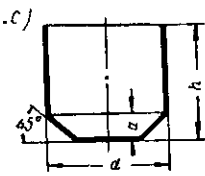
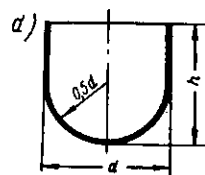
$$\alpha = 45^\circ$$

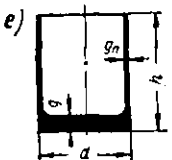
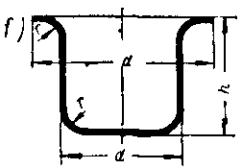
(zaokrągleń krawędzi dna przy stożkowym przejściu ścianek w dno nie uwzględniono);

- d) w naczyniach walcowych z szerokim kołnierzem przyjęto jednakowe promienie zaokrągleń przy dnie i przy kołnierzu;

Tablica 81. Wzory do obliczania wysokości naczyń walcowych po kolejnych operacjach ciągnięcia

Typ	Kształt przedmiotu	Operacja ciągnięcia	Wzory
1	Walec z płaskim dnem i małym promieniem zaokrąglenia 	1	$h_1 = 0,25 \left(\frac{D}{m_1} - d_1 \right)$
		2	$h_2 = 0,25 \left(\frac{D}{m_1 m_2} - d_2 \right) \text{ lub}$ $h_2 = \frac{h_1}{m_2} + 0,25 \left(\frac{d_1}{m_2} - d_2 \right)$
		n	$h_n = 0,25 \left(\frac{D}{m_1 m_2 \dots m_n} - d_n \right) \text{ lub}$ $h_n = \frac{h_{n-1}}{m_n} + 0,25 \left(\frac{d_{n-1}}{m_n} - d_n \right)$
2	Walec z dużym promieniem zaokrąglenia przy dnie 	1	$h_1 = 0,25 \left(\frac{D}{m_1} - d_1 \right) + 0,43 \frac{r_1}{d_1} (d_1 + 0,32r_1)$
		2	$h_2 = 0,25 \left(\frac{D}{m_1 m_2} - d_2 \right) +$ $+ 0,43 \frac{r_2}{d_2} (d_2 + 0,32r_2)$ <p>lub przy $r_1 = r_2 = r$</p> $h_2 = \frac{h_1}{m_2} + 0,25 \left(\frac{d_1}{m_2} - d_2 \right) -$ $- 0,43 \frac{r}{d_1} (d_1 - d_2)$
		n	$h_n = 0,25 \left(\frac{D}{m_1 m_2 \dots m_n} - d_n \right) +$ $+ 0,43 \frac{r_n}{d_n} (d_n + 0,32r_n)$ <p>lub przy $r_1 = r_n = r$</p> $h_n = \frac{h_{n-1}}{m_n} + 0,25 \left(\frac{d_{n-1}}{m_n} - d_n \right) -$ $- 0,43 \frac{r}{d_n} (d_{n-1} - d_n)$

Typ	Kształt przedmiotu	Operacja ciągnięcia	Wzory
3	<p>Walec ze sfazowaniem krawędzi przy dnie</p> 	1	$h_1 = 0,25 \left(\frac{D}{m_1} - d_1 \right) + 0,57 \frac{a_1}{d_1} (d_1 + 0,86a_1)$
		2	$h_2 = 0,25 \left(\frac{D}{m_1 m_2} - d_2 \right) + 0,57 \frac{a_2}{d_2} (d_2 + 0,86a_2)$ <p>lub przy $a_1 = a_2 = a$</p> $h_2 = \frac{h_1}{m_2} + 0,25 \left(\frac{d_1}{m_2} - d_1 \right) - 0,57 \frac{a}{d_2} (d_1 - d_2)$
		n	$h_n = 0,25 \left(\frac{D}{m_1 m_2 \dots m_n} - d_n \right) + 0,57 \frac{a_n}{d_n} (d_n + 0,86a_n)$ <p>lub przy $a_1 = a_n = a$</p> $h_n = \frac{h_{n-1}}{m_n} + 0,25 \left(\frac{d_{n-1}}{m_n} - d_n \right) - 0,57 \frac{a}{d_n} (d_{n-1} - d_n)$
4	<p>Walec z kulistym dnem</p> 	1	$h_1 = 0,25 \frac{D}{m_1}$
		2	$h_2 = 0,25 \frac{D}{m_1 m_2} \quad \text{lub} \quad h_2 = \frac{h_1}{m_2}$
		n	$h_n = 0,25 \frac{D}{m_1 m_2 \dots m_n} \quad \text{lub} \quad h_n = \frac{h_{n-1}}{m_n}$

Typ	-Kształt przedmiotu	Operacja ciągnięcia	Wzory
5	<p>Walec ze ścienionymi ściankami</p> 	1	$h_1 = 0,25 \left(\frac{D}{m_1} - d_1 \right) \frac{g}{g_1} + g$
		2	$h_2 = 0,25 \left(\frac{D}{m_1 m_2} - d_2 \right) \frac{g}{g_2} + g$
		n	$h_n = 0,25 \left(\frac{D}{m_1 m_2 \dots m_n} - d_n \right) \frac{g}{g_n} + g$
6	<p>Walec z szerokim kołnierzem</p> 	1	$h_1 = 0,25 \left(\frac{D}{m_1} - \frac{d^2}{d_1} + 3,44r_1 \right)$
		2	<p>lub</p> $h_2 = 0,25 \left(\frac{D}{m_1 m_2} - \frac{d^2}{d_2} + 3,44r_2 \right)$ $h_2 = \frac{h_1}{m_2} - 0,86 \frac{r_1}{m_2} + 0,86r_2$
		n	<p>lub</p> $h_n = 0,25 \left(\frac{D}{m_1 m_2 \dots m_n} - \frac{d^2}{d_n} + 3,44r_n \right)$ $h_n = \frac{h_{n-1}}{m_n} - 0,86 \frac{r_{n-1}}{m_n} + 0,86r_n$

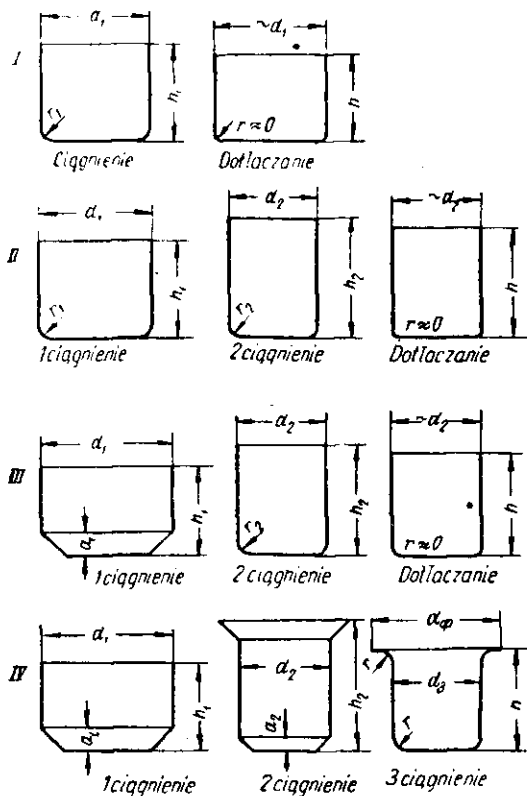
Przyjęte oznaczenia:

- D — średnica krążka,
- $d_1, d_2 \dots d_n$ — średnica przedmiotu po kolejnych operacjach,
- $r_1, r_2 \dots r_n$ — promień zaokrąglenia przy dnie po kolejnych operacjach,
- $a_1, a_2 \dots a_n$ — wymiary szfowań po operacjach,
- $m_1, m_2 \dots m_n$ — współczynniki ciągnięcia,
- $g, g_1, g_2 \dots g_n$ — grubość materiału wyjściowego i grubość ścianek przedmiotu po kolejnych operacjach,
- d — średnica kołnierza.

e) we wszystkich kształtach (oprócz przedostatniego) nie uwzględniono zmian grubości ścianek, co w większości przypadków nieco zwiększa rzeczywistą wysokość przedmiotów w stosunku do wysokości obliczeniowej.

Wysokość ciągniętych przedmiotów h powinna uwzględniać naddatek na okrawanie nierównego obrzeża; dlatego średnica materiału wyjściowego D powinna być obliczona z uwzględnieniem naddatku na okrawanie.

W przypadku przedmiotów nie wymagających dużej dokładności obliczenie przeprowadza się według zewnętrznych wymiarów przedmiotów. W przypadkach bardziej dokładnego ciągnięcia małych przedmiotów uwzględnia się zmiany grubości materiału i przeprowadza się obliczenia według wewnętrznych wymiarów przedmio-



Rys. 159. Różne przypadki ciągnięcia wielooperacyjnego

tu; w razie ciągnięcia przedmiotów z materiału o grubości ponad 1 mm obliczenia przeprowadza się według wymiarów powierzchni leżącej w środku grubości ścianek.

Praktycznie nie stosuje się wielooperacyjnego ciągnięcia przedmiotów o promieniu $r = 0$. Promień zaokrąglenia krawędzi zbliżony do zera uzyskuje się tylko po operacji dotłaczania.

Wzory dla kształtu typu 1 można z pewnym błędem stosować do przedmiotów o małym promieniu zaokrąglenia przy dnie. Przy czym nadatek na okrawanie można nie uwzględniać, ponieważ wskutek przyjętego uproszczenia $r = 0$ otrzymuje się nieco zwiększoną średnicę krążka wyjściowego (materiału wyjściowego).

Z tabl. 82, 83 i 84 można znajdować wysokość ciągniętych przedmiotów w zależności od średnicy krążka wyjściowego i współczynnika ciągnięcia bez jakichkolwiek obliczeń. W praktyce rzadko spotyka się przypadek, gdy ten sam kształt dna po-

zostaje we wszystkich operacjach. Zwykle w procesie wielooperacyjnego ciągnięcia następuje zmiana kształtu dna. Niektóre najbardziej rozpowszechnione przypadki wielooperacyjnego ciągnięcia przedstawione są na rys. 159.

Wysokość przedmiotów w poszczególnych operacjach określa się z tablic w następujący sposób (rys. 159).

Przypadek I: wysokość h_1 znajduje się z tabl. 83 (górze); wysokość h po dotłaczaniu określa się z rysunku przedmiotu z uwzględnieniem naddatku na okrawanie i sprawdza się w tabl. 82 (górze).

Przypadek II: wysokość h_1 i h_2 znajduje się z tabl. 83, a h — z rysunku przedmiotu z uwzględnieniem naddatku na okrawanie i sprawdza się w tabl. 82 (dół).

Przypadek III — wysokość h_1 znajduje się z tabl. 84 (górze), h_2 — z tabl. 83 (dół), h — z rysunku przedmiotu z uwzględnieniem naddatku na okrawanie i sprawdza się z tabl. 82 (dół).

Przypadek IV: wysokość h_1 i h_2 znajduje się z tabl. 84, a h — ze wzorów dla trzeciej operacji ciągnięcia, typ 6 (tabl. 81).

W innych przypadkach wielooperacyjnego ciągnięcia wysokość oblicza się ze wzorów zawartych w tabl. 81 w podobny, jak wyżej podano, sposób.

Korzystając z podanych wzorów należy przyjmować współczynniki ciągnięcia odpowiadające dopuszczalnym wartościom. Współczynniki te dobiera się z tablic w zależności od względnej grubości materiału wyjściowego (tabl. 67—71).

Wielooperacyjne ciągnięcie przedmiotów z dnem kulistym stosuje się głównie do przedmiotów o małych wymiarach i do przedmiotów o stosunkowo dużej grubości. Ciągnięcie takie wykonuje się bez dociskacza i ze zwiększonym współczynnikiem ciągnięcia.

Bardzo duże znaczenie technologiczne ma prawidłowe określenie głębokości ciągnięcia przedmiotów z szerokim kołnierzem tabl. 81 szkic f).

W przypadku ciągnięcia przedmiotu bez kołnierza zwiększenie roboczego skoku prasy nie wpływa na przebieg ciągnięcia, natomiast w razie ciągnięcia przedmiotu z kołnierzem wymagane jest dokładne wyregulowanie prasy (lub dokładne wymiary długości stempli w kolejnych zabiegach ciągnięcia wielotaktowego w taśmie), ponieważ w przeciwnym przypadku nieuniknione jest powstawanie pęknięć lub otrzymywanie przedmiotów o mniejszej wysokości.

Specyficzną cechą ciągnięcia wielooperacyjnego przedmiotów z dużym kołnierzem jest w pierwszej operacji — odwrotna zależność głębokości ciągnięcia od stosunku $\frac{d_k}{d}$; w dalszych operacjach — warunek nie odkształcania kołnierza i niezmienności jego zewnętrznej średnicy d_k .

Przybliżone wartości względnej wysokości $\frac{h_1}{d_1}$ po pierwszym ciągnięciu przedmiotów z szerokim kołnierzem podano w tabl. 69.

W przypadku wielotaktowego ciągnięcia w taśmie z nadcięciami lub wycięciami dopuszczalna wysokość (głębokość) względna pierwszego ciągnięcia może być wzięta według mniejszej wartości podanej w tabl. 69.

W razie wielotaktowego ciągnięcia w pełnej taśmie, wskutek pogorszenia warunków ciągnięcia, należy przyjmować wysokość (głębokość) po pierwszym ciągnięciu według mniejszej wartości podanej w tabl. 72.

Głębokość dalszych ciągnięć przedmiotów z szerokim kołnierzem, przy zachowaniu niezmienności średnicy d_k kołnierza, zależy od stopnia zmniejszenia średnicy przedmiotu ciągniętego i promieni zaokrągleń w kolejnych ciągnięciach; przy czym zmniejszenie średnicy zwiększa, a zmniejszenie promienia zaokrąglenia stempla zmniejsza głębokość ciągnięcia.

Tablica 82. Wysokość walcowych przedmiotów o małym promieniu zaokrąglenia (tabl. 81, szkic a)

Średnica krążka w mm	Wysokość przedmiotu h_1 w mm po pierwszej operacji przy współczynniku ciągnięcia m_1						
	0,45	0,48	0,50	0,53	0,55	0,58	0,60
30	13	12	11	10	9,5	9	—
40	18	16	15	14	13	12	—
50	22	20	19	17	16	15	—
60	26	24	22	20	19	18	—
70	31	28	26	24	22	20	19
80	35	32	30	27	26	23	22
90	40	36	34	30	29	26	24
100	44	40	37	34	32	29	27
120	—	48	45	40	38	35	32
150	—	60	55	50	48	44	40
180	—	72	67	60	58	52	50
200	—	80	75	68	64	58	55
	Wysokość przedmiotu h_2 w mm po drugiej operacji przy współczynnikach ciągnięcia $m_1 \cdot m_2$						
	0,45·0,72	0,48·0,73	0,5·0,75	0,53·0,76	0,55·0,78	0,58·0,79	0,6·0,8
30	20	19	17	16	14,5	13	—
40	27	25	23	21	19	17	—
50	34	31	28	26	24	22	—
60	40	38	34	31	29	26	—
70	47	44	40	36	34	30	28
80	54	50	46	42	39	35	32
90	60	57	51	47	43	39	36
100	67	63	57	52	48	43	40
120	—	76	68	63	58	52	48
150	—	95	85	78	72	65	60
180	—	115	100	95	87	78	72
200	—	125	115	105	96	86	80

Tablica 83. Wysokość walcowych przedmiotów o dużym promieniu zaokrąglenia przy dnie (tabl. 81 szkie b)

Średnica krawka w mm	Wysokość przedmiotu h_1 w mm po pierwszej operacji przy współczynniku ciągnienia m_1						
	0,45	0,48	0,50	0,53	0,55	0,58	0,60
30	14	13	12	11	10,5	10	—
40	19	17	16	15	14	13	—
50	23,5	21,5	20,5	17,5	16,5	15,5	—
60	28	26	24	22	21	20	—
70	33	30	28	26	24	22	21
80	37	34	32	29	28	25	24
90	42,5	38,5	36,5	32,5	32	29	27
100	47	43	40	37	35	32	30
120	—	52	49	44	42	39	36
150	—	65	60	55	53	49	45
180	—	77	72	65	63	57	55
200	—	86	81	74	70	64	61
	Wysokość przedmiotu h_2 po drugiej operacji przy współczynniku ciągnienia $m_1 \cdot m_2$						
	0,45·0,72	0,48·0,73	0,5·0,75	0,53·0,76	0,55·0,78	0,58·0,79	0,6·0,8
30	21	20	18	16	15,5	14	—
40	28	26	24	22	20	18	—
50	36	33	30	28	26	24	—
60	42	40	36	33	31	28	—
70	49	46	42	38	36	32	30
80	57	53	49	45	41	38	35
90	63	60	54	50	46	41	39
100	70	66	60	55	51	46	43
120	—	80	72	67	62	56	52
150	—	100	90	83	77	70	65
180	—	120	106	100	93	84	78
200	—	132	122	112	102	92	86

Tablica 84. Wysokość przedmiotów walcowych ze sfazowaniem przy dnie (tabl. 81 szkic b)

Średnica krążka w mm	Wysokość przedmiotu h_1 w mm po pierwszej operacji przy współczynniku ciągnięcia m_1						
	0,48	0,50	0,53	0,55	0,58	0,60	0,62
120	53	50	45	43	40	37	—
150	66	61	56	52	50	46	—
180	79	74	67	65	59	57	—
200	88	83	76	72	66	63	58
250	110	103	95	90	83	78	73
300	132	122	114	108	98	92	86
350	154	144	134	126	116	108	102
400	176	166	152	144	132	123	115
450	198	184	172	162	148	140	130
500	220	205	190	180	165	155	145
550	242	226	210	198	182	172	160
600	264	244	228	216	200	185	173
	Wysokość przedmiotu h_2 w mm po drugiej operacji przy współczynnikach ciągnięcia $m_1 \cdot m_2$						
	0,48 · 0,73	0,5 · 0,75	0,53 · 0,76	0,55 · 0,78	0,58 · 0,79	0,6 · 0,8	0,62 · 0,82
120	81	73	68	63	57	53	—
150	102	92	85	79	72	67	—
180	123	108	103	95	86	80	—
200	134	124	114	105	95	89	83
250	170	154	141	131	118	111	104
300	203	184	169	157	143	133	123
350	235	215	197	183	165	155	145
400	270	245	225	210	190	177	165
450	303	275	253	235	212	200	185
500	336	306	281	261	236	221	206
550	370	337	309	287	260	243	227
600	405	367	337	315	285	265	247

Zmniejszenie głębokości ciągnięcia tylko wskutek zmniejszenia promienia zaokrąglenia stempla określa się z zależności

$$h = 0,43(r_1 - r_2)$$

gdzie: h — zmniejszenie głębokości ciągnięcia w mm,

r_1 i r_2 — większy i mniejszy promień zaokrąglenia stempla w mm.

W razie jednoczesnego zmniejszenia jednakowych promieni zaokrąglenia przy dnie i przy kołnierzu (bez zmiany średnicy) zmniejszenie wysokości określa się ze wzoru.

$$h = 0,86(r_1 - r_2)$$

W przypadku różnych promieni zaokrąglenia przy dnie i przy kołnierzu lub niejednakowym ich zmniejszeniu zmianę wysokości oblicza się oddzielnie i sumuje się.

Głębokość ostatniego ciągnięcia przedmiotu z szerokim kołnierzem przy jednoczesnym zmniejszeniu średnicy i promienia zaokrąglenia znajduje się ze wzoru

$$h_n = \frac{d_{n-1}}{d_n} h_{n-1} - 0,86 \frac{d_{n-1} r_{n-1} - d_n r_n}{d_n}$$

Średnice kolejnych ciągnięć oblicza się przyjmując odpowiednie współczynniki ciągnięcia, które mogą być wzięte podobnie jak dla ciągnięcia przedmiotów bez kołnierza.

W praktyce spotyka się następujące przypadki ciągnięcia przedmiotów z szerokim kołnierzem:

1) Ciągnięcie małych przedmiotów lub wielotaktowe ciągnięcie w taśmie z zachowaniem niezmiennych promieni zaokrąglenia przy dnie i kołnierzu lub z niewielkim zmniejszaniem. W danym przypadku głębokość ciągnięcia stopniowo zwiększa się w kolejnych operacjach.

2) Ciągnięcie średnich i dużych przedmiotów ze znacznym zmniejszeniem zarówno średnicy, jak i promieni zaokrąglenia przy dnie i kołnierzu. W tym przypadku ich wpływ kompensuje się wzajemnie, wskutek czego głębokość ciągnięcia w kolejnych operacjach praktycznie nie zmienia się lub nieznacznie się zwiększa.

3) Dotłaczanie przedmiotów powodujące znaczne zmniejszenie promieni zaokrąglenia bez zmiany średnicy przedmiotu. W tym przypadku głębokość (wysokość) przedmiotu zmniejsza się.

21. Obliczanie siły ciągnięcia i nacisku dociskacza

Istnieją dwie metody obliczania siły ciągnięcia:

1) teoretyczna oparta na zasadach teorii plastyczności i na obliczeniu naprężeń działających w danej chwili ciągnięcia;

2) praktyczna, oparta na przybliżonych wzorach, opartych na średniej lub doświadczalnej wartości oporu odkształcania.

Teoretyczna metoda wynika z rozpatrzenia naprężeń występujących przy ciągnięciu

$$\sigma = (\sigma_i + \sigma_t) e^{\mu \frac{\pi}{2}} + \sigma_g$$

gdzie: σ — rzeczywiste naprężenie występujące przy ciągnięciu,

σ_i — opór odkształcania przy ciągnięciu bez uwzględnienia tarcia i gięcia (naprężenie promieniowe);

- σ_1 — naprężenie spowodowane tarcie pod wpływem siły dociskacza P_d ,
- σ_n — naprężenie powstające z powodu zginania i prostowania materiału na krawędzi matrycy,
- $e^{\mu \frac{\pi}{2}}$ — mnożnik uwzględniający tarcie materiału po zaokrąglonej krawędzi matrycy.

Druga metoda teoretyczna oparta jest na analizie stanu naprężeń i odkształceń metodą charakterystyk lub linii poślizgu.

W literaturze poświęconej tłoczeniu na zimno podano szereg wzorów teoretycznych, uzyskanych na podstawie wymienionych metod przez różnych badaczy: G. Zaksa [16], L.A. Szofmana [171], E.A. Popowa [144], A.D. Tomlenowa [72], I.A. Noricyna [233] i innych.

Nie mając możliwości podania tych metod i wzorów odsyła się czytelników do odpowiednich źródeł.

Główna różnica między tymi wzorami polega na ścisłości analizy matematycznej i na przyjętych uproszczeniach. Zyskały one głównie zastosowanie do teoretycznej analizy procesu ciągnięcia.

Stosowane w praktyce inżynierskiej wzory do określania siły ciągnięcia oparte są zwykle na założeniu, że dopuszczalne naprężenia w niebezpiecznym przekroju powinny być mniejsze od niszczących, a w związku z tym, największa siła granicznego możliwego ciągnięcia powinna być nieco mniejsza od siły potrzebnej do rozzerwania bocznych ścianek przedmiotu w pobliżu dna (w niebezpiecznym przekroju)

$$P \leq Lg\sigma_n$$

gdzie: L — długość obwodu przedmiotu,

g — grubość materiału,

σ_n — naprężenie niszczące w niebezpiecznym przekroju równe $1,15R_c$.

Rzeczywista wartość naprężenia w przekroju niebezpiecznym, a więc i wartość siły ciągnięcia zależy od wytrzymałości materiału odkształcanego, stopnia odkształcenia lub wartości współczynnika ciągnięcia, grubości względnej materiału wyjściowego, względnego promienia zaokrąglenia matrycy i stempla oraz rodzaju smarowania.

Przyjmując największe dopuszczalne naprężenie w niebezpiecznym przekroju

$$\sigma_n = 1,1R_c$$

i wykorzystując dane z produkcji i doświadczalne, autor podał, do obliczania siły ciągnięcia przedmiotów o różnych kształtach geometrycznych, praktyczne wzory i współczynniki, uwzględniające zależność siły od stopnia ciągnięcia i od względnej grubości materiału wyjściowego (tabl. 85 ÷ 90).

Poprzednio podane były dwa sposoby ciągnięcia: z dociskaczem i bez dociskacza. Dociskanie materiału nie jest pożądane w procesie ciągnięcia, ponieważ zwiększa ono naprężenia rozciągające w niebezpiecznym przekroju i pogarsza warunki ciągnięcia. Prócz tego dociskacz komplikuje konstrukcję tłoczni i zwiększa jego koszt.

Jednak w większości przypadków zastosowanie dociskacza jest konieczne w celu zapobieżenia tworzeniu się fałd, powstających wskutek utraty stateczności materiału podczas głębokiego ciągnięcia (rys. 160).

Tak więc potrzeba zastosowania dociskacza zależy od utraty stateczności półwyrobu podczas ciągnięcia, która w istocie zależy od stopnia odkształcenia (współczynnika ciągnięcia, względnej grubości materiału wyjściowego i geometrii matrycy ciągowej.

Tablica 85. Praktyczne wzory do obliczania ciągnięcia

Typy przedmiotów ciągniętych	Operacja ciągnięcia	Wzory	Tablice współczynników
Walcowe bez kołnierza	1	$P = \pi d_1 g R_r k_1$	86
	2 i dalsze	$P = \pi d_2 g R_r k_2$	87
Walcowe z szerokim kołnierzem	1	$P = \pi d_1 g R_r k_k$	88
Stożkowe i kuliste z kołnierzem	1	$P = \pi d_k g R_r k_k$	88
Naczynia owalne	1	$P = \pi d_{sr1} g R_r k_1$	86
	2 i dalsze	$P = \pi d_{sr2} g R_r k_2$	87
Niskie naczynia prostokątne (ciągnięte w jednej operacji)	—	$P = (2A + 2B - 1,72r) g R_r k_m$	89
Wysokie kwadratowe naczynia (ciągnięcie wielooperacyjne)	1 i 2	jak dla przedmiotów walcowych	86 i 87
	ostatnia	$P = (4B - 1,72r) g R_r k_w$	90
Wysokie naczynia prostokątne (ciągnięcie wielooperacyjne)	1 i 2	jak dla owalnych naczyń	86 i 87
	ostatnia	$P = (2A + 2B - 1,72r) g R_r k_w$	90
Ciągnięcie ze ściantaniem ścianek (przedmioty walcowe)	2 i dalsze	$P = \pi d_n g_{n-1} - g_n) R_r k_s$	—

Przyjęte oznaczenia:

- P — siła ciągnięcia w kG;
 d_1, d_2 — średnice naczyń walcowych po pierwszej i drugiej operacji określone w powierzchni środkowej ($d = d_m - g$), w mm;
 d_k — mniejsza średnica naczynia stożkowego i 0,5 średnicy kulistego naczynia w mm;
 d_{sr1}, d_{sr2} — średnie średnice owalnych naczyń po pierwszej i drugiej operacji w mm;
 d_n — zewnętrzna średnica naczynia po operacji n ;
 A, B — długość i szerokość naczynia prostokątnego w mm;
 r — promień zaokrąglenia narożnika naczynia w mm;
 g — grubość materiału w mm;
 g_{n-1}, g_n — grubość ścianki w mm po operacji ciągnięcia $n-1$ i n ;
 R_r — wytrzymałość materiału na rozciąganie w kG/mm²;
 k_1 — współczynnik, przyjmowany z tabl. 86
 k_2 — „ „ „ „ 87
 k_k — „ „ „ „ 88
 k_m — „ „ „ „ 89
 k_w — „ „ „ „ 90
 k_s — współczynnik równy: dla mosiądzu 1,6 ÷ 1,8, dla stali 1,8 ÷ 2,25.

Tablica 86. Wartości współczynników k_1 pierwszego ciągnięcia naczyń walcowych ze stali 08—15

Względna grubość krążka $\frac{g}{D} \cdot 100$	Względna średnica krążka $\frac{D}{g}$	Współczynniki pierwszego ciągnięcia m_1									
		0,45	0,48	0,50	0,52	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80
5,0	20	0,95	0,85	0,75	0,65	0,60	0,50	0,43	0,35	0,28	0,20
2,0	50	1,10	1,00	0,90	0,80	0,75	0,60	0,50	0,42	0,35	0,25
1,2	83	—	1,10	1,00	0,90	0,80	0,68	0,56	0,47	0,37	0,30
0,8	125	—	—	1,10	1,00	0,90	0,75	0,60	0,50	0,40	0,33
0,5	200	—	—	—	1,10	1,00	0,82	0,67	0,55	0,45	0,36
0,2	500	(zakres oderwań)		—	—	1,10	0,90	0,75	0,60	0,50	0,40
0,1	1000	(zakres oderwań)		—	—	—	1,10	0,90	0,75	0,60	0,50

Uwaga. Przy małych promieniach zaokrąglenia ($r = 4 \div 6g$) wartość współczynnika k_1 przyjmuje się o 5% większą od podanej, zakres oderwań nieco powiększa się.

Tablica 87. Wartości współczynników k_2 drugiego ciągnięcia przedmiotów walcowych ze stali 08—15

Względna grubość krążka $\frac{g}{D} \cdot 100$	Względna grubość przedmiotu po pierwszym największym ciągnięciu $\frac{g}{d_1} \cdot 100$	Współczynniki drugiego ciągnięcia m_2									
		0,7	0,72	0,75	0,78	0,80	0,82	0,85	0,88	0,90	0,92
5,0	11	0,85	0,70	0,60	0,50	0,42	0,32	0,28	0,20	0,15	0,12
2,0	4	1,1	0,90	0,75	0,60	0,52	0,42	0,32	0,25	0,20	0,14
1,2	2,5	—	1,10	0,90	0,75	0,62	0,52	0,42	0,30	0,25	0,16
0,8	1,5	—	—	1,00	0,82	0,70	0,57	0,46	0,35	0,27	0,18
0,5	0,9	—	—	1,10	0,90	0,76	0,63	0,50	0,40	0,30	0,20
0,2	0,3	(zakres oderwań)		—	1,00	0,85	0,70	0,56	0,44	0,33	0,23
0,1	0,15	(zakres oderwań)		—	1,10	1,00	0,82	0,68	0,55	0,40	0,30

Uwaga. Przy małych promieniach zaokrąglenia wartość współczynnika k_2 przyjmuje się o 5% większą od podanej, a zakres naderwań zwiększa się.
Współczynniki kolejnych ciągnięć (3, 4 i 5) określa się z tej samej tablicy dla odpowiednich m_n i $\frac{g}{D}$ lecz przyjmuje się je większe lub mniejsze od znalezionych wartości:
a) przy ciągnięciu bez wywarzania — przyjmuje się większe wartości współczynnika k_n (najbliższą dolną wartość);
b) przy ciągnięciu z wywarzaniem — przyjmuje się mniejsze wartości (najbliższą górną wartość) współczynnika k_n .
Jeżeli pierwsze ciągnięcie jest wykonane przy większym od dopuszczalnego współczynniku ciągnięcia m_1 , to przy tej samej wartości $\frac{g}{D} \cdot 100$ względne grubości $\frac{g}{d_1} \cdot 100$ będą mniejsze od podanych w tablicy.

W tabl. 91 podane są przybliżone dane dotyczące granic zastosowania ciągnięcia bez dociskacza. Jednak granice te są określone tylko w przybliżeniu, ponieważ nie ujmują one zależności od geometrycznego kształtu matrycy.

Do ciągnięcia bez dociskacza stosowane są matryce stożkowe lub o zarysie krzywoliniowym — ewolwentowym (rys. 161). W ostatnim przypadku dopuszczalny jest wysoki stopień odkształcenia.

Tablica 88. Wartości współczynników k_k do ciągnięcia walcowych przedmiotów z szerokim kołnierzem ze stali 08—15

$$\left(\text{przy } \frac{g}{D} \cdot 100 = 0,6 \div 2,0\right)$$

Stosunek $\frac{d_k}{d}$	Współczynnik pierwszego ciągnięcia $m_1 = \frac{d_1}{D}$										
	0,35	0,38	0,40	0,42	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75
3,0	1,0	0,9	0,83	0,75	0,68	0,56	0,45	0,37	0,30	0,23	0,18
2,8	1,1	1,0	0,90	0,83	0,75	0,62	0,50	0,42	0,34	0,26	0,20
2,5	—	1,1	1,0	0,9	0,82	0,70	0,56	0,46	0,37	0,30	0,22
2,2	—	—	1,1	1,0	0,90	0,77	0,64	0,52	0,42	0,33	0,25
2,0	—	—	—	1,1	1,0	0,85	0,70	0,58	0,47	0,37	0,28
1,8	—	—	—	—	1,1	0,95	0,80	0,65	0,53	0,43	0,33
1,5	(zakres oderwań)		—	—	—	1,10	0,90	0,75	0,62	0,50	0,40
1,3	(zakres oderwań)		—	—	—	—	1,0	0,85	0,70	0,56	0,45

Uwaga. Współczynniki te mogą być stosowane do przedmiotów stożkowych i kulistych z kołnierzem przy ciągnięciu w tłocznikach bez zębra ciągowego. Przy ciągnięciu takich samych przedmiotów w tłocznikach z zębem ciągowym wartość współczynnika k_k zwiększa się o 10÷20% a zakres naderwań odpowiednio się zwiększa.

Tablica 89. Wartości współczynników k_m przy ciągnięciu niskich prostokątnych naczyń z płaskich półwyrobów w jednej operacji

Względna wysokość naczynia $\frac{h}{B}$ przy względnej grubości płaskiego półwyrobu $\frac{g}{D} \cdot 100$				Wartości współczynników k_m przy względnym promieniu zaokrąglenia narożników $\frac{r}{B}$				
2—1,5	1,5—1,0	1,0—0,6	0,6—0,3	0,3	0,2	0,15	0,10	0,05
1,0	0,95	0,9	0,85	0,7	—	—	—	—
0,90	0,85	0,76	0,70	0,6	0,7	—	—	—
0,75	0,70	0,65	0,60	0,5	0,6	0,7	—	—
0,60	0,55	0,50	0,45	0,4	0,5	0,6	0,7	—
0,40	0,35	0,30	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7

Uwaga. W zależności od danej względnej wysokości naczynia $\frac{h}{B}$, względnej grubości i względnego promienia $\frac{r}{B}$ znajduje się w prawej części tablicy współczynnik k_m .

Względna wysokość naczyń $\frac{h}{B}$ podana jest dla stali 08—15. W przypadkach innych materiałów — stosuje się poprawki w tę lub inną stronę odpowiednio do większej lub mniejszej plastyczności materiału.

W literaturze podawane są wskazania dotyczące korzyści stosowania matryc o schodkowej powierzchni i zarysie ewolwentowym (rys. 161c), która ułatwia zastrzymywanie smaru.

W tabl. 92 podane są graniczne dopuszczalne współczynniki ciągnięcia bez do-

Tablica 90. Wartości współczynników k_w ostatniej operacji ciągnięcia wysokich naczyń kwadratowych i prostokątnych z półwyrobów w postaci okrągłych i owalnych (stal 08—15)

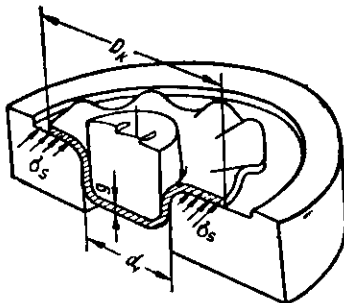
Względna grubość materiału wyjściowego w %			Wartości współczynników k_w przy względnym promieniu zaokrąglenia narożników $\frac{r}{B}$				
$\frac{g}{D} \cdot 100$	$\frac{g}{d_1} \cdot 100$	$\frac{g}{d_2} \cdot 100$	0,3	0,2	0,15	0,1	0,05
2,0	4,0	5,5	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
1,2	2,5	3,0	0,50	0,60	0,75	0,80	1,0
0,8	1,5	2,0	0,55	0,65	0,80	0,90	1,1
0,5	0,9	1,1	0,60	0,75	0,90	1,0	—

Uwaga. W przypadku naczyń prostokątnych przyjmuje się d_1 i d_2 równe mniejszej średnicy owalu pierwszego i drugiego ciągnięcia. Jeżeli głębokość pierwszego ciągnięcia jest mniejsza od dopuszczalnej granicznej to wartości $\frac{g}{d_1}$ i $\frac{g}{d_2}$ przyjmuje się mniejsze od podanych w tablicy. Do innych materiałów stosuje się poprawki odpowiednie do zmienionej plastyczności (zwiększać przy zmniejszeniu plastyczności).

Tablica 91. Orientacyjne zakresy stosowania ciągnięcia z dociskaczem i bez dociskacza

Sposoby ciągnięcia	Pierwsze ciągnięcie		Dalsze ciągnięcia	
	$\frac{g}{D}$	m	$\frac{g}{D}$	m
Ciągnięcie z dociskaczem	$< 0,015$	$\leq 0,6$	$< 0,01$	$\leq 0,8$
Ciągnięcie bez dociskacza	$\geq 0,017$	$\geq 0,55$	$> 0,015$	$\geq 0,78$

ciskacza w matrycy stożkowej o kącie rozwarcia równym 60° dla różnych wartości grubości względnej materiału wyjściowego i wartości stosunku $\frac{d_m}{d_s}$ (rys. 162).



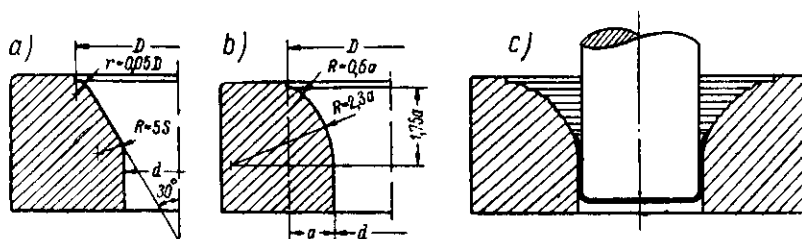
Rys. 160. Powstawanie fałd przy głębokim wytłaczaniu

Na rys. 163 podany jest przykład ciągownika (tłoczniaka do ciągnięcia) bez dociskacza, przy czym współczynnik ciągnięcia wynosi $m = 0,55$, względna grubość krążka aluminiowego (materiału wyjściowego) — $\frac{g}{D} \cdot 100 = 1,7$ [18].

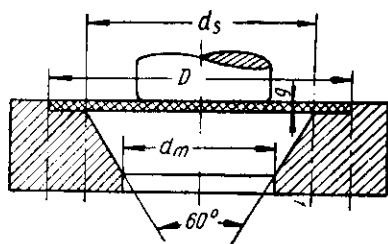
Tablica 92. Graniczne najmniejsze wartości współczynników ciągnięcia bez dociskacza w matrycy stożkowej

Stosunek $\frac{d_m}{d_s}$	Względna grubość krążka $\frac{g}{D} \cdot 100$				
	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
0,6	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58
0,7	0,58	0,60	0,62	0,64	0,66
0,8	0,66	0,68	0,70	0,72	0,75

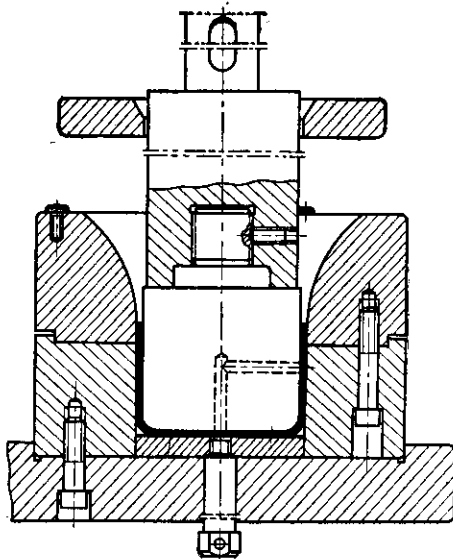
Na rys. 164 podane są stosowane w Mińskich Zakładach Budowy Traktorów [347] sposoby ciągnięcia bez dociskacza w złożonym tłoczniku do wycinania i ciągnięcia na prasie podwójnego działania (rys. 164a) oraz w tłoczniku do wycinania, ciągnięcia i okrawania na prasie korbowej pojedynczego działania (rys. 164b).



Rys. 161. Profil otworu w matrycy przy ciągnięciu bez dociskacza: a) stożkowy, b) krzywoliniowy (ewolwenta), c) krzywoliniowy z zaokrąglonymi stopniami



Rys. 162. Schemat matrycy stożkowej do tabl. 94

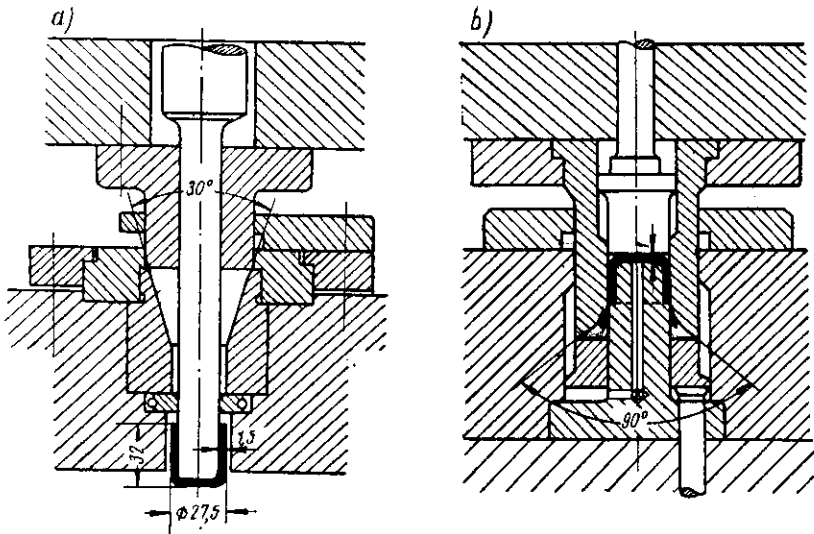


Rys. 163. Ciągownik (wyłtaczak) bez dociskacza

W pierwszym przypadku współczynnik ciągnięcia wynosi $m = 0,48$.

Dociskanie wyciętego krążka istnieje tylko w początkowej chwili ciągnięcia, następnie materiał wysuwa się spod dociskacza. W dalszych operacjach ciągnięcie

bez dociskacza stosowane jest znacznie częściej. Sprzyja temu zwiększona sztywność i stateczność półwyrobu o kształcie walcowym, umocnionego w pierwszej operacji wytłaczania. Dokładne granice ciągnięcia bez dociskacza w dalszych operacjach nie są jeszcze ustalone.



Rys. 164. Złożone tłoczniki ciągnicze do wytłaczania bez dociskacza: a) do prasy podwójnego działania, b) do prasy korbowej pojedynczego działania

W praktyce opanowane jest ciągnięcie bez dociskacza w dalszych operacjach ze współczynnikiem ciągnięcia $m_2 = 0,78 \div 0,80$ i przy względnej grubości materiału $\frac{g}{D} \geq 0,025$.

Ciągnięcie bez dociskacza powinno być stosowane do wykonywania przedmiotów walcowych i kwadratowych bez kołnierza ze stosunkowo grubego materiału.

Tablica 93. Wzory do obliczania siły dociskacza

Przypadki ciągnięcia	Wzory
Siła docisku przy ciągnięciu przedmiotów dowolnego kształtu (w ogólnej postaci)	$P_d = Fq$
Siła docisku przy pierwszym ciągnięciu walcowych przedmiotów (z płaskiego półwyrobu)	$P_d = \frac{\pi}{4} [D^2 - (d_1 + 2r_m)^2] q$
Siła docisku przy dalszym ciągnięciu walcowych przedmiotów (z półwyrobów w postaci misek)	$D = \frac{\pi}{4} [d_n^2 - (d_n + 2r_m)^2] q$
Przyjęte oznaczenia:	
F — powierzchnia materiału pod dociskaczem w mm^2 ; q — nacisk jednostkowy w kg/mm^2 ; $d_1 \dots d_n$ — średnice ciągnięć (matryc) w 1 i n -tej operacji w mm; r_m — promień zaokrąglenia ciągniczej krawędzi matrycy w mm.	

W produkcji drobnoseryjnej może okazać się celowe wprowadzenie dodatkowej operacji ciągnięcia w przypadku przejścia na ciągnięcie bez dociskacza i zastosowanie prostych tanich tłoczników.

Określenie liczbowej wartości nacisku dociskacza jest w zasadzie potrzebne do obliczenia całkowitej siły ciągnięcia, sprężyn itp.

W praktyce rzeczywisty nacisk dociskacza ustala się na podstawie prób tak, aby nie powstawały zarówno fałdy, jak i pęknięcia.

W razie ciągnięcia na prasach podwójnego działania ze sztywnym dociskaczem ważny jest nie nacisk, lecz ustalenie najmniejszego dla danej grubości materiału luzu, nie powodującego zakleszczenia materiału, a zapobiegającego tworzeniu się fałd [72].

Obliczeniową wartość siły nacisku dociskacza znajduje się z tabl. 93.

Wartości średniego nacisku jednostkowego dociskacza podano w tablicy 94. Podane wartości są przybliżone, ponieważ nie uwzględniają stopnia ciągnięcia i względnej grubości materiału wyjściowego.

Tablica 94. Średni nacisk jednostkowy dociskacza

Materiał	q w kG/mm^2
Stal miękka $g < 0,5$ mm	$0,25 \div 0,30$
Stal miękka $g > 0,5$	$0,20 \div 0,25$
Mosiądz	$0,15 \div 0,20$
Miedź	$0,10 \div 0,15$
Aluminium	$0,08 \div 0,12$

Dokładniejszą wartość nacisku jednostkowego, uwzględniającą poprzednio wymienione czynniki oblicza się dla miękkiej stali ze wzoru [171]:

$$q = 0,2 \left(\frac{D}{d} - 1,2 \right) \frac{D}{g \cdot 100} \text{ kG/mm}^2$$

Na przykład w razie ciągnięcia ze współczynnikiem $m = 0,6$ z krążka o względnej grubości $\frac{g}{D} \cdot 100 = 0,3$ nacisk jednostkowy dociskacza wynosi $q = 0,30 \text{ kG/mm}^2$,

a przy $\frac{g}{D} \cdot 100 = 0,2$ — nacisk jednostkowy zwiększa się do $q = 0,46 \text{ kG/mm}^2$.

Całkowita siła ciągnięcia na prasach pojedynczego działania równa jest

$$P_c = P + P_d$$

gdzie: P — obliczeniowa siła ciągnięcia,

P_d — siła dociskacza.

22. Obliczanie pracy, mocy i prędkości ciągnięcia

Siła ciągnięcia nie jest stała lecz zmienia się na przestrzeni roboczego skoku stempla.

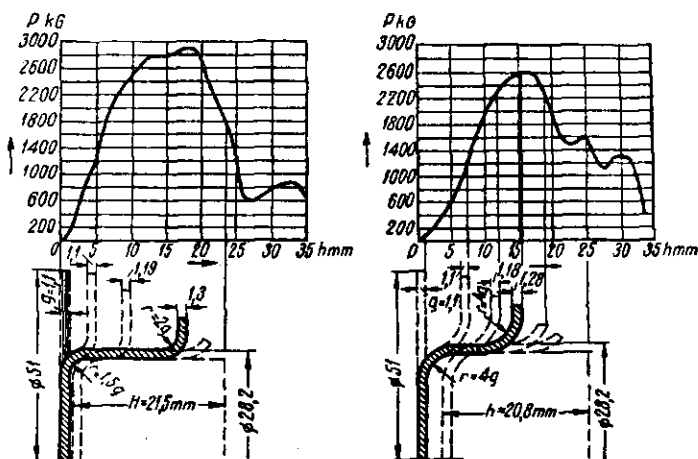
Na rys. 165 podane są wykresy, przedstawiające zmianę siły ciągnięcia w zależności od zagębnienia stempla, otrzymane dla jednakowych współczynników ciągnięcia, lecz przy różnych promieniach zaokrąglenia stempla i matrycy.

W celu określenia rzeczywistej pracy ciągnięcia, równej powierzchni ograniczonej krzywą wykresu, należy wyjść nie z największej siły P_{max} , lecz z wartości średniej

$$P_{sr} = \frac{\sum P_h dh}{h} = CP_{max}$$

gdzie P_h — zmienna wartość siły dla każdego zagłębienia stempla, która może być określona z wykresu (rys. 165).

Według danych doświadczalnych, wartość współczynnika wynosi zwykle od 0,6 do 0,8.



Rys. 165. Zmiana siły ciągnięcia (wytłaczania) przy różnych promieniach zaokrąglenia krawędzi roboczych matrycy

Pracę ciągnięcia oblicza się ze wzoru

$$A = \frac{P_{sr} h}{1000} = \frac{CP_{max} h}{1000} \text{ kGm}$$

gdzie h — głębokość ciągnięcia w mm.

Znalezioną wartość pracy ciągnięcia dodaje się do pracy ściskania sprężystego elementu dociskacza i wypychacza i porównuje się z pracą, którą może wykonać prasa w czasie jednego skoku roboczego

$$A + A_d \leq A_{pr}$$

Praca ta składa się z użytecznej energii koła zamachowego i niewielkiej części energii oddawanej przez silnik.

W tabl. 95 podane są stosowane w praktyce średnie wartości prędkości ciągnięcia dla różnych materiałów.

Niżej podane są uproszczone wzory do obliczania mocy prasy. Efektywna (użytkowa) moc

$$N_e = \frac{An}{60 \cdot 75} \text{ KM}$$

gdzie n — liczba skoków na minutę.

Tablica 95. Orientacyjne prędkości ciągnięcia [157]

Materiał	Prędkość ciągnięcia na prasach w mm/sek	
	pojedynczego działania	podwójnego działania
Aluminium	900	500
Stopy aluminium	—	150 ÷ 200
Mosiądz	1000	500
Miedź	750	430
Stal	300	180 ÷ 250
Stal nierdzewna	—	100 ÷ 150

Moc na kole zamachowym — z uwzględnieniem współczynnika sprawności prasy

$$N = k \frac{N_e}{\eta} = k \frac{An}{\eta 60 \cdot 75} \text{ KM}$$

gdzie η — współczynnik sprawności równy 0,6 ÷ 0,8,
 k — współczynnik nierównomierności, równy 1,2 ÷ 1,4.

Moc silnika

$$N_s = \frac{N}{\eta_1 1,36}$$

gdzie η_1 — współczynnik sprawności przekładni silnika.

Prędkość i jej wpływ na proces głębokiego ciągnięcia jest niedostatecznie jeszcze zbadany.

Poszczególne próby ciągnięcia małych przedmiotów stalowych świadczą o możliwości znacznego zwiększenia liczby skoków prasy i prędkości ruchu suwaka bez pogorszenia warunków ciągnięcia. Jednak nie dało się tego zrealizować przy ciągnięciu dużych przedmiotów typu części nadwozi samochodowych itp.

Niekiedy użytkowe pojęcie średniej prędkości ciągnięcia nie jest wielkością charakterystyczną z technologicznego punktu widzenia.

Konieczne jest określenie prędkości ciągnięcia jako prędkości narzędzia (lub suwaka prasy) na początku procesu ciągnięcia.

Prędkość ta zależy od kąta obrotu korby do chwili rozpoczęcia ciągnięcia i określa się ją z następującego uproszczonego wzoru

$$v = 0,105n \sqrt{h(H-h)}$$

gdzie v — prędkość suwaka na początku ciągnięcia w mm/sek,

H — wielkość skoku prasy w mm,

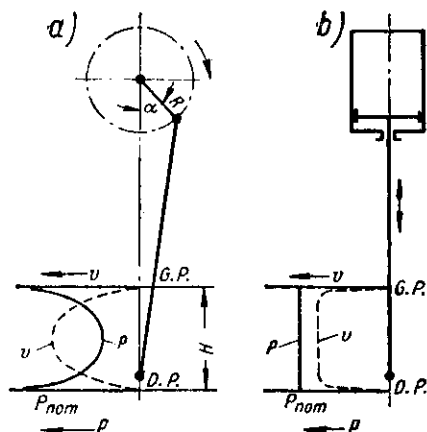
h — robocza część skoku w mm.

Na rys. 166 podano porównanie prędkości i siły dwóch typów pras — korbowej (rys. 166a) i hydraulicznej (rys. 166b). Prasa korbowa ma zmienną prędkość i zmienną rozwijaną siłę na przestrzeni skoku roboczego, a prasa hydrauliczna ma praktycznie stałą prędkość suwaka i siłę nacisku. Wskutek tego prasy hydrauliczne nadają się szczególnie dobrze do ciągnięcia. Tym tłumaczy się coraz szersze zastosowanie szybkobieżnych pras hydraulicznych do ciągnięcia.

Istniejące typy pras ciągowych są w większości przypadków wolnobieżne i przewidziane są do ręcznego podawania dużych półwyrobów.

Prędkość na początku ciągnięcia w większości istniejących pras zawarta jest zwykle w granicach:

w dużych prasach ciągowych przy $n = 6 \div 12$ skoków/min — $200 \div 350$ mm/sek,



Rys. 166. Porównanie prędkości i siły prasy korbowej (a) i hydraulicznej (b)

w małych prasach korbowych przy $n = 80 \div 150$ skoków/min — d 500 \div 700 mm/sek.

Do ciągnięcia tytanu i jego stopów przyjmuje się prędkość ciągnięcia 1,5 do 2 razy mniejszą niż dla stali.

23. Promienie zaokrągleń i luzy przy ciągnięciu

Promienie zaokrągleń krawędzi matryc ciągowych mają znaczny wpływ na proces ciągnięcia. Od nich zależą:

- 1) naprężenia w ciągnionym materiale i siła ciągnięcia,
- 2) wartość dopuszczalnego współczynnika ciągnięcia,
- 3) powstawanie naderwań i fałd.

Wpływ promienia zaokrąglenia matrycy na siłę ciągnięcia podano na rys. 165, z którego wynika, że zmniejszenie promienia zaokrąglenia powoduje zmniejszenie siły ciągnięcia.

Na rys. 167 przedstawiono wpływ promienia zaokrąglenia matrycy i stempla na graniczną dopuszczalną wartość współczynnika ciągnięcia.

Zwiększenie promienia zaokrąglenia krawędzi matrycy ułatwia proces ciągnięcia, ponieważ zmniejszają się naprężenia w niebezpiecznym przekroju, wskutek czego zwiększa się osiągalna głębokość ciągnięcia w jednej operacji.

Jednak zwiększenie promienia zaokrąglenia powoduje zmniejszenie powierzchni docisku i tworzenie się zmarszczek i fałd przy wyjściu materiału spod dociskacza.

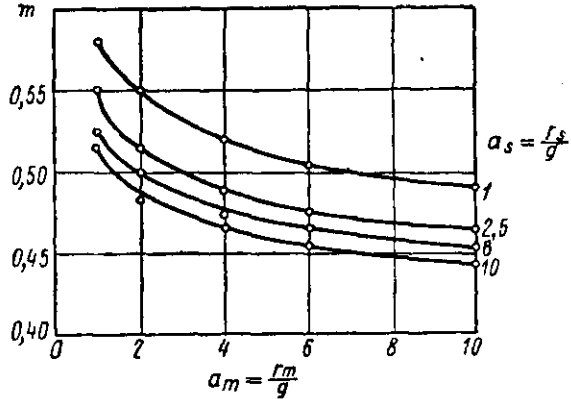
W celu uniknięcia tej wady W.E. Niedorietzow podał sposób ciągnięcia z dodatkowym dociskaczem, który przytrzymuje materiał na zaokrąglonej krawędzi matrycy (rys. 168), dzięki czemu powstała możliwość 2 \div 3-krotnego zwiększenia promienia zaokrąglenia krawędzi matrycy w stosunku do zwykle stosowanych promieni i zwiększenia stopnia ciągnięcia małych przedmiotów do $k = 2,5$ ($m = 0,4$) [72].

Ciągnięcie z dodatkowym dociskaczem w matrycy z dużym promieniem zaokrąglenia krawędzi roboczej ma następujące zalety:

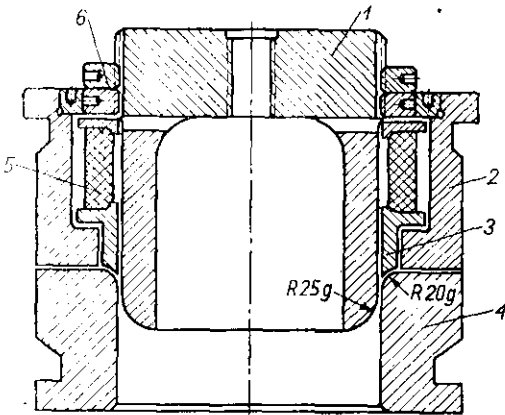
- 1) zwiększenie stopnia ciągnięcia,
- 2) uniknięcie powstawania fałd,
- 3) zmniejszenie ścienienia ścianki w pobliżu dna,
- 4) zmniejszenie siły ciągnięcia.

Sposób ten znalazł zastosowanie do wytwarzania przedmiotów z dwuwarstwowej blachy ze stali kwasoodpornej.

Rys. 167. Wpływ promienia zaokrąglenia matrycy i stempla na graniczną wartość współczynnika ciągnięcia (przy ciągnięciu mosiądzu)



W przypadku ciągnięcia przedmiotów z dużym kołnierzem nie występuje niebezpieczeństwo powstawania fałd w końcowym okresie ciągnięcia, ponieważ kołnierze nie wychodzi spod dociskacza, a więc w danym przypadku promienie zaokrąglenia krawędzi matrycy mogą być większe w porównaniu z promieniami zaokrąglenia krawędzi matrycy do ciągnięcia przedmiotów bez kołnierzy. W produkcji stoso-



Rys. 168. Ciagownik (wyłaczak) z dodatkowym dociskaczem: 1 — stempel, 2 — płaski dociskacz, 3 — dociskacz wklęsły, 4 — matryca, 5 — pierścień gumowy, 6 — pierścień naciskowy

wane są z dobrym wynikiem do ciągnięcia przedmiotów z kołnierzem promienie zaokrąglenia roboczych krawędzi matrycy wynoszące od 30 do 40g.

Stosunkowo cienkie półwyroby ($\frac{g}{D} 100 \leq 0,3$) wymagają większych promieni zaokrąglenia, a grube — mniejszych promieni.

W tabl. 96 podane są przybliżone wymiary promieni zaokrąglenia krawędzi matrycy z uwzględnieniem względnej grubości materiału wyjściowego.

Tablica 96. Promienie zaokrągleń ciągowych krawędzi matryc

Rodzaj ciągnięcia	Względna grubość materiału wyjściowego $\frac{g}{D} \cdot 100$		
	2,0 ÷ 1,0	1,0 ÷ 0,3	0,3 ÷ 0,1
bez kołnierza	(6 ÷ 8) g	(8 ÷ 10) g	(10 ÷ 15) g*)
z kołnierzem	(10 ÷ 15) g	(15 ÷ 20) g	(20 ÷ 30) g
z żebrami ciągowymi	(4 ÷ 6) g	(6 ÷ 8) g	(8 ÷ 10) g

*) Zaleca się stosowanie zaokrąglonej powierzchni dociskacza (rys. 168)

Przedstawione w tabl. 96 dane odnoszą się do operacji o normalnym współczynniku ciągnięcia. W razie płytkiego ciągnięcia i dużej wartości współczynnika m należy brać mniejsze promienie zaokrągleń matryc. W razie małego stopnia ciągnięcia bez dociskacza należy przyjmować promienie zaokrągleń krawędzi matryc w granicach 2 ÷ 4g, a dla małych przedmiotów stosować matryce stożkowe lub ewolwentowe (rys. 161).

W przypadkach ciągnięcia w jednej operacji przedmiotów z dużym kołnierzem przyjmuje się wymiar promienia zaokrągleń krawędzi matrycy równy rysunkowemu wymiarowi zaokrągleń pod kołnierzem. Nie zaleca się jednak stosowania promieni zaokrągleń mniejszych od 5 ÷ 8g.

W dalszych operacjach ciągnięcia promienie zaokrągleń krawędzi matryc stopniowo się zmniejsza i przyjmuje się równo

$$r_n = (0,6 \div 0,8) r_{n-1}$$

przy czym w pierwszych operacjach daje się większe zmniejszenie.

W razie wielotaktowego ciągnięcia w taśmie przyjmuje się zwykle współczynniki ciągnięcia nieco większe (patrz tabl. 72—73), dlatego można brać mniejsze promienie zaokrągleń matryc (tabl. 97).

Zaleca się wykonywanie tłoczników z minimalnymi promieniami zaokrągleń, aby mieć później możliwość ich powiększenia.

Do ciągnięcia w taśmie małych przedmiotów można stosować ciągnięcie od drugiej do ostatniej operacji w matrycach o jednakowym promieniu zaokrągleń krawędzi oraz operację dotłaczania. W operacji dotłaczania można zmniejszyć promień zaokrągleń 2 ÷ 5 razy, jednak nie może on być mniejszy niż $r = 0,5g$.

Promień zaokrągleń stempla ma znaczny wpływ na proces ciągnięcia. Umożliwia on zmniejszenie granicznej wartości współczynnika ciągnięcia (rys. 167). W wielooperacyjnym ciągnięciu należy unikać małych promieni zaokrągleń stempli jeszcze dlatego, że powodują one znaczne zmniejszenie grubości materiału w niebezpiecz-

Tablica 97. Promienie zaokrągleń matryc przy wielotaktowym ciągnięciu w taśmie

Operacja	Względna grubość materiału wyjściowego $\frac{g}{D} \cdot 100$		
	ponad 2,0	2,0 ÷ 1,0	1,6 ÷ 0,6
Pierwsze ciągnięcie	(2 ÷ 4) g	(3 ÷ 5) g	(4 ÷ 6) g
Dalsze ciągnięcia	(0,6 ÷ 0,7) r_{n-1}	(0,65 ÷ 0,7) r_{n-1}	(0,7 ÷ 0,8) r_{n-1}

nym przekroju. W następnej operacji miejsce o zmniejszonej grubości przesuwają się na boczną ściankę, podlega stycznym ściskaniu, powodującemu powstawanie wyraźnie widocznej pierścieniowej obwódki z małymi zmarszczkami, nie dającymi się usunąć w dalszych operacjach ciągnięcia.

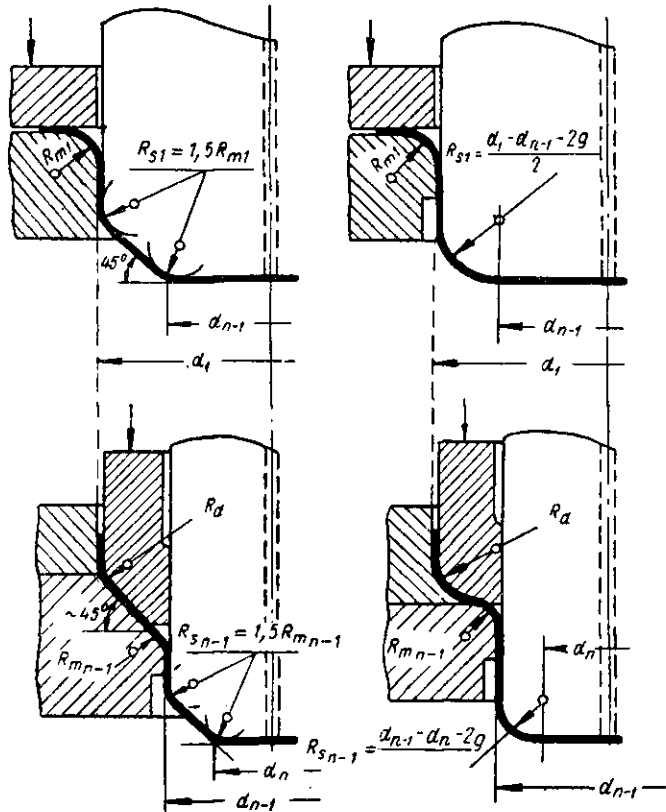
Promień zaokrąglenia stempla, do wielooperacyjnego ciągnięcia z dociskaczem, przyjmuje się:

a) w pierwszym ciągnięciu przy $\frac{g}{D} \cdot 100 > 0,6$ równy promieniowi zaokrąglenia matrycy, przy $\frac{g}{D} \cdot 100 = 0,6 \div 0,3$ — równy $1,5r_m$, przy $\frac{g}{D} \cdot 100 < 0,3$ — równy $2r_m$;

b) w dalszych przejściowych ciągnięciach — równy połowie zmniejszenia średnicy w danej operacji, lub z krawędziami stożkowo ściętymi pod kątem 45° ;

c) w ostatniej operacji — równy promieniowi przedmiotu.

W przypadku wielotaktowego ciągnięcia w taśmie małych przedmiotów przyjmuje się promień zaokrąglenia stempla nieco większy od promienia zaokrąglenia matrycy (od 3 do 6g).



Rys. 169. Promienie zaokrąglenia stempla i matrycy

Na rys. 169 przedstawione są robocze części tłoczników ciągowych oraz wzajemna zależność promieni zaokrąglenia stempla i matrycy [65].

Stemple i matryce ze stożkowo ściętymi krawędziami stosuje się zwykle do ciągnięcia walcowych przedmiotów o średnich i dużych wymiarach, a z zaokrąglonymi krawędziami — do stosunkowo małych przedmiotów ($d \leq 100$ mm) oraz do przed-

miotów z szerokim kołnierzem i o złożonym kształcie. Promienie zaokrągleń na ścięciach krawędzi stempli należy przyjmować równe $1,5 \div 2R_m$. Promienie zaokrągleń krawędzi stożkowej powierzchni dociskacza w następnej operacji R_d zaleca się przyjmować mniejsze, w celu zwiększenia naciągu i siły docisku ($R_d = R_m(n-1)$).

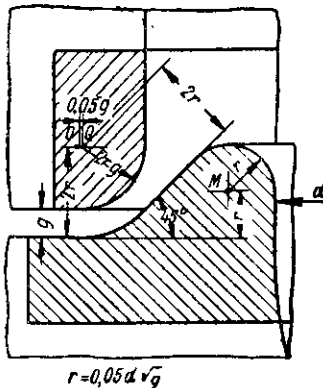
Do ciągnięcia grubych półwyrobów (krążków) w produkcji łusek i innych podobnych wyrobów przyjmuje się znacznie mniejsze promienie zaokrąglenia matryc (tabl. 98).

Tablica 98. Promienie zaokrągleń matryc do ciągnięcia bez dociskania miseczek z grubego materiału (54)

Grubość materiału g w mm	Promień zaokrąglenia matrycy pierwszego ciągnięcia
4 ÷ 6	(3 ÷ 4) g
6 ÷ 10	(1,8 ÷ 2,5) g
10 ÷ 15	(1,6 ÷ 1,8) g
15 ÷ 20	(1,3 ÷ 1,5) g

Dalsze ciągnięcia ze zmniejszaniem grubości ścianek wykonuje się w stożkowych matrycach.

Do ciągnięcia płytkich stożkowych, a także półkulistych przedmiotów stosuje się matryce o krawędziach roboczych wykonanych w postaci zębra ciągowego, którego wymiary podano na rys. 170.



Rys. 170. Wymiary zębra ciągowego matrycy (wg AWF)

Żebra ciągowe przeznaczone są do naciągania materiału podczas ciągnięcia, zwiększania naprężeń rozciągających i zmniejszania naprężeń stycznych oraz zapobiegania tworzeniu się fałd.

Dlatego w tłocznikach z żebrowanymi matrycami nie tylko nie zwiększa się promieni zaokrągleń matrycy, lecz odwrotnie przyjmuje się je małe — od 4 do 10 g .

Według normy AWF promień zaokrąglenia zębra ciągowego przyjmuje się równy $r = 0,05d \sqrt{g}$.

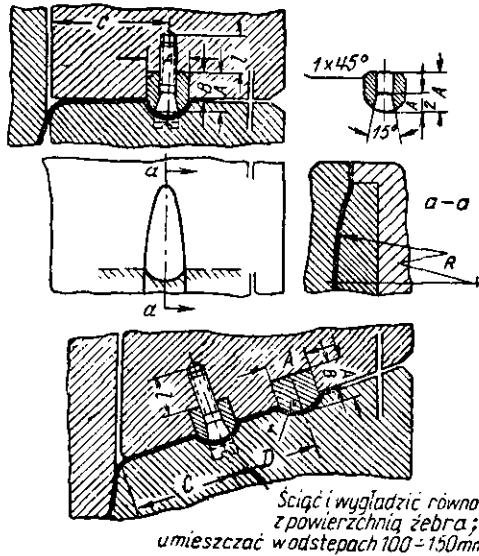
W tłocznikach do ciągnięcia dużych części nadwozia samochodu żebra ciągowe umieszcza się na dociskaczu, a na matrycy rowki. Najbardziej rozpowszechniona konstrukcja żebrowanych matryc przedstawiona jest na rys. 171, a zalecane ich wymiary podane są w tabl. 99 [138].

Tablica 99. Wymiary żeber ciągowych

Zastosowanie	Wymiary w mm							Gwint
	A	B	C	D	R	r	l	
Do dużych tłoczników	16	10	40	35	150	8,5	20	M8
Do średnich tłoczników	14	9	35	30	125	7,5	15	M6

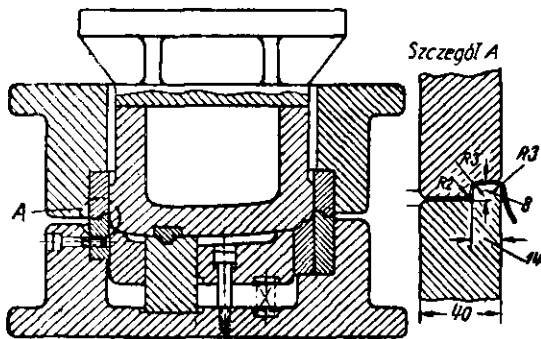
W celu zmniejszenia wymiarów materiału wyjściowego stosuje się żebra w postaci progów, umieszczone na ciągowych krawędziach matrycy i przeznaczone głównie do ciągnięcia płtych przedmiotów o łagodnym zarysie (rys. 172) [107].

Rys. 171. Konstrukcja żeber ciągowych w tłocznikach do części nadwozi samochodowych



Żebra te umożliwiają zmniejszenie szerokości kołnierza i wymiarów materiału wyjściowego.

Liczba i rozmieszczenie żeber zależy od kształtu zarysu przedmiotu, ukształtowania jego powierzchni i głębokości ciągnięcia. Żebra umieszcza się w miejscach



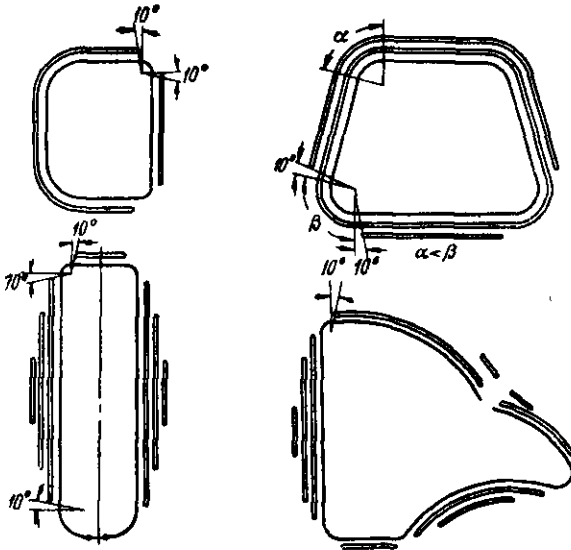
Rys. 172. Żebra ciągowie w postaci progów

lżejszego odkształcania, w których trzeba hamować przemieszczanie się materiału i zwiększyć naprężenia rozciągające.

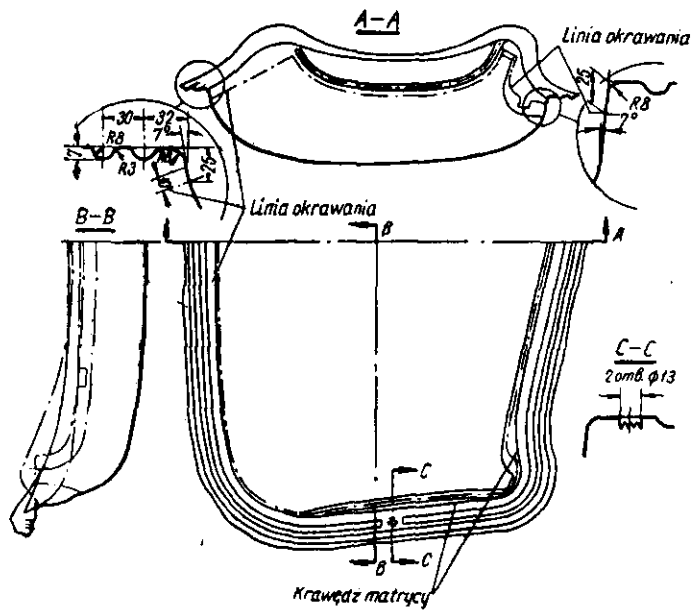
Na rys. 173 podane są przykłady rozmieszczenia żeber ciągowych dla niektórych

typów przedmiotów [353], a na rys. 174 przedstawione jest ciągnięcie dachu samochodu ЗИЛ-150 w tłocznikach z żebrami ciągowymi.

Jak widać z rys. 173 w miejscach naroży nie daje się żeber lub daje się jedno



Rys. 173. Przykłady rozmieszczenia żeber ciągowych (wg AWF)



Rys. 174. Wytłoczka dachu samochodu ЗИЛ-150

żebro, podczas gdy przy prostoliniowych długich ściankach umieszcza się dwa lub trzy żebra.

... Tłoczki z żebrami ciągowymi są złożone i drogie, szczególnie w razie krzywoliniowej powierzchni dociskacza. Tłoczki takie są nieekonomiczne i niestosowane w produkcji drobnoseryjnej. W NRD zamiast tłoczków z żebrami ciągowymi

znalazły zastosowanie tłoczniaki z elastycznymi dociskaczami o regulowanym nacisku [343].

Dociskacz składa się z elastycznej płyty dociskowej ze sklejki o grubości 16 mm (patrz tabl. 225).

Regulując długość każdej podpórki uzyskuje się wymagany nacisk na każdym odcinku zarysu ciągniętego przedmiotu w granicach 100 do 1000 kG.

W celu pomiaru nacisku wsporniki zaopatrzone są w hydrauliczne urządzenia pomiarowe z manometrami.

Luz między stemplem ciągowym i matrycą przewidziany jest w celu zmniejszenia tarcia między matrycą i materiałem. Określając luz należy uwzględnić zgrubienie obrzeża półwyrobu przy ciągnięciu i odchyłki grubości materiału. Ustalenie jednej wartości luzu dla wszystkich przypadków ciągnięcia jest niemożliwe, ponieważ ciągnięte przedmioty znacznie różnią się między sobą gabarytami, stopniem dokładności i warunkami technicznymi, a także sposobem ciągnięcia (bez dociskacza, z dociskaczem, z przewijaniem). Przy ciągnięciu małych przedmiotów z kalibrowaną grubością ścianek luz powinien być mniejszy, niż w przypadku zwykłego ciągnięcia.

Oprócz tego, w pierwszym przypadku wielkość luzu stopniowo zmniejsza się w kolejnych ciągnięciach, a w drugim — zwiększa się. Mały luz powoduje zwiększenie oporu ciągnięcia, zwiększenie naprężeń rozciągających w niebezpiecznym przekroju i zmniejszenie stopnia odkształcenia.

W tabl. 100 podane są wzory do obliczania luzów tłoczniaków ciągowych (wg danych НИИТА, z pewną korektą).

W razie ciągnięcia przedmiotów o niewielkiej stożkowatości ścianek przyjmuje się wartość luzu w zależności od wymaganego lub dopuszczalnego stopnia stożkowatości.

Tablica 100. Wartość jednostronnego luzu (szczeliny) przy ciągnięciu walcowych przedmiotów

Operacja ciągnięcia	Klasy dokładności ciągniętych przedmiotów	
	4 i 5	7, 8 i 9
Pierwsze ciągnięcie	$s = g + \delta + a$	$s = g + \delta + (1,5 \div 2) a$
Pośrednie ciągnięcia	$s = g + \delta + 2a$	$s = g + \delta + (2,5 \div 3) a$
Ostatnie ciągnięcie	$s = g + \delta$	$s = g + \delta + 2a$
<p>Uwaga: Najmniejsze wartości współczynnika podanego w nawiasach odnoszą się do grubych, a największe — do cienkich krążków $\left(\frac{g}{D} 100 = 1 \div 0,3\right)$</p> <p>Przyjęte oznaczenia:</p> <p>s — jednostronny luz (szczelina) między stemplem i matrycą w mm; g — nominalna grubość materiału w mm; δ — dodatnia odchyłka grubości materiału w mm; a — składnik dodatkowy określany z tabl. 101.</p>		

Tablica 101. Wartości składnika dodatkowego a w mm

Grubość materiału g w mm	0,2	0,5	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2	2,5	3	4	5
Składnik dodatkowy a w mm	0,05	0,1	0,12	0,15	0,17	0,19	0,21	0,22	0,25	0,3	0,35	0,4

Tablica 102. Jednostronne luzy przy ciągnięciu walcowych przedmiotów poddawanych następnie dotłaczaniu

Materiał	Wielkość luzu		
	przy pierwszym ciągnięciu	przy pośrednich ciągnięciach	przy dotłaczaniu (kalibrowaniem)
Stal miękka Mosiądz, aluminium	(1,3 ÷ 1,5) g (1,3 ÷ 1,4) g	(1,2 ÷ 1,3) g (1,15 ÷ 1,2) g	1,1g 1,1g
<p>Uwaga. Przy ciągnięciu z dotłaczaniem bardzo wysokich przedmiotów o małej średnicy ($d < 30 \text{ mm}$ i $\frac{h}{d}$ od 2 : 1 do 6 : 1) zaleca się w celu zmniejszenia liczby operacji stosować ciągnięcie ze zmniejszaniem grubości ścianek i luzem jednostronnym mniejszym od grubości materiału (rys. 138).</p>			

W tabl. 102 podane są uogólnione wielkości luzów przy ciągnięciu z dociskaczem przedmiotów poddawanych dotłaczaniu.

W przypadku ciągnięcia bez dociskacza (bez zmniejszania grubości ścianek), uwzględniając możliwość powstawania fałd, należy dawać luz największy w podanym w tabl. 100 zakresie.

W razie ciągnięcia ze zmniejszaniem grubości ścian jednostronny luz (szczelinę) między stemplem i matrycą przyjmuje się mniejszy od grubości materiału, odpowiadający stopniowi odkształcenia:

$$E = \frac{F_1 - F_2}{F_1} = \frac{d_1 g_1 - d_2 g_2}{d_1 g_1} \approx \frac{g_1 - g_2}{g_1}$$

Średnie wartości stopnia odkształcenia podano w tabl. 80.

W przypadku ciągnięcia przedmiotów prostokątnych luz między stemplem i matrycą w narożnikach powinien być o 0,1g większy od luzu na prostych odcinkach zarysu ze względu na znaczne zgrubienie materiału w narożnikach.

Odnosnie do położenia luzu przyjmuje się następujące zasady:

1. We wszystkich operacjach oprócz ostatniej położenie luzu jest obojętne.
2. W ostatniej operacji:

a) w przypadku ciągnięcia przedmiotów o danym zewnętrznym wymiarze luz daje się kosztem zmniejszenia wymiaru stempla, przyjmując

$$d_m = D_{zew. \text{ przed.}}; \quad d_s = d_m - 2s$$

b) w przypadku ciągnięcia przedmiotów o danym wymiarze wewnętrznym luz daje się kosztem zwiększenia wymiaru matrycy, przyjmując

$$d_s = d_{zew. \text{ przed.}}; \quad d_m = d_s + 2s$$

gdzie: d_m i d_s — średnice matrycy i stempla w mm,

s — szczelina między stemplem i matrycą w mm.

24. Smarowanie przy ciągnięciu

Celem smarowania przy ciągnięciu jest zmniejszenie tarcia między materiałem i narzędziami, zmniejszenie naprężeń w materiale i zabezpieczenie tłoczników od nalepiania cząstek materiału obrabianego na powierzchnie narzędzi.

Tłoczники ciągowe muszą być wycofywane z produkcji nie wskutek całkowitego ich zużycia, lecz ze względu na powstawanie zadziorów, zadrapań i innych uszkodzeń powierzchni tłoczonych przedmiotów.

Smar powinien mieć następujące własności:

- 1) tworzyć wytrzymałą, nie zasychającą warstewkę, mogącą przenieść znaczne naciski;
- 2) dawać dobre przyleganie i równomierne rozmieszczenie warstwy smaru na powierzchni;
- 3) umożliwić łatwe usuwanie smaru z powierzchni przedmiotów;
- 4) nie uszkadzać chemicznie ani mechanicznie przedmiotów i narzędzi;
- 5) być chemicznie obojętny i trwały.

W produkcji stosuje się dużo różnych smarów o różnym składzie, które mogą być podzielone na dwie grupy — smary bez napelniaczy i smary z napelniaczami.

Ustalono doświadczalnie, że smary bez napelniaczy nie dają dostatecznie wytrzymałej warstwy i stosunkowo łatwo dają się wyciskać.

Najlepsze są smary o dużej zawartości napelniaczy (kredy, talku, grafitu) zmniejszające współczynnik tarcia 2 ÷ 3 razy i zwiększające trwałość tłocznic 2 ÷ 5 razy w porównaniu z trwałością tłocznic w przypadku zastosowania smarów bez napelniaczy.

W tabl. 103 podane są wartości współczynników tarcia przy ciągnięciu ze smarowaniem i bez smarowania [171].

W tabl. 104 podane są receptury smarów, które dały dobre wyniki przy ciągnięciu niskowęglowych stali (wg danych ЦНИИТМАШ i ЗИС); w tabl. 105 — sposoby smarowania, stosowane do ciągnięcia ze zmniejszeniem grubości ścianek przedmiotów ze stali niskowęglowej, a także w procesach przeprowadzanych pod wysokimi ciśnieniami; w tabl. 106 — smary do ciągnięcia metali nieżelaznych i stali nierdzewnych.

Ciągnięciu przedmiotów ze stopów magnezu i stopów tytanu w stanie nagrzanym towarzyszy szybkie nalepianie cząstek stopu na narzędzia, co jest przyczyną powstawania zadrapań i zadziorów na powierzchniach przedmiotów.

Smary stosowane do ciągnięcia stopów magnezu powinny zachowywać swoje własności w temperaturze do 300 ÷ 350°C.

Smary zaroodporne do ciągnięcia magnezowych i tytanowych stopów podane są w tabl. 107.

Smar nr 4 stosuje się w postaci brykietów do nacierania półwyrobów przy tłoczeniu gumą. Smar nr 5 stosuje się do posypywania powierzchni.

Grafit należy dokładnie usuwać z gotowych przedmiotów za pomocą zanurzenia ich na 1 ÷ 3 min w wannie z wodnym roztworem 15 ÷ 20-procentowego kwasu chromowego i 5-procentowej NaNO_3 .

Smarowanie pasów i taśm wykonuje się zwykle za pomocą przepuszczania ich

Tablica 103. Wartości współczynnika tarcia przy ciągnięciu ze smarowaniem i bez smarowania

Warunki ciągnięcia	Ciągniony materiał		
	Stal 08 ВГ	Aluminium	Duralumin Д16М
Bez smarowania	0,18 ÷ 0,20	0,25	0,22
Smar — olej mineralny maszynowy	0,14 ÷ 0,16	0,15	0,16
Smar z napelniaczem (kreda, grafity)	0,06 ÷ 0,10	0,10	0,08 ÷ 0,10

Tablica 104. Receptury smarów do ciągnięcia stali niskowęglowej

Skład smaru	Skład w % wagowych	Uwagi
Olej wrzecionowy Tłuszcz rybi Grafit Kwas oleinowy Siarka Mydło zielone Woda	43 8 15 8 5 6 15	Smar ten daje b. dobre wyniki Siarkę należy dodawać w postaci proszku
Olej wrzecionowy Solidol ¹⁾ Talk Siarka Spirytus	40 40 11 8 1	Siarkę należy dodawać w postaci proszku
Olej wrzecionowy Solidol Grafit Siarka Spirytus Woda	20 40 20 7 1 12	Siarkę rozpuszcza się w oleju wrzecionowym w temp. ok. 160° C. Wadą smaru jest rozwarstwianie się go przy długim przechowywaniu
Olej wrzecionowy Sulfonowany olej rycynowy Tłuszcz rybi Kreda Kwas oleinowy Wodorotlenek sodowy Woda	33 1,5 1,2 45 5,5 0,7 13	Smar łatwo się usuwa; stosuje się do ciężkiego tłoczenia
Olej wrzecionowy Solidol Tłuszcz rybi Kreda Kwas oleinowy Woda	12 25 12 20,5 5,5 25	Smar ten jest nieco gorszy od podanych wyżej
Mydło zielone Woda	20 80	Rozpuścić mydło w wodzie przy temperaturze 60—70°C. Łatwo rozpuszczalny smar; stosuje się do ciągnięcia kulistych i parabolicznych przedmiotów
Olej emulgujący Kreda Soda kalcynowana Woda	37 45 1,3 16,7	Smar rozpuszczalny Polepsza się przy dodaniu 3-procentowego sulfonowanego oleju rycynowego
Olej wrzecionowy „3” Mydło naftowe Talk Gips	52,5 20 25 2,5	Nowy rodzaj smaru stosowany w zakładach Budowy Samochodów w Gorki do złożonych ciągnięć
Olej wrzecionowy „3” Mydło naftowe Talk Gips Mąka drzewna	52—54 20 18—20 2,5 5,5	Smar ГАЗ do ciągnięcia dużych przedmiotów

1) Rodzaj smaru stałego

Tablica 105. Zalecane sposoby smarowania przy ciągnięciu ze ścienianiem ścianek przedmiotów ze stali niskowęglowej oraz przy prasowaniu na zimno

Sposób smarowania	Zawartość składników	Uwagi
Miedziowanie w roztworze: siarczan miedziowy sól kuchenna kwas siarkowy klej stolarski woda	4,5 ÷ 5 kg 5 kg 7 ÷ 8 l 200 g 80—100 l	Klej rozpuszcza się najpierw w gorącej wodzie, następnie rozpuszcza się pozostałe składniki. Miedziowane półwyroby przechowuje się w gorącym mydlanym roztworze, z którego podaje się je do ciągnięcia
Przyspieszone fosforanowanie w roztworze fosforanów z następnym zanurzeniem w gęstej emulsji mydlanej i wysuszeniem. Skład kąpieli: kwas ortofosforowy azotan cynkowy fosforan cynkowy azotan sodowy wodorotlenek sodowy azotan sodowy Inną metodą przyspieszonego fosforanowania jest proces bonderyzacji w gorącym roztworze preparatu „mażer” ТУНХХП 1098—44)	Na 1 l wody 23 cm ³ 72,4 g 13,2 g 7,56 g 4,5 g 1,0 g	Przebieg przygotowania kąpieli: 1) rozpuszcza się w wodzie azotan cynkowy i wlewa do wanny; 2) rozpuszcza się w kwasie ortofosforowym fosforan cynkowy i wlewa się do kąpieli; 3) rozpuszcza się w wodzie azotan sodowy i wlewa się do kąpieli; 4) rozpuszcza się w wodzie wodorotlenek sodowy i wlewa się do kąpieli; 5) uzupełnia się kąpiel wodą do wymaganej objętości i starannie miesza się. Temperatura kąpieli 25 ÷ 40°C, przetrzymywanie w kąpieli 12 ÷ 20 min; powłoka drobnoporowata, szarego koloru; przed fosforanowaniem półwyrobu należy go starannie odtłuścić, po fosforanowaniu przemycia się półwyroby gorącą wodą i zanurza się na 2 godziny w gęstej emulsji mydlanej a następnie suszy się je. Fosforanowanie powinno być wykonywane bezpośrednio przed tłoczeniem, ponieważ powłoki fosforanowocynkowe nie wytrzymują długiego przechowywania. Powłokę fosforanową usuwa się za pomocą przemycia w gorącym roztworze alkalicznym.

Tablica 106. Smary do ciągnięcia metali nieżelaznych i stali nierdzewnej

Metal	Rodzaj smaru
Aluminium Duralumin Miedź, mosiądz, brąz Nikiel i jego stopy Stal nierdzewna 2X13(3Ж-2) Stal nierdzewna 1X18H9T (3Я1Т) Stal zaroodporna Tytan i jego stopy (w stanie zimnym)	Olej roślinny (sojowy), wazelina techniczna Emulsja z olejów roślinnych Olej rzepakowy lub emulsja mydłano-olejowa (mieszanina ze stężonym roztworem mydlanym) Emulsja mydłano-olejowa Ziarnista mieszanina oleju wrzecionowego, grafitu, zielonego mydła i wody Utlenione petrolatum (ОП65); lakier chlorowinyłowy ХВЛ21 (ТУ МХП2497-51) Bitum asfaltowy + 50% utlenionego petrolatum; lakier chromowinyłowy ХВЛ 1. Grafitowy koloidalny wodny preparat marki B-0 lub B-1 (ГОСТ 5245-50). Zasycha przy 20° w czasie 15—30 sek. 2. Lakier chlorowinyłowy ХВЛ-21. Powtórka zasycha w czasie 2—5 min. 3. Pokrycie fosforanowe z naniesioną warstwą suchego smaru (mieszanina grafitu z dwusiarczkiem molibdenu) lub pomiedziowanie

Tablica 107. Skład smarów żaroodpornych

Nr smaru	Skład smaru
1	Grafitowy koloidalny wodny preparat marki B-0 lub B-1 (do stopów tytanowych)
2	Lakier żaroodporny ФГ-9 (ТУ МХП2273-53) do stopów tytanowych
3	40% proszku aluminiowego + 60% parafiny (w postaci brykietów)
4	40% talku + 60% parafiny (w postaci brykietów)
5	Sproszkowany grafit koloidalny
6	20% sadza naftowa + 20% siarka + 20% wosk + 40% wazelina
7	5÷10-procentowy roztwór grafitu w czterochlorku węgla
8	65% oleju „Wapor” + 35% grafitu
9	65% parafiny + 35% łożu technicznego
10	15% wosku + 7% kwasu stearynowego + 3% etanoloamina + 75% wody

między obracającymi się filcowymi wałcami, zwilżanymi w sposób ciągły smarem podczas podawania pasa do tłocznika.

Małych pojedynczych półwyrobów przeznaczonych do tłoczenia na automatach z bębniami zasobnikowymi zwykle nie smaruje się, ponieważ nasmarowane półwyroby sklejają się w bębnie i zakłócają pracę automatu. Ciągnięcie bez smarowania powoduje zwiększenie zużycia narzędzi oraz konieczność zmniejszenia stopnia odkształcenia w kolejnych ciągnięciach (powiększenia współczynników ciągnięcia).

Smarowanie dużych pojedynczych półwyrobów wykonywane jest zwykle za pomocą zanurzenia lub ręcznie — pędzlem.

Zaleca się przestrzeganie następujących zasad smarowania pojedynczych półwyrobów:

1) nie należy wykonywać całkowitego smarowania półwyrobów za pomocą zanurzenia;

2) smar należy nanosić tylko z jednej strony — na kołnierz przylegający do matrycy lub okresowo smarować matrycę;

3) smarowanie stempla lub półwyrobu od strony przylegającej do stempla jest niedopuszczalne, ponieważ ułatwia to ślizganie materiału po stemple i powoduje zmniejszanie grubości materiału;

4) należy usuwać z czoła i zaokrąglonych krawędzi stempla wszelkie ślady smaru; w celu zwiększenia tarcia między stemplem i obrabianym materiałem (według tych wskazań nie należy polerować roboczych powierzchni stempla).

Zaleca się wykonywanie pierwszego ciągnięcia przedmiotów z cienkich materiałów ($\frac{r}{D} 100 < 0,3$) bez smarowania, ponieważ smar zmniejsza tarcie powierzchniowe między kołnierzem i narzędziem, powodując powstawanie fałd.

Należy smarować tylko krawędzie ciągowe matrycy w celu przeciwdziałania ich zużyciu się, nalepianiu cząstek materiału i powstawania zadziórów.

Zalecanie to może być przyjęte w przypadku ciągnięcia przedmiotów kulistych paraboloidalnych i stożkowych z cienkiego materiału, łatwo tworzącego fałdy.

W dalszych ciągnięciach należy smarować tylko zewnętrzną stronę kaptura lub roboczy otwór matrycy.

Smarowany materiał wyjściowy należy starannie chronić przed zanieczyszczeniem, gdyż w przeciwnym przypadku nieuniknione są uszkodzenia wytwarzanych przedmiotów i tłoczników.

Usuwanie smaru z wytłoczek wykonuje się jednym z następujących sposobów:

- 1) odtuszczanie na gorąco w kąpeli ługowej,
- 2) odtuszczanie elektrolityczne,

- 3) rozpuszczanie tłuszczu benzyną lub trójchloroetylenem (z przestrzeganiem zasad bezpieczeństwa pracy),
- 4) czyszczenie ultradźwiękowe (małe przedmioty),
- 5) rozpuszczanie warstwy XBЛ-21 w rozcieńczalnikach P4 lub P5,
- 6) rozpuszczanie warstwy ФГ-9 w organicznych rozpuszczalnikach (toluen, ksylen).

25. Specjalne sposoby ciągnięcia

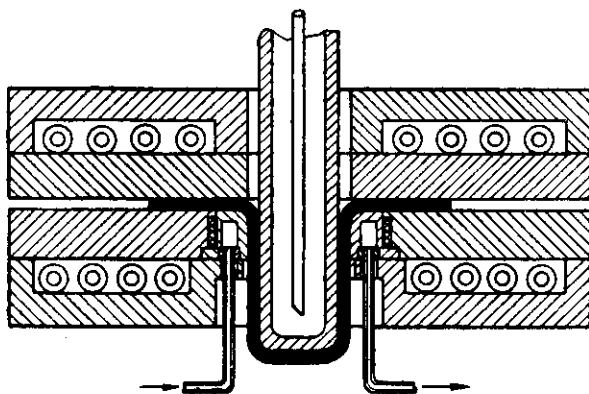
Rozpatrywane wyżej podstawowe sposoby ciągnięcia są szeroko stosowane prawie we wszystkich gałęziach przemysłu metalowego. Jednak w szeregu przypadkach seryjnej i drobnoseryjnej produkcji są one niedostatecznie racjonalne.

Na przykład nie zawsze jest do przyjęcia wielooperacyjne ciągnięcie przedmiotów o złożonym kształcie, wymagające dużej ilości tłoczników. Oprócz tego konieczność szybkiego opanowania nowych typów przedmiotów spowodowała potrzebę stworzenia procesów, w których zastosowane byłyby tańsze przyrządy uniwersalne lub częściowo uniwersalne.

W wyniku prac przeprowadzonych w celu ułatwienia i intensyfikacji procesu głębokiego ciągnięcia stworzono i opanowano specjalne sposoby ciągnięcia dostosowane do specyficznych warunków danego zakładu wytwórczego. Do sposobów tych zalicza się: 1) ciągnięcie z miejscowym podgrzewaniem i ochładzaniem półwyrobów, 2) ciągnięcie gumą, 3) ciągnięcie hydrauliczne, 4) ciągnięcie na młotach spadowych, 5) obciążanie, 6) ciągnięcie cierne, 7) ciągnięcie sprężonym powietrzem.

Ciągnięcie z miejscowym podgrzewaniem i ochładzaniem półwyrobów [15, 121]

Istota procesu ciągnięcia z miejscowym podgrzewaniem i ochładzaniem półwyrobu polega na tym, że w celu zwiększenia głębokości ciągnięcia zwiększa się plastyczność i zmniejsza znacznie opór odkształcania kołnierza półwyrobu za pomocą nagrzewania go między ogrzewanymi powierzchniami matrycy i dociskacza.



Rys. 175. Schemat ciągnięcia z miejscowym podgrzewaniem i ochładzaniem materiału

Metal wciągany w szczelinę między matrycą i stemplem ochładza się oddając ciepło stemplowi ochładzanemu przepływającą wodą (rys. 175).

W ten sposób zwiększa się plastyczność kołnierza półwyrobu przy jednoczesnym zwiększeniu wytrzymałości materiału w niebezpiecznym przekroju, co umożliwia

osiągnięcie w jednej operacji bardzo dużego stopnia odkształcenia. Sposób ten był opracowany do ciągnięcia przedmiotów ze stopów magnezu mających małą plastyczność w stanie zimnym i znalazł szerokie zastosowanie w produkcji samolotów we wszystkich krajach.

W ostatnich latach ciągnięcie z podgrzewaniem znalazło zastosowanie w tłoczeniu przedmiotów z tytanu i stopów tytanu odznaczających się małą plastycznością w stanie zimnym, silnym umacnianiem i powstawaniem pęknięć.

Ciągnięcie stopów magnezu

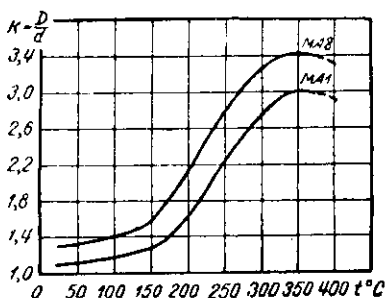
Do tłoczenia stosuje się dwa gatunki stopów magnezu: MA1 i MA8.

Najodpowiedniejsza temperatura ciągnięcia dla stopów magnezu jest: dla stopu MA1—320÷350°C, a dla stopu MA8—300÷350°C.

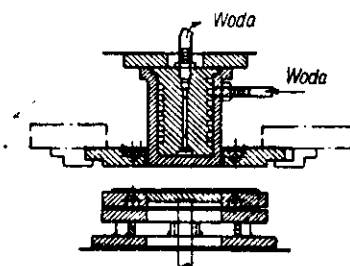
Na rys. 176 przedstawiony jest wykres podający zależność stopnia ciągnięcia od temperatury nagrzania półwyrobu.

Ciągnięcie stopów magnezowych wykonuje się nie przy najmniejszych, lecz przy nieco zwiększonych, optymalnych współczynnikach ciągnięcia podanych w tabl. 108.

Między pierwszą i drugą operacją ciągnięcia półwyroby poddaje się wyżarzaniu w temperaturze 260÷350°C z przetrzymaniem około godziny.



Rys. 176. Zmiana współczynnika ciągnięcia stopów magnezu w zależności od temperatury nagrzania materiału



Rys. 177. Tłocznik z elektrycznym podgrzewaniem matrycy i dociskacza oraz z ochładzaniem wodą stempla przeznaczony do ciągnięcia stopów magnezu

Do ciągnięcia stopów magnezu stosuje się tłoczniaki z elektrycznym ogrzewaniem matrycy i pierścienia dociskacza oraz z wodnym chłodzeniem stempla (rys. 177).

Stempel należy ochładzać do temperatury 70÷100°C, w przeciwnym przypadku powstaje nadmierna plastyczność i rozrywanie półwyrobów.

Półwyroby nagrzewa się jednym z następujących sposobów:

- 1) nagrzewanie od podgrzanego tłoczniaka,
- 2) oddzielne nagrzewanie półwyrobu i tłoczniaka,
- 3) nagrzewanie tylko półwyrobu.

Tablica 108. Optymalne współczynniki ciągnięcia stopów magnezu

Marka stopu	W stanie zimnym	W stanie nagrzany do 330÷350°C	
		pierwsze ciągnięcie	dalsze ciągnięcia
MA1	0,87÷0,92	0,45÷0,50	0,57÷0,67
MA8	0,80÷0,85	0,38÷0,45	0,54÷0,64

Najlepsze wyniki uzyskuje się stosując pierwszy i drugi sposób. Przy trzecim sposobie nagrzewanie półwyrobów przeprowadza się w piecach elektrycznych, na płytach podgrzewanych gazem lub elektrycznie, albo w kąpeli olejowej.

Ciągnięcie stopów tytanu [33]

Do tłoczenia wyrobów z blachy stosuje się następujące gatunki stopów tytanu: BT1 (ЦМТУ 4754—56) i BT5 (ЦМТУ 4775—56).

Stop BT1 wytwarzany jest w dwóch gatunkach: BT1-1 i BT1-2. Pierwszy ma dobrą plastyczność w stanie zimnym i tłoczy się go bez nagrzewania (lub z nagrzewaniem w celu zmniejszenia liczby operacji i uzyskania większego stopnia odkształcenia).

Stop BT1-2 jest mało plastyczny w stanie zimnym, a wysoką plastyczność wykazuje na gorąco i zwykle tłoczy się go w stanie nagrzanym.

Stop BT5 ma wysoką żaroodporność i dlatego nie zwiększa się jego plastyczność przy nagrzewaniu. Tłoczy się go zwykle w stanie zimnym stosując mały stopień odkształcenia.

Optymalna temperatura tłoczenia stopu BT1 wynosi $350 \div 400^{\circ}\text{C}$.

Do tłoczenia przedmiotów o złożonym kształcie można stosować wyższą temperaturę wynoszącą do 500°C . W przypadku tłoczenia technicznie czystego tytanu stosuje się nagrzewanie do temperatury od 200 do 360°C . W zależności od wymiarów półwyrobów i rodzaju operacji tłoczenia stosuje się następujące sposoby nagrzewania półwyrobów:

- 1) w elektrycznych piecach muflowych,
- 2) na płytach grzewczych,
- 3) stykowo od gorącego tłoczniaka,
- 4) elektrooporowo,
- 5) ekranami odbijającymi,
- 6) grzejnikami gazowymi,
- 7) indukcyjnie.

Najbardziej rozpowszechnione jest nagrzewanie w piecach elektrycznych mufłowych z automatycznym regulowaniem temperatury.

Nagrzewanie od płyt grzewczych stosowane jest do tłoczenia gumą (wraz z nagrzewaniem bloków matrycowych). Nagrzewanie stykowe od tłoczniaka stosuje się w przypadkach niezbyt wysokich temperatur nagrzania i tylko do cienkich półwyrobów, ponieważ stopy tytanu mają małe przewodnictwo cieplne.

Nagrzewanie elektrooporowe stosuje się do dużych półwyrobów o wydłużonym kształcie, przy czym nagrzewanie przeprowadza się na prasie i nawet w czasie operacji (napięcie od 2 do 18V). Wykorzystuje się tu wysoką oporność elektryczną tytanu i szybkość nagrzewania przy przepływie prądu elektrycznego.

Nagrzewanie ekranami odbijającymi jest rzadko stosowane, ponieważ wymaga długiego czasu.

Nagrzewanie płomieniem gazowym jest sposobem przestarzałym i stosuje się tylko przy wyoblaniu i ręcznym wykonaniu prototypów.

Indukcyjne nagrzewanie stosuje się do długich pasów przy wycinaniu płaskich półwyrobów. Induktor ma wąski otwór, przez który przepuszcza się pas materiału wyjściowego.

Stopy tytanu poddaje się następującym operacjom tłoczenia:

- 1) tłoczenie zwykłymi tłoczniakami,
- 2) tłoczeniu gumą na prasach hydraulicznych,
- 3) tłoczeniu na młotach spadowych,
- 4) obciążaniu na obciążarkach.

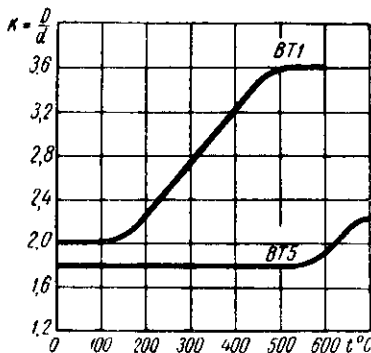
Tablica 109. Optymalne współczynniki ciągnięcia stopów tytanu

Marka stopu	W stanie zimnym	W stanie nagrzanym do 300—400°C
BT1-1 BT1-2 BT5	0,57—0,60 — 0,62—0,65	0,40÷0,45 0,40—0,45 —

Przy ciągnięciu stopów tytanu może być uzyskany w zależności od ich temperatury graniczny stopień ciągnięcia podany na rys. 178. Jednak ciągnięcie stopów tytanu przeprowadza się nie w granicznych, lecz w nieco zmniejszonych stopniach ciągnięcia podanych w tabl. 109.

Opór odkształcenia przy temperaturze $t = 300 \div 400^\circ\text{C}$ wynosi 10 do 25 kG/mm² w zależności od stopnia odkształcenia.

Przy tłoczeniu na gorąco stopów tytanu tłocznik powinien mieć podgrzewaną matrycę i pierścień dociskowy niezależnie od nagrzewania półwyrobów.



Rys. 178. Największy stopień ciągnięcia stopów tytanu w zależności od temperatury nagrzania

Dużym utrudnieniem ciągnięcia stopów tytanu jest nalepienie cząstek materiału na narzędzia, wskutek czego dopuszczalna jest tylko niewielka prędkość ciągnięcia (nie większa od 250 mm/sek) i wymagane jest okresowe polerowanie narzędzi tłoczników.

Zarówno przy tłoczeniu stopów tytanu na zimno, jak i na gorąco, powstaje zgniot i wymagane jest międzyoperacyjne oraz końcowe wyżarzanie w celu usunięcia zgniotu. W przeciwnym przypadku na tłoczonych przedmiotach powstają pęknięcia od działania naprężeń własnych (szczątkowych). Wyżarzanie międzyoperacyjne i końcowe stopów tytanu przeprowadza się przy temperaturze 550 ÷ 600°C dla stopu BT1 i 650 ÷ 700°C dla stopu BT5.

Czas przetrzymywania wynosi 10 ÷ 15 min na 1 mm grubości, z chłodzeniem w powietrzu. Po wyżarzeniu przeprowadza się trawienie w celu oczyszczenia ze zgorzeli.

Stale stosowane na zwykłe tłoczniaki nie nadają się w przypadku tłoczenia stopów tytanu ze względu na nalepienie się metalu i powstawanie zadziorów. Dlatego zaleca się następujące materiały na tłoczniaki:

- 1) Do ciągnięcia na zimno
 - stal grafitowana w gatunku ЭИ366 i ЭИ299
 - żeliwo chromoniklowe Ч4 35—52 i Ч4 32—52
 - żeliwo magnezownikowe МН (АМТУ 315—52)

- brąz aluminiumo-żelazowo-niklowy БрАЖН 10—44 i БрАЖН 11—6—6
- metaloceramiczne spieki BK6—BK8

2) Do ciągnięcia na gorąco

- żaroodporne stopy typu ЭИ 437 i ЭИ 617 (odporność do 900°C)
- stal 5 ХГМ i 3 Х 2В8 (odporność do 300÷400°C)
- metaloceramiczne spieki BK6—BK8 (odporność do 700°C).

Do obróbki stopów tytanu stosowane jest szeroko tłoczenie gumą wykonywane na prasach hydraulicznych.

Tłoczenie gumą stosowane jest tylko do stopów BT1 i wykonywane jest z podgrzewaniem materiału do temperatury 300÷400°C. Tłoczники (metalowe elementy kształtujące) również podgrzewa się do temperatury 150°C od płyty podstawowej.

Tłoczenie wykonuje się odporną na wysoką temperaturę poduszką z plastrów gumy marki 5168 (wg ТУ МХП 1166—51 p), o trwałości 50÷60 ściskań w temperaturze 300°C.

Aby uniknąć nalepiania się gumy na przedmiot stosuje się smary w postaci brykietów lub zasypek, podane w tabl. 107.

W celu zwiększenia trwałości gumy stosuje się między nią i podgrzanym półwyrobem przekładki z włókna szklanego lub płótna azbestowego. Nacisk jednostkowy gumy przy tłoczeniu przedmiotów ze stopów BT1 wynosi 80÷200 kG/mm² i zależy od stopnia złożoności kształtu przedmiotu.

Ciągnięcie stopów aluminium i innych

Metoda ciągnięcia z miejscowym podgrzewaniem i ochładzaniem półwyrobu stosowana jest do wykonywania przedmiotów z aluminium, duraluminu, mosiądzu i stali 08, przy czym doświadczalnie opanowano wykonanie szeregu przedmiotów o różnych kształtach przekrojów [309, 121].

Przy ciągnięciu z podgrzewaniem przedmiotów z duraluminu doświadczalnie używano współczynniki ciągnięcia $m = 0,32$, co odpowiada stosunkowi wysokości do średnicy $\frac{h}{d} = 2,3$.

Najbardziej efektywne jest stosowanie ciągnięcia z podgrzewaniem kołnierza do wykonywania przedmiotów w postaci naczyń prostokątnych i kwadratowych oraz o bardziej złożonym kształcie (trójkątnym, sześciokątnym, owalnym itp.).

W jednej operacji ciągnięcia z podgrzewaniem można wykonać głębokie kwadratowe lub prostokątne naczynie, które w razie zastosowania zwykłego ciągnięcia

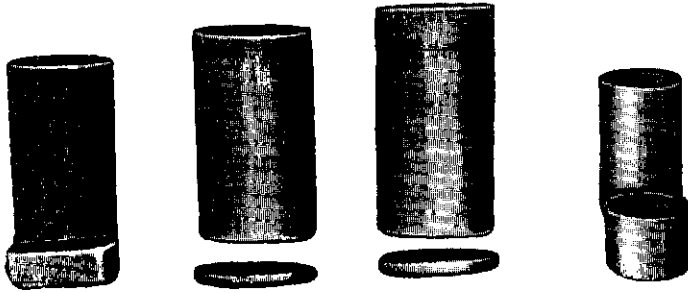
Tablica 110. Graniczna głębokość ciągnięcia z podgrzewaniem kołnierza

Materiał	Temperatura nagrzania kołnierza w °C	Graniczna głębokość $\frac{h}{d}$ i $\frac{h}{a}$ przedmiotów		
		walcowych	kwadratowych	prostokątnych
Aluminium АМ	325	1,44	1,5 ÷ 1,52	1,46 ÷ 1,6
Stop aluminium АМцМ	325	1,30	1,44 ÷ 1,46	1,44 ÷ 1,55
Duralumin Д16АМ	325	1,65	1,58 ÷ 1,82	1,50 ÷ 1,83
Stopy magnezu МА1 МА8	375	2,56	2,7 ÷ 3,0	2,93 ÷ 3,22

Uwaga: h — głębokość, d — średnica, a — bok kwadratu

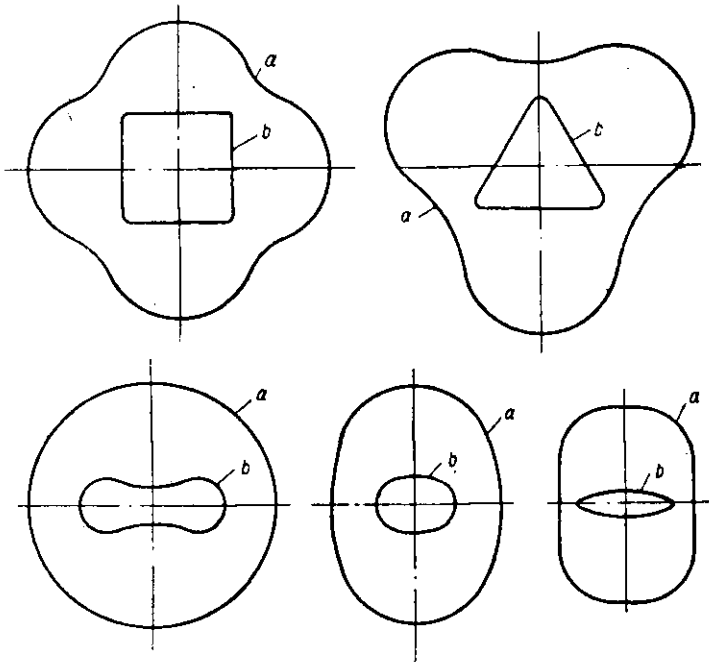
wymaga 3 do 5 operacji; w celu wykonania przedmiotów o bardziej złożonym kształcie trzeba 8 i więcej operacji ciągnięcia na zimno.

Graniczna wysokość względna przedmiotu w jednym zabiegu (operacji) $\frac{h}{d}$ i $\frac{h}{a}$ podana jest w tabl. 110.



Rys. 179. Przedmioty ze stopów aluminium wykonane za pomocą ciągnięcia z miejscowym podgrzewaniem i ochładzaniem wraz z przedmiotami (w pierwszym szeregu) uzyskanymi za pomocą ciągnięcia w stanie zimnym

Na rys. 179 przedstawione są wysokie przedmioty ze stopów aluminium wykonane ciągnięciem z podgrzewaniem kołnierza, a w pierwszym szeregu — przedmioty o takim samym kształcie, uzyskane za pomocą ciągnięcia na zimno.



Rys. 180. Kształty materiału wyjściowego przy ciągnięciu głębokim przedmiotów o różnych przekrojach: a) materiał wyjściowy (płytką), b) przekrój przedmiotu

Na rys. 180 przedstawione są kształty zarysów materiału wyjściowego (wykrojów) na głębokie naczynia o różnych kształtach przekrojów uzyskane doświadczalnie za pomocą ciągnięcia z podgrzewaniem kołnierza.

Zarysy materiału wyjściowego (wykrojów) na przedmioty o kształcie naczyń prostokątnych (rys. 181a) oblicza się według wzorów podanych w tabl. 111 [309].

Tablica 111. Wzory do obliczania wymiarów materiału wyjściowego na głębokie naczynia ciągnięte z podgrzewaniem kołnierza

Wymiary	Wzory	Współczynniki
Promień rozwinięcia narożników	$R_y = \frac{1}{m} r_y = \left(\frac{h_r}{a K_y} + 1,6 \right) r_y$	$K_y = 2,8 \left(\frac{r_y}{a} \right)^{1,06}$
Wymiar rozwinięcia w kierunku długości naczynia	$h_a = \left[K_a \left(\frac{1}{m} - 1,8 \right) + 0,4 \right] a$	$K_a = 0,95 \left(\frac{r_y}{a} \right)^{0,93}$
Wymiar rozwinięcia w kierunku szerokości naczynia	$h_b = \left[K_b \left(\frac{1}{m} - 1,3 \right) \right] b$	$K_b = 1,88 \left(\frac{r_y}{b} \right)^{0,93}$
Przyjęte oznaczenia: <i>a, b</i> — szerokość i długość naczynia, <i>r_y</i> — promień narożnika, <i>m</i> — współczynnik ciągnięcia narożników, <i>h_r</i> — pozorna wysokość naczynia, <i>h</i> — pełna wysokość naczynia wg rysunku, <i>r_a</i> — promień zaokrąglenia przy dnie.		

Przedstawione wzory są słuszne w przypadku przedmiotów o wymiarach $b = (1 \div 3)a$ i promieniach zaokrągleń narożników

$$0,50 \geq \frac{r_y}{a} \geq 0,055$$

$$0,28 \geq \frac{r_y}{b} \geq 0,028$$

$$h_r^* = h - 0,43r_a = (0,8 \div 1,9)a$$

Przyjęte oznaczenia:

- a, b* — szerokość i długość naczynia,
- r_y* — promień narożnika
- m* — współczynnik ciągnięcia narożników,
- h_r* — pozorna wysokość przedmiotu,
- h* — pełna wysokość przedmiotu wg rysunku,
- r_a* — promień zaokrąglenia przy dnie.

Przebieg wyznaczania zarysu wykroju:

1. Wykreśla się zarys przedmiotu w rzucie pionowym i wykonuje się rozwinięcie na płaszczyźnie rysunku odkładając odcinki h_a i h_b .

2. Z punktu 0 położonego na dwusiecznej kąta w odległości $2R_y$ od środka zaokrąglenia zakreśla się łuk promieniem R_y .

3. Łuk ten łączy się z bocznymi łukami, których promienie równe są h_a i h_b , a środki ich leżą na bokach zarysu gotowego przedmiotu.

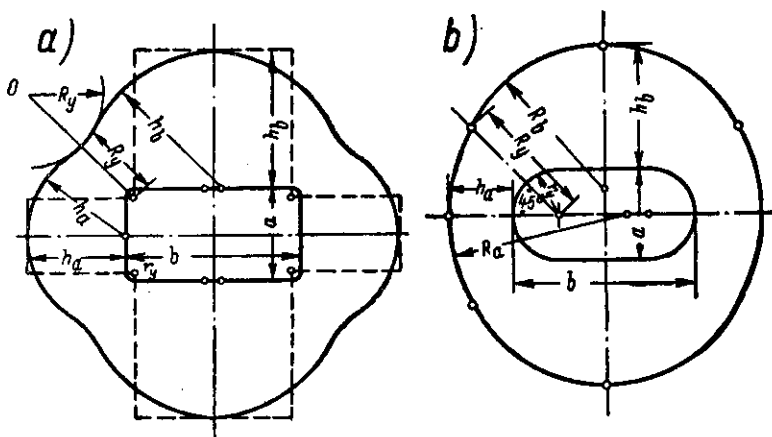
Na rys. 181b podano sposób wykreślenia zarysu wykroju (półwyrobu płaskiego) na przedmiot ciągnięty o owalnym zarysie ścianek.

Wymiary R_y i h_b oblicza się ze wzorów podanych w tabl. 111.

Wymiar h_a oblicza się z równania

$$h_a = 0,37 \left(\frac{h_r}{a} - 2,16 \right) r_y$$

W przypadku wysokich przedmiotów ciągnionych, o zarysach ścianek w postaci wielokątów foremnych zarys wykończenia (półwyrobu płaskiego) ma kształt koła. Siłę ciągnięcia i dociskacza oblicza się ze wzorów podanych w tabl. 112 [309].



Rys. 181. Wykreślanie zarysu materiału wyjściowego na przedmioty ciągnione z podgrzewaniem kołnierza

W tabl. 112 przyjęto następujące oznaczenia:

- P_c — całkowita siła nacisku prasy przy ciągnięciu z podgrzewaniem,
- P — największa siła ciągnięcia z podgrzewaniem,
- P_d — siła nacisku dociskacza,
- P_w — siła wypychacza,
- L — długość zarysu przedmiotu,
- R_r — wytrzymałość na rozciąganie w niebezpiecznym przekroju przy optymalnej temperaturze (tabl. 113),
- F — powierzchnia półwyrobu pod dociskaczem,
- q — nacisk jednostkowy dociskacza (tabl. 114).

Tablica 112. Wzory do obliczania siły ciągnięcia i dociskania przy ciągnięciu z podgrzewaniem kołnierza

Wielkości	Wzory
Całkowita siła prasy Siła ciągnięcia Siła dociskania	$P_c = P + P_d + P_w$ $P = LgR_r (R_r \text{ — wg tabl. 113})$ $P_d = Fq (q \text{ — wg tabl. 114})$

Najbardziej celowe jest zastosowanie zmiennej, wzrastającej w czasie procesu ciągnięcia, siły dociskacza.

Doświadczalnie ustalono następujące zakresy optymalnych temperatur nagrzania kołnierza półwyrobu (rys. 182):

Aluminium AM, stopy AM M i Д16AM	310—340°C
Mosiądz Л 62	480—500°C
Stal 08 KΠ i trawiona	550—580°C

Rozchód energii elektrycznej około 0,1 kWh na 1 kg tłoczonych przedmiotów.

Tablica 113. Wytrzymałość na rozciąganie w niebezpiecznym przekroju przy optymalnej temperaturze

Material	Wytrzymałość R_t w kG/mm ²
Aluminium AM	4
AMuM	6
Duraluminium D1AM	8
.. D16AM	9
.. D16AT	18
Stop magnezu MA8	7
Stal niskowęglowa	20
Mosiądz J62	16

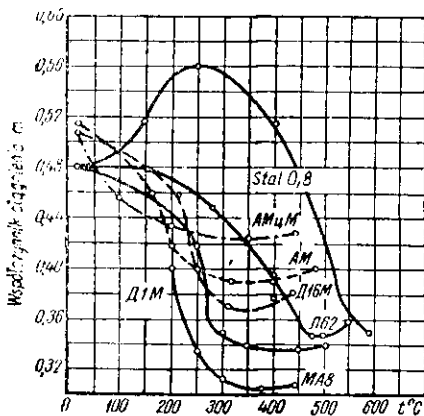
Tablica 114. Nacisk jednostkowy dociskacza przy ciągnięciu z podgrzewaniem kołnierza

Material	Nacisk jednostkowy q w kG/mm ²
Aluminium AM	0,02 ÷ 0,04
AMuM	0,04 ÷ 0,06
Duraluminium D1 i D16	0,06 ÷ 0,08
Stop magnezu MA8	0,03 ÷ 0,05
Stal niskowęglowa	0,10 ÷ 0,15
Mosiądz J62	0,08 ÷ 0,11

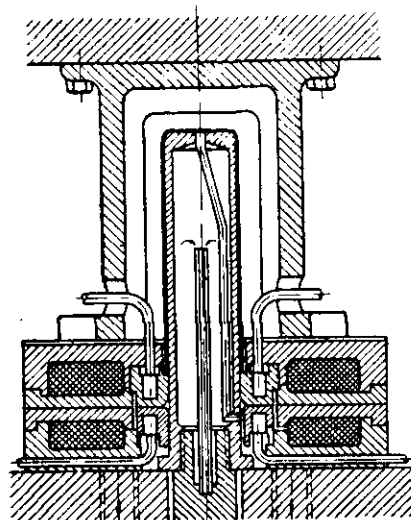
Uwaga. Większe wartości q stosuje się przy mniejszej grubości względnej materiału $\frac{g}{D} \cdot 100 = 1 \div 2$ i odwrotnie

Jako smaru używa się grafit w postaci proszku zmieszany z olejem „Wapór” i mydłem do prania.

Ciągnięcie z podgrzewaniem w warunkach produkcyjnych wykonuje się na pra-



Rys. 182. Zmiana największego współczynnika ciągnięcia różnych stopów w zależności od temperatury nagrzania



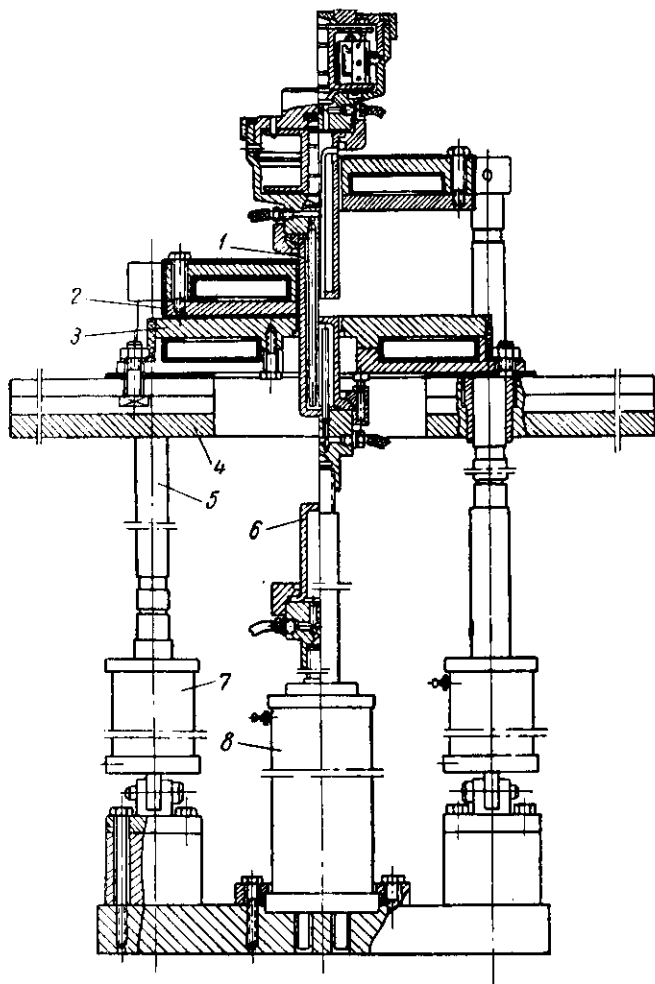
Rys. 183. Schemat tłoczni do ciągnięcia z miejscowym podgrzewaniem i ochładzaniem materiału (do prasy hydraulicznej)

sach hydraulicznych i na prasach korbowych o małej liczbie skoków (15 ÷ 20 na min), ponieważ nagrzewanie kołnierza wymaga określonego czasu (3 ÷ 5 sek).

Dlatego wydajność procesu tłoczenia z podgrzewaniem jest niższa niż przy zwykłym ciągnięciu, natomiast zaletą tego procesu jest znaczne zmniejszenie liczby operacji i tłoczników.

Największe trudności nastęcza ten proces przy ciągnięciu stali, wymagającej najbardziej wysokiego nagrzania, w związku z tym ciągnięcie stali jest najmniej opanowane.

Na rys. 183 podano schemat tłoczniaka do ciągnięcia z podgrzewaniem kołnierza oraz chłodzeniem matrycy, przeznaczonego do ustawienia na prasie hydraulicznej.



Rys. 184. Doświadczalne urządzenie do ciągnięcia z nagrzewaniem i ochładzaniem ustawiane na prasie korbowej 100 T: 1 — stempel, 2 — dociskacz, 3 — matryca, 4 — płyta, 5 — słup, 6 — przeciwstempel, 7, 8 — cylindry powietrzne

Ostatnio przeprowadzono pomyślne badania ciągnięcia z miejscowym nagrzewaniem na prasie korbowej o nacisku 100 T, liczbie skoków 82 na min i największej prędkości 420 mm/sek [211].

Na rys. 184 przedstawione jest doświadczalne urządzenie do wymienionej prasy do ciągnięcia ze zwiększoną prędkością z miejscowym nagrzewaniem półwyrobu.

Urządzenie ma pneumatyczne cylindry 7 do dociskania materiału oraz przeciwbieżny stempel 6 do ustawiania półwyrobu i ochładzania jego środkowej części.

Doświadczenia wykazały, że przy tym systemie nagrzewania i chłodzenia ciągnięcia z miejscowym podgrzewaniem i przy dużych prędkościach ($400 \div 420$ mm/sek) daje pewne polepszenie granicznej wartości współczynnika ciągnięcia ($m = 0,42 \div 0,44$). Jednak najbardziej efektywne ciągnięcie uzyskuje się przy prędkości stempla nie przekraczającej 100 mm/sek.

Zasadę nagrzewania ogniska odkształcania i miejscowego zwiększenia plastyczności podał M.N. Gorbunow dla spęczania i obciskania rur z duraluminu (patrz str. 274).

·Ciągnięcie z zastosowaniem intensywnego miejscowego chłodzenia półwyrobu [114]

Rozpatrywany poprzednio sposób ciągnięcia oparty jest na podwyższeniu plastyczności kołnierza za pomocą nagrzania go i chłodzenia środkowej części materiału półwyrobu do temperatury otoczenia.

Sposób ten zdobył praktyczne zastosowanie do ciągnięcia stopów magnezu, tytanu i aluminium, lecz nie znalazł zastosowania produkcyjnego do ciągnięcia stali ze względu na konieczność wysokiego jej nagrzewania (600°C).

Dalszym stadium rozwoju omawianego sposobu ciągnięcia jest sposób ciągnięcia z zastosowaniem miejscowego głębokiego chłodzenia środkowej części półwyrobu, opracowany i doświadczalnie opanowany przez W.N. Riewikowa.

Sposób ten oparty jest na znacznym wzmocnieniu niebezpiecznego przekroju oraz bocznych ścianek ciągniętego przedmiotu za pomocą intensywnego chłodzenia wydrążonego stempla ciągowego od temperatury rzędu -160 do -170°C .

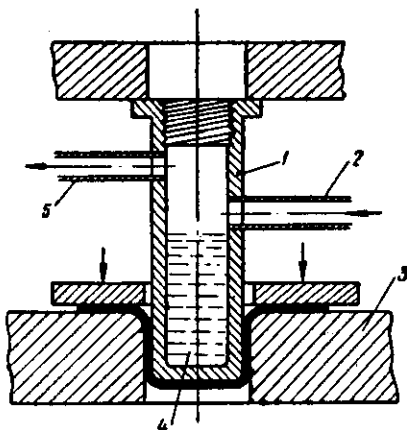
Przy takim chłodzeniu silnie wzrasta wytrzymałość stali (R_r , Q_r):

dla stali 10—20 ... $1,9 \div 2,1$ raza,

dla stali 1X18H9 ... 2,3 razy.

Przy czym wskaźnik plastyczności dla stali 10—20 spada, a dla stali nierdzewnej pozostaje praktycznie bez zmian. Zmniejszenie plastyczności nie ma decydującego

Rys. 185. Schemat ciągnięcia z intensywnym ochładzaniem ciekłym azotem: 1 — stempel, 2 — króciec dopływowy, 3 — matryca, 4 — ciekły azot, 5 — króciec odpływowy



znaczenia, ponieważ w miejscach intensywnego chłodzenia odkształcenie plastyczne jest już zakończone.

W wyniku intensywnego chłodzenia stempla niebezpieczny przekrój ciągniętego przedmiotu uzyskuje znacznie większą wytrzymałość, co umożliwia osiągnięcie wyższego stopnia odkształcenia (większej głębokości ciągnięcia). Jednocześnie znacz-

nie zmniejsza się ścienienie materiału w niebezpiecznym przekroju i uzyskuje się bardziej równomierną grubość przedmiotu.

Doświadczalnie uzyskano następujące współczynniki ciągnięcia: $m = 0,37 \div 0,385$ dla stali 10—20, $m = 0,35 \div 0,37$ dla stali 1X18H9 i 1X18H9T.

Jako chłodziwo może być stosowany ciekły azot, mający temperaturę wrzenia -195°C , albo tańsze, ciekłe powietrze o temperaturze wrzenia -183°C .

Na rys. 185 podany jest schemat doświadczalnego tłoczniaka do ciągnięcia z intensywnym chłodzeniem. Chłodziwo wpuszcza się do stempla przez zawór dopływowy przed wyłożeniem półwyrobu. Zawór ten jest zablokowany z tłoczyskiem prasy i automatycznie podaje potrzebną ilość chłodziwa ze zbiornika. Wymagana temperatura stempla ustala się w ciągu $20 \div 30$ sek.

Ciągnięcie gumą

Ciągnięcie gumą zdobyło szerokie zastosowanie w produkcji seryjnej i drobno-seryjnej do wykonywania przedmiotów wydrążonych z cienkiej blachy. Istnieją dwie odmiany tego sposobu ciągnięcia: ciągnięcie stemplem gumowym i ciągnięcie w matrycy gumowej.

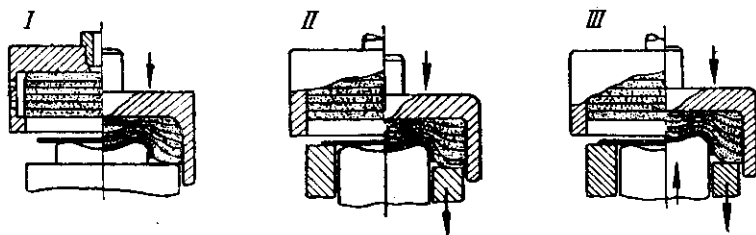
Tłoczniaki do ciągnięcia i wygniatania gumowym stemplem są bardzo proste i tanie, ponieważ wykonuje się je zwykle z drewna lub ze stopów cynkowych.

Do ciągnięcia i wygniatania stosuje się gumę o następujących własnościach mechanicznych:

Wytrzymałość na rozciąganie w kG/mm^2	50—55
Wydłużenie jednostkowe w %	600—700
Wydłużenie trwałe w %	25—30
Skrócenie w % pod naciskiem 100 kG/cm^2	50—70
Twardość Shore'a	70

Sposób ciągnięcia w gumowej matrycy polega na tym, że zadanie matrycy spełnia guma umieszczona w metalowej oprawie (obejmie) obciążająca blaszany półwyrob na stemplem o kształcie walcowym lub innym.

Prostszym przypadkiem ciągnięcia w gumowej matrycy jest ciągnięcie płytkich aluminiowych i duraluminowych przedmiotów na prasach hydraulicznych z małym naciskiem jednostkowym ($60 \div 85 \text{ kG/cm}^2$).



Rys. 186. Sposoby ciągnięcia gumą

Bardziej nowoczesny jest sposób głębokiego ciągnięcia w gumowej matrycy przy wysokim nacisku jednostkowym gumi.

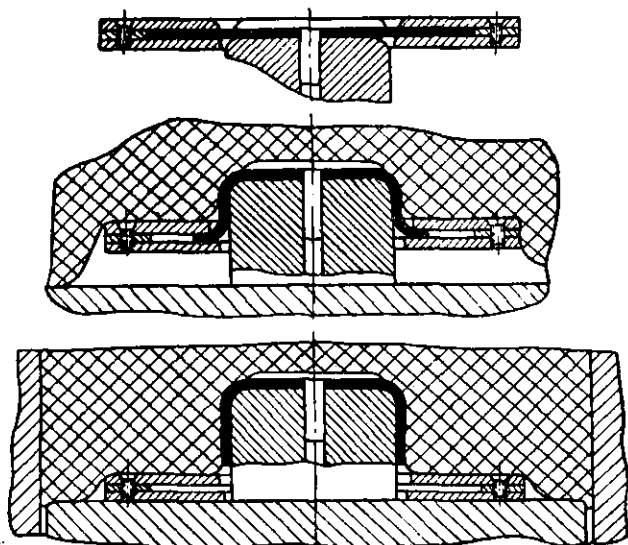
Istnieje kilka odmian ciągnięcia w gumowej matrycy, w związku z tym stosuje się różne typy pras (rys. 186).

Sposób I — ciągnięcie z nieruchomym stemplem wykonuje się na zwykłych prasach hydraulicznych.

Sposób II — ciągnięcie z nieruchomym stemplem i ruchomym regulowanym dociskaczem dolnym.

Sposób III — ciągnięcie z ruchomym stemplem i ruchomym regulowanym dociskaczem.

Pierwszy sposób stosuje się głównie do płytkiego ciągnięcia — wygniatania. W celu uzyskania głębokiego ciągnięcia i zmniejszenia wymiarów materiału wyjściowego stosuje się przesuwne urządzenia zaciskające obrzeże półwyrobu (rys. 187).



Rys. 187. Ciągnięcie z przesuwnym urządzeniem zaciskającym

Drugi i trzeci sposób ciągnięcia wykonywane są na specjalnych prasach, umożliwiają one bardziej głębokie ciągnięcie niż pierwszy sposób.

Na rys. 188 przedstawiony jest schemat urządzenia do ciągnięcia w gumowej matrycy (sposób II wg rys. 186).

Specyfiką danego urządzenia jest zastosowanie poduszki hydraulicznej powodującej dociskanie obrzeża półwyrobu.

Nacisk poduszki reguluje się automatycznie w czasie ruchu roboczego urządzeniem regulacyjnym, które zmniejsza nacisk gumy w końcu procesu ciągnięcia do $300 \div 500 \text{ kG/cm}^2$.

Na rys. 189 podany jest sposób ciągnięcia w gumowej matrycy w dalszych operacjach.

Nacisk jednostkowy gumy zależy od współczynnika ciągnięcia i od względnej grubości materiału wyjściowego. Dla ciągnięcia przedmiotów z duraluminu nacisk jednostkowy może być wzięty z tabl. 115.

Tablica 115. Największy nacisk jednostkowy gumy w kG/mm^2 przy ciągnięciu duraluminu

Współczynnik ciągnięcia m	Względna grubość materiału $\frac{g}{D} \cdot 100$			
	1,3	1,0	0,66	0,4
0,6	260	280	320	360
0,5	280	300	340	380
0,44	300	320	350	400

Przy ciągnięciu naczyń prostokątnych nacisk jednostkowy gumy osiąga dla aluminium wartość 350 kG/cm^2 , a dla duraluminu 500 kG/cm^2 .

Wymagany nacisk prasy oblicza się ze wzoru

$$P = qF$$

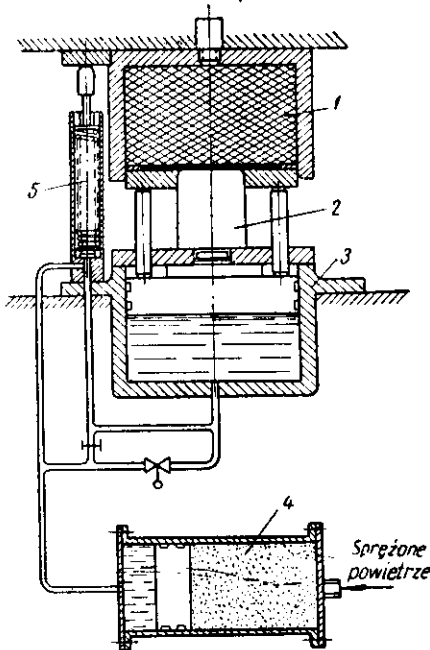
gdzie: F — powierzchnia gumy w cm^2 ,
 q — nacisk jednostkowy w kG/cm^2 .

Praktycznie możliwa jest zamiana gumy na ciecz o dużej lepkości (gliceryna, olej) w gumowym pęcherzu.

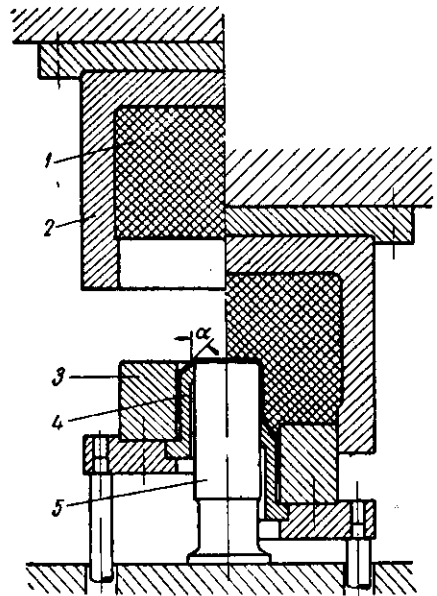
Zalety ciągnięcia w gumowej matrycy polegają na tym, że guma w procesie ciągnięcia daje silne hydrauliczne ciśnienie, które dociska półwyrób do stempla i przeciwdziała zmniejszaniu grubości materiału i osiowemu rozciąganiu.

Jednocześnie nacisk gumy na zaokrągloną ściankę przy kołnierzu stopniowo zmniejsza promień tego zaokrąglenia i zaciska materiał.

A więc, przy tym sposobie ciągnięcia nie występuje znaczne zmniejszanie grubości ścianki przy dnie przedmiotu powodujące jego odrywanie, oraz wytwarza



Rys. 188. Schemat urządzenia do ciągnięcia gumową matrycą



Rys. 189. Sposób ostatniego ciągnięcia gumową matrycą: 1 — guma, 2 — oprawa, 3 — pierścień dociskowy, 4 — dociskacz wewnętrzny, 5 — stempel

się korzystniejszy stan naprężeń i odkształceń umożliwiający zwiększenie stopnia odkształcenia.

W tabl. 116: podano graniczne wartości współczynników ciągnięcia i głębokości ciągniętych naczyń walcowych uzyskane przy ciągnięciu gumą z naciskiem jednostkowym 400 kG/cm^2 i promieniem zaokrąglenia krawędzi ciągowych stempla $r_s = 4g$.

Tablica 116. Graniczne wartości współczynników ciągnięcia i głębokości naczynia walcowego ciągniętego gumą [171]

Material	Graniczny współczynnik ciągnięcia	Największa głębokość ciągnięcia	Najmniejsza grubość krążka w % od D	Najmniejszy promień zaokrąglenia przy kołnierzu
Stopy aluminium A, AMu	0,45	$1,0d_1$	1% lecz nie mniej niż 0,4 mm	1,5S
Stopy aluminium AMr	0,50	$0,75d_1$	Jak wyżej	$2 \div 3S$
Д16, АК8	0,50	$0,75d_1$	0,5% lecz nie mniej niż 0,2 mm	4S
Stal 08BГ			Jak wyżej	
Stal nierdzewna 1X18H9T	0,65	$0,33d_1$		8S

Uwaga. D — średnica materiału wyjściowego (krążka),
 d_1 — średnica ciągniętego naczynia.

Tablica 117. Najmniejsze promienie zaokrąglenia stempli przy ciągnięciu gumą [171] (nacisk jednostkowy gumy 400 kG/mm²)

Współczynnik ciągnięcia	Głębokość ciągnięcia	Najmniejsze promienie zaokrąglenia			
		Stopy aluminium		Stal 08BГ	Stal nierdzewna 1X18H9T (ЭР1Т)
		A, AMr, AMu	Д16, АК8		
0,70	$0,25d_1$	1g	2g	0,5g	2g
0,60	$0,50d_1$	2g	3g	1g	—
0,50	$0,75d_1$	3g	4g	2g	—
0,45	$1,0d_1$	4g	—	—	—

W tabl. 117 podane są najmniejsze wartości promienia zaokrąglenia krawędzi stempla do ciągnięcia gumą przedmiotów walcowych z różnych materiałów.

W ten sposób można również ciągnąć przedmioty stożkowe o stosunku mniejszej średnicy (d_1) do większej (d_2):
ze stali

$$\frac{d_1}{d_2} \geq \frac{1}{1+0,2g}$$

z aluminium

$$\frac{d_1}{d_2} \geq \frac{1}{1+0,12g}$$

W razie ciągnięcia gumą przedmiotów kwadratowych i prostokątnych (przy takim samym nacisku jednostkowym) najmniejszy promień zaokrąglenia narożników powinien wynosić:

przy wysokości naczynia

$$h \leq 100 \text{ mm} \quad r = 0,25B$$

$$h = 110 \div 125 \text{ mm} \quad r = 0,20B$$

$$h = 135 \div 150 \text{ mm} \quad r = 0,17B$$

(B — szerokość prostokątnego naczynia w mm).

Największa wysokość naczyń kwadratowych i prostokątnych wynosi dla stali $h = 3r$, dla aluminium $h \approx 3,5r$.

Obecnie sposób ten znajduje się jeszcze w stadium rozwoju, jednak jego zalety i przydatność do produkcji drobnoseryjnej są tak oczywiste, że powinien on znaleźć szerokie zastosowanie.

Wadą tego sposobu jest konieczność stosowania dużego nacisku i znaczna strata pracy prasy.

Ciągnięcie hydrauliczne

Ciągnięcie hydrauliczne wykonuje się za pomocą ciśnienia cieczy na kształtowany materiał.

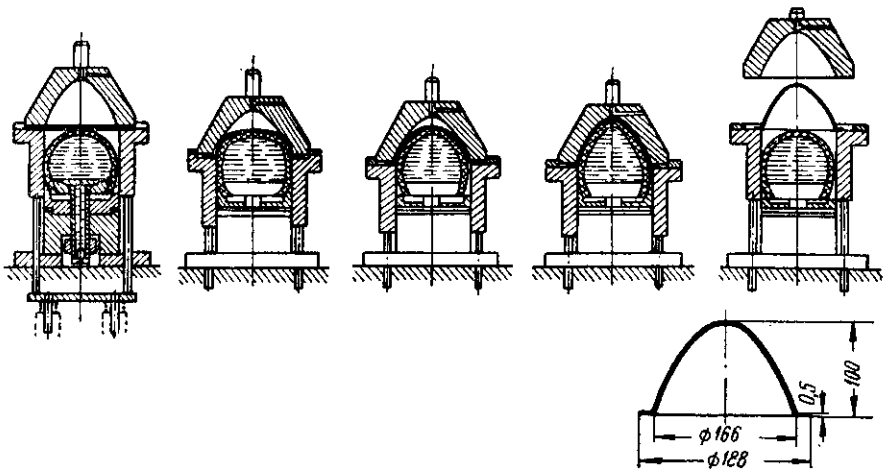
Istnieją dwa zasadniczo różne sposoby ciągnięcia hydraulicznego różniące się między sobą zarówno charakterem odkształcenia, jak i zakresem zastosowania:

1) ciągnięcie hydrauliczne, w którym zadanie stempla spełnia ciecz wtlaczająca kształtowany materiał we wgłębienie matrycy;

2) ciągnięcie hydrauliczne, w którym zadanie matrycy spełnia ciecz (w gumowym pęcherzu) obciążająca kształtowany materiał na metalowym lub drewnianym stemple.

Pierwszy sposób znajduje zastosowanie do ciągnięcia stożkowych, kulistych, paraboloidalnych i innych podobnych przedmiotów, wymagających kilku operacji zwykłego ciągnięcia tłocznikami metalowymi.

Na rys. 190 przedstawiona jest kolejność hydraulicznego ciągnięcia reflektora samochodu w czasie jednego skoku suwaka prasy pojedynczego działania, zamiast



Rys. 190. Przebieg ciągnięcia hydraulicznego podczas jednego skoku suwaka prasy pojedynczego działania

wieloperacyjnego ciągnięcia zwykłymi ciągownikami (tłocznikami do ciągnięcia) (patrz rys. 141). Cieczą roboczą jest olej zawarty w gumowym pęcherzu (worku).

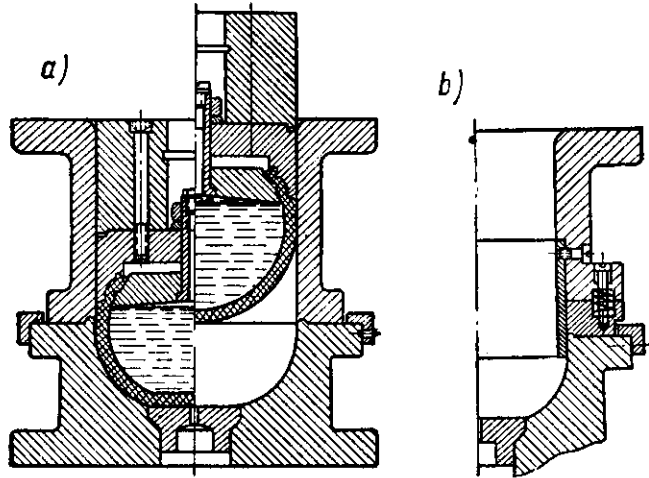
Na rys. 191a przedstawiony jest tłocznik do hydraulicznego ciągnięcia na prasie podwójnego działania przedmiotów półkulistych, a na rys. 191b — odmiana dociskacza tłocznika do wstępnego płytkiego ciągnięcia półwyrobu w celu zapobieżenia wysuwaniu się materiału z powodu nierównomiernego docisku.

Uszczelnienie roboczego wgłębienia tworzy się albo za pomocą skórzanych uszczeltek, lub przez umieszczenie gumowego worka między półwyrobem i cieczą.

Sposób ciągnięcia hydraulicznego charakteryzuje się:

- 1) brakiem metalowego stempla, odpada więc dopasowywanie stempla do matrycy;
- 2) możliwością ciągnięcia bez zastosowania prasy, na przykład w tłoczniku ściskanim między dwoma płytami połączonymi śrubami;
- 3) równomiernym naciskiem na półwyrob i możliwością wykonywania stożkowych, paraboloidalnych lub kulistych przedmiotów w jednej operacji.

Ciśnienie robocze cieczy wytwarza się pompą wysokiego ciśnienia ($50 \div 200$ atm),

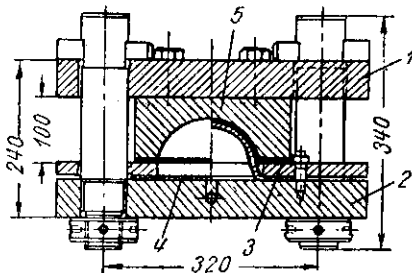


Rys. 191. Tłocznik do hydraulicznego ciągnięcia na prasie podwójnego działania

lub roboczym ruchem prasy mechanicznej, albo hydraulicznej. W pierwszym przypadku ciągnięcie hydrauliczne może się odbywać bez udziału prasy.

Na rys. 192 przedstawiony jest tłocznik, a na rys. 193 — schemat urządzenia do hydraulicznego ciągnięcia dużych przedmiotów bez użycia prasy.

Główną wadą ciągnięcia hydraulicznego jest znaczne zmniejszenie grubości materiału w środkowej części przedmiotu (przy dnie) oraz niestateczne położenie pół-



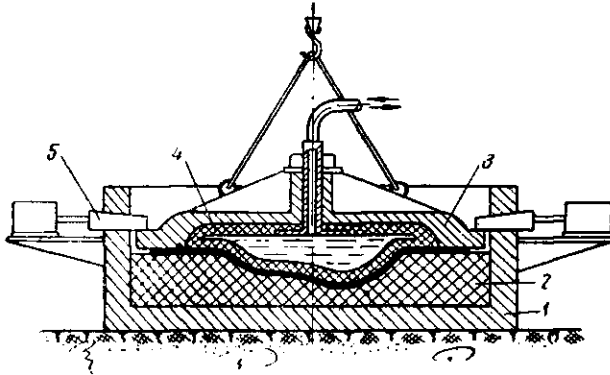
Rys. 192. Tłocznik do hydraulicznego ciągnięcia małych przedmiotów bez użycia prasy: 1 — płyta górna, 2 — płyta dolna, 3 — płyta dociskowa, 4 — gumowa powłoka, 5 — matryca

wyrobu w czasie procesu ciągnięcia i jednostronne ześlizgiwanie się go w razie naruszenia osiowej symetrii, ponieważ między „ciekłym stemplem” i półwyrobem nie ma tarcia. Unika się tego za pomocą zastosowania specjalnego hydraulicznego ustalacza, który przywierając do półwyrobu, zapobiega bocznemu przesuwaniu go i tworzeniu się wypukłego dna, lub za pomocą mechaniczno-hydraulicznego sposobu tłoczenia.

Na rys. 194 przedstawiony jest złożony mechaniczno-hydrauliczny tłocznik do

ciągnięcia przedmiotów typu latarni samochodu. Tłocznik ten usuwa wyżej wspomnianą wadę.

Na początku ruchu roboczego prasy metalowy stempel wykonuje płytkie ciągnięcie półwyrobu o półkulistym kształcie, następnie dociskowa płyta ciśnie na ciecz,



Rys. 193. Schemat urządzenia do hydraulicznego ciągnięcia dużych przedmiotów bez użycia prasy: 1 — kadłub, 2 — matryca niemetalowa, 3 — pokrywa, 4 — worek gumowy, 5 — klinowe zasuwki

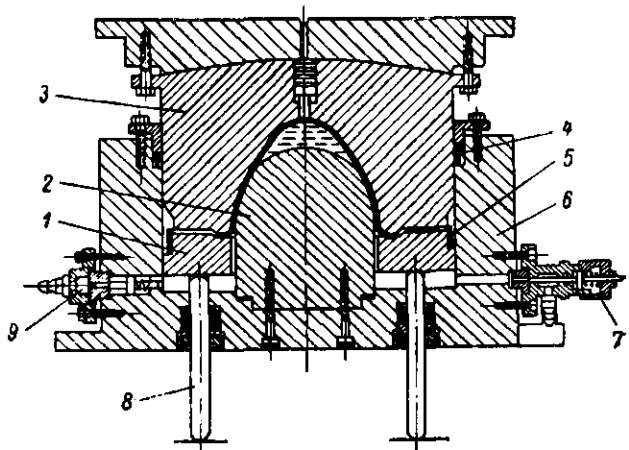
wytwarza wysokie ciśnienie i wyciska ją do góry powodując dalsze ciągnięcie i dołoczenie półwyrobu do powierzchni wgłębienia matrycy. Tłocznik zaopatrzony jest w zabezpieczające zawory zwrotne.

Napełnianie cieczą wykonywane jest za pomocą specjalnego dozownika.

Ciągnięciem hydraulicznym można wytwarzać przedmioty o kształcie walcowym, stożkowym, paraboloidalnym, kulistym i prostokątnym. Na rys. 195 przedstawione są kolejne stadia ciągnięcia hydraulicznego różnych przedmiotów.

Ciśnienie cieczy zmienia się w procesie ciągnięcia naczyń walcowych w sposób przedstawiony na rys. 196 [194]. Początkowy odcinek krzywej odpowiada pierwszemu

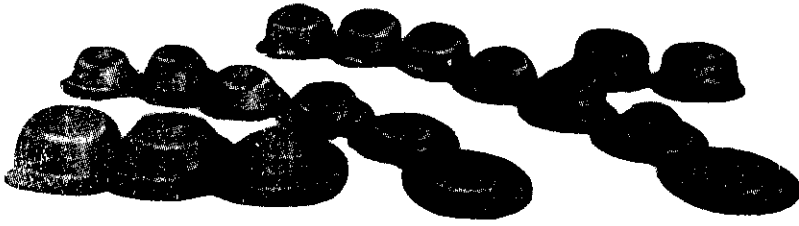
Rys. 194. Złożony mechaniczno-hydrauliczny tłocznik do ciągnięcia latarni samochodu



okresowi tworzenia półkulistego kształtu, poziomy odcinek — drugiemu okresowi tworzenia pionowych ścian walcowych do chwili zetknięcia dna ciągniętego przedmiotu z dnem matrycy, ostatni odcinek szybkiego wzrostu ciśnienia odpowiada trzeciemu okresowi — kształtowaniu dna i zniżejowaniu promienia przejścia ściany w dno (promienia zaokrąglenia przy dnie), które odbywa się kosztem rozciągania i zmniejszania grubości materiału.

Na rys. 197 przedstawiono uniwersalny przyrząd do hydraulicznego tłoczenia na prasie podwójnego działania¹⁾

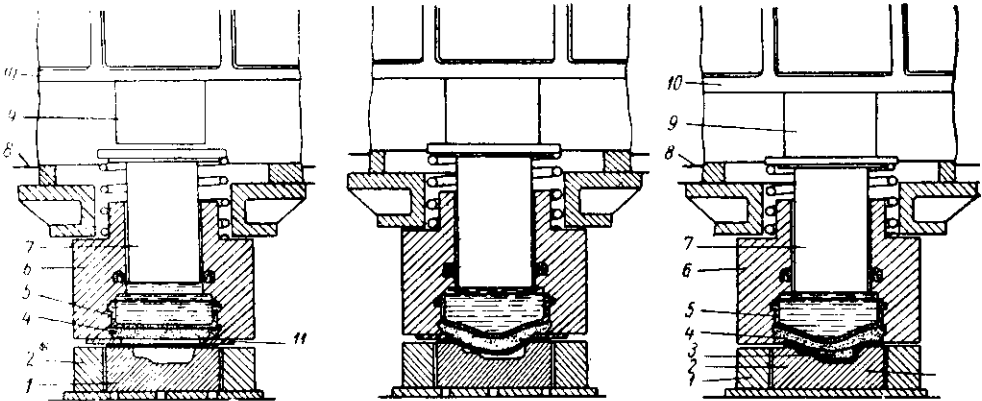
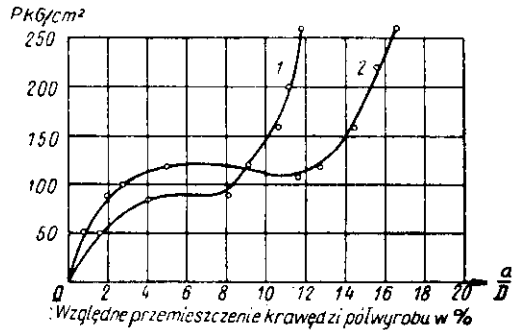
Przyrząd składa się z uniwersalnego urządzenia dociskowego przymocowanego



Rys. 195. Kolejne stadia ciągnięcia hydraulicznego

do suwaka zewnętrznego 8 i wymiennej matrycy ustawianej na stole prasy w obiekcie 2. Urządzenie dociskowe składa się z cylindra 6, którego dolna przestrzeń jest napełniana olejem ręcznikowym, przesuwnego nurnika 7, gumowej przepony 5

Rys. 196. Zmiana nacisku cieczy przy ciągnięciu naczyń walcowych o średnicy 100 mm ze stali 08 BГ o grubości 0,8 mm:
1 — średnica krążka wyjściowego 160 mm,
2 — średnica krążka wyjściowego 180 mm



Rys. 197. Uniwersalne przyrządy do hydraulicznego tłoczenia na prasie podwójnego działania

i osłaniającej gumowej przekładki kształtującej 4. Nurnik uszczelniony w cylindrze napędzany jest zderzakiem 9 przymocowanym do suwaka wewnętrznego 10.

Ciśnienie powstające w komorze olejowej dociska boczne ścianki przepony do ścian cylindra tworząc dobre uszczelnienie przepony..

1) Szwedzki patent firmy SAAB.

Zaleca się wykonywanie tłoczenia w dwóch skokach suwaka: najpierw stosuje się nakładaną ramkę 11 i wykonuje się niepełne tłoczenie, a następnie nakłada się na półwyrób dodatkową nakładkę gumową 3 i wykonuje się tłoczenie wykańczające. Uzyskuje się w ten sposób zwiększenie trwałości gumowej przekładki 4 i całego tłocznika.

Istnieją podobne uniwersalne urządzenia do hydraulicznego tłoczenia na prasach pojedynczego działania.

W zależności od wielkości produkcji (seryjności) wymienne matryce wykonywane są z żeliwa, z warstwowych tworzyw sztucznych lub z twardego drewna.

Przepony i przekładki osłaniające wykonuje się z naturalnego kauczuku o twardości 40 ÷ 50 wg Shore'a.

Trwałość przepon wynosi ponad 5000 wytłoczek, a przekładek osłaniających — od 1000 do 2000 wytłoczek.

Nacisk potrzebny do hydraulicznego tłoczenia oblicza się ze wzoru

$$P = qF_r, \text{ kG}$$

gdzie: F_r — rzut swobodnej powierzchni ciągniętego przedmiotu w mm^2 ,
 q — ciśnienie cieczy w końcowej chwili ciągnięcia w kG/mm^2 .

Ciśnienie cieczy w końcowej chwili ciągnięcia wynosi w przybliżeniu [194]:

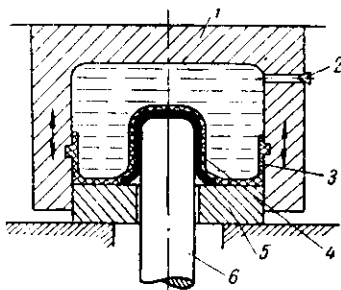
$$q = \frac{g}{r} R_r, \text{ kG/mm}^2$$

w przypadku ciągnięcia kulistych przedmiotów

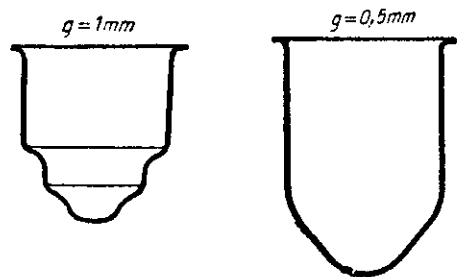
$$q = 3,2 \frac{g}{d_m} R_r, \text{ kG/mm}^2$$

gdzie: g — grubość materiału w mm,
 r — promień zaokrąglenia przy dnie przedmiotu w mm,
 d_m — średnica matrycy w mm.

Drugi sposób ciągnięcia hydraulicznego, w którym olej z przeponą służy jako matryca, ma pierwszeństwo w stosunku do poprzedniego sposobu, ponieważ w tym przypadku wysokie ciśnienie hydrauliczne cieczy silnie dociska półwyrób do stempla, przeciwdziałając rozciąganiu materiału i zmniejszaniu grubości.



Rys. 198. Schemat hydraulicznego ciągnięcia typu „Hydroform”: 1 — pojemnik, 2 — zawór regulacyjny, 3 — przepona gumowa, 4 — wytwarzany przedmiot, 5 — dociskacz, 6 — stempel

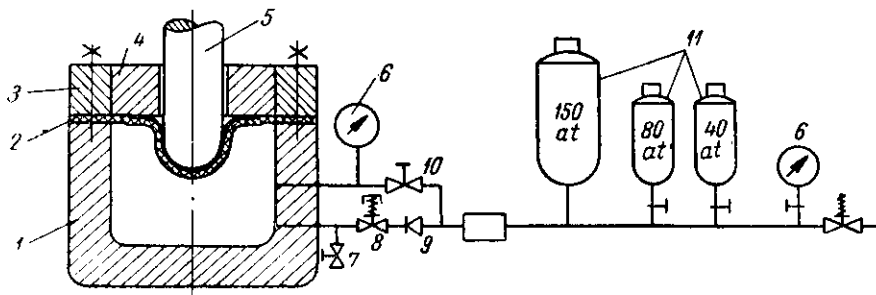


Rys. 199. Przedmioty wykonywane w jednej operacji ciągnięcia hydraulicznego

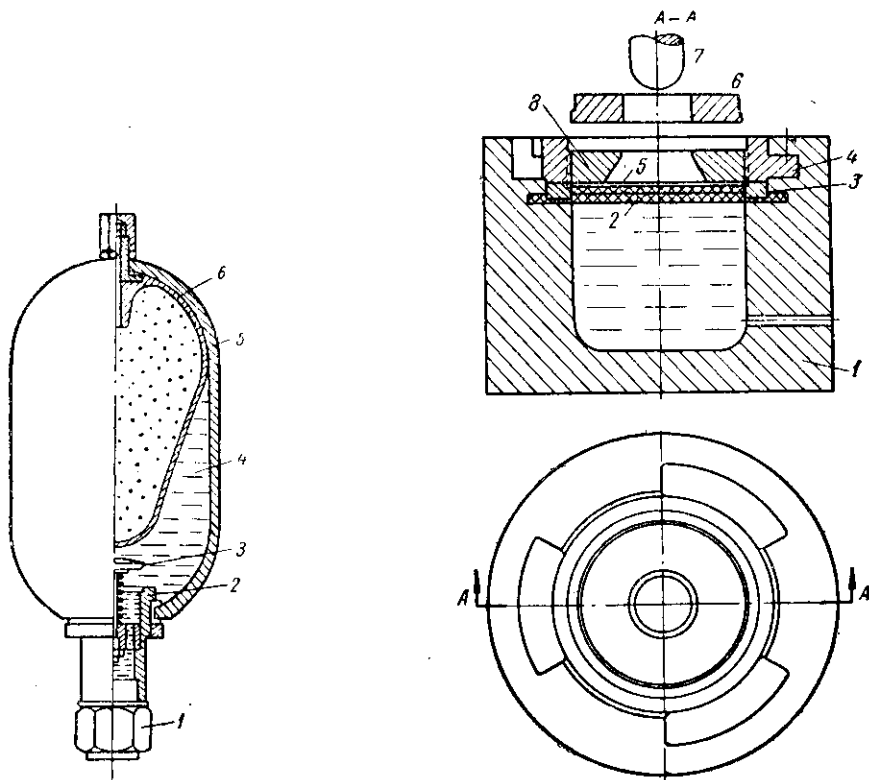
Według danych amerykańskich ten sposób hydraulicznego ciągnięcia (hydroform) stosuje się do wykonywania przedmiotów o średnich wymiarach (200 ÷ 500 mm) z materiału o grubości do 10 mm przy maksymalnym ciśnieniu od 700 do 1000 at. Liczba skoków prasy jest mała — od dwóch do czterech skoków na minutę.

Na rys. 198 przedstawiony jest schemat opisanego procesu ciągnięcia hydraulicznego na specjalnej prasie. Ciecz znajduje się w ruchomym zbiorniku zaopatrzonym od dołu w gumową przeponę. Ciągnięcie odbywa się przy zagłębieniu się stempla w przeponie.

Sposób ten jest podobny do sposobu ciągnięcia w matrycy gumowej (patrz rys. 188), lecz ma w stosunku do niego następujące zalety:



Rys. 200. Schemat urządzenia do ciągnięcia hydraulicznego



Rys. 201. Akumulator hydrauliczny systemu Bosch: 1 — króciec, 2 — gniazdo zaworu, 3 — zawór, 4 — olej, 5 — zbiornik zewnętrzny, 6 — wewnętrzny balon gumowy

Rys. 202. Schemat urządzenia do ciągnięcia hydrauliczno-mechanicznego: 1 — cylinder hydrauliczny, 2 — przepona gumowa, 3 — pierścień uszczelniający, 4 — pierścień zamykający, 5 — przepona osłaniająca, 6 — dociskacz, 7 — stempel, 8 — matryca

- 1) możliwość uzyskania w jednej operacji głębszego ciągnięcia bez zniszczenia gumy (rys. 199),
- 2) możliwość zastosowania wyższego ciśnienia (do 1000 at),
- 3) znacznie większa trwałość gumy.

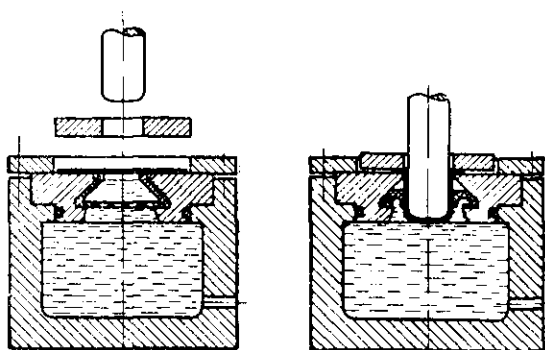
Wadą tego sposobu jest konieczność zastosowania specjalnych pras.

Na rys. 200 przedstawiony jest schemat tłoczniaka hydraulicznego z odpowiednią armaturą, skonstruowanego w Niemczech do produkcji doświadczalnej i drobno-seryjnej [357]. Składa się on ze zbiornika 1 napełnionego olejem, gumowej przepony 2, pierścienia 3, dociskacza 4, stempla 5 i układu hydraulicznego, składającego się z zaworów 7÷10, manometrów 6 i akumulatorów wyregulowanych na różne ciśnienia.

Przed wykonaniem ruchu roboczego otwiera się na krótko zawór ruchu powrotnego 10 i wytwarza się ciśnienie oleju na przeponę. W czasie roboczego ruchu olej pod naciskiem stempla przecieka przez regulacyjny zawór 8 do akumulatora 11.

Konstrukcja akumulatora hydraulicznego systemu Bosch przedstawiona jest na rys. 201.

Wewnętrzny gazowy balon napełniony jest azotem o wysokim ciśnieniu. Dopływający do akumulatora w czasie ruchu roboczego olej ściska balon i wyrównuje



Rys. 203. Doświadczalny tłoczniak do hydraulicznego ciągnięcia bez gumowej membrany

ciśnienie. Na rys. 202 podany jest schemat tłoczniaka do ciągnięcia hydraulicznego. Ciągnięcie przeprowadza się z przeciwciśnieniem, a dociskacz 6 zapobiega tworzeniu się fałd.

Ciągnięcie w tym tłoczniaku umożliwia uzyskanie w jednej operacji walcowych lub kwadratowych naczyń o stosunkach wymiarów $\frac{h}{d}$ i $\frac{a}{d}$ równych 1,5÷1,6 (rys. 199).

Na rys. 203 przedstawiony jest schemat doświadczalnego tłoczniaka bez przepony gumowej. Uszczelnienie uzyskuje się za pomocą zastosowania specjalnych kołnierzy uszczelniających, dociskanych ciśnieniem cieczy do ciągniętych przedmiotów. Brak jest jednak danych o przemysłowym zastosowaniu takich tłoczniaków.

Ciągnięcie na młotach spadowych

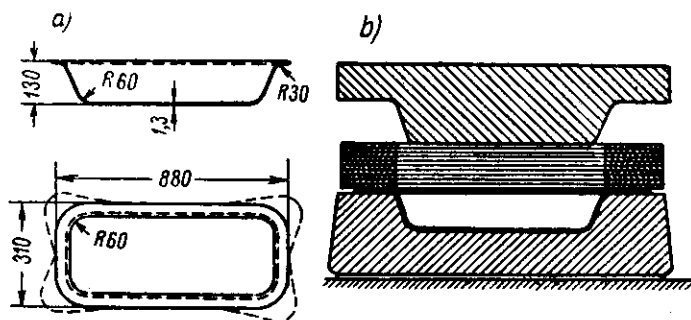
Sposób ten stosuje się głównie w produkcji drobno-seryjnej przedmiotów mających nieustalone, często zmieniające się konstrukcje, gdy zastosowanie zwykłych tłoczniaków jest niecelowe wskutek dużego kosztu i długiego czasu ich wykonania.

Do tłoczenia na młotach spadowych stosuje się proste ołowiano-cynkowe tłoczniaki lub tłoczniaki z wytrzymałych stopów łatwotopliwych (AL13—2), ЦАМ 53 i innych, patrz str. 487). Tłoczenie na młotach spadowych stopów magnezu i stopów

tytanu wykonuje się w stanie nagrzanym i z podgrzewaniem tłoczników. W tym przypadku matryce tłoczników wykonuje się ze stali lub z żeliwa i stosuje się podgrzewanie do 300°C; cynkowe matryce podgrzewa się do 200°C.

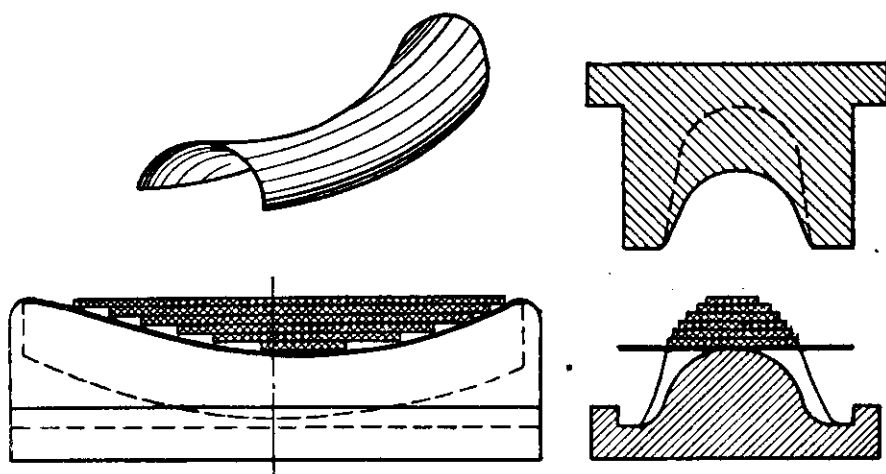
Na młotach spadowych wykonywane są różne operacje tłoczenia: wyginanie, ciągnięcie, wygniatanie, wywijanie.

Proces ciągnięcia na młotach spadowych wykonywany jest kilkoma stopniowo wzmacniającymi się uderzeniami, przy czym zagłębienie stempla ogranicza się albo



Rys. 204. Ciągnięcie na młotach spadowych z zastosowaniem podkładek ze sklejki: a) wyrób, b) schemat tłoczniaka

pierścieniami ze sklejki, nałożonymi na kołnierz półwyrobu i stopniowo zdejmowanymi (rys. 204), albo gumowymi wielowarstwowymi wkładkami układanymi w roboczym wgłębieniu matrycy (rys. 205). Tłoczenie na młotach spadowych prawie zawsze daje fałdy na kołnierzu, a czasem i na przedmiocie. Fałdy te usuwane są



Rys. 205. Tłoczenie na młotach spadowych z zastosowaniem gumowych nakładek

następnie za pomocą obróbki ręcznej. Dużą wadą tego sposobu jest zwiększony rozchód materiału na obrzeża i kołnierze okrawane po tłoczeniu oraz zwiększony procent braków.

Stosowane dla omawianego typu robót młoty spadowe linowe są obecnie wypierane przez młoty spadowe pneumatyczne.

Ostatnio opanowano nowy sposób tłoczenia na młotach spadowych — tłoczenie gumą. Guma umieszczona jest w oprawie przymocowanej do bijaka młota.

Technologia tłoczenia gumą na młotach spadowych jest podobna do tłoczenia gumą na prasach hydraulicznych. Sposób ten umożliwia wykonywanie różnych operacji ciągnięcia w zakładach nie mających pras.

Obciążanie na prasach hydraulicznych

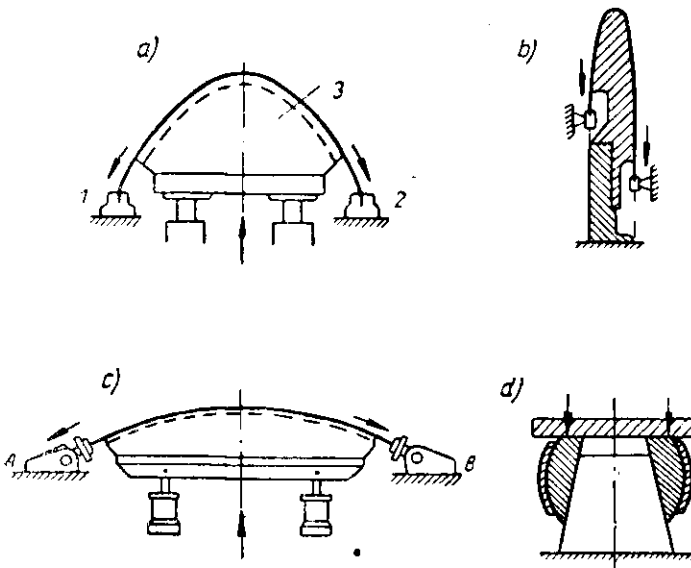
Obciążanie na prasach hydraulicznych stosowane jest do wykonywania dużych przedmiotów o nieskomplikowanym kształcie za pomocą nakładania blachy (obciążania) na specjalny wypukły wzornik.

W celu obciążania przedmiotów o podwójnej krzywiznie stosuje się specjalne hydrauliczne prasy.

Istnieją następujące sposoby obciążania.

1. Obciążanie zwykle (rys. 206a), w którym płaski materiał wyjściowy zaciska się w uchwytach 1 i 2, które następnie zbliża się. Ostateczny kształt o podwójnej krzywiznie otrzymuje się w wyniku ruchu wzornika (stempla) 3 do góry.

2. Obciążanie z rozciąganiem (rys. 206b), w którym brzegi materiału wyjściowego zaciska się w płaskich lub kształtowych uchwytach, wygina się go podnoszącym



Rys. 206. Sposoby i odmiany obciążania: a) zwykle obciążanie, b) obciążanie z rozciąganiem, c) obciążanie wydzielone, d) obciążanie pierścieniowe

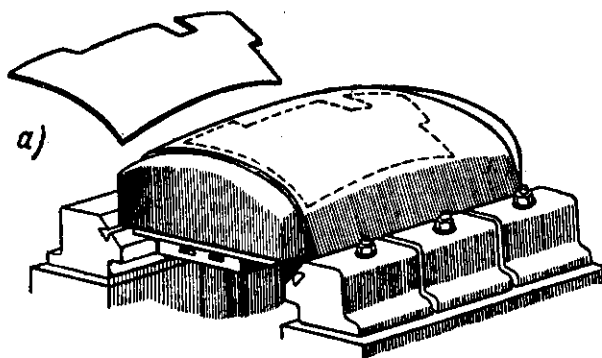
się wzornikiem i jednocześnie rozciąga się za pomocą przesuwania uchwytów w kierunkach zaznaczonych na rys. 206b strzałkami. Rozciąganie wykonuje się w celu uzyskania trwałych odkształceń i dokładnych wymiarów przedmiotów, mających małą krzywiznę w przekroju wzdłużnym. Dokładność przedmiotów w odniesieniu do wzornika (stempla) wynosi $0,5 \div 0,7$ mm przy grubości blachy $1 \div 2$ mm i $1 \div 2$ mm przy grubości blachy $3 \div 5$ mm.

3. Obciążanie wydzielone (rys. 206c) polegające na wstępnym wygięciu materiału, a następnie obciążaniu go na wzorniku za pomocą przesuwania uchwytów w dół.

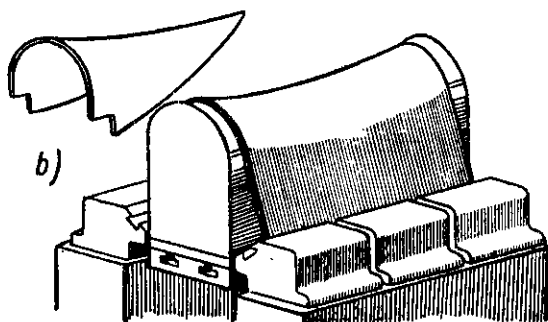
4. Obciążanie pierścieniowe (rys. 206d) stosuje się do wykonywania przedmiotów

z materiału wyjściowego w postaci spawanego pierścienia. Kształtowanie wykonuje się rozsuwnym segmentowym wzornikiem.

Oprócz przedstawionych na rys. 206 schematów istnieją prasy do obciągania z pionowym układem linii uchwytów i poziomym ruchem wzornika. Na rys. 207



Rys. 207. Obciąganie przedmiotów podwójnie wypukłych (a) i wypukło-wklęsłych (b)



przedstawione są dwa przypadki obciągania: *a* — przedmiotów z podwójnie wypukłą krzywizną, *b* — z wypukło-wklęsłą krzywizną.

Stopień odkształcenia przy obciąganiu określa się współczynnikiem obciągania będącego stosunkiem długości najbardziej rozciągniętego odcinka do początkowej jego długości

$$K_{ob} = \frac{L}{L_0}$$

Dla stopów aluminiowych typu duraluminu współczynnik obciągania uzyskiwany w jednej operacji wynosi

$$K_{ob} = 1,03 \div 1,08$$

co jest równoznaczne z wydłużeniem względnym 3 ÷ 8%.

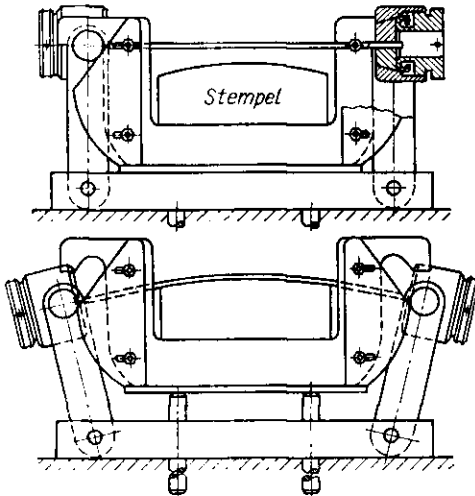
W razie obciągania w kilku operacjach sumaryczny współczynnik obciągania może być zwiększony do

$$K_{ob} = 1,12 \div 1,4$$

Za pomocą obciągania wykonuje się przedmioty ze stopów aluminium i magnezu o grubości do 5 mm lub z nierdzewnej stali o grubości do 1,5 mm, oraz ze stopów tytanu.

W procesie obciągania następuje silne rozciąganie materiału ze ścienieniem do 6%.

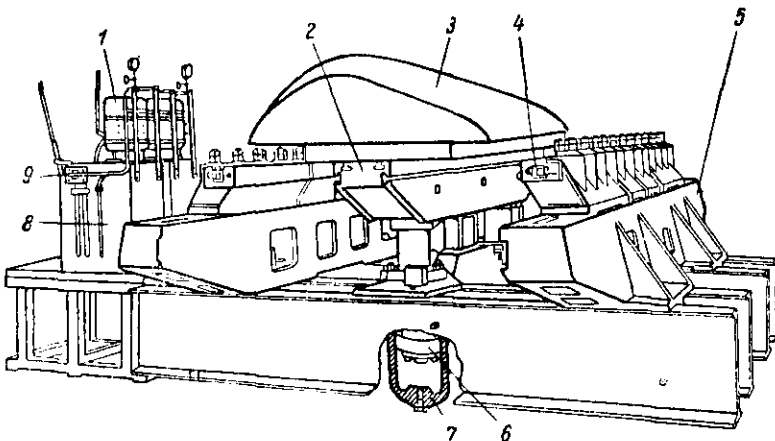
Wadą tego sposobu jest duży rozchód materiału na naddatki do zaciskania arkusza blachy w uchwytach oraz konieczność wykańczającej obróbki młotkami.



Rys. 208. Schemat obciągarki do obciągania z rozciąganiem

Na rys. 208 przedstawiony jest schemat prasy do obciągania z rozciąganiem materiału.

Prasa hydrauliczna do obciągania ma następującą budowę (rys. 209). Ruchomą część prasy składa się ze wzornika 3, zamocowanego na stole 2 przesuwającym w kierunku pionowym, uruchamianym trzonem 6 tłoka poruszającego się w cylindrze 7.



Rys. 209. Prasa hydrauliczna do obciągania (obciągarka)

Zamocowanie materiału wykonuje się za pomocą pneumatycznych uchwytów 4, rozmieszczonych po obu stronach hydraulicznego urządzenia na przesuwanych poprzeczkach 5. Urządzenie napędowe składa się z dwóch pomp 8 napędzanych silnikami 1. Sterowanie pracą prasy wykonuje się z pulpitu 9.

Kształtowanie sprężonym powietrzem i gazami

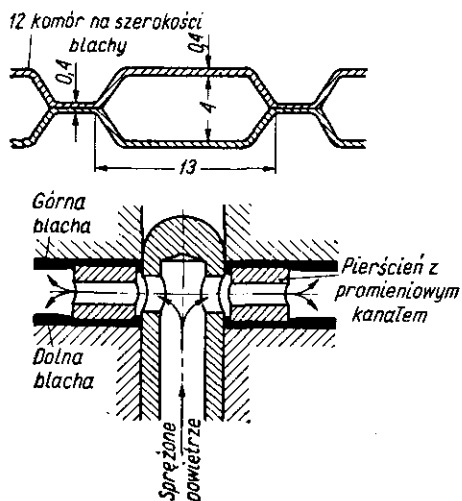
Sposób ten stosowany był tylko do wykonywania celuloidowych lalek i zabawek. Obecnie sposób ten stosuje się również do kształtowania z jednoczesnym plastycznym spajaniem elementów grzejników ze stopów aluminium.

Proces kształtowania i spajania wykonuje się w następujący sposób: dwa oczyszczone z jednej strony arkusze blachy ze stopu aluminium o grubości 0,4 mm układają się w podgrzanym do 450°C tłoczniku i gniecie się między jego żebrami do połowy początkowej grubości (w miejscach spajania), wskutek czego następuje spójenie wzdłuż wąskich, długich szwów.

Następnie przez specjalny króciec wystający z dolnej części tłocznika i pierścienia z promieniowymi kanałami (rys. 210) wpuszcza się sprężone powietrze, które ciśnąc od wewnątrz nadaje przedmiotom wymagany kształt.

Ciśnienie powietrza ustala się doświadczalnie.

Podobny sposób stosuje się do wyrobu cienkościennych rur (z dwóch pasów



Rys. 210. Urządzenia do wpuszczania sprężonego powietrza do tłocznika

spajanych na brzegach i rozpęczanych sprężonym powietrzem) oraz do wyrobu elementów chłodzarek.

W celu uzyskania dobrego spajania konieczne jest odtłuszczenie i usunięcie warstwy tlenków z powierzchni łączonych blach. Odtłuszczenie przeprowadza się w 20-procentowym gorącym roztworze sody kaustycznej, a następnie w 20-procentowym roztworze kwasu azotowego, przy czym oczyszcza się powierzchnię krążkową szczotką drucianą.

Ostatnio powstała nowa metoda kształtowania za pomocą materiałów wybuchowych. Firma Lokhid (USA) zastosowała tę metodę do wytwarzania rur, kształtowania wgłębień i przebijania otworów. Jako środka wybuchowego używa się prochu bezdymnego wytwarzającego ciśnienie do 3500 kG/cm².

26. Umacnianie metalu i wyzarzanie w procesie ciągnięcia

W procesie ciągnięcia, podobnie jak w dowolnym procesie odkształcania na zimno, wszystkie metale i stopy podlegają umocnieniu (zgniotowi), wyrażającemu się zwiększeniem oporu odkształcania i własności mechanicznych (HB , R_r , Q , itp.) oraz zmniejszeniu plastyczności metalu i odpowiadających jej charakterystyk (a i c).

Fizyczna istota umocnienia, wyżarzania i rekrytalizacji wyjaśniona jest w książkach na temat metaloznawstwa.

Stopień umocnienia metalu w procesie ciągnięcia jest złożoną i niedostatecznie zbadaną zależnością od szeregu czynników jak:

1) podatność metalu do umocnienia, charakteryzująca się wartością równomiernego zwężenia przekroju ψ (względne zwężenie przy rozciąganiu do chwili pojawienia się przewężenia);

2) stopień odkształcenia przy ciągnięciu charakteryzujący się jednym z jego wskaźników: K , m , $\ln \frac{D}{d}$ itp.;

3) siła docisku materiału i intensywności naprężeń rozciągających;

4) promień zaokrąglenia krawędzi cięgowych matrycy i stempla;

5) wielkość luzu między stemplem i matrycą;

6) szybkość odkształcania;

7) rodzaj smaru i sposób smarowania;

8) proces starzenia metalu między operacjami.

Większość wymienionych czynników wpływa na stopień umocnienia niezależnie od innych czynników. Na przykład znacznie mniejsze od normalnych promienie zaokrąglenia matryc mogą spowodować graniczne umocnienie i pękanie materiału przy normalnej wartości współczynnika ciągnięcia.

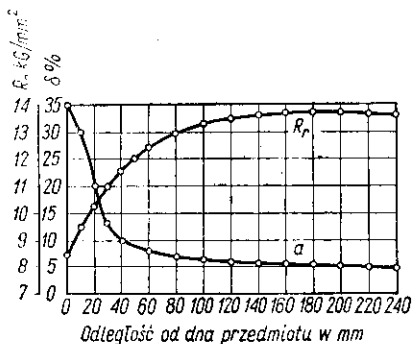
W zależności od podatności do umocnienia metale i stopy stosowane do głębokiego ciągnięcia można podzielić na dwie grupy:

1) średnio umacniające się $\psi = 0,20 \div 0,25$ (stal 08, 10, 15, mosiądz, wyżarzone aluminium);

2) silnie umacniające się $\psi = 0,25 \div 0,30$ (stal nierdzewna IX18H9T, miedź, stal austenityczna, stopy tytanu).

Słabo i bardzo umacniające się metale nie są stosowane do ciągnięcia.

Przy prawidłowym opracowaniu procesu technologicznego metale pierwszej grupy mogą być praktycznie stosowane do ciągnięcia bez międzyoperacyjnego wyżarza-



Rys. 211. Zmiana mechanicznych własności materiału przy głębokim ciągnięciu przedmiotów walcowych w czterech operacjach bez wyżarzania

nia, metale drugiej grupy poddaje się zwykle wyżarzaniu po jednej lub dwóch operacjach ciągnięcia.

Na rys. 211 przedstawiony jest wykres zmiany mechanicznych własności aluminium przy głębokim ciągnięciu przedmiotów walcowych, o średnicy 170 mm i wysokości 260 mm, w czterech operacjach bez międzyoperacyjnego wyżarzania [153]. Z wykresu widzimy, że najbardziej ostry spadek plastyczności metalu występuje w miejscu zaokrąglenia przy dnie przedmiotu lecz plastyczność metalu nie jest jeszcze wyczerpana, co umożliwia dalsze ciągnięcie bez wyżarzania. W przypadku

zastosowania optymalnych wartości współczynników ciągnięcia (patrz tabl. 67) i prawidłowym skojarzeniu innych czynników można średnio wykonać bez międzyoperacyjnego wyżarzania operacje ciągnięcia w liczbach podanych w tabl. 118.

Tablica 118. Liczba operacji ciągnięcia wykonywanych bez wyżarzania

Materiał	Liczba operacji bez wyżarzania
Stal 08, 10, 15	3 ÷ 4
Aluminium	4 ÷ 5
Mosiądz Л 68	2 ÷ 4
Miedź	1 ÷ 2
Stal nierdzewna 1X18H9T	1
Stopy magnezu	1
Stopy tytanu	1

Stopień odkształcenia w każdej operacji powinien mieć optymalną wartość w odniesieniu do względnej grubości półwyrobu.

Zmniejszenie stopnia odkształcenia w każdej operacji umożliwia uzyskanie większego ogólnego stopnia odkształcenia i większej liczby operacji bez międzyoperacyjnego wyżarzania. Na przykład przy tłoczeniu w taśmie, a także na wielostopniowych prasach-automatach wykonuje się 6 ÷ 8 zabiegów ciągnięcia bez międzyoperacyjnego wyżarzania. Zastosowanie przetłaczania przez 2—3 matryce ze zmniejszeniem ścienienia w każdej z nich umożliwia zwiększenie ogólnego stopnia odkształcenia.

Promienie zaokrągleń krawędzi ciągowych matrycy i stempla powinny być nie mniejsze od podanych w tabl. 96. W celu zmniejszenia powstających w metalu naprężeń i zgniotu można znacznie zwiększyć promienie zaokrągleń krawędzi ciągowych stosując przy tym dodatkowy dociskacz kształtowy (dociskający materiał do ciągowej krawędzi matrycy) (patrz rys. 168).

Wielkość luzu wpływa również na stopień zgniotu metalu. Jeżeli luz jednostronny jest mniejszy od grubości materiału, jak na przykład przy ciągnięciu ze ścienianiem ścianek, to zgniot materiału znacznie się zwiększa, wskutek czego należy zastosować wyżarzanie po jednej, dwóch, rzadko po trzech operacjach.

Stopień zgniotu zależy też od procesu starzenia, polegającego na dyspresyjnym twarżeniu metalu odkształconego na zimno. Ponieważ proces starzenia wymaga pewnego czasu, należy szybko podawać półwyroby z operacji na operację, dopóki metal nie straci swojej plastyczności.

Na przykład przy tłoczeniu w taśmie na wielostopniowych prasach-automatach starzenie nie zdąży nastąpić wskutek szybkiego podawania półwyrobów, co sprzyja wykonaniu większej liczby operacji bez wyżarzania.

W razie produkowania na skład półwyrobów z tygodniowym lub dłuższym przechowywaniem proces starzenia powoduje znaczne zmniejszenie plastyczności i konieczność zastosowania międzyoperacyjnego wyżarzania.

Sz szczególnie duże znaczenie ma proces starzenia w przypadku tłoczenia duraluminu w stanie świeżo przesyconym lub wyżarzonym.

Świeżo przesycony duralumin ma strukturę roztworu stałego odznaczającego się zwiększoną plastycznością. Po przesyconiu następuje proces starzenia duraluminu, wskutek którego duralumin umacnia się, a jego plastyczność maleje.

W razie tłoczenia przedmiotów z wyżarzonego duraluminu po tłoczeniu przeprowadza się przesykanie, które powoduje pacznię się przedmiotów i konieczność ich prostowania.

Przesycanie (hartowanie) duraluminu wykonuje się za pomocą nagrzania w kąpeli saletrzanej [17] i szybkie ochłodzenie w następujących warunkach:

Nagrzewanie duraluminu do $495 \div 505^{\circ}\text{C}$
 Chłodzenie w wodzie przy $30 \div 40^{\circ}\text{C}$
 Starzenie naturalne $4 \div 5$ dni
 Starzenie sztuczne $4 \div 5$ godz.

W tabl. 119 podane są temperatury wyżarzania zupełnego lub normalizującego dla różnych metali. Wyżarzanie zupełne lub normalizujące stosuje się głównie do wyżarzania materiału w arkuszach lub półwyrobach oraz jako wyżarzanie międzyoperacyjne po zgnioście w tych przypadkach, gdy wyżarzanie rekrytalizujące nie daje dobrych wyników.

W tabl. 120 podane są temperatury wyżarzania rekrytalizującego chętnie stosowanego w wielu zakładach w celu usunięcia zgniotu i regeneracji plastyczności po ciągnięciu.

Zwykle wyżarza się cały przedmiot. Jednak w razie ciągnięcia wielooperacyjnego wyżarzanie takie jest niewłaściwe, ponieważ wraz ze zmiękczeniem i regeneracją plastyczności silnie umocnionego brzegu wytłoczki zmniejsza się wytrzymałość w niebezpiecznym przekroju, której nie tylko nie powinno się zmniejszać, lecz należałoby zwiększyć.

Dlatego najbardziej celowe jest wyżarzanie miejscowe, wykonywane za pomocą

Tablica 119. Warunki wyżarzania różnych metali

Material	Temperatura nagrzania w $^{\circ}\text{C}$	Czas przetrzymywania w min	Chłodzenie
Stal 08, 10, 15	$760 \div 780$	$20 \div 40$	W powietrzu w skrzynkach
Ст. 1, Ст. 2	$900 \div 920$	$20 \div 40$	Jak wyżej
Stal 20, 25, 30, Ст. 3 Ст.4	$700 \div 720$	60	Wraz z piecem
Stal 30XГСА	$650 \div 700$	$12 \div 18$	W powietrzu
Stal nierdzewna 1X18H9T	$1150 \div 1170$	30	Strumieniem powietrza lub w wodzie
Miedź M1, M2	$600 \div 650$	30	W powietrzu
Mosiądz Л152, Л68	$650 \div 700$	$15 \div 30$	Jak wyżej
Nikiel	$750 \div 850$	20	Jak wyżej
Aluminium А, АМг, АМц	$300 \div 350$	30	Z 250°C w powietrzu
Duralumin Д1, Д6, Д16	$350 \div 400$	30	Z 250°C w powietrzu

Tablica 120. Temperatura niskiego rekrytalizacyjnego wyżarzania

Material	Temperatura nagrzania w $^{\circ}\text{C}$	Uwagi
Stal 08, 10, 15, 20	$600 \div 650$	Chłodzenie w powietrzu
Miedź M1, M2	$400 \div 450$	Jak wyżej
Mosiądz Л162, Л68	$500 \div 540$	Jak wyżej
Aluminium А, АМг, АМц	$220 \div 250$	Przetrzymywanie $40 \div 45$ min
Stopy magnezu МА1, МА8	$260 \div 350$	Przetrzymywanie 60 min
Stop tytanu BT1	$550 \div 600$	Chłodzenie w powietrzu
Stop tytanu BT5	$650 \div 700$	Jak wyżej

Tablica 121. Skład kąpeli do trawienia

Materiał	Skład kąpeli	Ilość	Uwagi
Stal niskowęglowa	Kwas siarkowy lub solny Woda	15 ÷ 20% Reszta	—
Stal o dużej zawartości węgla	Kwas siarkowy Woda	10 ÷ 15% Reszta	Trawienie wstępne
	Wodorotlenek sodowy lub potasowy	50 ÷ 100 g/l	Trawienie wykańczające
Stal nierdzewna	Kwas azotowy (40° Baumé) Kwas solny (19° Baumé) Klej sulfanowany Woda	10% 1 ÷ 2% 0,1% Reszta	W celu otrzymania powłok błyszczących
Miedź i jej stopy	Kwas azotowy (6° Baumé) Kwas solny Sadza	200 części wag. 1 ÷ 2 części wag. 1 ÷ 2 części wag.	Trawienie wstępne
	Kwas azotowy (40° Baumé) Kwas siarkowy Kwas solny	75 części wag. 100 części wag. 1 część wag.	Trawienie na połysk
Aluminiurn i cynk	Wodorotlenek sodowy lub potasowy Sól kuchenna Kwas solny	100 ÷ 200 g/l 13 g/l 50 ÷ 100 g/l	Trawienie na mat

zanurzenia umocnionej części przedmiotu w kąpeli saletrzanej lub ołowianej, albo innym sposobem, jak nagrzewanie indukcyjne, nagrzewanie stykowo-oporowe, nagrzewanie w piecach elektrycznych, nagrzewanie palnikiem gazowym itp.

Najbardziej nowoczesnym sposobem miejscowego wyżarzania jest nagrzewanie indukcyjne prądem normalnej częstotliwości [153]. Urządzenie do nagrzewania przedstawia sobą jednofazowy transformator, w którym wyżarzana część jest jednozwojowym uzwojeniem wtórnym. Czas wyżarzania wynosi 20 ÷ 40 sek. Wyżarzanie obrzeży prądami wysokiej częstotliwości przeprowadza się w czasie 3 ÷ 5 sek w produkcji przemysłowej.

Miejscowe nagrzewanie stosuje się również w celu usunięcia skutków zgniotu kołnierzy lub ich nagrzania przed ciągnięciem (przy zachowaniu zimnej części środkowej półwyrobu), co umożliwi uzyskanie większego stopnia odkształcenia i większej głębokości ciągnięcia.

W celu uniknięcia utleniania powierzchni przedmiotów zaleca się wyżarzanie w piecach z atmosferą ochronną, nie dające warstwy tlenków i nie powodujące konieczności trawienia.

W razie zastosowania zwykłego wyżarzania tworzy się na powierzchni przedmiotów warstwa tlenków, którą usuwa się za pomocą trawienia w różnych kwasach, za pomocą trawienia elektrolitycznego lub oczyszczania ultradźwiękowego.

W tabl. 121 podany jest zestaw kąpeli do trawienia różnych metali [65].

W celu przyspieszenia procesu trawienia stosuje się podgrzewanie kąpeli do 50 ÷ 65°C.

W tym samym celu, jak również w celu zmniejszenia zużycia kwasów stosuje się różne domieszki, które oprócz tego zmniejszają stratę metalu, usuwają kruchość trawienia i powodują zbędność nagrzewania przedmiotów w celu usunięcia wodoru.

Do trawienia stali nierdzewnej stosuje się obecnie złożony ługowo-kwasowy sposób, polegający na wstępnym trawieniu w roztopionym wodorotlenku metalu alkalicznego (80% sody kaustycznej i 20% saletry) w czasie 10 ÷ 30 min i dalszym trawieniu w 18% roztworze kwasu siarkowego lub solnego. Sposób ten zmniejsza kilkakrotnie stratę metalu i rozchód kwasu oraz zwiększa wydajność.

Trawienie elektrolityczne przeprowadza się w 5-procentowym kwasie siarkowym przy gęstości prądu $8 \div 10 \text{ A/dcm}^2$ i napięciu 6V. Przedmioty łączy się (podwiesza) z anodą.

Po trawieniu przedmioty powinny być dokładnie przemyte w celu usunięcia śladów kwasów z ich powierzchni. Mycie wykonuje się zwykle w następującej kolejności:

- 1) płukanie w bieżącej zimnej wodzie,
- 2) neutralizacja w słabym ługu przy temperaturze $60 \div 80^\circ\text{C}$,
- 3) mycie w gorącej wodzie,

W szeregu przypadkach neutralizację przeprowadza się w ostatnim zabiegu.

Przedmioty stalowe po wyżarzaniu i trawieniu niekiedy poddawane są fosforanowaniu, po którym na powierzchni przedmiotów powstaje cienka warstewka fosforanu żelaza chroniąca przed korozją.

Ostatnio do czyszczenia małych przedmiotów po wyżarzaniu stosuje się ultradźwięki.

Istnieją dwa sposoby czyszczenia ultradźwiękami:

1) jednocześnie z trawieniem w roztworze zawierającym 10% kwasu siarkowego, 5% kwasu solnego, 5 g/l soli kuchennej i 30 g/l kontaktu Pietrowa przy temperaturze roztworu $50 \div 60^\circ\text{C}$. Czas oczyszczania wynosi $2 \div 5$ min (bez późniejszego mycia);

2) po wstępnym trawieniu w kwasie, w celu usunięcia szlamu — w tym przypadku cieczą do ultradźwiękowego oczyszczania jest woda.

Drugą metodą ma wyższość nad pierwszą, ponieważ aparatura ultradźwiękowa pracuje w środowisku obojętnym (neutralnym).

Do ultradźwiękowego oczyszczania z tłuszczów, olejów, warstw tlenków stosuje się ultradźwiękowe agregaty Y3A-1 (dla małych przedmiotów) i Y3A-2 (dla dużych przedmiotów) z magnetostrykcyjnymi przetwornikami, zasilanymi z ultradźwiękowego generatora Y3-10.

Na rys. 212 przedstawiony jest agregat Y3A-1, z automatycznym cyklem pracy, przeznaczony do oczyszczania małych przedmiotów. W agregacie tym poddaje się przedmioty kolejno wstępnemu i wykańczającemu oczyszczaniu ultradźwiękowemu, płukaniu i suszeniu.

Na podstawie wyżej podanych wiadomości można sformułować następujące wnioski i wskazania:

1. Podstawowym kierunkiem teorii i praktyki głębokiego ciągnięcia jest stworzenie warunków najbardziej sprzyjających odkształcaniu, które zapewniają uzyskanie mniejszych naprężeń w niebezpiecznym przekroju i umożliwiają zwiększenie dopuszczalnego stopnia odkształcenia i zmniejszenie liczby operacji bez stosowania wyżarzania międzyoperacyjnego.

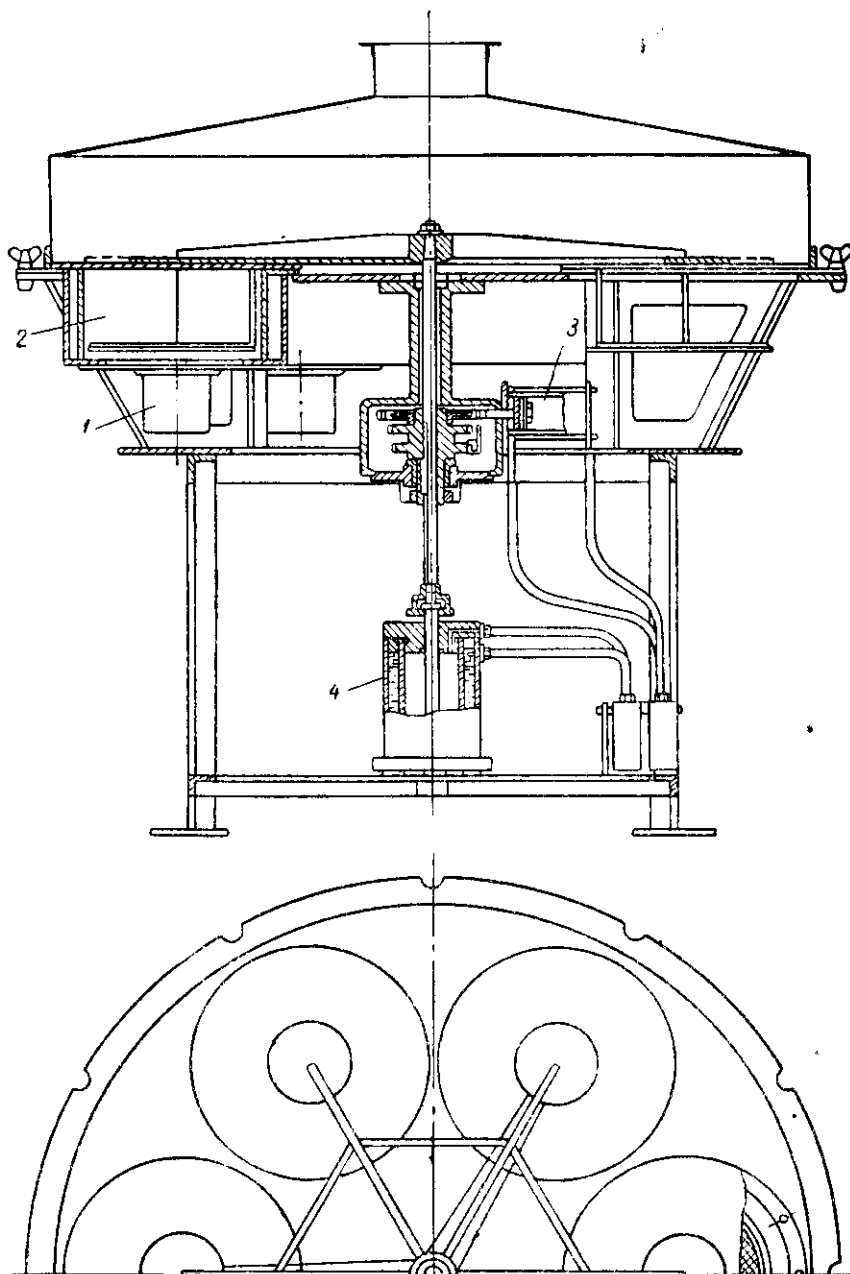
2. W praktyce głębokiego ciągnięcia, w przypadkach przyjęcia zalecanych współczynników (tabl. 67), większość spotykanych przedmiotów wymaga nie więcej jak 3 ÷ 4 operacji ciągnięcia, które wykonuje się bez międzyoperacyjnego wyżarzania.

Wyjątkiem są szybko umacniające się metale i stopy, wymagające stosowania wyżarzania po każdej operacji ciągnięcia.

3. We wszystkich przypadkach, gdy zwiększenie liczby operacji nie powoduje obniżenia wydajności, stosuje się w zakładach z powodzeniem metodę zwiększenia współczynników ciągnięcia w poszczególnych zabiegach, w celu uniknięcia wyżarzania.

4. W stosunkowo rzadkich przypadkach wielooperacyjnego ciążnienia (6 ÷ 10 operacji) bardzo głębokich przedmiotów należy stosować inne bardziej wydajne metody:

a) sposób wyciskania na zimno w jednej operacji — do wyrobu głębokich przedmiotów o małych i średnich wymiarach, z aluminium, miedzi, tombaku i cynku;



Rys. 212. Agregat do ultradźwiękowego oczyszczania małych przedmiotów: 1 — przetwornik, 2 — wanna, 3 — cylinder powietrzny do obracania wahacza, 4 — cylinder powietrzny do podnoszenia wahacza

b) sposób wyciskania na zimno wraz z ciągnięciem ze zmniejszaniem grubości ścianek, wymagający mniejszej liczby operacji.

W tych przypadkach, gdy metody te z jakichkolwiek względów byłyby nie do przyjęcia, rozwiązanie zagadnienia celowości zastosowania jednego—dwóch wyżarzania lub zwiększenia liczby operacji zależy od skali produkcji i powinno być oparte na obliczeniach ekonomicznych.

5. Przed zastosowaniem wyżarzania lub powiększeniem współczynników ciągnięcia i liczby operacji należy upewnić się, czy wszystkie inne warunki odkształcenia są najkorzystniej rozwiązane.

6. Zamiast wyżarzania w piecach należy stosować miejscowe wyżarzanie umocnionego brzegu lub kołnierza przedmiotu za pomocą nagrzewania indukcyjnego. Indukcyjne nagrzewanie łatwo jest zrealizować w produkcji przepływowej.

KSZTAŁTOWANIE

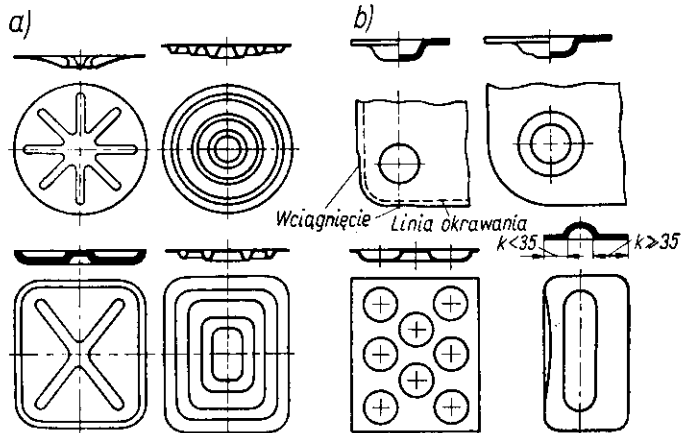
Do grupy sposobów obróbki zwanej kształtowaniem zalicza się operacje zmieniające kształt półwyrobu za pomocą miejscowych odkształceń o różnym charakterze, jak:

- 1) wygniatanie wzorów,
- 2) wywijanie brzegów otworów i zewnętrznego zarysu,
- 3) zawijanie obrzeży,
- 4) rozpęczanie,
- 5) obciskanie,
- 6) prostowanie.

Charakterystyka operacji podana jest w tabl. 2. Większość z nich wykonuje się bez istotnej zmiany grubości materiału.

27. Wygniatanie

Wygniatanie przedstawia sobą zmianę kształtu półwyrobu polegającą na kształtowaniu miejscowych wgłębień i wypukłości kosztem rozciągania materiału. W pew-



Rys. 213. Przykłady wygniatania: a) wygniatanie żeber usztywniających, b) wygniatanie wgłębień

nym stopniu jest ono podobne do płytkiego miejscowego ciągnięcia, przy którym materiał jest głównie rozciągany.

Typowymi przykładami wygniatania są:

- 1) tłoczenie żeber usztywniających i wypukłości (rys. 213),

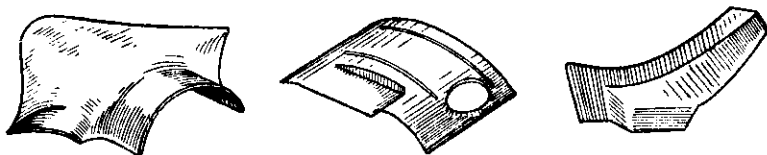
- 2) tłoczenie przedmiotów z ozdobnymi wzorami (rys. 214),
- 3) tłoczenie przedmiotów o złożonym niesymetrycznym kształcie (rys. 215).

Najbardziej rozpowszechnioną operacją jest tłoczenie żeber usztywniających, szeroko stosowaną w przemyśle samochodowym, lotniczym, budowy wagonów,



Rys. 214. Wygniatanie ozdobnych wzorów

przrzędów, radiowym itp. W większości przypadków tłoczenie żeber usztywniających wykonuje się tłocznikami metalowymi. Tylko w budowie samolotów operacja ta wykonywana jest za pomocą nacisku gumą lub ciśnieniem cieczy na prasach hydraulicznych.



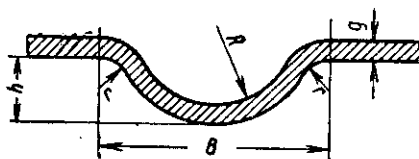
Rys. 215. Wygniatanie przedmiotów o złożonym niesymetrycznym kształcie

Wymiary żeber usztywniających stosowanych w budowie przyrządów podane są na rys. 216 i w tabl. 122.

Na rys. 217 podany jest wykres wielkości wydłużenia materiału przy tłoczeniu żeber usztywniających.

Krzywa 1 odpowiada obliczeniowej wartości wydłużenia, a zakreskowane pole 2—rzeczywistemu wydłużeniu, mającemu nieco mniejszą wartość wskutek tego, że

Rys. 216. Wymiary żeber usztywniających



rozciąganiu ulegają również strefy półwyrobu przylegające do żebra usztywniającego.

Na rys. 218 podany jest wykres granicznej głębokości żeber usztywniających, kształtowanych gumą przy nacisku 85 kG/cm².

Tablica 122. Wymiary żeber usztywniających

Zalecane wymiary	Promień R	Wysokość h	Szerokość B	Promień przejściowy r
Normalne	4g	3g	10g	2g
Najmniejsze	3g	2g	7g	g

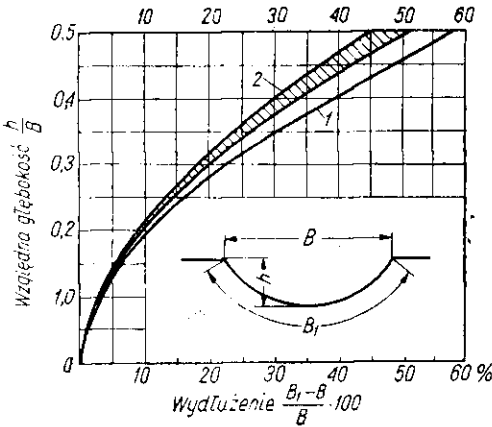
Siła potrzebna do tłoczenia żeber usztywniających może być obliczona ze wzoru

$$P = LgR, k \text{ kG}$$

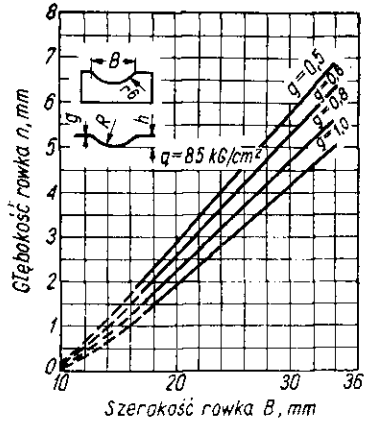
gdzie: L — długość żeber usztywniających w mm,

k — współczynnik zależny od szerokości i głębokości rowka ($k = 0,7 \div 1$).

Przybliżona wartość siły wygniatania na prasach korbowych małych przedmio-



Rys. 217. Wielkość wydłużenia materiału przy tłoczeniu żeber usztywniających: 1 — obliczeniowa wielkość wydłużenia, 2 — rzeczywiste wydłużenie



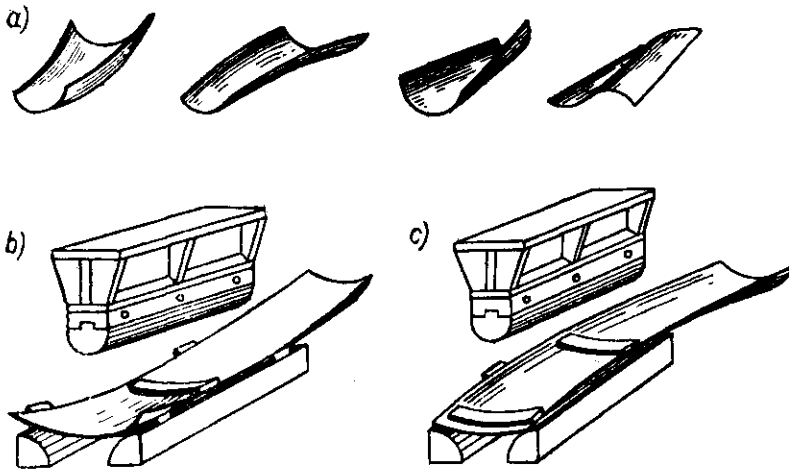
Rys. 218. Największa głębokość żeber usztywniających wygniatanych gumą przy nacisku jednostkowym 85 kg/cm^2

tów ($F < 20 \text{ cm}^2$) z cienkiego materiału (do 1,5 mm) może być obliczona ze wzoru empirycznego [88]

$$P = Fkg^2 \text{ kG}$$

gdzie: F — powierzchnia tłoczonego wzoru w mm^2 ,

k — współczynnik wynoszący dla stali $10 \div 20$, dla miedzi $15 \div 20$.



Rys. 219. Kształtowanie dużych arkuszy o złożonej przestrzennej krzywiznie

W przemyśle okrętowym wytwarza się duże ($6000 \div 8000 \times 1500 \div 2000$ mm) części kadłuba z cienkiej blachy stalowej, mające złożoną przestrzenną krzywiznę (rys. 219a). W celu nadania im wymaganego kształtu stosuje się walce do gięcia, prasy do gięcia, prasy hydrauliczne i specjalne maszyny do gięcia arkuszy blach.

Na rys. 219b pokazany jest sposób nadawania arkuszom blach podwójnie wklęsłego kształtu za pomocą tłoczenia na prasie hydraulicznej tłoczniakiem uniwersalnym z wymiennymi częściami roboczymi i zastosowaniem poprzecznych przekładek. Na rys. 219c przedstawiony jest podobny sposób tłoczenia przedmiotu o kształcie wypukło-wklęsłym [259].

Tłoczenie wykonuje się za pomocą szeregu kolejnych nacisków stempla przesuwając arkusz blachy po każdym nacisku w kierunku wzdłużnym lub poprzecznym.

28. Wywijanie

Rozróżnia się dwa rodzaje wywijania: wywijanie obrzeży otworów i wywijanie zewnętrznych obrzeży przedmiotów. Różnią się one charakterem odkształcenia, schematem stanu naprężeń i przeznaczeniem.

Wywijanie obrzeży otworów polega na kształtowaniu kołnierzy dookoła uprzednio wykonanych otworów (niekiedy bez nich) lub na brzegach przedmiotów o kształcie naczyń. Kształtowanie to odbywa się za pomocą rozciągania materiału.

Wywijanie zewnętrznego obrzeża polega na kształtowaniu niskich ścianek na krzywoliniowym obwodzie przedmiotu, przy czym materiał w miejscach kształtowania jest ściskany lub rozciągany.

Wiwijanie obrzeży otworów

Wywijanie obrzeży otworów szeroko rozpowszechnia się w produkcji tłoczonej, zastępując operację ciągnięcia i następnie wycinania dna. Szczególnie korzystne jest zastosowanie wywijania obrzeży otworów w razie wykonywania przedmiotów z dużym kołnierzem, gdy ciągnięcie jest utrudnione i wymaga kilku zabiegów.

Odkształcanie materiału przy wywijaniu charakteryzuje się zmianą promieniowo pierścieniowej siatki naniesionej na półwyrob (rys. 220). Podczas wywijania obrzeży otworów następuje wydłużenie włókien w kierunku stycznym i zmniejszenie grubości materiału. Odstępy między współśrodkowymi okręgami kół pozostają prawie bez zmian.

Wymiary geometryczne przy wywijaniu określa się wychodząc z warunku równości objętości półwyrobu i gotowego przedmiotu. Zwykle wysokość kołnierza jest podana na rysunku. W tym przypadku średnicę otworu przygotowywanego do wywijania wstępnego oblicza się w przybliżeniu jak dla zwykłego gięcia. Jest to dopuszczalne ze względu na małe odkształcenie w kierunku promieniowym i znaczne zmniejszenie grubości materiału.

Średnicę otworu wstępnego oblicza się ze wzoru

$$d = D - 2(H - 0,43r - 0,72g)$$

a wysokość kołnierza ze wzoru

$$H = \frac{D-d}{2} + 0,43r + 0,72g$$

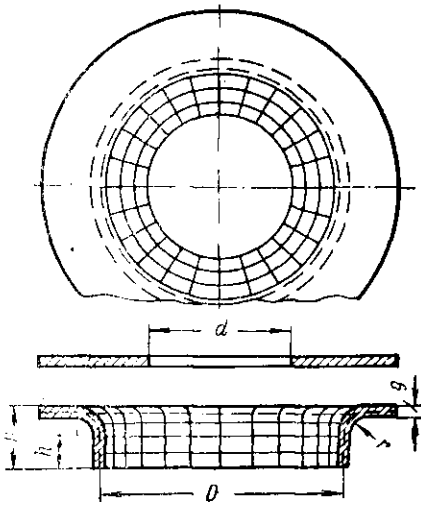
Oznaczenia odpowiadają podanym na rys. 220.

Jak wynika ze wzoru, wysokość kołnierza, przy innych nie zmienionych

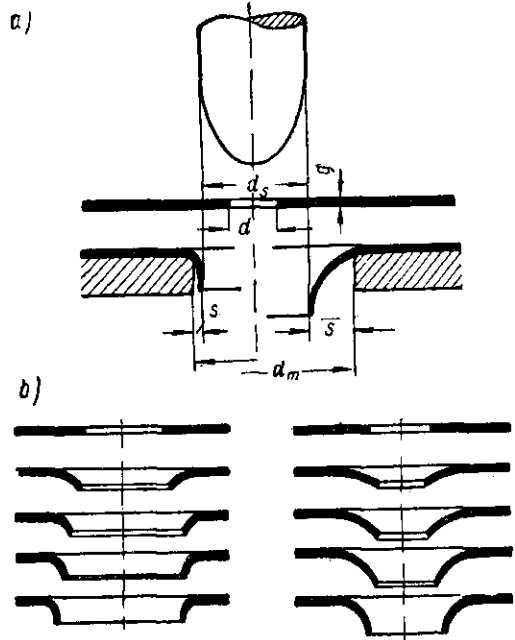
warunkach, zależy od promienia zaokrąglenia. Przy dużym zwiększeniu promienia zaokrąglenia wysokość kołnierza znacznie się zwiększa.

Badania R. Wilkena [378] wykazały, że zwiększenie luzu między stemplem matrycą do $s = 8 \div 10g$ powoduje zwiększenie wysokości i promienia zaokrąglenia kołnierza (rys. 221).

Stopień odkształcenia krawędzi kołnierza nie zwiększa się przy tym, ponieważ średnica wywijanego otworu nie zmienia się. Jednak wskutek tego, że obszar odkształcania obejmuje więcej materiału, odkształcenie kołnierza rozprzestrzenia się i zmniejsza się scienienie jego brzegu. Ustalono, że przy zwiększeniu luzu do



Rys. 220. Schemat wywijania



Rys. 221. Zwiększenie wysokości kołnierza przy wywijaniu z dużym luzem: a) schemat wywijania, b) przebieg wywijania z małym luzem, c) przebieg wywijania z dużym luzem

$s = 8 \div 10g$ siła wywijania zmniejsza się o $30 \div 35\%$. A więc w odpowiedni sposób zmniejsza się również naprężenie w wywijanych ściankach, ponieważ od ich wartości zależy opór odkształcania metalu i siła wywijania.

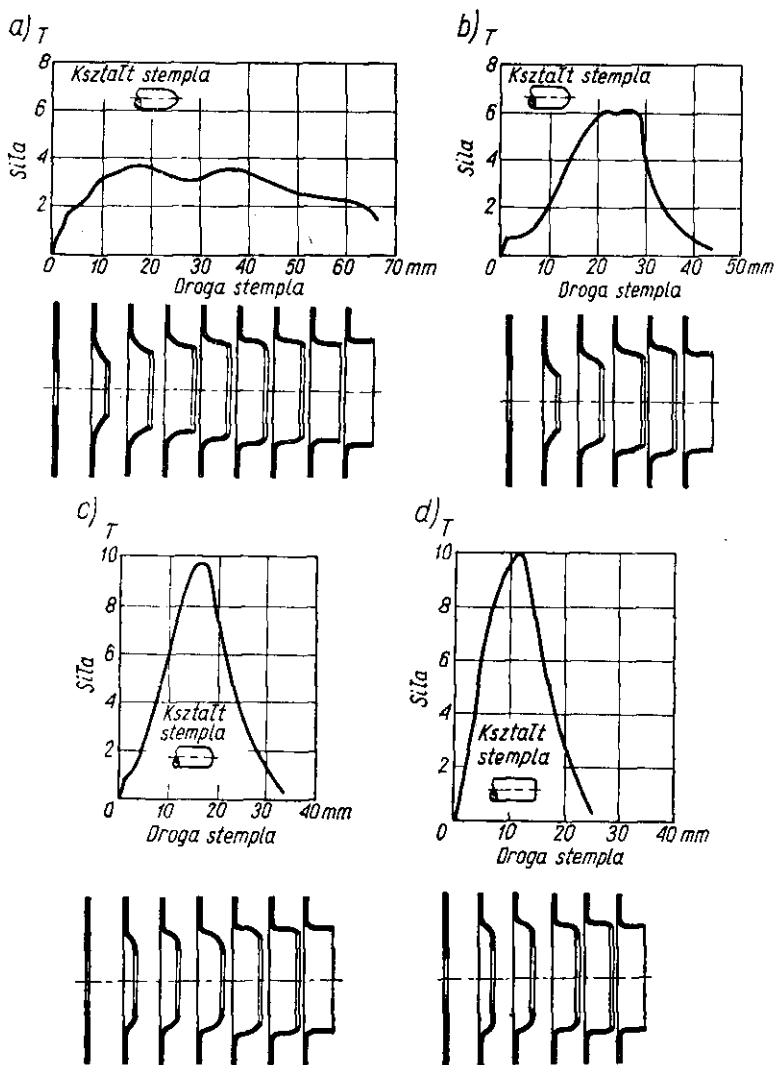
Tak więc, łatwiej jest przeprowadzać wywijanie przy dużym luzie między stemplem i matrycą lub przy znacznie zwiększonym promieniu zaokrąglenia krawędzi matrycy. Takie wywijanie charakteryzuje się dużym promieniem zaokrąglenia lecz małym wymiarem części walcowej kołnierza. Jest ono w pełni stosowane w przypadkach, gdy celem wywijania jest zwiększenie sztywności konstrukcji, na przykład przy wywijaniu dużych otworów i okien w konstrukcjach lotniczych, samochodowych, okrętowych itp.

Wywijanie z małym promieniem zaokrąglenia i dużą częścią walcową kołnierza powinno być stosowane tylko do małych otworów w celu umożliwienia wykonania gwintu lub w celu wprasowania osi, lub w innych przypadkach, gdy ze względów konstrukcyjnych wymagane są walcowe ścianki otworu.

Duży wpływ na proces wywijania i wartość siły ma kształt stempla.

Na rys. 222a-d przedstawione są wykresy i kolejne fazy wywijania przy różnych kształtach zarysu roboczej części stempla (krzywoliniowy — ewolwenta linii łańcuchowej, łuk koła, wałek z dużym zaokrągleniem krawędzi, wałek z małym zaokrągleniem krawędzi).

Na rys. 223 podany jest wykres siły wywijania obrzeży otworów w niskowęglowej stali o grubości 2 mm stemplami o różnych kształtach. Najlepsze wyniki uży-



Rys. 222. Robocze wykresy (siła — droga stempla) i przebieg wywijania przy różnych kształtach stempla: a) krzywoliniowy, b) kulisty, c) walcowy z dużym zaokrągleniem krawędzi, d) walcowy z małym zaokrągleniem krawędzi

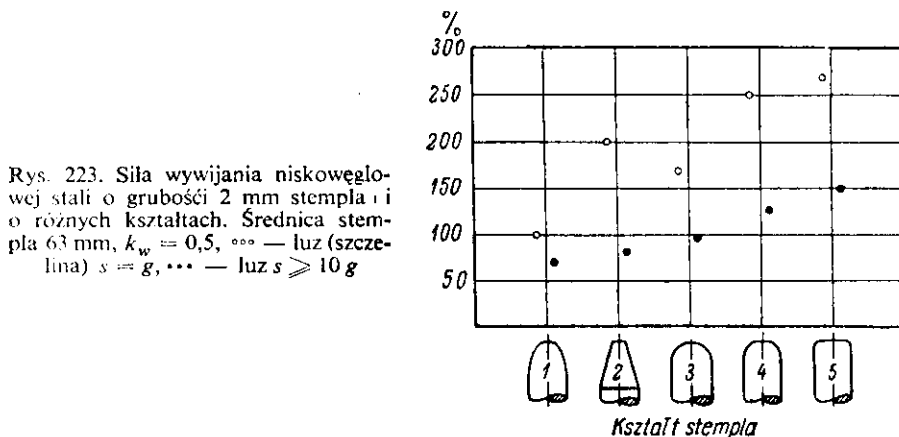
skano przy wywijaniu stemplem o zarysie krzywoliniowym 1, najgorsze przy wywijaniu stemplem walcowym 5. Jak wynika z wykresu, siła przy wywijaniu z dużym luzem ($s = 10g$) jest znacznie mniejsza niż w przypadku z małego luzu ($s = g$).

Siła niezbędna do wywijania stemplem walcowym może być w przybliżeniu obliczona ze wzoru [230]

$$P = 1,1\pi g Q_r (D - d) \text{ kG}$$

gdzie: D — średnica wywijania (rys. 221) w mm,
 d — średnica otworu w mm.

Pomyślne wykonanie wywijania zależy od gładkości ścięcia odkształcanej krawędzi. W razie istnienia zadziorów na krawędzi otworu nieuchronnie powstaną pęknięcia.



Rys. 223. Siła wywijania niskowęglowej stali o grubości 2 mm stempla i o różnych kształtach. Średnica stempla 63 mm, $k_w = 0,5$, ••• — luz (szczelina) $s = g$, ••• — luz $s \geq 10 g$

Stopień odkształcenia przy wywijaniu obrzeży otworu określa się stosunkiem średnicy otworu do średnicy kołnierza, czyli tzw. współczynnikiem wywijania:

$$k_w = \frac{d}{D} = 1 - \psi$$

gdzie: d — średnica otworu przed wywijaniem,
 D — średnica kołnierza (w warstwie środkowej).

Dopuszczalna wartość zwężenia poprzecznego przekroju przy wywijaniu jest wskutek wad krawędzi otworu (zadziory, zgniot itp.) znacznie niższa niż przy badaniu na rozciąganie.

Najmniejsza grubość brzoju kołnierza wynosi

$$g_1 = g \sqrt{k_w}$$

Wartość współczynników wywijania zależy od:

- 1) charakteru obróbki i stanu krawędzi otworu (wierconego lub wykrawanego, istnienie lub nieistnienie zadziorów),
- 2) względnej grubości półwyrobów, wyrażanej stosunkiem $\frac{g}{D} \cdot 100$,
- 3) rodzaju materiału i jego własności mechanicznych,
- 4) kształtu roboczej części stempla.

Doświadczalnie udowodniona jest odwrotna zależność granicznego dopuszczalnego współczynnika wywijania od względnej grubości półwyrobu (230), tj. im większa względna grubość półwyrobu, tym mniejsza jest wartość dopuszczalnego współczynnika wywijania i tym większy osiągany stopień odkształcenia. Oprócz tego udowodniono zależność granicznych współczynników wywijania od sposobu wykonania i stanu krawędzi wywijanego otworu.

Tablica 123. Obliczeniowe wartości współczynników wywijania dla stali niskowęglowej

Sposób wywijania	Sposób wykonania otworu	Stosunek d/g										
		100	50	35	20	15	10	8	6,5	5	3	1
Kulistym stemplem	Wiercenie z usunięciem zadziorów	0,70	0,60	0,52	0,45	0,40	0,36	0,33	0,31	0,30	0,25	0,20
	Dziurkowanie w tłoczniku	0,75	0,65	0,57	0,52	0,48	0,45	0,44	0,43	0,42	0,42	—
Walcowym stemplem	Wiercenie z usunięciem zadziorów	0,80	0,70	0,60	0,50	0,45	0,42	0,40	0,37	0,35	0,30	0,25
	Dziurkowanie w tłoczniku	0,85	0,75	0,65	0,60	0,55	0,52	0,50	0,50	0,48	0,47	—

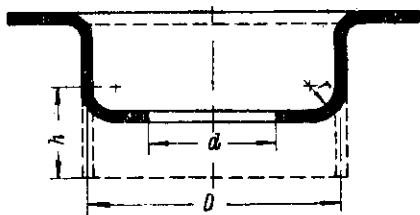
Najmniejsze współczynniki wywijania uzyskano przy wywijaniu otworów wierconych, największe — przy wywijaniu otworów wykrawanych.

Praktycznie zbliżone do wywijania otworów wierconych wartości współczynników dają wywijanie brzegów otworów wykrawanych i wyżarzonych lub otworów wygładzanych w tłoczniku wygładzającym z usunięciem odkształconej warstwy przy wykrawaniu otworu.

W tabl. 123 podane są obliczeniowe wartości współczynników wywijania dla stali niskowęglowej w zależności od warunków wywijania i stosunku $\frac{d}{g}$.

Wykrawanie (przebijanie) otworów do wywijania należy przeprowadzać od strony przeciwnej do kierunku wywijania, czyli należy układać półwyroby zadziorami do góry, aby krawędź z zadziorami była mniej rozciągana, niż krawędź zaokrąglona.

Jeżeli wymagana jest szczególnie duża wysokość kołnierza, która nie może być uzyskana w jednej operacji, to w przypadku wywijania małych otworów w pojedynczych półwyrobach należy zastosować wywijanie ze zmniejszeniem grubości ścianki



Rys. 224. Wywijanie z uprzednim ciągnięciem

(patrz dalej), a w przypadku wywijania dużych otworów lub przy wielotaktowym ciągnięciu w taśmie — najpierw ciągnięcie, następnie wycinanie otworu w dnie i wywijanie (rys. 224).

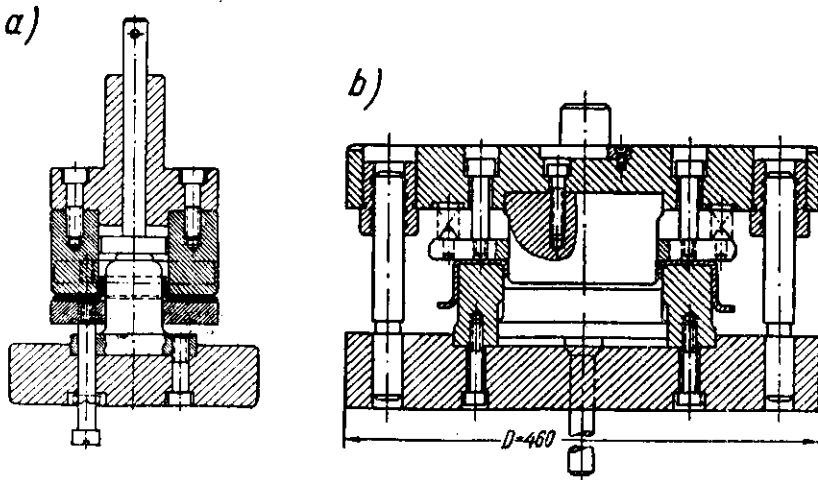
Wymiary h i d oblicza się ze wzorów:

$$h = \frac{D-d}{2} + 0,57r$$

$$d = D + 1,14r - 2h$$

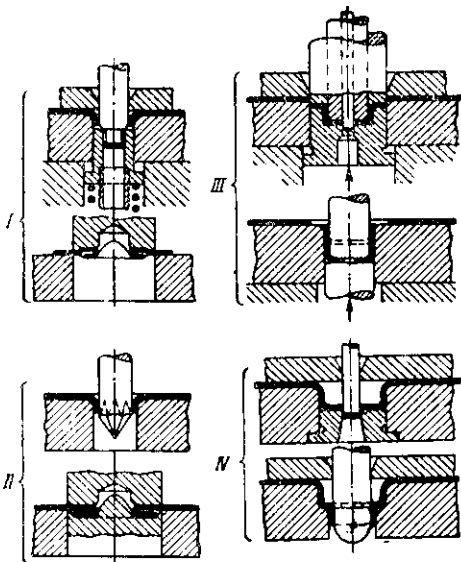
Na rys. 225 przedstawione są tłoczniczki do wywijania otworów w małych i dużych przedmiotach.

Wywijanie otworów jest szeroko stosowane w wielotaktowym tłoczeniu w taśmie.

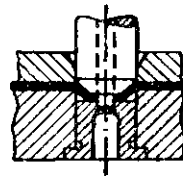


Rys. 225. Tłocznik do wywijania: a) małych otworów, b) dużych otworów

Na rys. 226 podane są niektóre przypadki wywijania przy tłoczeniu w taśmie [94]: sposób uzyskiwania otworów ze wzmocnionym brzegiem (rys. 226 I i II), zastosowanie zewnętrznego wywijania w celu zwiększenia wysokości ciągniętego



Rys. 226. Zastosowanie wywijania przy wielotaktowym ciągnięciu w taśmie



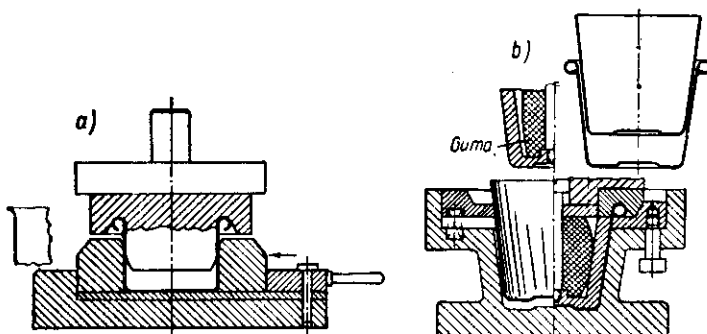
Rys. 227. Wywijanie-pogłębienie pod łby stożkowe wkrętów

przedmiotu (rys. 226 III), zastosowanie wywijania otworów w dnie przedmiotu ciągniętego w celu zwiększenia jego wysokości (rys. 226 IV).

Na rys. 227 przedstawione jest szeroko rozpowszechnione wywijanie wgłębień pod łby wkrętów.

Podobny charakter do operacji wywijania otworów ma operacja zawijania obrzeży przedmiotów w postaci naczyń, wykonywana w celu zwiększenia sztywności i zaokrąglenia brzegu naczynia.

W produkcji masowej przedmiotów jednego typu, na przykład naczyń kuchennych, zawijanie brzegów wykonuje się rolkami na specjalnych maszynach do zawijania. W produkcji drobnoseryjnej zawijanie brzegów wykonuje się na wyoblarkach.



Rys. 228. Zawijanie obrzeża naczynia: a) naczynia walcowego, b) naczynia stożkowego

W pozostałych przypadkach zawijanie obrzeży wykonuje się tłocznikami za pomocą nacisku na krawędź obrzeża i następnie ciągłego wyginania materiału przesuwającego się po zaokrąglonej powierzchni rowka w stemplu, jak pokazano na rys. 228 na przykładzie naczynia walcowego i stożkowego.

Wywijanie obrzeży otworów nieokrągłych

W różnych konstrukcjach spotyka się otwory i wycięcia o zarysie nieokrągłym (owalnym lub prostokątnym) i o wywiniętych obrzeżach.

Najczęściej takie otwory wykonywane są w celu zmniejszenia ciężaru, a wywinięte brzegi — w celu zwiększenia sztywności konstrukcji. W tym przypadku przyjmuje się małą ($4 \div 6g$) wysokość kołnierza (wywiniętego obrzeża) i nie stawia się wysokich wymagań odnośnie do jego dokładności.

Przy wyznaczaniu rozwinięcia należy uwzględniać różnorodny charakter odkształceń występujący na obwodzie otworu, gięcie na prostych odcinkach i wywijanie z rozciąganiem oraz zmniejszeniem wysokości kołnierza w narożnikach. Jednak wskutek jednolitości materiału odkształcenie rozprzestrzenia się na proste odcinki kołnierza, które kompensują odkształcenie w narożnikach. Dlatego nie ma dużych różnic wysokości kołnierza.

W celu usunięcia możliwych różnic wysokości kołnierza należy nieco zwiększyć szerokość wywijanego obrzeża w narożnikach w porównaniu z jego szerokością na prostych odcinkach.

W przybliżeniu można przyjąć

$$b_n = (1,05 \div 1,1) b_{pr}$$

gdzie b_n i b_{pr} — szerokość wywijanego obrzeża w narożnikach i na prostych odcinkach¹⁾.

Przy wywijaniu nieokrągłych otworów dopuszczalny stopień odkształcenia oblicza się dla odcinków o najmniejszym promieniu zaokrąglenia.

1) Bardziej dokładny sposób wyznaczania zarysu otworu można znaleźć w literaturze [185].

Ustalono doświadczalnie [185], że przy wywijaniu nieokrągłych otworów graniczne wartości współczynników wywijania są mniejsze niż przy wywijaniu otworów okrągłych (dzięki odciążającemu działaniu sąsiednich odcinków), jednak wartość tego zmniejszenia praktycznie nie ma znaczenia. Dlatego w danym przypadku można posługiwać się współczynnikami wywijania ustalonymi dla otworów okrągłych.

Duży wpływ na wartość współczynnika wywijania ma względna grubość materiału $\frac{g}{r}$ lub $\frac{g}{d}$ (patrz tabl. 123), a jeszcze większy wpływ ma stan i charakter krawędzi otworu.

Graniczne wartości współczynników wywijania otworów wykonanych za pomocą wykrawania (dziurkowania) są wskutek zgniotu krawędzi 1,5÷1,7 raza większe od współczynników wywijania otworów frezowanych. Jednak frezowanie jest mało wydajnym procesem. Dlatego zamiast frezowania zaleca się w koniecznych przypadkach stosowanie miejscowego wyżarzania rekryystalizacyjnego po wykrawaniu.

Wiwijanie ze ścienianiem ścianek

W różnych gałęziach przemysłu (elektrycznego, budowy przyrządów) stosuje się tłoczenie przedmiotów mających otwory z wysokimi walcowymi ściankami (kołnierzami). W danym przypadku stosuje się wywijanie ze ścienianiem ścianek, ponieważ przy zwykłym wywijaniu nie można by uzyskać wymaganej wysokości kołnierza. Proces ten daje zwykle znaczną oszczędność materiału.

Przy wywijaniu ze ścienianiem stopień odkształcenia określa się nie tylko współczynnikiem wywijania lecz również współczynnikiem ścieniania ścianek kołnierza, ponieważ współczynnik wywijania charakteryzuje tylko stopień odkształcenia przy wywijaniu bez założonego zmniejszenia grubości ścianek.

W przypadku wywijania ze ścienianiem ścianek osiąga się znacznie wyższy stopień odkształcenia. Inaczej mówiąc, przy jednakowym osiąganym współczynniku wywijania w przypadku wywijania ze ścienianiem, uzyskuje się znacznie wyższy kołnierz.

Wysokość kołnierza wykonywanego za pomocą wywijania ze ścienianiem można obliczyć z następującego wzoru [230]

$$H_s = H + \frac{1}{2} \left(\frac{g}{s} - 1 \right) (H - h_x)$$

gdzie: H — wysokość kołnierza bez ścieniania w mm,

s — luz między walcową powierzchnią stempla w matrycy w mm,

$h = \frac{s - g_1}{g - g_1} H$ — część wysokości kołnierza nie podlegająca ścienianiu w mm.

Wywijanie z założonym ścienianiem materiału jest bardziej celowe z punktu widzenia stateczności odkształcenia i unikania pęknięć materiału, ponieważ w procesie ścieniania powstaje bardziej sprzyjający odkształcaniu plastycznemu stan naprężeń ze znacznymi naprężeniami ściskającymi).

Umożliwia to prowadzenie wywijania przy złagodzonych współczynnikach wywijania, a wymaganą wysokość kołnierza uzyskuje się dzięki maksymalnemu dopuszczalnemu ścienianiu jego ścianek.

Zależność granicznej wartości ścieniania od przyjętego współczynnika wywijania do tej pory nie została ustalona, lecz wykonane doświadczenia [230] wskazują

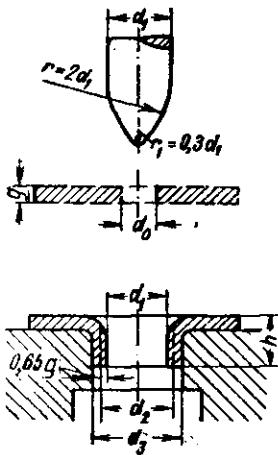
możliwość ścieniania w jednej operacji do wartości $\frac{g_1}{g} = 2 \div 2,5$.

W tych samych doświadczeniach ustalono, że siła konieczna do wywijania ze ścienianiem jest znacznie wyższa, niż w przypadku wywijania bez ścieniania (przy jednakowym współczynniku wywijania), przy czym siła zwiększa się proporcjonalnie do stosunku $\frac{g}{g_1}$.

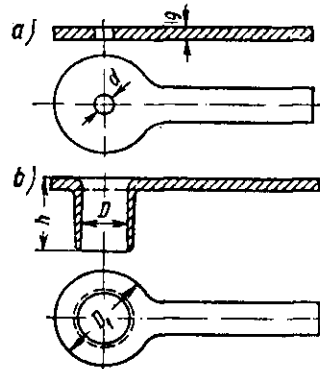
Ponieważ powstaje przy tym w matrycy ciśnienie w kierunku promieniowym, to w celu zwiększenia wytrzymałości matrycy zaleca się wprasowanie jej w osadę.

W praktyce stosuje się następujące sposoby wywijania ze ścienianiem materiału:

- 1) wywijanie małych otworów stemplem o zaokrąglonym lub kulistym końcu,
- 2) wywijanie otworów średniej wielkości stemplem stopniowanym z pierścieniami występami o stopniowo zwiększających się średnicach, przy czym pierwszy stopień wykonuje tylko wywijanie z dopuszczalnym współczynnikiem, a następne występy wykonują kolejno ścienianie i zwiększanie wysokości kołnierza.
- 3) wywijanie dużych otworów w dwóch operacjach — wywijanie i przepychanie (jeżeli skok prasy jest niedostateczny).



Rys. 229. Wywijanie obrzeży małych otworów pod gwint



Rys. 230. Wywijanie ze ścienianiem stopniowanym stemplem: a) półwyrob, b) przedmiot

Na rys. 229 przedstawiony jest szeroko rozpowszechniony w masowej produkcji sposób wywijania małych otworów pod gwint, stosowany w celu zwiększenia głębokości gwintowanego otworu w cienkim materiale.

W danym przypadku zwykle wykonuje się stosunkowo małe ścienienie ścianek:

$$\frac{d_3 - d_1}{2} = 0,65g$$

$$g = 1,54d_1$$

Średnica otworu w półwyrobie wynosi

$$d_0 = 0,45d_1$$

czyli

$$k_w = \frac{d_0}{d_1} = 0,45$$

Wewnętrzną średnicę wywiniętego kołnierza określa się jako równą wewnętrznej średnicy gwintu, którą zwykle przyjmuje się

$$d_2 \leq \frac{d_1 + d_3}{2}$$

Wywijanie pod gwint jest możliwe tylko w przypadkach otworów gwintowanych (praktycznie do M5).

Zewnętrzna średnica wywijanego kołnierza wynosi

$$d_3 = d_1 + 1,3g$$

Wysokość kołnierza oblicza się na podstawie objętości wywijanego materiału i zwykle wynosi

$$h = (2 \div 2,5)g$$

Wywijanie pod gwint w cienkich materiałach (do 2 mm) jest czasem wykonywane bez uprzedniego wykrawania otworu. Otwór jest przebijany jednocześnie z wywijaniem (rys. 226 I). W niektórych przypadkach, gdy dopuszczalne jest wykonanie porożrywanego kołnierza, można wykonać wywijanie z przebijaniem otworu stemplem o kształcie gwoźdźcia (rys. 226, II).

Sposób ten stosuje się do łączenia części z cienkich materiałów (do 0,6 mm) zamiast łączenia nitami oraz do wykonywania otworów z zagiętymi brzegami.

Wywijanie stopniowanym stemplem stosuje się przy tłoczeniu małych przedmiotów mających stosunkowo wysokie kołnierze. Na rys. 230 przedstawiony jest przykład wywijania stopniowanym stemplem przedmiotów z mosiądzu i z aluminium o wymiarach podanych w tabl. 124 [88].

Tablica 124. Wymiary przedmiotu wywijanego ze ścienianiem stopniowanym stemplem

Część bezpiecznika	Materiał	g	g_1	d	D	D_1	h
E-27	Mosiądz	2	0,8	12	26,5	33	15
E-14	Aluminium	1,7	0,35	4	13,7	21	15

Współczynnik wywijania jest równy: w pierwszym przypadku $k_w = 0,45$, w drugim przypadku $k_w = 0,29$.

Stopień ścienienia ścianek wynosi w pierwszym przypadku $\frac{g}{g_1} = 2,5$, w drugim przypadku $\frac{g}{g_1} = 4,9$. A więc w pierwszym przypadku grubość materiału jest zmniejszona 8,5 raza, a w drugim — prawie 5 razy.

W obydwu przypadkach zewnętrzne wymiary półwyrobu pozostają niezmienione.

Średnicę otworu wstępnego (wykonywanego przed wywijaniem) określa się wychodząc z wymaganej wysokości przedmiotu i grubości ścianki.

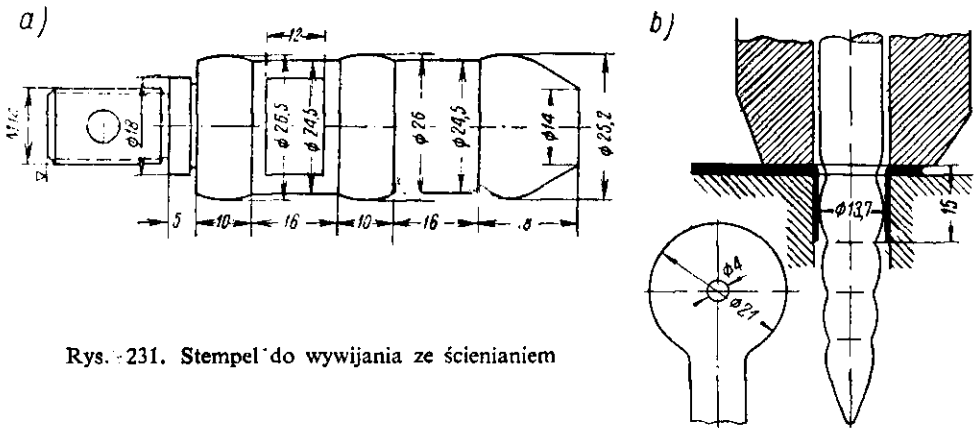
W podanych przykładach wymiary wysokości kołnierza nie są wartościami granicznymi i są zgodne z wymaganą wysokością przedmiotu.

Wywijanie ze ścienianiem stopniowanym stemplem wykonywa się na prasach podwójnego działania z silnym dociskiem półwyrobu i przy obfitym smarowaniu smarem stałym.

Duże ścienienie ścianek jest możliwe tylko w przypadku stopniowego zmniej-

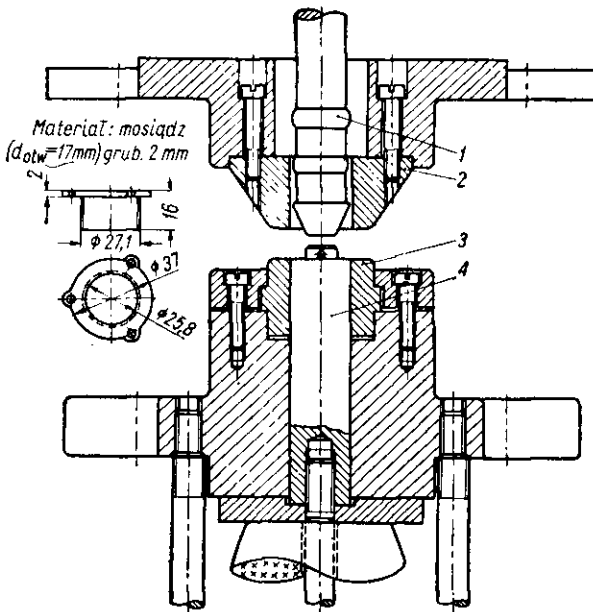
szania ich grubości podczas jednego skoku suwaka prasy, co można osiągnąć stosując stempel z pierścieniowymi występami o kolejno zwiększających się średnicach.

Na rys. 231 przedstawione są odmiany takich stempli: pierwszy dla $D = 26,5$ mm, a drugi — dla $D = 13,7$ mm i $d = 4$ mm.



Rys. 231. Stempel do wywijania ze ścianiem

Na rys. 232 przedstawiony jest tłocznik do wywijania ze ścianiem stopniowanym stemplem przedmiotów mosiężnych (na rysunku z lewej strony). Tłocznik przeznaczony jest do prasy podwójnego działania.



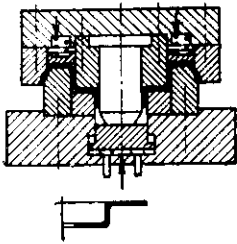
Rys. 232. Tłocznik do wywijania ze ścianiem na prasie podwójnego działania: 1 — stempel, 2 — dociskacz, 3 — matryca, 4 — wypychacz

Wywijanie z podwójnym przepychaniem wykonuje się stemplem w matrycy 3. Półwyrób dociska się silnie pierścieniem dociskowym 2 zamocowanym do zewnętrznego suwaka, a wypychanie wywiniętego przedmiotu wykonywane jest trzpieniem 4 napędzanym poduszką gumową.

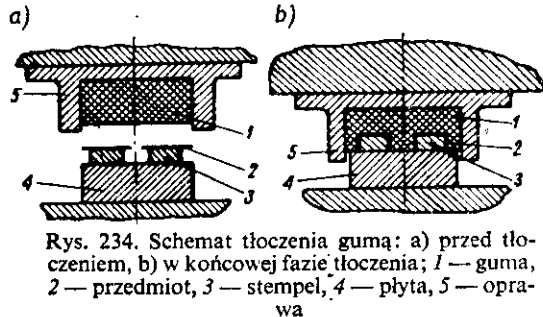
Wywijanie zewnętrznego obrzeża

Wywijanie zewnętrznego obrzeża o krzywoliniowym zarysie jest operacją rozpowszechnioną w przemyśle samochodowym i lotniczym [17, 85].

Wywijanie zewnętrznego obrzeża wykonuje się na prasach korbowych (rys. 233), na prasach hydraulicznych i ciernych za pomocą gumy (rys. 234), na młotach spa-



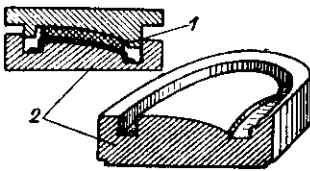
Rys. 233. Schemat tłoczniaka do wywijania wewnętrznego i zewnętrznego



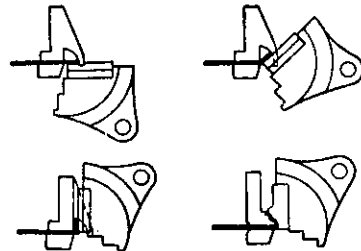
Rys. 234. Schemat tłoczenia gumą: a) przed tłoczeniem, b) w końcowej fazie tłoczenia; 1 — guma, 2 — przedmiot, 3 — stempel, 4 — płyta, 5 — oprawa

dowych w tłoczniakach metalowych lanych, niekiedy z zastosowaniem gumy (rys. 235), lub gięciem na specjalnych maszynach do wywijania obrzeży (rys. 236).

Tłoczenie gumą na prasach hydraulicznych i tłoczenie na młotach spadowych wykonuje się bez zaciskania wywijanego obrzeża, wskutek czego następuje nie tyle

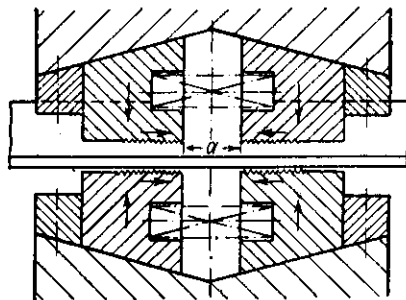


Rys. 235. Tłoczenie na młotach spadowych z zastosowaniem gumy: 1 — guma, 2 — tłoczniak



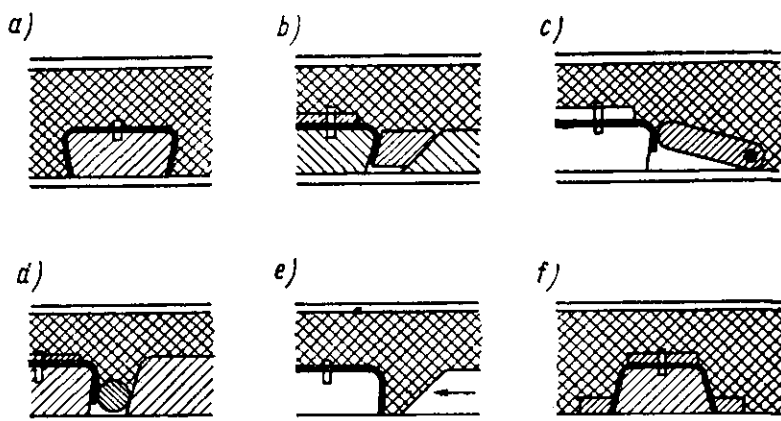
Rys. 236. Schemat pracy maszyny do zawijania zewnętrznego obrzeża

Rys. 237. Schemat tłoczniaka do spęczania



ciągnięcie, co odginanie obrzeży z tworzeniem się fałd. Usuwanie fałd wymaga zastosowania specjalnych operacji wykonywanych ręcznie lub na specjalnych maszynach do spęczania blachy (rys. 237).

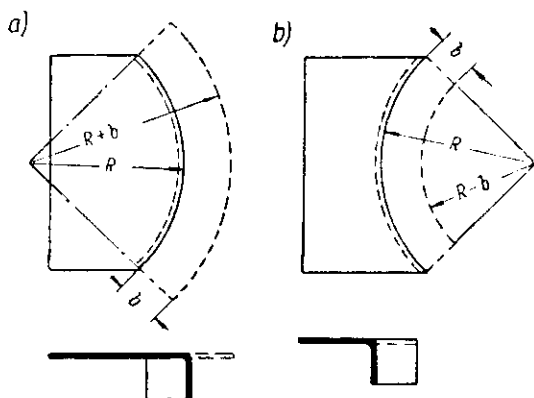
Na rys. 238 przedstawione są różne sposoby kształtowania w gumowych tłocznikach z zastosowaniem różnych nakładek polepszających jakość wywijanego kołnierza.



Rys. 238. Różne sposoby tłoczenia w tłocznikach gumowych: a) gumą, b) klinem, c) zawieszoną płytką, d) prętem, e) przesuwany klinem, f) pierścieniem

Rozróżnia się wywijanie zewnętrzne obrzeży o zarysie wypukłym i wklęsłym (rys. 239).

Wywijanie obrzeża o zarysie wypukłym jest, ze względu na charakter odkształcenia i stanu naprężeń, podobne do płytkiego ciągnięcia bez dociskacza. Wywijanie obrzeża o zarysie wklęsłym jest podobne do wywijania obrzeży otworów.



Rys. 239. Dwa rodzaje wywijania zewnętrznego: a) wypukłe, b) wklęsłe

W pierwszym przypadku w wywijanym obrzeżu powstają naprężenia ściskające, a w drugim — rozciągające. Wielkość odkształcenia charakteryzuje się następującymi stosunkami (rys. 239):

w przypadku wywijania obrzeża o wypukłym zarysie

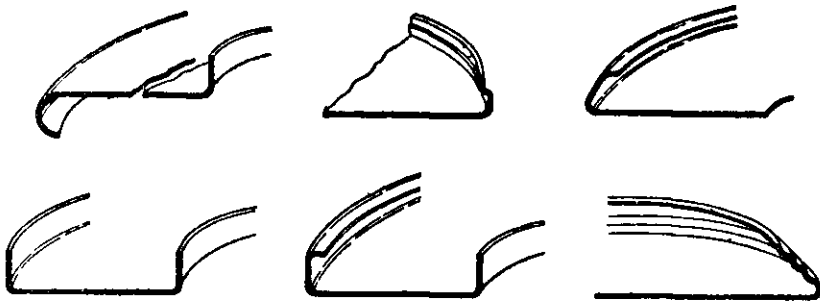
$$\dot{E}_s = \frac{b}{R+b}$$

w przypadku wywijania obrzeża o wklęsłym zarysie

$$E_r = \frac{b}{R-b}$$

Często spotyka się obydwa rodzaje wywijania w jednym przedmiocie, a także wywijanie obrzeży o podwójnej krzywiźnie (wypukło-wklęsłej).

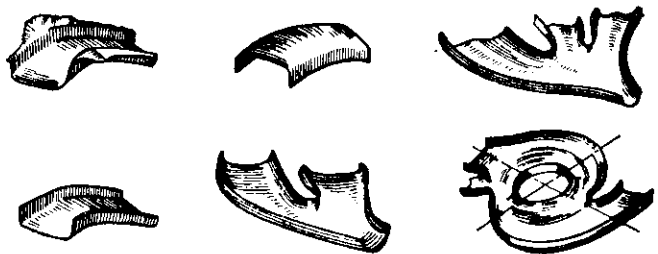
Na rys. 240 przedstawione są przykłady wywijania wykonywanego na maszynach do wywijania.



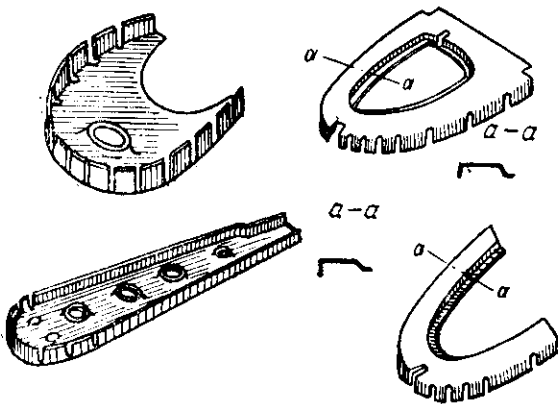
Rys. 240. Przykłady złożonego wywijania wykonywanego na maszynach do wywijania

Na rys. 241 przedstawione są rodzaje wywijania wykonywanego na młotach spadowych w odlewanych tłocznikach z zastosowaniem gumy.

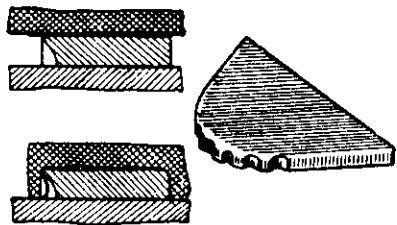
Rys. 241. Typy wywijanych przedmiotów wykonywanych na młotach spadowych



Na rys. 242 przedstawione są przedmioty wywijane gumą na prasach hydraulicznych. W celu uniknięcia powstawania fałd w miejscach zaokrągleń zarysu półwyrobu wykonuje się wycięcia, jeżeli jest to możliwe ze względu na sztywność i wytrzymałość przedmiotu.



Rys. 242. Przedmioty tłoczone gumą na prasach hydraulicznych

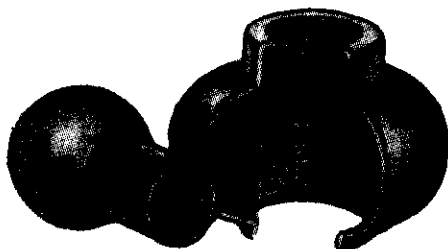


Rys. 243. Wywijanie z wykonaniem rowków na obrzeżu

Na rys. 243 przedstawiony jest sposób wywijania zewnętrznego obrzeża z rowkowaniem zaokrąglonej części ścianki, dzięki czemu wszystkie fałdy zostają wciśnięte w głąb ścianki i nie przeszkadzają przy montażu, nitowaniu i zgrzewaniu punktowym.

29. Rozpęczanie

Operacja rozpęczania polega na miejscowym zwiększaniu średnicy naczyń i przedmiotów rurowych, wykonywanych za pomocą rozciągania materiału przez wywieranie nacisku na ścianki od wewnątrz w kierunku promieniowym.



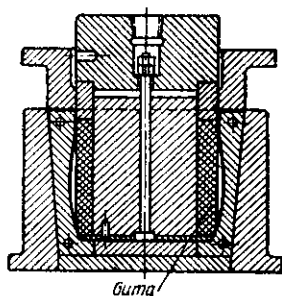
Rys. 244. Przykłady rozpęczania

Na rys. 244 przedstawiony jest przykład rozpęczania przedmiotu o kształcie kulistym.

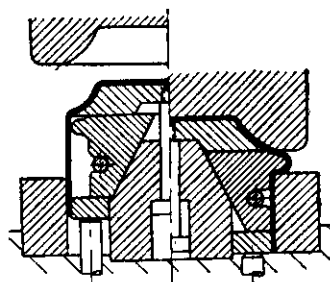
Rozpęczanie wymaga stosowania dzielonych matryc.

Do rozpęczania stosuje się następujące typy tłoczników:

- 1) ze stemplem gumowym (rys. 245),
- 2) z rozprężnymi (rozsuwanymi) segmentami rozpychanych stożkowym rdzeniem (rys. 246),
- 3) z cieczą zamiast stempla (tłoczenie hydrauliczne, rys. 247).



Rys. 245. Tłocznik do rozpęczania z gumowym stemplem



Rys. 246. Gumowy segmentowy tłocznik do rozpęczania

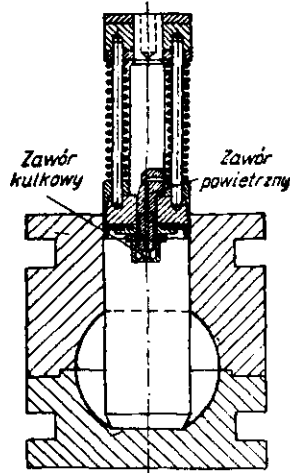
W tłoczniku hydraulicznym (rys. 247) przestrzeń robocza matrycy jest podzielona w płaszczyźnie poziomej, przy czym górna część matrycy jest dociskana i uruchamiana zewnętrznym suwakiem. Uszczelnienie wykonane jest za pomocą specjalnej uszczelki kołnierzowej. Stempel pracuje tak, jak nurnik i wytwarza ciśnienie cieczy nalanej do półwyrobu (olej, woda). W celu wpuszczania i wypuszczania powietrza stempel jest zaopatrzony w kanał powietrzny z zaworem kulkowym.

Tłoczenie z napelniaczem sypkim (śrut, piasek) nie zdobyło zastosowania.

Na rys. 248 przedstawione są schematy rozpęczania hydraulicznego w tłocznikach z pionowym podziałem matryc na prasach podwójnego działania.

Tłocznik przedstawiony na rys. 248a wymaga uprzedniego nalewania cieczy do półwyrobu, dlatego sposób ten jest niedogodny i mało wydajny. Tłocznik przedsta-

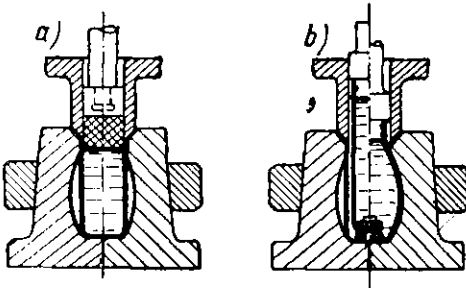
Rys. 247. Hydrauliczny tłocznik do rozpęczania na prasie podwójnego działania



wiony na rys. 248b nie wymaga nalewania i wylewania cieczy, ponieważ stemple wyposażony jest w gumowy zbiornik wypełniony gliceryną.

Ogólną wadą opisanych tłoczników jest niedogodność ręcznego rozdzielania matrycy i wyjmowania gotowego przedmiotu.

Bardziej proste i wydajne są tłoczniki o podobnym przeznaczeniu, ze stemplem gumowym zamocowanym do wewnętrznego suwaka prasy. Tłoczniki takie są sto-



Rys. 248. Schemat hydraulicznego rozpęczania na prasach podwójnego działania: a) z nalewaniem cieczy, b) z cieczą w gumowym zbiorniku

sowane do wyrobu metalowych baniek. Ponieważ półwyroby przeznaczone do rozpęczania wykonuje się zwykle w 2÷4 operacjach ciągnięcia, powodujących umocnienie materiału (patrz rys. 211), to przed rozpęczaniem należy je wyżarzyć w celu odzyskania plastyczności materiału. Rysy i zadziory na powierzchni półwyrobu, nie mówiąc już o zagniecionych fałdach, prowadzą w sposób nieunikniony do powstawania pęknięć. Stopień odkształcenia przy rozpęczaniu można wyrazić współczynnikiem rozpęczania

$$k_r = \frac{d_r}{d_0}$$

gdzie: d_r — największa średnica po rozpęczaniu,
 d_0 — wyjściowa średnica walcowego półwyrobu.

Tablica 125. Przybliżone wartości współczynników rozpeczęcia

Materiał	Względna grubość materiału wyjściowego $\frac{g}{D} \cdot 100$			
	0,45 ÷ 0,35		0,32 ÷ 0,28	
	bez wyżarzania	z wyżarzaniem	bez wyżarzania	z wyżarzaniem
Stal 10	1,10	1,2	1,05	1,15
Aluminium	1,2	1,25	1,15	1,2

Jako wstępne dane można zalecić wartości współczynników rozpeczęcia podane w tabl. 125.

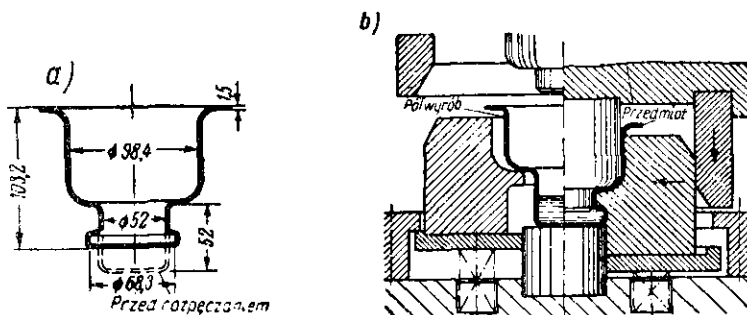
Stopień odkształcenia przy rozpeczęciu można zwiększyć, jeżeli jednocześnie z wewnętrznym (promieniowym) ciśnieniem wykonuje się osiowe ściskanie półwyrobu.

Miejscowe nagrzewanie półwyrobu (strefy odkształcania) znacznie zwiększa osiągalny stopień odkształcania.

W przypadku rozpeczęcia aluminiowych rurowych półwyrobów ustalono następujące współczynniki rozpeczęcia:

Sposób rozpeczęcia	Graniczna wartość współczynnika rozpeczęcia
Zwykle rozpeczęcie gumą	1,2 ÷ 1,25
Rozpeczęcie gumą z osiowym ścisnieniem półwyrobu	1,6 ÷ 1,7
Rozpeczęcie z miejscowym nagrzewaniem do 200 ÷ 250°C	2,0 ÷ 2,1
Rozpeczęcie obrzeża stożkowym stemplem z nagrzewaniem do 380°C	3,0

Na rys. 249 przedstawiono przedmiot wykonany za pomocą rozpeczęcia hydraulicznego na prasie korbowej o nacisku 250 T, na rys. 249b — tłocznik do wykonania tego przedmiotu. W danym przypadku wykonywane są jednocześnie dwa

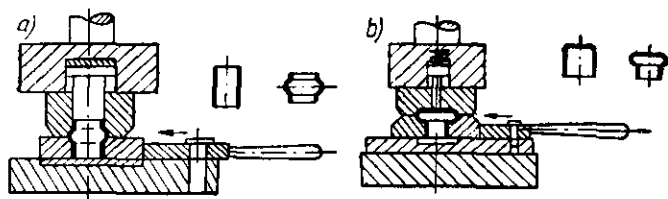


Rys. 249. Przedmiot i tłocznik hydrauliczny do rozpeczęcia na prasie korbowej

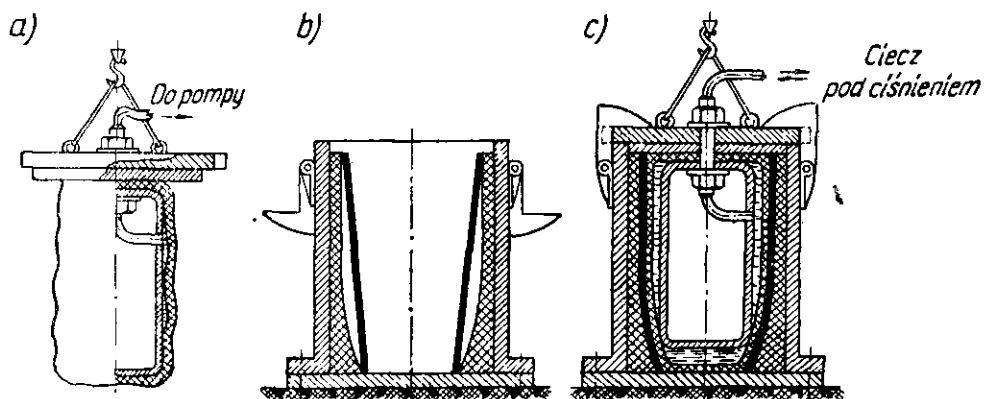
procesy: spęczanie i rozpeczęcie. Mimo ręcznego nalewania cieczy uzyskuje się wydajność do 500 sztuk na godzinę.

Odmianą rozpeczęcia jest szeroko rozpowszechniona operacja rozpeczęcia występów (pierścieniowych zgrubień) na przedmiotach walcowych (rurowych). Roz-

mpęczanie występów wykonuje się zwykle za pomocą mechanicznego nacisku na czołową powierzchnię półwyrobu (rys. 250).



Rys. 250. Typy tłoczników do spęczania występów: a) na przedmiocie w postaci króćca, b) na przedmiocie w postaci naczynia walcowego



Rys. 251. Hydrauliczne urządzenie do tłoczenia bez prasy: a) stempel, b) matryca, c) położenie robocze

Operację rozpęczania stosuje się także do wykonywania dużych przedmiotów o krzywoliniowym zarysie. W tym przypadku stosuje się sposób hydraulicznego tłoczenia bez prasy za pomocą specjalnego urządzenia hydraulicznego (rys. 251).

30. Obciskanie

Obciskanie jest operacją, w której następuje zwięzanie poprzecznego przekroju prętów, rur i naczyń walcowych za pomocą ściskania materiału i zmniejszania średnicy na odcinkach środkowych lub na końcach.

W obróbce plastycznej metali stosuje się dwa rodzaje obciskania:

1) obciskanie przedmiotów o pełnych i pierścieniowych przekrojach na rotacyjnych maszynach do obciskania (kowarkach) [52],

2) obciskanie przedmiotów walcowych w postaci naczyń wykonuje się za pomocą pionowego nacisku na prasach mechanicznych.

Na rys. 252 przedstawione są przedmioty obciskane na kowarce pracującej za pomocą bijaków z szybkością 6000 uderzeń na minutę przy obróbce przedmiotów o średnicy od 7 do 17 mm i ponad 11000 uderzeń na minutę przy obróbce przedmiotów o średnicy do 7 mm.

Obciskanie przedmiotów w postaci naczyń walcowych stosowane jest w celu wykonania szyjki lub wykonania przedmiotów w postaci łusek nabożów (rys. 253).

Przy obciskaniu takich przedmiotów stosuje się następujące metody obliczeń [54]:
 1) ogólny współczynnik obciskania

$$m_0 = \frac{d_n}{d_0}$$

2) średni współczynnik obciskania w każdej operacji (wg tabl. 126)

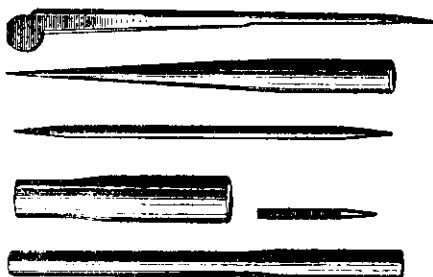
$$m_{sr} = \frac{d_1}{d_0} = \frac{d_2}{d_1}$$

3) liczba operacji

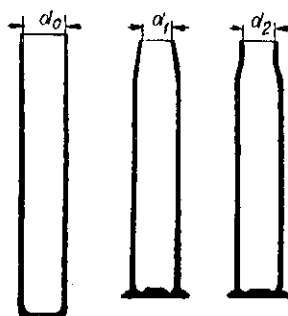
$$n = \frac{\lg m_0}{\lg m_{sr}}$$

Zwykle dla pierwszej operacji przyjmuje się współczynnik obciskania o 10% mniejszy od średniego, a dla dalszych operacji — o 5 ÷ 10% większy od średniego.

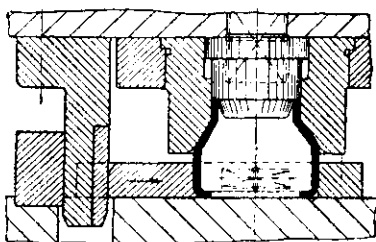
W przypadku obciskania łusek występuje rozprężanie szyjki wynoszące od 0,5 do 0,8% nominalnej średnicy narzędzia obciskającego.



Rys. 252. Przykłady przedmiotów obciskanych na kowalce



Rys. 253. Obciskanie szyjki łuski naboju



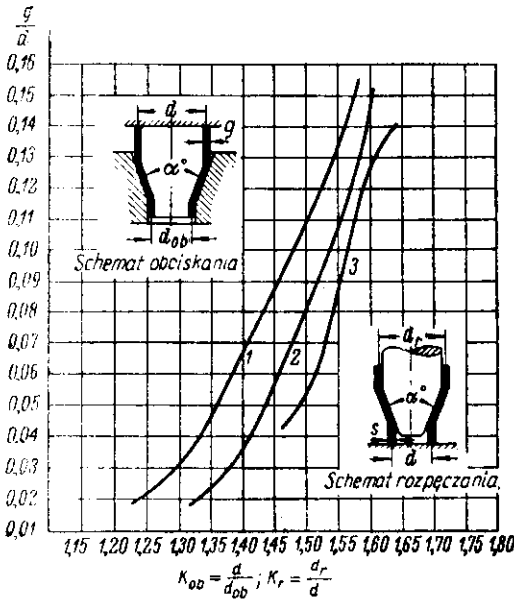
Rys. 254. Schemat tłoczніка do obciskania szyjki tulei

Na rys. 254 przedstawiony jest schemat tłoczніка do obciskania tulei. Tłocznik ma mechaniczne urządzenie do zamocowywania obrabianych przedmiotów.

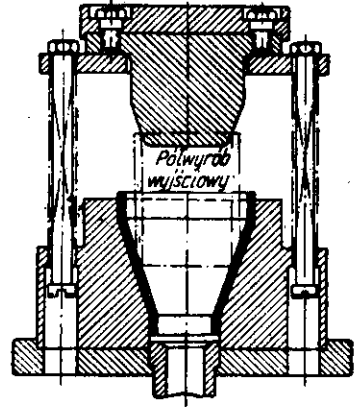
Tablica 126. Średni współczynnik obciskania łusek [54]

Materiał	Grubość ścianki w mm		
	do 0,5	0,5 ÷ 1	ponad 1
Mosiądz	0,85	0,8 ÷ 0,7	0,7 ÷ 0,65
Bimetal i stal	0,8	0,75	0,7 ÷ 0,65

Obciskanie stosuje się przy wykonywaniu grubościennych stożkowych stopniowanych przedmiotów z odcinków rur. Obciskanie wykonuje się za pomocą nacisku na czołową powierzchnię półwyrobu i wtłoczenia go w stożkowy otwór matrycy. Graniczne odkształcenie przy obciskaniu rur jest ograniczone utratą stateczności



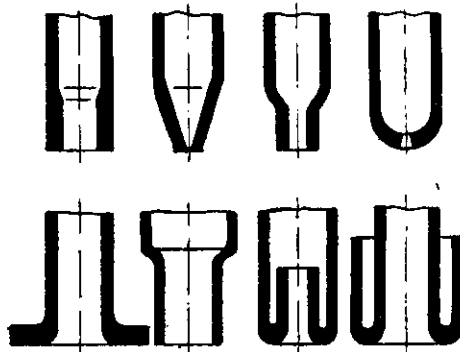
Rys. 255. Największe wartości stopnia obciskania i rozpeczęcia
 1 — obciskanie przy $\alpha = 40^\circ$, 2 — obciskanie przy $\alpha = 20^\circ$, 3 — rozpeczęcie przy $\alpha = 40^\circ$



Rys. 256. Tłocznik do jednoczesnego rozpeczęcia i obciskania króćca

półwyrobu, co występuje przy stosunku $\frac{g}{d} \leq 0,025$, gdzie d — średnica rury, a g — grubość ścianki.

Na rys. 255 podany jest wykres granicznych wartości stopnia obciskania



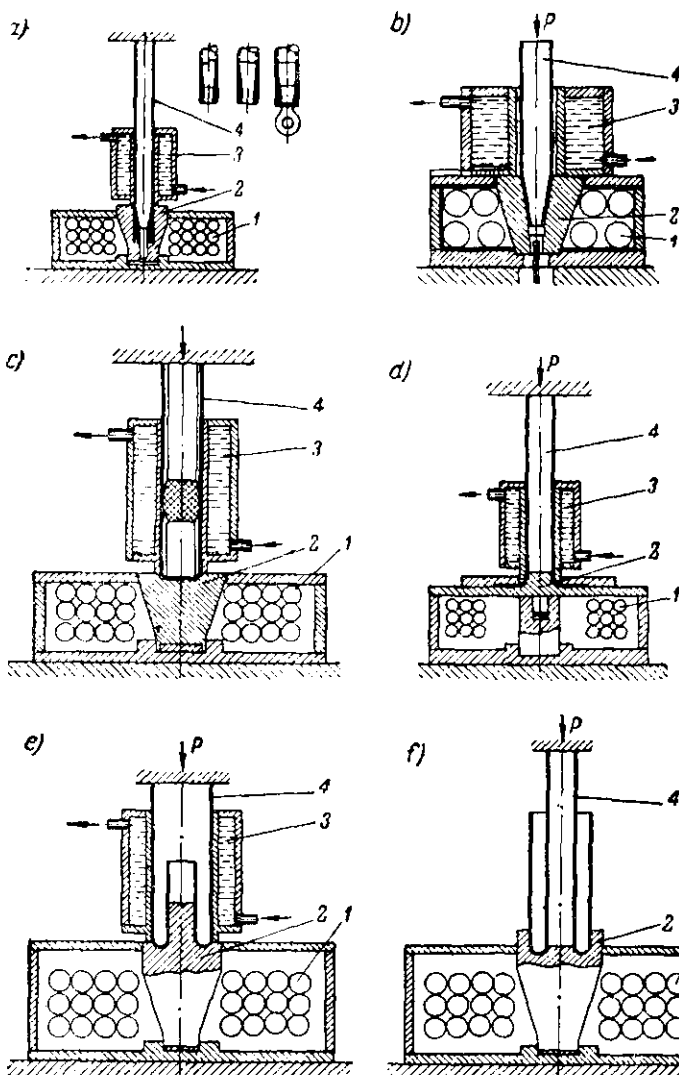
Rys. 257. Obciskanie, spęcznie, wywijanie i przewijanie rur aluminiowych

$K_{ob} = \frac{d}{d_{ob}}$ i stopnia rozpeczęcia $K_r = \frac{d_r}{d}$ w zależności od względnej grubości $\frac{g}{d}$, kąta obciskania i rozpeczęcia α (dla stali 15) [115].

Znaczną różnicę średnic można uzyskać stosując jednocześnie rozpeczęcie i obciskanie (rys. 256).

Należy wskazać na nowy sposób obciskania, rozpęczania, zgrubiania i wywijania duraluminowych rur w tłocznikach z podgrzewaniem elektrycznym (rys. 257) [195].

W tym przypadku nagrzewa się do $300 \div 350^{\circ}\text{C}$ tylko strefę odkształceń uzyskując zwiększoną plastyczność, co umożliwia osiągnięcie znacznie większego stopnia odkształcenia bez utraty stateczności półwyrobu chłodzonego przepływającą zi-



Rys. 258. Schematy tłoczników do obciskania, spęczania itp. rur z miejscowym podgrzewaniem elektrycznym i ochładzaniem: 1 — elementy grzejne, 2 — matryca, 3 — chłodnica, 4 — półwyrob

mną wodą (rys. 258). W celu zwiększenia stateczności półwyrobów duraluminowych poddaje się je uprzednio przesycaniu i starzeniu.

Na rys. 258 podane są schematy tłoczników do: zgrubiania (rys. 258a), obciskania (rys. 258b, c), wywijania (rys. 258d), przewijania do wnętrza (rys. 258e), przewijania na zewnątrz (rys. 258f).

Tłoczenie przeprowadza się na zwykłej prasie hydraulicznej z prędkością przemieszczania się poprzeczki (suwaka) prasy $5 \div 8$ cm/min.

31. Dotłaczanie

Proces dotłaczania w zimnym tłoczniku ma dwojaki zastosowanie:

- 1) w celu wyprostowania nierównej powierzchni płaskiej lub krzywoliniowej półwyrobów i wyrobów,
- 2) w celu nadania prawidłowego kształtu i dokładnych wymiarów przedmiotom uprzednio wygiętym lub ciągnionym.

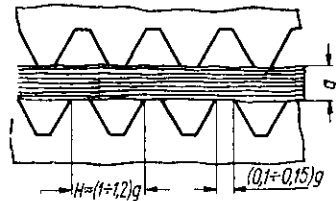
Wyprostowanie krzywizny stosuje się do płaskich i kształtowych półwyrobów oraz do prętów i drutów.

Do prostowania półwyrobów stosuje się sposoby podane w tabl. 127.

Na rys. 259 przedstawiony jest profil zębów tłoczника punktowego do prostowania. Wierzchołki zębów są lekko stępione. Zęby tłoczника wafłowego do prostowania są bardziej stępione i mają szerokie płaszczyzny.

Zęby punktowego tłoczника do prostowania mają w rzucie prostopadłym do powierzchni roboczej kształt kwadratowy, a zęby wafłowego tłoczника — kształt

Rys. 259. Profil zębów tłocz-
nika do punktowego prostowa-
nia



kwadratu lub rombu. Wysokość zębów tłoczника punktowego wynosi od jednego do dwóch grubości materiału, a wafłowego — około jednej grubości materiału. Podziałkę zębów przyjmuje się w przybliżeniu równą grubości materiału.

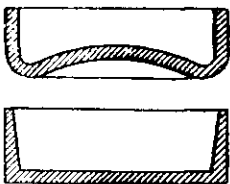
Siłę nacisku potrzebną do prostowania (dotłaczania płaskiego) w tłocznicach oblicza się ze wzoru

$$P = pF$$

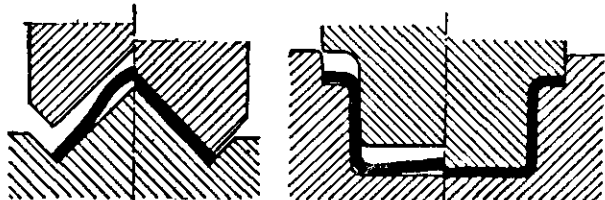
gdzie: F — powierzchnia przedmiotu w mm^2 ,

p — nacisk jednostkowy w kG/mm^2 , wg tabl. 127.

Dotłaczanie przedmiotów o kształtach przestrzennych stosuje się głównie w celu zmniejszenia promieni zaokrąglenia i wyprostowania dna oraz bocznych ścian przedmiotu, wykonanych za pomocą gięcia, ciągnięcia lub wywijania.





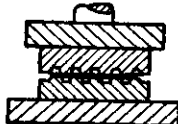

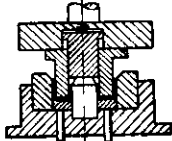
Rys. 260. Prostowanie z dotłaczaniem miseczki



Rys. 261. Prostowanie z dotłaczaniem pótek

Na rys. 260 przedstawiony jest sposób wykonania przedmiotu o kształcie naczynia bez zaokrąglenia przy dnie, w dwóch operacjach: wytłaczanie naczynia z wypukłym dnem i dotłaczanie, w celu wyprostowania dna i uzyskania ostrych krawędzi:

Tablica 127. Główne sposoby dotłaczania

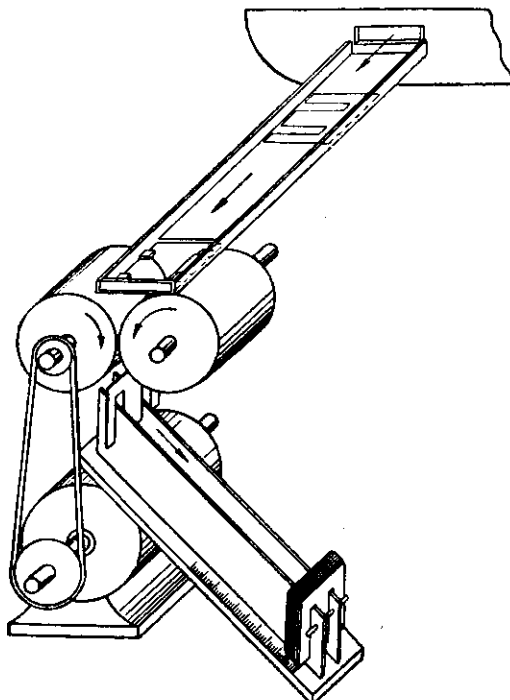
Sposób dotłaczania		Schemat tłoczenia	Zastosowanie	Nacisk jednostkowy w kg/mm^2
Prostowanie	Gładkimi powierzchniami roboczymi		Do przedmiotów z cienkich materiałów	5—8
	Punktowymi powierzchniami roboczymi		Do przedmiotów z grubszych materiałów z dopuszczalnymi odciskami na powierzchni	8—12
	Wąflowymi powierzchniami roboczymi		Do przedmiotów z grubszych materiałów, na których niedopuszczalne są głębokie odciski	10—15
Dotłaczanie profilowe			Do otwartych profili z cienkich materiałów	5—10
Dotłaczanie przestrzenne			Do zmniejszania promieni i do nadawania dokładnego kształtu przedmiotom ciągnionym	15—20

Na rys. 261 przedstawiony jest sposób dotłaczania przedmiotów wygiętych w celu uzyskania dokładnych wymiarów kątów i dokładnych wymiarów póltek (do $0,3 \pm 0,5$ mm).

W produkcji drobnoseryjnej, gdy nie ma do dyspozycji specjalnych maszyn do prostowania blachy, stosuje się prostowanie ręczne w celu usunięcia wybrzuszeń i zakrzywień.

W produkcji masowej stosowane jest prostowanie niedużych płaskich przedmiotów między dwoma obracającymi się walcami. Prostowanie wykonywane jest z auto-

Rys. 262. Prostowanie płaskich przedmiotów między obracającymi się walcami



matycznym podawaniem półwyrobów i automatycznym układaniem wyprostowanych przedmiotów w stosy (rys. 262).

W niektórych przykładach, na przykład przy wykonywaniu płytek transformatorów, prostowanie między walcami stosowane jest w celu zagniecenia zadziorów na obwodzie płytek.

PRASOWANIE

32. Charakterystyka operacji

Do prasowania (na zimno) zalicza się szereg operacji, opartych na przemieszczeniu masy metalu, jak: 1) spęczanie całkowite, 2) matrycowanie (prasowanie matrycowe), 3) dogniatanie, 4) miejscowe spęczanie, 5) wyciskanie na zimno, 6) wybijanie, 7) punktowanie, 8) znakowanie.

Ogólny opis tych operacji podano w rozdziale I.

Zastosowanie prasowania na zimno razem z operacjami tłoczenia umożliwia całkowite wykonanie przedmiotów nie wymagających lub prawie nie wymagających dalszej obróbki skrawaniem. Przedmioty prasowane odznaczają się wysoką gładkością powierzchni, dokładnością zarysu, małymi pochyleniami prasowniczymi oraz zwiększoną wytrzymałością i sztywnością wskutek umocnienia powstającego przy odkształcaniu na zimno.

Wszystkie wyliczone operacje charakteryzuje podobieństwo stanu naprężeń — trzosiowe ściskanie.

W zależności od stopnia nierównomierności stanu naprężeń wszystkie metody prasowania mogą być podzielone w następujący sposób:

1) bardzo zwiększające plastyczność metalu, bez poprzecznego odkształcenia (wybijanie, matrycowanie w zamkniętych matrycach, wyciskanie na zimno);

2) średnio zwiększające plastyczność metalu, z niewielkim odkształceniem poprzecznym (matrycowanie w matrycach otwartych, dogniatanie);

3) nie zwiększające plastyczności metalu z nieograniczonym odkształceniem poprzecznym (spęczanie).

Plastyczność prasowanego na zimno metalu charakteryzuje się wielkością dopuszczalnego stopnia odkształcenia, przy którym nie występują pęknięcia. W przypadku prasowania określa się stopień odkształcenia stosunkiem

$$e = \frac{h_0 - h_k}{h_0} 100\%$$

lub (w przypadku wyciskania na zimno)

$$e = \frac{F_0 - F_k}{F_0} 100\%$$

gdzie: h_0 i h_k — początkowa i końcowa wysokość półwyrobu i gotowego wyrobu,
 F_0 i F_k — początkowy i końcowy przekrój półwyrobu i gotowego wyrobu.

W tabl. 128 podana jest porównawcza charakterystyka metod prasowania.

Siłę potrzebną do prasowania znajduje się z następującego wzoru

$$P = qF$$

gdzie: F — powierzchnia przedmiotu (w rzucie) w mm^2 ,
 q — nacisk jednostkowy w kG/mm^2 .

Tablica 128. Porównawcza charakterystyka prasowania

Operacja	Dopuszczalny stopień odkształcenia	Nacisk jednostkowy q w kG/mm^2			Dalsza obróbka	Klasa gładkości powierzchni	Dokładność w mm
		aluminium	mosiądz	stal			
Spęcznie	Średni i mały	40—70	100—160	120—200	Gładka	5, 6	Wysokość +0,5—0,3 do +1,0—0,5
Prasowanie matrycowe	Średni i wysoki (prasowanie z wpływką)	60—80	100—160	120—200	Szlifowanie	6	Wysokość +0,2—0,1
	Bardzo wysoki (prasowanie bez wpływki)	100—120	150—200	200—300	Polerowanie	7	do +0,5—0,3
Dogniatanie	Średni (płaskie dogniatanie)	60—80	100—160	120—200	—	8	Wysokość $\pm 0,05$ do $\pm 0,1$
	Wysoki (przeźrzenne) dogniatanie)	100—120	150—200	200—300	—	—	—
Miejscowe spęcznie	Średni i niski	40—80	100—160	120—200	Gładka	5, 6	+0,5—0,2 do +1,0—0,5
Wyciskanie na zimno	Bardzo wysoki 1) współbieżne 2) przeciwbieżne	40—70	100—160	120—200	—	7	Średnica 4 klasa dokładności
		80—120	180—250	200—300	—	8	
Wybijanie	Bardzo wysoki	80—120	160—200	250—300	—	8	Wysokość $\pm 0,01$ do $\pm 0,05$
Znakowanie	Średni	40—80	100—150	150—180	—	—	—

W tabl. 128 podane są przybliżone, doświadczalnie uzyskane wartości nacisku jednostkowego dla różnych operacji prasowania.

Dokładniejsze wartości doświadczalne nacisku jednostkowego podane są dalej przy omawianiu poszczególnych operacji prasowania.

33. Spęcznie

Spęcznie jest najprostszą i najbardziej rozpowszechnioną operacją prasowania.

W połączeniu z dalszymi operacjami okrawania i wygładzania spęcznie stosowane jest do wykonywania różnych przedmiotów z jednostronnymi lub dwustronnymi występami (rys. 263).

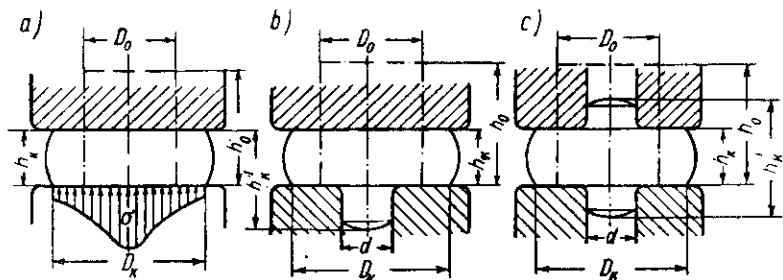
Operacja spęczania może być wykonywana następującymi sposobami: 1) między płaskimi płytami (rys. 264a), 2) między płaską i pierścieniową płytą (rys. 264b) 3) między płytami pierścieniowymi (rys. 264c).



Rys. 263. Przedmioty z jednostronnymi i dwustronnymi występami wykonywane za pomocą spęczania na zimno

Każdy z tych sposobów ma inny charakter rozkładu naprężeń normalnych, inny stopień odkształcenia i wartość jednostkowego nacisku płynięcia metalu.

Różny charakter odkształcenia podanych trzech schematów spęczania można



Rys. 264. Podstawowe schematy spęczania

określić różnym współczynnikiem hamowania, przedstawiającym sobą stosunek powierzchni tarcia F_t (styku z narzędziem) do powierzchni swobodnego wypływu F_s [171]

$$n = \frac{F_t}{F_s}$$

Im większa jest powierzchnia tarcia, tym większy jest współczynnik hamowania, a w związku z tym, bardziej utrudnione płynięcie metalu i tym większa potrzebna siła nacisku.

Współczynnik hamowania jest największy dla pierwszego schematu spęczania i najmniejszy dla trzeciego.

Spęczanie między płaskimi płytami umożliwia mniejszy dopuszczalny stopień odkształcenia, niż między płytami pierścieniowymi.

Stopień odkształcenia przy spęczaniu określa się następującym stosunkiem

$$e = \frac{h_0 - h_k}{h_0} 100\%$$

gdzie: h_0 — początkowa wysokość, h_k — końcowa wysokość wg rys. 264.

W tabl. 129 podane są doświadczalnie określone wartości dopuszczalnego stopnia odkształcenia przy spęczaniu według schematu *a* i *b* (rys. 264) [78].

W przypadku spęczania walcowych półwyrobów między płaskimi płytami graniczną wartość spęczania oblicza się z następującego równania [171]:

$$D_k = D_0 \sqrt{\frac{h_0}{h_k}} = \frac{D_0}{\sqrt{1-e}}$$

$$h_k = h_0(1-e)$$

gdzie e — graniczny dopuszczalny stopień spęczania.

Tablica 129. Graniczny dopuszczalny stopień odkształcenia przy spęczaniu w %

Material	Stan	Spęczanie	Spęczanie z wypływaniem materiału do otworu (rys. 264b)
Stal 10—15	Wyżarzona	60—70	70—80
Stal stopowa (30XГC) i inne	Ulepszona	60—65	65—75
Stal nierdzewna 1X18H9T	Hartowana	75—80	80—90
Aluminium AM1, miedzi M1, M2	Wyżarzone	75—80	80—90

Uwaga. Roboczy stopień odkształcenia przyjmować mniejszy od granicznego.

Graniczna wysokość (długość) swobodnie spęczanego półwyrobu wynosi

$$h_0 = 3D_0$$

W przypadku gdy istnieje potrzeba uzyskania większego stopnia odkształcenia od dopuszczalnego dla danego materiału, należy stosować dwie albo więcej operacji spęczania wyżarzaniem, w celu usunięcia umocnienia po każdej operacji spęczania.

Siłę niezbędną do spęczania walcowych półwyrobów między płaskimi płytami oblicza się ze wzoru

$$P = qF = 0,78qD_k^2$$

gdzie: q — nacisk jednostkowy w kG/mm^2 ,

F — powierzchnia rzutu przedmiotu w mm^2 ,

D_k — końcowa średnica przedmiotu w mm.

Wartość nacisku jednostkowego zależy od stopnia spęczania i stosunku średnicy półwyrobu (materiału wyjściowego) do jego wysokości i może być określona z tabl. 130.

Tablica 130. Nacisk jednostkowy w kG/mm^2 przy spęczaniu na zimno walcowych półwyrobów między płaskimi płytami [78]

Material	Stosunek średnicy do grubości materiału wyjściowego		
	1	1,35	2
Aluminium	10—40	—	—
Miedź M1, M2	30—60	—	—
Duralumin Д1Т	45—70	47—80	50—90
Mosiądz Л168	60—100	70—110	70—120
Stal 10—20	55—100	70—110	70—130
Stal 12XH3A	80—130	90—145	100—180
Stal 30XГCA	100—150	105—160	110—170
Stal 1X18H9T	70—190		

Uwaga. Mniejsze wartości odpowiadają stopniowi spęczania 10%; większe — 70%. W przypadkach pośrednich stopni spęczania przyjmować pośrednie wartości.

Siła potrzebna do spęczania między płytami pierścieniowymi przy jednakowych wymiarach półwyrobu (materiału wyjściowego) i jednakowych stopniach spęczania jest mniejsza, niż w przypadku spęczania między płaskimi płytami. Siłę tę można określić z dostateczną dla praktyki dokładnością według wyżej podanego wzoru, przyjmując następujące współczynniki poprawkowe: 0,9 — przy wypływanii do jednego otworu, 0,8 — przy wypływanii do dwóch otworów.

Za pomocą spęczania można uzyskać przedmioty o dokładności wymiarów $+0.5 - 0.3$ mm i o gładkości powierzchni $\nabla\nabla 5$, $\nabla\nabla 6$.

Półwyroby do spęczania mają zwykle kształt walcowy, pierścieniowy lub prostokątny.

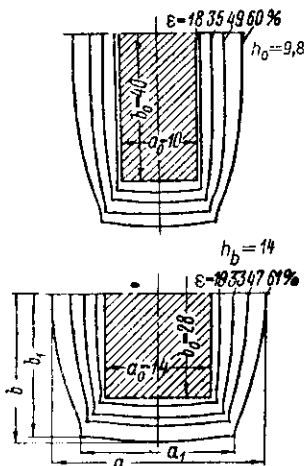
W przypadku spęczania półwyrobów prostokątnych metal przemieszcza się prostopadle do każdej ze stron i półwyrób przybiera postać przedstawioną na rys. 265.

Wymiary spęczanego prostokątnego półwyrobu można obliczyć ze wzoru [171]

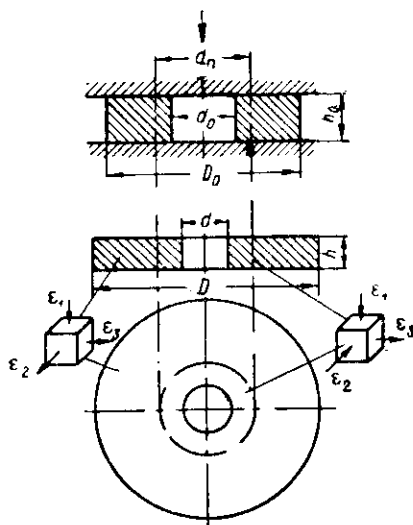
$$\frac{b}{a} = 1 + \frac{h_k}{h_0} \left(\frac{b_0}{a_0} - 1 \right) = \frac{b_0}{a_0} (1 - \varepsilon) + \varepsilon$$

gdzie ε — stopień odkształcenia w danej chwili spęczania (pozostałe oznaczenia podano na rys. 265).

W przypadku spęczania pierścieniowych próbek między płaskimi płytami część masy metalu przemieszcza się od środka w kierunku promieniowym, a część — do środka. Przy czym następuje zwiększenie średnicy zewnętrznej i zmniejszenie śred-



Rys. 265. Przebieg spęczania stalowych prostokątnych półwyrobów



Rys. 266. Odkształcenia przy spęczaniu półwyrobów w postaci pierścieni

nicy wewnętrznej (rys. 266). Z tego wynika, że w przypadku spęczania pierścieniowych półwyrobów istnieje powierzchnia neutralna (neutralna średnica) widoczna na spęczonym przedmiocie gołym okiem i zachowująca swoje położenie w każdej próbce w procesie spęczania.

Średnicę neutralną można określić z następującego wzoru [171]

$$d_n = d_0 \left(\frac{D_0}{d_0} \right)^{un}$$

gdzie: μ — współczynnik tarcia przy spęczaniu bez smarowania (dla stali 10 $\mu = 0,18 \div 0,20$),

n — współczynnik hamowania, równy $\frac{D_0 - d_0}{2h_0}$.

W celu ułatwienia obliczeń wzór ten przedstawiony jest w postaci wykresu (rys. 267).

Znając wymiar średnicy neutralnej można dla danego stopnia spęczania ε określić zewnętrzną i wewnętrzną średnicę spęczanego pierścienia ze wzoru [171]

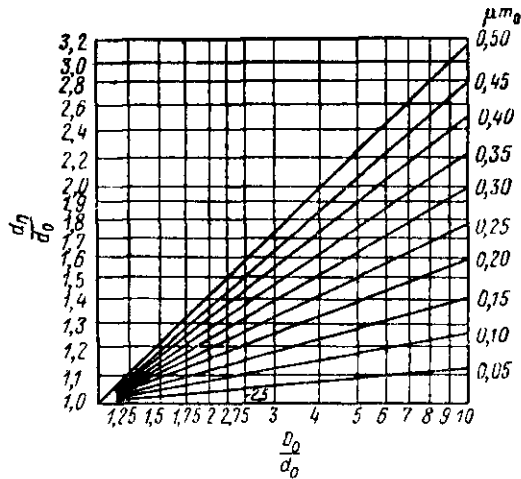
$$d = \sqrt{\frac{d_0^2 - \varepsilon d_n^2}{1 - \varepsilon}}; \quad D = \sqrt{\frac{D_0^2 - \varepsilon d_n^2}{1 - \varepsilon}}$$

W przypadku spęczania pierścieniami (rys. 264b, c) część metalu przemieszcza się w kierunku promieniowym, a część w kierunku osiowym.

W przypadku spęczania półwyrobów o stosunku $\frac{D_0}{h_0} \geq 2$ następuje intensywne płynięcie metalu do otworów płyt przy zwiększeniu ogólnej wysokości przedmiotu ($h_k > h_0$).

W razie spęczania półwyrobów o stosunku $\frac{D_0}{h_0} < 1,5$ całkowita wysokość przedmiotu jest zawsze mniejsza niż wysokość materiału wyjściowego (półwyrobu)

Rys. 267. Położenie neutralnej powierzchni przy spęczaniu próbek pierścieniowych



($h_k < h_0$). Oprócz tego intensywność płynięcia w kierunku osiowym zależy od względnej wartości średnicy otworu $\frac{d}{D_0}$ i stopnia odkształcenia.

W przypadku spęczania przedmiotów z jednostronnym występowaniem wysokość występu jest 1;5 raza większa od wysokości występu w przypadku spęczania dwoma płytami pierścieniowymi.

Jeżeli otwory w płytach mają różne średnice, to wysokość każdego występu jest wprost proporcjonalna do powierzchni poprzecznego przekroju.

Średnica półwyrobu powinna być 2 ÷ 4 razy większa od średnicy otworu, ponieważ przy stosunku $D_0 = 1,2d$ zamiast spęczania otrzymuje się zgniecenie i zaciśnięcie zewnętrznych warstw półwyrobu.

Siłę niezbędną do spęczania płytami pierścieniowymi znajduje się ze wzoru [171]:

$$P = p \cdot 0,785 (D_k^2 - d^2)$$

gdzie: $p = 1,2S_k \left(1 + \frac{\mu}{1,5} \cdot \frac{D_k^2 - d^2}{2Dh_k} \right)$ — nacisk jednostkowy,

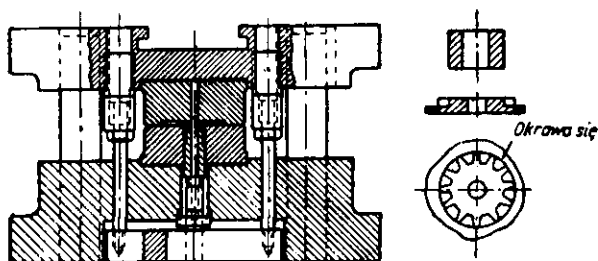
S_k — rzeczywisty opór odkształcania kołnierza, odpowiadający stopniu spęczania $e = \frac{h_0 - h_k}{h_0}$,

$$e = \frac{h_0 - h_k}{h_0},$$

μ — współczynnik tarcia przy spęczaniu,

pozostałe oznaczenia były podane poprzednio (rys. 264c).

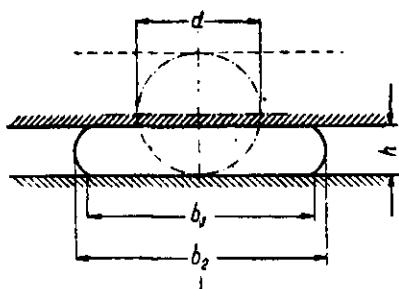
Na rys. 268 przedstawiony jest tłocznik do kształtowania małego koła zębatego za pomocą spęczania półwyrobu w postaci odcinka rury.



Rys. 268. Tłocznik do wykonywania kół zębatych za pomocą spęczania

W prasowaniu na zimno stosuje się często operację spęczania walcowych, trzpieniowych półwyrobów za pomocą nacisku na boczną powierzchnię — spłaszczanie (rys. 269).

Rys. 269. Schemat spłaszczania półwyrobu w postaci walca



Tym sposobem osiąga się łatwo wysoki stopień spęczania ($e = 0,5 \div 0,6$), ponieważ współczynnik hamowania na początku odkształcania jest równy zero, a następnie ma małą wartość, wzrastającą proporcjonalnie do wzrostu stosunku $\frac{b}{h}$.

Wymiary spęczonego (spłaszczonego) przekroju mogą być określone ze wzoru [88

$$b = 0,78 \frac{d}{1-e}; \quad h = d(1-e)$$

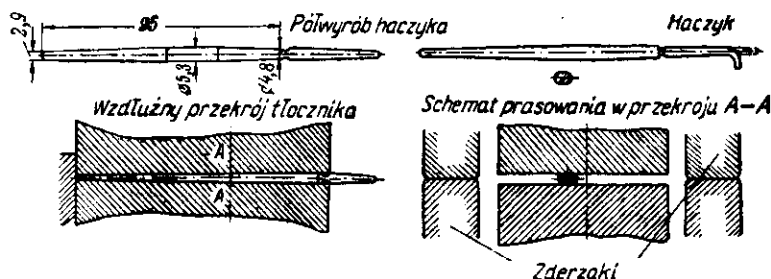
gdzie: $b = \frac{b_1 + b_2}{2}$ — średnia szerokość przekroju,

$e = \frac{d-h}{d}$ — stopień spęczania.

Na przykład, przy $e = 0,6$ otrzymuje się

$$h = 0,4d; \quad b \approx 2d \approx 5h$$

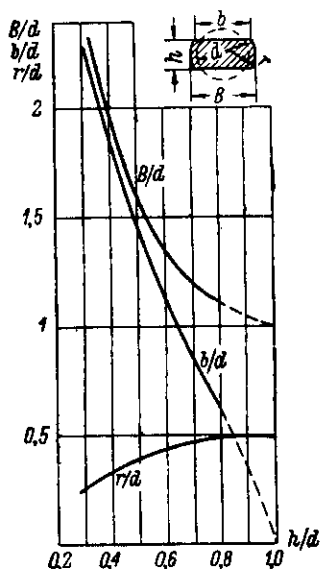
Do wykonywania narzędzi chirurgicznych stosuje się sposób spęczania-splaszczania



Rys. 270. Tłoczenie narzędzi medycznych

nia między płaskimi pochyłymi lub stopniowanymi płytami uprzednio profilowanymi półwyrobów (rys. 270).

Sposób ten opracowany przez B.P. Zworono, umożliwił znaczne skrócenie dalszej pracochłonnej obróbki wykańczającej.



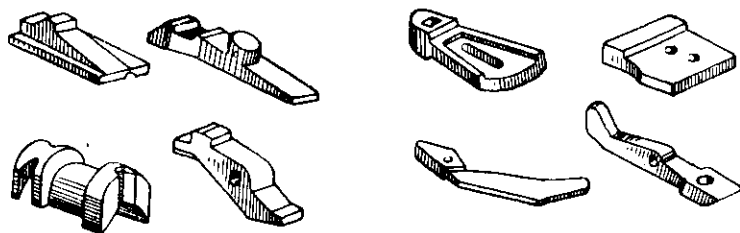
Rys. 271. Stosunki wymiarów przy splaszczaniu okrągłych półwyrobów

Na rys. 271 podane są geometryczne stosunki wymiarów przy splaszczaniu walcowych półwyrobów w zależności od współczynnika spęczania $\frac{h}{d}$ [115].

34. Prasowanie matrycowe (matrycowanie)

Prasowanie matrycowe jest odmianą spęczania i stosuje się w celu wykonania przedmiotów o złożonym kształcie w tłoczniach o odpowiednio ukształtowanych wgłębieniach (w matrycach).

Obecnie za pomocą kształtowania objętościowego na zimno (prasowania w matrycach na zimno) wykonuje się dużą ilość różnych części o złożonym kształcie do przyrządów z zakresu mechaniki precyzyjnej, radiotechniki itp. (rys. 272).



Rys. 272. Przedmioty wykonane za pomocą kształtowania objętościowego (prasowania w matrycach) na zimno

Za pomocą kształtowania objętościowego wykonuje się przedmioty o znacznie wyższej dokładności i gładkości powierzchni niż przy zwykłym matrycowaniu na gorąco.

Poza tym odpada zupełnie konieczność dalszej obróbki skrawaniem, wskutek czego pracochłonność wykonania zmniejsza się kilkakrotnie.

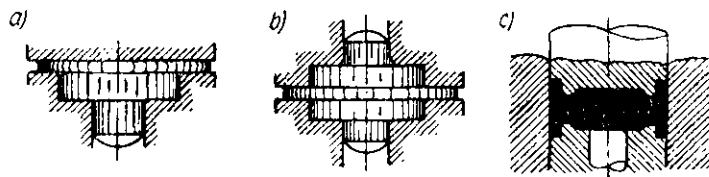
Jednocześnie zwiększa się wytrzymałość i sztywność matrycowanych na zimno przedmiotów w wyniku zgniotu. Gładkość powierzchni odpowiada 6—7 klasie.

Stosuje się dwie metody matrycowania na zimno:

1) w otwartych matrycach — z wypływem nadmiaru metalu w postaci wypływki (rys. 273a, b),

2) w zamkniętych matrycach — bez powstawania wypływki (rys. 273c).

Dokładność przedmiotów wykonanych za pomocą prasowania w matrycach otwartych odpowiada w przybliżeniu 5÷7 klasie wg ГОСТ, a dokładność prasowania



Rys. 273. Metody prasowania w matrycach na zimno: a i b) w matrycach otwartych, c) w matrycach zamkniętych

wania w matrycach zamkniętych zależy od tolerancji grubości półwyrobów (materiału wyjściowego).

Pierwszy sposób dzieli się na prasowanie przedmiotów z pojedynczych półwyrobów (rys. 274) i prasowanie bezpośrednie z pasów lub z drutu (rys. 275).

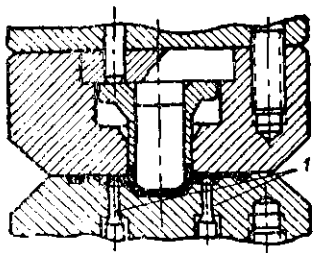
Prasowanie z pasów lub drutu stosowane jest do wykonywania małych, dokładnych przedmiotów zamiast mało wydajnego frezowania, jednak metoda ta powoduje znaczny odpad materiału (ponad 100% w stosunku do ciężaru gotowych przedmiotów).

W przypadku prasowania w zamkniętych matrycach dopuszczalny stopień odkształcenia jest wyższy niż w otwartych matrycach, ponieważ ograniczenie i przeciwdziałanie płynięciu metalu w kierunku poprzecznym wytwarza trzysosiowy stan naprężeń bez naprężeń rozciągających, co podwyższa plastyczność metalu.

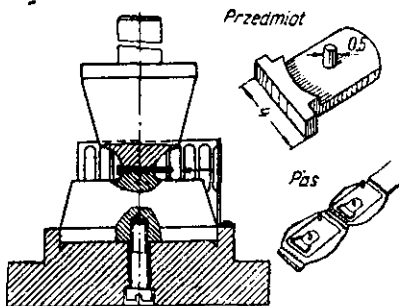
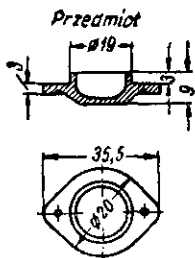
Kształt i wymiary półwyrobów do prasowania powinny być dobrane z uwzględ-

nieniem najmniejszego zużycia i najłatwiejszego płynięcia materiału podczas wypełniania przestrzeni roboczej matrycy.

W przypadku prasowania w matrycach otwartych półwyrobów oblicza się wychodząc z warunku równości objętości materiału półwyrobu i gotowego przedmiotu z wyplwką. Zwykle przeprowadza się obliczanie wymiarów w różnych przekro-



Rys. 274. Prasowanie pojedynczych półwyrobów



Rys. 275. Prasowanie w piase

jach przedmiotu przyjmując powierzchnię przekroju wyplwki równą $10 \div 15\%$ przekroju gotowego przedmiotu (F_g). A więc przekrój półwyrobu będzie wynosił

$$F_p = (1,10 \div 1,15) F_g$$

Średnia grubość wyplwki przy prasowaniu na zimno podana jest w tabl. 131.

Tablica 131. Grubość wyplwki przy prasowaniu na zimno w matrycach, mm

Operacja	Mosiądz, aluminium	Miękka stal
Pierwsze prasowanie	0,5—0,8	0,7—1,0
Wykańczające prasowanie	0,2—0,4	0,3—0,5

W przypadku prasowania w zamkniętych matrycach bez wyplwki obliczanie wymiarów półwyrobu przeprowadza się na podstawie równości objętości półwyrobu i gotowego przedmiotu.

Półwyroby powinny mieć gładką powierzchnię, dlatego poddawane są one bębnowaniu lub piaskowaniu, lub trawieniu w $10 \div 15$ procentowym roztworze kwasu siarkowego.

Przed każdą operacją stosuje się smarowanie za pomocą fosforonowania, a następnie nasycenia gęstą emulsją mydlaną i wysuszenie (tabl. 107).

Powłoka fosforanowa znacznie zwiększa zdolność adsorbcyjną powierzchni półwyrobów, zatrzymuje smar w mikroporach nawet przy bardzo wysokim ciśnieniu (do 300 kG/mm^2).

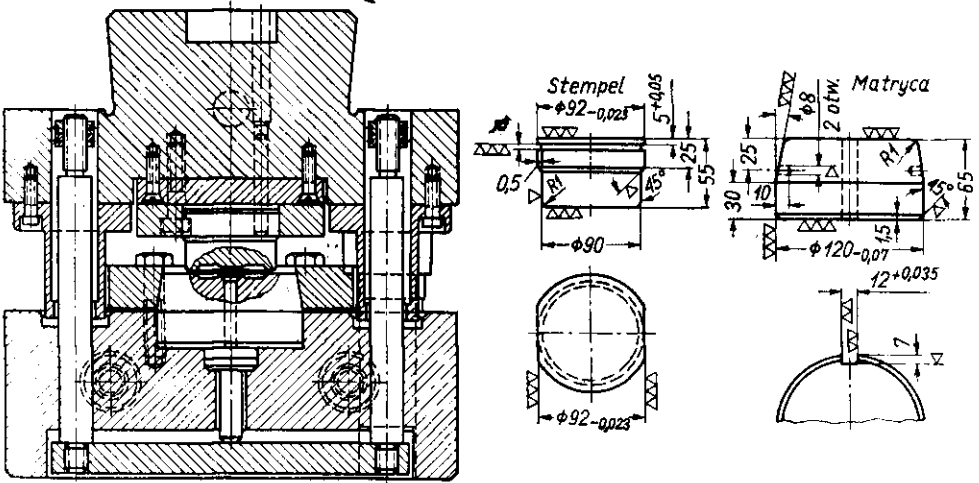
Matryce do prasowania wykonuje się bardzo masywne, w celu zmniejszenia odkształceń sprężystych i zapewnienia wysokiej dokładności wyrobów.

Na rys. 276 przedstawiona jest uniwersalna oprawa matrycy do prasowania na prasie do wybijania, przeznaczona do zamocowywania wymiennych narzędzi. Wymianę narzędzi przeprowadza się bez zdejmowania oprawy z prasy.

Charakterystyczną właściwością uniwersalnej oprawy jest urządzenie do automa-

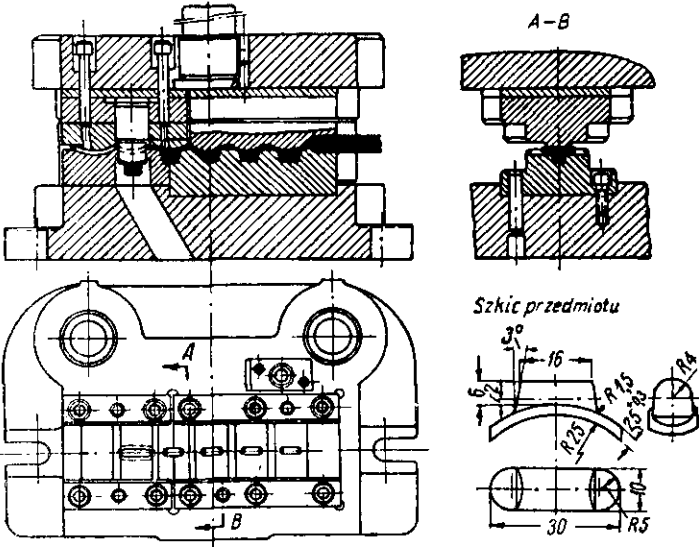
tycznego wypychania przedmiotów, działające pod wpływem cięgien w chwili unoszenia się suwaka w kierunku górnego martwego punktu.

Na rys. 277 przedstawiony jest tłocznik do wielotaktowego prasowania z pręta przedmiotów uwidocznionych na tym samym rysunku.



Rys. 276. Uniwersalna oprawa matrycy do prasowania

Na rys. 278 podany jest przykład prasowania części prędkościomierza samochodowego w matrycy zamkniętej, na prasie hydraulicznej. Materiałem wyjściowym (półwyrobem) jest krążek aluminiowy o grubości 2 mm przedstawiony z lewej



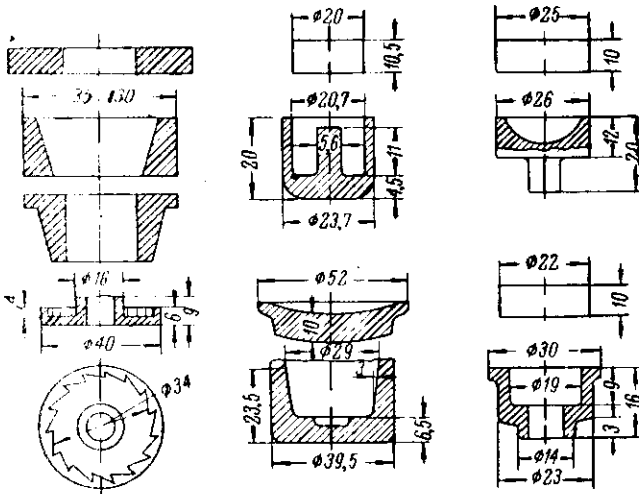
Rys. 277. Tłocznik do wielotaktowego prasowania na zimno

strony rysunku. Prasowany przedmiot ma cienkie wysokie brzegi, środkowy otwór z tuleją i kołem zębatym o małym module.

Na rys. 279 przedstawione są różne przedmioty stalowe wykonane za pomocą prasowania na zimno i wyciskania z półwyrobów w postaci krążków.

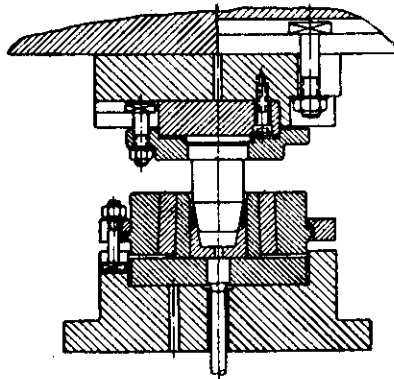
Na rys. 280 przedstawiony jest tłocznik do prasowania z krążka na zimno zewnętrznego pierścienia łożyska rolkowego.

Rys. 278. Przykład przedmiotu wykonanego za pomocą prasowania bezwypływkowego (w zamkniętej matrycy na zimno)



Rys. 279. Przedmioty stalowe wykonane za pomocą kształtowania objętościowego (prasowania) na zimno z wyciskaniem

Rys. 280. Tłocznik do prasowania na zimno pierścienia stożkowego łożyska wałeczkowego

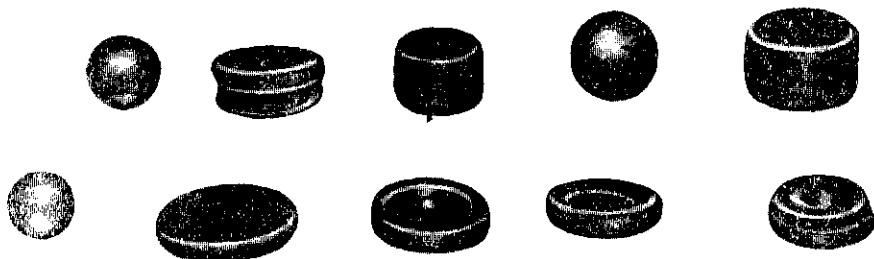


Z względu na duże ciśnienie rozciągające matrycę zaleca się wprasowywanie matrycy w pierścienie z dużym wciskiem (od 0,8% dla zewnętrznego pierścienia do 2,5% dla wewnętrznego).

Matryce wykonuje się z uwzględnieniem zmniejszenia jej średnicy przy wpraso-

wywaniu. Końcowy wymiar roboczy uzyskuje się za pomocą szlifowania po wprasowaniu.

W produkcji łożysk tocznych wprowadzony jest nowy sposób prasowania na zimno z półwyrobów o kształcie kulistym [336].

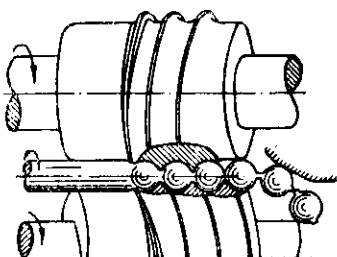


Rys. 281. Przedmioty prasowane z półwyrobów w postaci kulek

Sposób ten ma następujące zalety w stosunku do prasowania z walcowych półwyrobów:

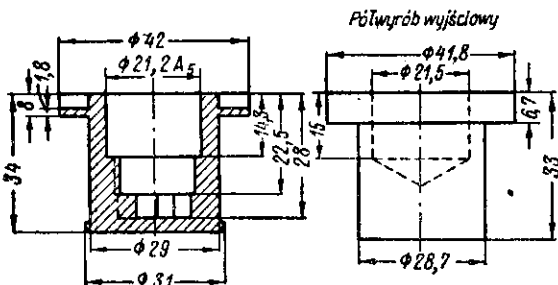
- 1) ułatwione płynięcie metalu i osiągany większy stopień odkształcenia, ponieważ współczynnik hamowania na początku prasowania jest równy zeru;
- 2) możliwość uzyskania półwyrobów o dokładnej objętości i ciężarze;
- 3) wymagany mniejszy nacisk prasy;
- 4) oszczędność materiału.

Na rys. 281 przedstawione są kuliste półwyroby ze stali LIX15 i wyprasowane z nich przedmioty.



Rys. 282. Wykonywanie kulek za pomocą walcowania skośnymi wałcami z rowkami śrubowymi

Rys. 283. Przedmiot wykonany za pomocą prasowania na zimno w matrycy zamkniętej z półwyrobu toczzonego



Kuliste półwyroby wykonuje się za pomocą walcowania z pręta na walcarkach ze skośnymi wałcami z rowkami śrubowymi (rys. 282).

Kulki walcuje się bez odpadów.

Zastosowanie tego sposobu w jednym z radzieckich zakładów do masowej produkcji kilku części dało oszczędność stali stopowej wynoszącą 1500 T rocznie.

Prasowanie na zimno stosowane jest nie tylko do wykonywania przedmiotów z półwyrobów otrzymanych z blachy, lecz i z innych półwyrobów uprzednio obrabianych na obrabiarkach skrawających.

Na rys. 283 przedstawiony jest przedmiot z głęboką kształtową komorą wykonany metodą prasowania w zamkniętej matrycy z półwyrobu otrzymanego za pomocą obróbki na rewolwerówce.

Do prasowania na zimno stosuje się prasy do wybijania lub prasy korbowe ramowe o dostatecznej mocy.

Tablica 132. Nacisk jednostkowy q przy prasowaniu w matrycach na zimno w kG/mm^2

Materiał	Sposób prasowania	
	z wypływką	bez wypływki
Aluminium	60—80	100—120
Mosiądz Л68	100—160	160—200
Stal 10—15	120—200	200—300

Wymagany nacisk można obliczyć ze wzoru

$$P = qF$$

gdzie: F — powierzchnia przedmiotu w mm^2 ,
 q — nacisk jednostkowy podany w tabl. 132.

35. Dogniatanie

Operacja dogniatania ma na celu uzyskanie dokładnych wymiarów i gładkiej powierzchni za pomocą ściskania między dolnym i górnym narzędziem dogniataka.

Obecnie dogniatanie jest szeroko stosowane w wielu gałęziach przemysłu zastępując obróbkę skrawaniem w celu uzyskania ostatecznych wymiarów, a niekiedy i kształtu odkuwek wykonanych za pomocą kucia lub prasowania matrycowego na gorąco.

Dogniatanie na zimno odkuwek i innych półwyrobów zapewnia uzyskanie dokładności do 0,05 mm i daje bardzo wysoką, lustrzaną gładkość powierzchni, znacznie gładszą niż przy gładkościowym szlifowaniu.

Istnieją dwa rodzaje dogniatania:

1) płaskie, w którym dogniata się tylko oddzielne płaszczyzny, nadając przedmiotowi odpowiednie wymiary grubości;

2) kształtowe, w którym dogniata się wszystkie powierzchnie i uzyskuje się wszystkie wymagane wymiary, wyciskając nadmiar materiału do wypływki usuwanej następnie za pomocą okrawania.

Stosowane jest również dogniatanie złożone polegające na wykonywaniu dogniatania kształtowego, a następnie płaskiego.

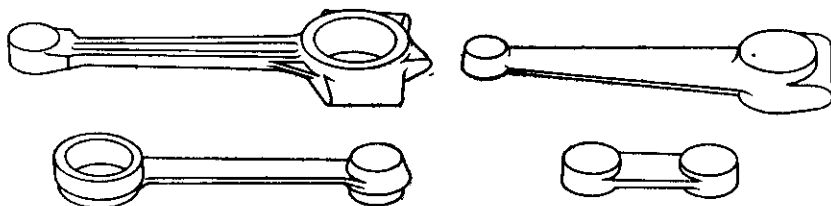
Na rys. 284 podane są przykłady płaskiego dogniatania łbów korbowodów i łącznika.

Stopień spęczania przy płaskim dogniataniu wynosi zwykle 5 ÷ 10% początkowej grubości półwyrobu.

Wadą dogniatania płaskiego jest zwiększenie wymiarów liniowych i pewna zmiana kształtu w wyniku zmniejszenia grubości półwyrobu.

Oprócz tego, przy dogniataniu płaskimi płytami, powierzchnia czołowa przedmiotu uzyskuje kształt wypukły będący wynikiem sprężystego odkształcenia się narzędzia.

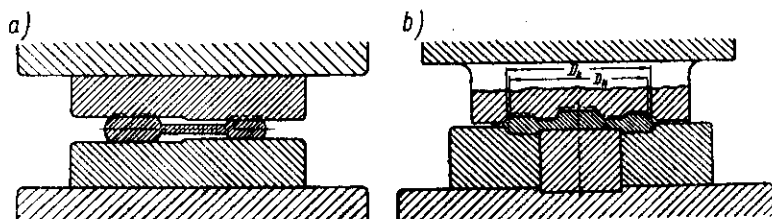
Na rys. 285 przedstawione są schematy dogniatania płaskiego i kształtowego.



Rys. 284. Przykłady dogniatania płaskiego

Dokładność i jakość dogniatania zależy od mocy i stanu prasy, jakości i dokładności matrycy, dokładności ustawienia narzędzi, wielkości i odchyłek nadatku na dogniatanie.

W tabl. 133 podane są tolerancje wymiarów wysokości po dogniataniu [141].



Rys. 285. Schemat płaskiego (a) i kształtowego (b) dogniatania

W tabl. 134 podane są tolerancje wymiarów poziomych po dogniataniu płaskim [141].

Ponieważ opór odkształcania w środkowej części dogniatanej powierzchni jest większy niż na brzegach, to grubość przedmiotu po dogniataniu jest niejednakowa, większa w środkowej części powierzchni.

Tablica 133. Tolerancje wymiarów wysokości po dogniataniu na zimno

Rzut na płaszczyznę poziomą dogniatanej powierzchni w cm ²	Tolerancje w mm	
	przy zwykłej dokładności dogniatania	przy zwiększonej dokładności dogniatania
do 3	±0,10	±0,05
3—10	±0,15	±0,08
10—20	±0,20	±0,10
20—40	±0,25	±0,15

Ustalono, że wypukłość powierzchni płasko dogniatanej powstaje wskutek nierównomierności rozłożenia naprężeń, oraz sprężystych odkształceń narzędzi i przedmiotu, które zwiększają się w miarę zwiększania stosunku $\frac{d}{h}$.

Dlatego w celu uzyskania dokładnie płaskiej powierzchni dogniatanej należy powierzchnie narzędzi dogniatanych wykonać nieco wypukłe lub odwrotnie zasto-

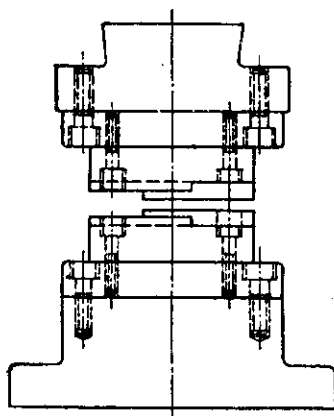
Tablica 134. Tolerancje poziomych wymiarów przy dogniataniu płaskim na zimno

Średnica lub szerokość przedmiotu w mm	Stosunek grubości do średnicy lub szerokości przedmiotu	Tolerancje w mm	
		przy zwykłej dokładności	przy zwiększonej dokładności
20—40	do 0,25	+1,5—0,5	+1,0—0,3
	0,25—0,5	+1,2—0,5	+0,8—0,3
	ponad 0,5	+0,8—0,5	+0,5—0,3
40—75	do 0,25	+2,0—0,5	+1,2—0,3
	0,25—0,5	+1,5—0,5	+1,0—0,3
	ponad 0,5	+1,0—0,5	+0,8—0,3

sować półwyroby z wklęsłymi powierzchniami, lub zastosować obydwie wymienione sposoby.

Półwyroby poddawane dogniataniu powinny mieć mniejsze naddatki niż w przypadku prasowania na gorąco.

Jednocześnie wymagane są mniejsze odchyłki wartości naddatków, a w związku z tym węższe tolerancje przy prasowaniu lub kuciu matrycowym półwyrobów.



Rys. 286. Dogniatanie dźwigni samochodowej

W tabl. 135 i 136 podane są optymalne wartości naddatków i tolerancji wymiarów przedmiotów poddawanych dogniataniu [141].

Półwyroby przed dogniataniem powinny być dokładnie oczyszczone ze zgorzeliny trawieniem, bębnowaniem lub piaskowaniem.

Dogniatak (przyrząd do dogniatania) składa się zwykle z górnego i dolnego bijaka, górnej i dolnej płyty oraz górnej i dolnej części roboczej.

Na rys. 286 przedstawiony jest dogniatak do dźwigni samochodowej składający się z wymienionych części. W celu zwiększenia dokładności dogniatania dogniataki zaopatrywane są w zderzaki ograniczające przesuw górnej części przyrządu.

Części robocze dogniataka wykonuje się ze stali Y10A, X12M lub 5XBC, obrabia się cieplnie do twardości 58 ÷ 60 HRC i poleruje się na lustrzany połysk.

Trwałość roboczych części dogniataków wynosi 5000 ÷ 10000 sztuk przedmiotów do pierwszego przeszlifowania.

Wydajność dogniatania dochodzi do 1000 sztuk przedmiotów na godzinę przy podawaniu ręcznym półwyrobów.

Tablica 135. Naddatki i tolerancje wymiarów półwyrobów (koła zębate, krążki, tuleje itp.) poddawanych dogniataniu, w mm

Średnica przedmiotu w mm	Grubość do 18 mm			Grubość 18—50 mm			Grubość 50—120 mm		
	Naddatek na dogniatanie		Tolerancja wymiaru	Naddatek na dogniatanie		Tolerancja wymiaru	Naddatek na dogniatanie		Tolerancja wymiaru
	zwykła dokładność	zwiększona dokładność		zwykła dokładność	zwiększona dokładność		zwykła dokładność	zwiększona dokładność	
do 30	0,3	0,1	+0,4	—	—	—	—	—	—
30—50	0,4	0,2	+0,5	0,5	0,25	+0,5	—	—	—
50—80	0,5	0,25	+0,6	0,6	0,3	+0,6	0,8	0,4	+0,8
80—120	0,6	0,3	+0,8	0,8	0,4	+0,8	1,0	0,5	+1,0

Tablica 136. Naddatki i tolerancje wymiarów półwyrobów (korbowody, dźwignie, wsporniki itp.) poddawanych dogniataniu, w mm

Długość przedmiotu w mm	Grubość do 10 mm			Grubość 10—30 mm			Grubość 30—80 mm		
	Naddatek na dogniatanie		Tolerancja wymiaru	Naddatek na dogniatanie		Tolerancja wymiaru	Naddatek na dogniatanie		Tolerancja wymiaru
	zwykła dokładność	zwiększona dokładność		zwykła dokładność	zwiększona dokładność		zwykła dokładność	zwiększona dokładność	
do 30	0,3	0,1	+0,4	0,4	0,2	+0,5	—	—	—
30—80	0,4	0,2	+0,5	0,5	0,25	+0,6	0,6	0,3	+0,8
80—120	0,5	0,25	+0,6	0,6	0,3	+0,8	0,8	0,4	+1,0
120—180	0,6	0,3	+0,8	0,8	0,4	+1,0	1,0	0,5	+1,2

Tablica 137. Nacisk jednostkowy q przy dogniataniu na zimno

Materiał	Nacisk jednostkowy w kg/mm^2	
	Dogniatanie płaskie	Dogniatanie przestrzenne
Stal aluminium	100—120	140—170
Stal 30—35	130—160	180—220
Stal 20—25	180—220	250—300
Stal 35—45	250—300	300—350
Stal nierdzewna 3И 69	250—300	300—350

Na potrzebną do dogniatania można obliczyć ze wzoru

$$P = q \cdot F$$

gdzie F — dogniatana powierzchnia w mm^2 ,
 q — nacisk jednostkowy dogniatania wg tabl. 137 [141].

36. Spęczanie miejscowe na zimno

Operacja spęczania miejscowego przeznaczona jest do tworzenia zgrubień o wymaganej kształcie, w określonym miejscu przedmiotu za pomocą przemieszczania materiału. Najbardziej rozpowszechnionym rodzajem spęczania jest kształtowanie łbów śrub i nitów.

Obecnie za pomocą spęczania na zimno wykonuje się łby śrub o wymiarach do M 27. Jednak dużo jeszcze nieznormalizowanych części łączących wykonuje się na tokarkach rewolwerowych lub na automatach tokarskich.

Obróbka skrawaniem części łączących jest mało wydajna i powoduje znaczną stratę materiału w postaci wiórów.

Wydajność automatów do spęczania na zimno, przy wykonywaniu śrub o średnicy do 5 mm, wynosi 160 tysięcy sztuk na jedną zmianę (do 400 sztuk na minutę), a wydajność automatu tokarskiego wynosi tylko 5÷10 tysięcy sztuk na zmianę. Oprócz tego każdy automat do spęczania daje oszczędność materiału od 50 do 100 % na rocznie.

Obliczanie spęczania łbów śrub i nitów przeprowadza się w następującej kolejności [66]:

1. Określa się długość półwyrobu niezbędną do wytworzenia łba. Wzory do obliczenia długości półwyrobu dla najbardziej rozpowszechnionych kształtów łbów podane są w tabl. 138.

2. W zależności od stosunku $\frac{l}{d}$ określa się wymaganą liczbę uderzeń i typ prasy-automatu do spęczania na zimno:

$$\begin{array}{ll} \text{jedno uderzenie przy} & l \leq (2,5 \div 2,8) d \\ \text{dwa uderzenia przy} & l \leq (3,5 \div 5,5) d \\ \text{trzy uderzenia przy} & l \leq (6 \div 8) d \end{array}$$

Liczba uderzeń przy spęczaniu zależy także od stosunku wymiarów łba $D : h$.

W przypadku dużej średnicy D i małej wysokości h wymagana jest większa liczba uderzeń (dwa zamiast jednego lub trzy zamiast dwóch)

3. Określa się typ i kształt narzędzi do spęczania. W razie małej wyrtości stosunku $\frac{l}{d}$ spęczenie łba można wykonać jednym uderzeniem płaskim bijakiem lub stemplem z kulistym wgłębieniem (tabl. 139).

Ze zwiększeniem plastyczności materiału względna długość swobodnej części spęczanego pręta musi być mniejsza wskutek mniejszej odporności pręta na wyboczenie. W razie większej długości spęczanej części pręta od podanej w tabl. 139 spęczenie wykonuje się stemplem ze stożkową komorą (wykrojem) lub jednocześnie stemplem i matrycą ze stożkowymi komorami.

Obliczanie stożkowych komór wstępnych stempli wykonuje się korzystając ze wzorów podanych w tabl. 140 (dla przedmiotów nie poddawanych okrawaniu i doposażających luz między stemplem i matrycą równy 6% od wysokości stożka).

Długość metalu potrzebnego do spęczania stożkowego łba oblicza się ze wzorów podanych w tabl. 141.

W przypadku, gdy ogólna długość spęczanego pręta wynosi $L < 10d$ spęczenie wykonywane jest na automatach do spęczania z matrycą niedzieloną, a w przypadku, gdy $L > 10d$ — na automatach z matrycą dzieloną.

W zależności od liczby uderzeń potrzebnych do spęczania na zimno stosowane są automaty jednouderzeniowe, dwuuderzeniowe, i trzyuderzeniowe. Najbardziej rozpowszechnione są automaty pierwszego typu.

Tablica 138. Wzory do obliczania długości półwyrobu przeznaczanego do kształtowania łba przy wyrobie wkrętów, śrub, sworzni i nitów [66]

Kształt łba	Wzory
Kulisty	$l = \frac{4h^2}{d_m^2} \left(R - \frac{h}{3} \right)$
Stożkowy	$l = \frac{b}{3d_m^2} (D^2 + Dd + d^2)$
Stożkowy soczewkowy	$l = \frac{4h}{d_m^2} \left(\frac{D^2}{8} + \frac{h^2}{6} \right) + \frac{b}{3d_m^2} (D^2 + Dd + d^2)$
Walcowy	$l = \frac{D^2}{d_m^2} h$
Sześciokątny	$l = 1,33 \frac{S^2}{d_m^2} h$
Kwadratowy	$l = 1,27 \frac{S^2}{d_m^2} h$

Przyjęte oznaczenia:

h — wysokość łba w mm,
 d_m — najmniejsza graniczna średnica półwyrobu,
 R — promień kuli w mm,
 b — wysokość stożka w mm,
 d — średnica łba po spęczaniu w mm,
 D — średnica trzpienia po spęczaniu w mm,
 S — wymiar obejmowany kluczem w mm

Tablica 139. Względna długość trzpienia l spęcanego płaskim stemplem [80]

Średnica pręta w mm	Stal 10 Mosiądz П 68	Stal 35 Stal 40X
od 3 do 7	1,7	2,0
od 7 do 10,5	2,3	2,5
od 10,5 do 16,5	2,5	2,7

Tablica 140. Wymiary stożkowych komór w stemplach do spęczania przedmiotów nieokrągłych [66]

Wymiary łba	Długość spęcanego trzpienia	Podstawa stożka	Głębokość stożkowej komory
$D < 2,5h$	$l < 4$	$D_K = 1,2d_m$	$H_K = 0,99 \frac{V_K}{d_m^2}$
$D > 2,5h$	$l > 4$	$D_K = 1,3d_m$	$H_K = 0,90 \frac{V_K}{d_m^2}$

Oznaczenia:

V_K — objętość materiału w spęczanym stożkowym elemencie,
 d_m — górna średnica stożka równa najmniejszemu granicznemu wymiarowi półwyrobu.

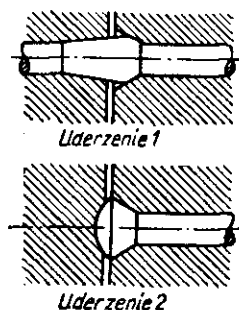
Tablica 141. Wzory do obliczania objętości spęczzonego stożka wstępnego

Typ spęczanego łba	Wzory
Stożkowy	$V_K = (D^2 + Dd + d^2) 0,26h - 0,785d^2h$
Stożkowy soczewkowy	$V_K = 0,39n(D^2 + 1,33n^2 + 0,26m(D^2 + Dd + d^2) - 0,785d^2m$
Grzybkowy (wałcowo-kulisty)	$V_K = 0,785 D^2c + 0,39n(D^2 + 1,33n^2)$
Kulisty	$V_K = 0,39h(D^2 + 1,33h^2)$
Walcowy	$V_K = 0,785D^2h$
Sześciokątny	$V_K = 0,785(D^2h - d^2y)$ $D = 1,16S; \quad y = 33h$
<p>Oznaczenia:</p> <p>D — średnica łba w mm, d — średnica pręta w mm, h — wysokość łba w mm, m — wysokość stożkowej części łba w mm, n — wysokość kulistej części łba w mm, c — wysokość walcowej części łba w mm, S — wymiar obejmowany kluczem w mm.</p>	

Oprócz wymienionych automatów w przemyśle metalowym stosuje się cztero-uderzeniowe prasy-automaty do wyrobu nakrętek, używane również do kształtowania sześciokątnych łbów śrub, bez okrawania i do spęczania przedmiotów z łbami o złożonym kształcie.

Spęczanie jednym uderzeniem stosowane jest do wyrobu śrub z łbem półkulistym i innych przedmiotów, przy małej długości względnej spęczanego półwyrobu podanej w tabl. 139.

Spęczanie wykonuje się zwykle w matrycach niedzielonych.



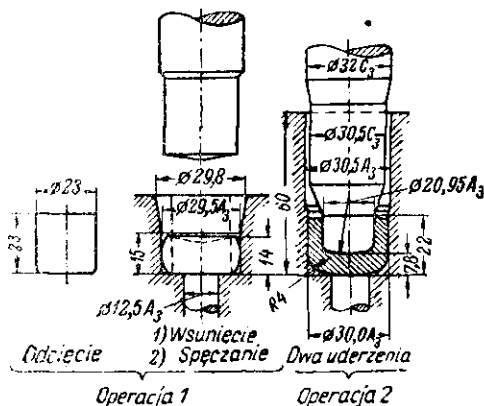
Rys. 287. Przebieg miejscowego spęczania na dwuuderzeniowym automacie (kuźniarce)

Spęczanie dwoma uderzeniami umożliwia uzyskanie przedmiotów o różnych kształtach łbów, przy względnej długości spęczanego półwyrobu równej 3,5 do 5,5 średnic.

Na rys. 287 przedstawione są kolejne zabiegi spęczania łba śruby na dwuuderzeniowym automacie.

Automaty dwuuderzeniowe do spęczniania na zimno stosowane są do wyrobu śrub i łbów sześciokątnymi, okrawanymi.

Zwykle proces wytwarzania śrub przeprowadzany jest na trzech automatach: spęcznianie łba walcowego — na automacie dwuuderzeniowym, okrawanie sześciokątny



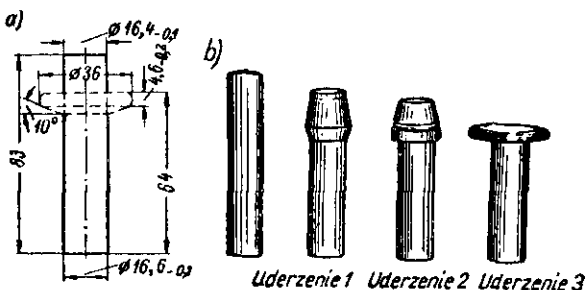
Rys. 288. Przebieg prasowania kapturka w dwóch operacjach

kąta — na specjalnym automacie do okrawania, nawalcowanie gwintu — na automacie do walcowania gwintów.

Ostatnio niektóre zakłady opanowały nowy sposób spęczniania łbów sześciokątnych na automatach dwuuderzeniowych bez okrawania boków. Z czołowej strony łba śruby wykonuje się walcowe wgłębienie.

Dwuuderzeniowe automaty stosuje się także do prasowania z pręta kapturków metodą wyciskania przeciwbieżnego.

Na rys. 188 przedstawiony jest przebieg prasowania kapturka w dwóch operacjach



Rys. 289. Spęcznianie popychacza zaworu na automacie trzyuderzeniowym: a) spęczniany łeb, b) przebieg spęczniania

na dwóch automatach. Wysokość kapturka wynosi po pierwszym uderzeniu 22 mm, a po drugim — 30 mm.

Sposób ten trzema uderzeniami umożliwia wykonanie przedmiotów z dużymi łbami, dla których potrzebna jest długość spęcznianej części pręta do 6—8 średnic.

Spęcznianie trzema uderzeniami stosowane jest również do wykonywania przedmiotów z łbami o małej wysokości, a o dużej średnicy, jak na przykład popychacz zaworu (rys. 289).

W pierwszym uderzeniu następuje zmniejszenie długości o około $0,2 \div 0,25 l$, w drugim uderzeniu — jeszcze o $0,3 \div 0,4 l$, w trzecim uderzeniu łeb uzyskuje wymaganą kształt. Długość spęcznianej części pręta po drugim uderzeniu wynosi zwykle $0,3 \div 0,6 l$.

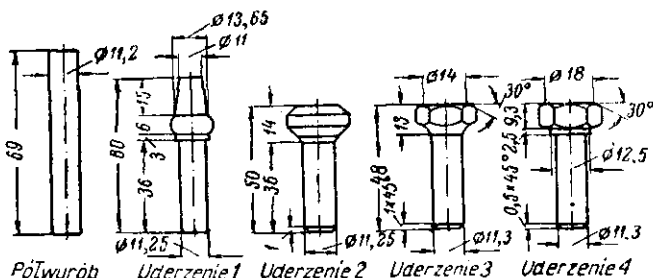
Spęcznianie czterema uderzeniami wykonuje się na specjalnych spęczarkach do nawalcowania, na których wykonuje się półwyroby nakrętek sześciokątnych z przebitym

otworem i ukształtowanymi fazami zewnętrznymi i wewnętrznymi. Wydajność automatu wynosi $3500 \div 4000$ sztuk na godzinę.

Automaty do spęczania nakrętek stosowane są również do wyrobu śrub z łbami sześciokątnymi (bez okrawania), co daje znaczną oszczędność materiału (rys. 290)

W razie braku automatów trzy- lub czterouderzeniowych do spęczania na zimno stosuje się powtarne spęczanie na automatach jedno- lub dwuuderzeniowych (rys. 288)

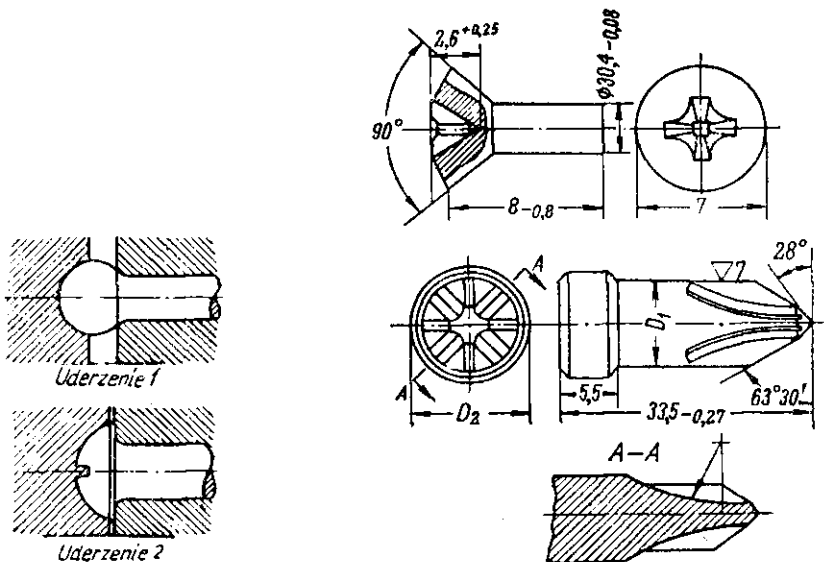
Rys. 290. Spęczanie sześciokątnych łbów śrub w czterech uderzeniach



Przed powtórным spęczaniem stosuje się zwykle wyżarzanie w celu usunięcia zgniotu i odzyskania początkowych własności plastycznych materiału.

Dalszy rozwój spęczania na zimno idzie w kierunku:

- 1) rozszerzenia zakresu wytwarzanych przedmiotów pod względem kształtu i wymiarów,
- 2) zastosowania wielouderzeniowych automatów do spęczania,



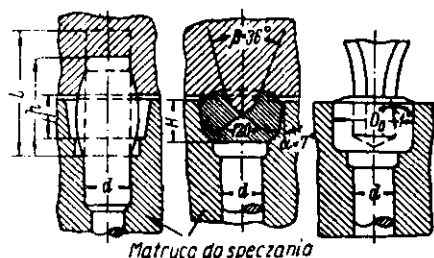
Rys. 291. Spęczanie na zimno łba wkrętu na automacie dwuuderzeniowym

Rys. 292. Wkręt z rowkiem krzyżowym wykonany za pomocą spęczania na automacie dwuuderzeniowym i stempel do wykonania go

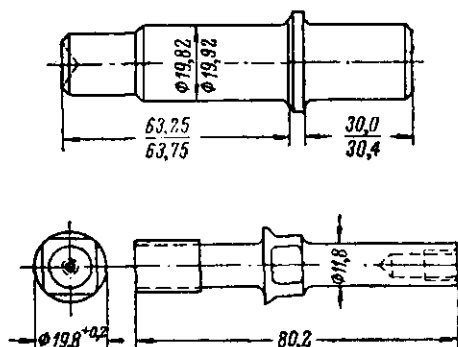
- 3) spęczania łbów wydrążonych i z rowkami,
- 4) wytwarzania za pomocą spęczania przedmiotów z odsadzeniami i ze zwężonymi trzpieniami.
- 5) rozwoju spęczania z miejscowym nagrzewaniem elektrycznym.

Na wyroby spęczane zaleca się stosowanie stali o małej zawartości krzemu (0.03% Si) i o małym zgnioście. Stopień odkształcenia przy spęczaniu na zimno stali 10 może wynosić do 60%, natomiast dla stali 10KП (nieuspokojonej, o małej zawartości krzemu) — 87%.

Dalej podano kilka przykładów postępowych sposobów spęczania.



Rys. 293. Przebieg spęczania łbów śrub z gniazdami sześciokątnymi



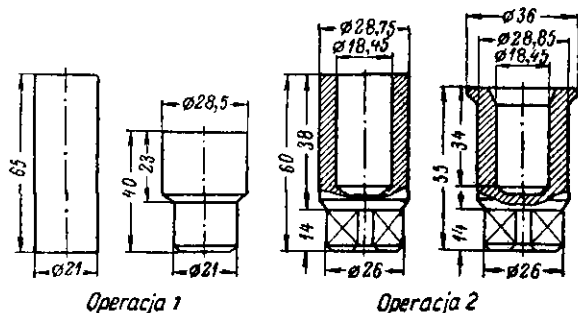
Rys. 294. Przedmioty z odsadzeniami wykonywane za pomocą spęczania na zimno na automatach trzyuderzeniowych

Na rys. 291 przedstawiony jest przebieg spęczania na dwuuderzeniowym automacie wkrętów z łbami kulistymi.

Stempel z żebrzem wykonany jest za pomocą wyciskania na zimno.

Na rys. 292 przedstawiony jest wkręt z rowkiem krzyżowym, najdogodniejszym do wkręcania mechanicznym wkrętakiem, wykowany za pomocą spęczania na automacie dwuuderzeniowym oraz stempel do kształtowania takiego rowka.

Na rys. 293 przedstawiony jest przebieg spęczania łbów śrub o wymiarach od M8 do M20 z gniazdami sześciokątnymi. Pierwsze dwa zabiegi wykonywane są



Rys. 295. Proces wykonania nakrętki do koła samochodu za pomocą spęczania

na automacie dwuuderzeniowym, trzeci zabieg wykonywany jest jako oddzielna operacja na innym automacie.

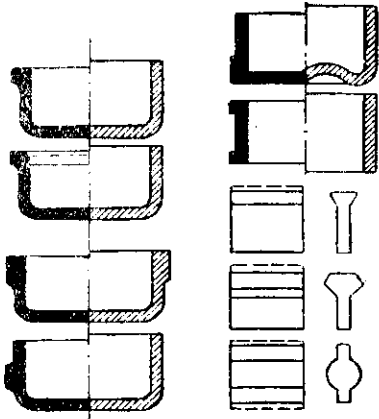
Dobry wynik ekonomiczny uzyskuje się w wyniku zastosowania spęczania na zimno do wykonywania przedmiotów z odsadzeniami zamiast obróbki skrawaniem (rys. 294).

Spęczanie takich przedmiotów przeprowadza się na automatach trzyuderzeniowych z dzielonymi matrycami.

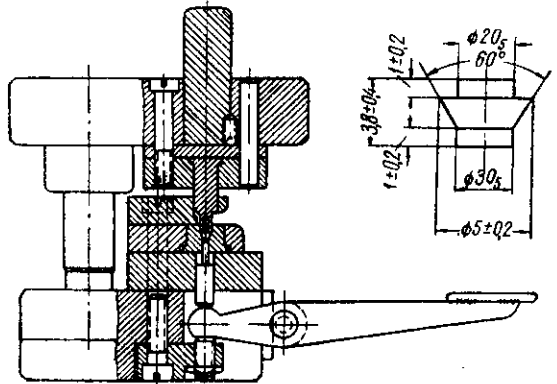
Na rys. 295 podany jest schemat nowego procesu spęczania i wyciskania nakrętki do koła samochodu. Prasowanie wykonuje się w dwóch operacjach: 1 — odcinanie

i spęczanie na dwuuderzeniowym automacie i 2 — spęczanie kwadratowego chwytu, wyciskanie kapturka i spęczanie obrzeża na prasie korbowej o nacisku 200 T i w dwu-wykrojowej matrycy [80].

Operacje spęczania stosowane są również do wykonywania zgrubień, kołnierzy na trzpieniach oraz na płaskich i wydrążonych przedmiotach (rys. 296). Wymiary materiału wyjściowego oblicza się wychodząc z równości jego objętości z objętością



Rys. 296. Przykłady spęczania w celu miejscowego zgrubienia ścianki



Rys. 297. Przyrząd do spęczania

gotowego przedmiotu. Zwykle w jednym zabiegu spęca się swobodną część półwyrobu o długości w przypadku: sworzni walcowych $l \leq 3d$, półwyrobów prostokątnych $l < 3g$, wydrążonych i rurowych półwyrobów $l \leq 2 + 2,5g$.

W większości przypadków zgrubienia spęca się w zamkniętej przestrzeni matrycy.

Na rys. 297 przedstawiony jest przedmiot wykonany za pomocą spęczania na zimno i narzędzia do tego celu.

Rozpowszechniona operacja spęczania kołnierza w przedmiotach wydrążonych jest opisana w rozdziale V.

37. Wyciskanie na zimno

Wyciskanie na zimno jest operacją służącą do wyrobu wydrążonych przedmiotów cienkościennych lub przedmiotów o zmniejszonym przekroju poprzecznym z grubych półwyrobów w wyniku plastycznego płynięcia metalu przez szczelinę między stemplem i matrycą.

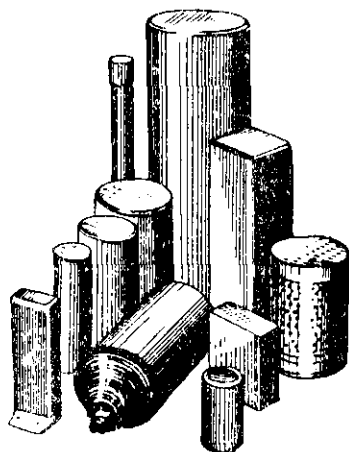
Proces wyciskania ma następujący przebieg: półwyrob mający objętość równą objętości gotowego przedmiotu z nadatkiem na obcięcie umieszcza się w gnieździe matrycy; pod wpływem nacisku stempla metal wprowadza się w stan plastyczny i wyciska się go przez otwór w matrycy lub przez pierścieniową szczelinę między stemplem i matrycą.

Metoda wyciskania na zimno była dawniej stosowana tylko do wytwarzania tub z ołowiu i cyny do farb oraz do wyrobów perfumeryjnych. Obecnie metoda ta jest szeroko stosowana w elektro- i radiotechnice do wykonywania z metali nieżelaznych takich stopów różnych cienkościennych przedmiotów wydrążonych i tulejowych o przekrojach okrągłym i kwadratowym, prostokątnym i innych, o dużym stosunku wysokości do średnicy. Do czasu zastosowania wyciskania wykonanie takich przedmio-

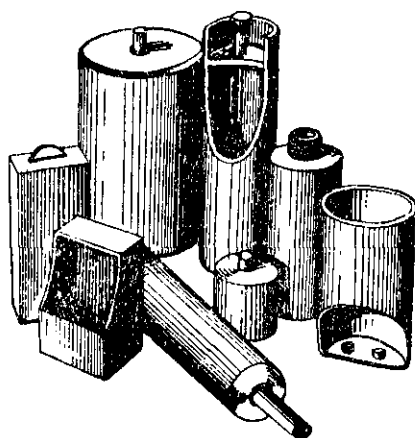
ow wymagało od 5 do 8 operacji ciągnięcia z międzyoperacyjnym wyżarzaniem, zastąpionych teraz jedną operacją.

Zastosowanie wyciskania na zimno zmniejsza $5 \div 10$ razy pracochłonność i 3 razy koszt narzędzi.

Obiecie za pomocą wyciskania na zimno wykonuje się przedmioty z aluminium, miedzi, tombaku, mosiądzu i cynku (ostatni z podgrzewaniem do 200°C), a także z niskowęglowej stali (przedmioty o mniejszej wysokości i większej grubości ścian).



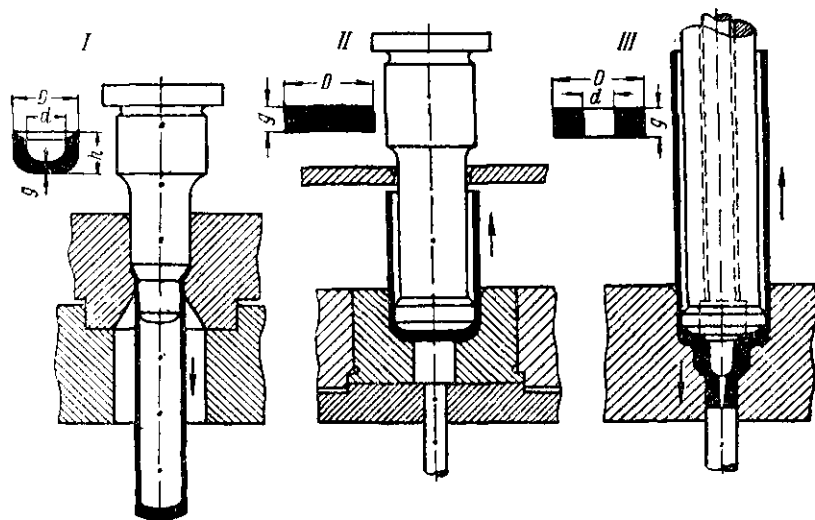
Rys. 298. Przedmioty wydrążone wykonane za pomocą wyciskania na zimno



Rys. 299. Przedmioty wydrążone z występami wykonane za pomocą wyciskania na zimno

Na rys. 298 przedstawione są przedmioty walcowe i prostokątne, aluminiowe z płaskim dnem wykonane wyciskaniem na zimno; na rys. 299 — przedmioty z występami w dnie.

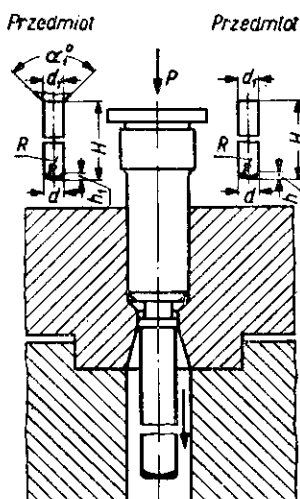
Istnieją trzy sposoby wyciskania na zimno (rys. 300):



Rys. 300. Sposoby wyciskania na zimno: I — wyciskanie współbieżne, II — wyciskanie przeciwbieżne, III — wyciskanie złożone

- 1) wyciskanie współbieżne, gdy metal płynie w kierunku zgodnym z ruchem roboczym stempla (rys. 300, I);
- 2) wyciskanie przeciwbieżne, gdy metal płynie w kierunku przeciwnym do kierunku roboczego ruchu stempla (rys. 300, II);
- 3) wyciskanie złożone, gdy metal płynie jednocześnie w kierunku zgodnym i przeciwnym do roboczego ruchu stempla (rys. 300, III).

Za pomocą wyciskania przeciwbieżnego wykonuje się łuski i tuby o małych średnicach. Do wykonywania łusek z denkiem wyciskanych współbieżnie materiał wyj-



Rys. 301. Schemat okrawania po wyciskaniu współbieżnym

ściowy powinien mieć albo kształt krążka, albo miseczki grubościennej. Pozostający kołnierz okrawa się w tym samym przyrządzie stemplem do okrawania (rys. 301). W tym celu stosuje się obrotowe lub przesuwne stemple.

Wyciskanie współbieżne wymaga mniejszego nacisku prasy, ponieważ opór odkształcania jest przy tym sposobie mniejszy, co umożliwia pracę przy większej częstotliwości skoków (90 ÷ 120 skoków na minutę).

Tablica 142. Wymiary przedmiotów wykonywanych wyciskaniem współbieżnym, w mm

Rodzaj wymiaru	Ołów, cyna, cynk aluminium		Duralumin, miedź mosiądz		Dokładność wykonania w mm
	od	do	od	do	
Średnica (walcowe przedmioty)	3	100	5	100	± (0,03—0,05)
Wymiary przekroju (prostokątne przedmioty)	2 × 4	70 × 80	3 × 5	70 × 80	± (0,03—0,05)
Grubość ścianek	0,05	0,1 i większa	0,3 (miedź) 0,5 (mosiądz)	1,0 i większa	± (0,03—0,075)
Grubość kołnierza	0,2—0,3	0,5	Równa grubości ścianki	Większa od grubości ścianki	± (0,05—1,0)
Długość przedmiotu	5d	60d	3d	40d	± (1—5)

Tablica 143. Wymiary przedmiotów wykonywanych wyciskaniem przeciwbieżnym, w mm

Rodzaj wymiaru	Ołów, cyna, cynk, aluminium		Duralumin miedź, mosiądz		Dokładność wykonania w mm
	od	do	od	do	
Średnica (walcowe przedmioty)	8	100—150	10	50—70	$\pm (0,03—0,05)$
Wymiary przekroju (prostokątne przedmioty)	5×7	70×80	6×9	20×40	$\pm (0,03—0,05)$
Grubość ścianek	0,08	0,23 i większa	0,5 (miedź) 1,0 (mosiądz)	1,0 i większa	$\pm (0,03—0,075)$
Grubość dna	0,25—0,3	0,5 i większa	Równa grubości ścianek	Większa od grubości ścianek	$\pm (0,10—0,2)$
Stosunek długości do średnicy przedmiotu	3 : 1	10 : 1 (ołów) 8 : 1 (aluminium)	3 : 1	5 : 1	$\pm (1—3)$

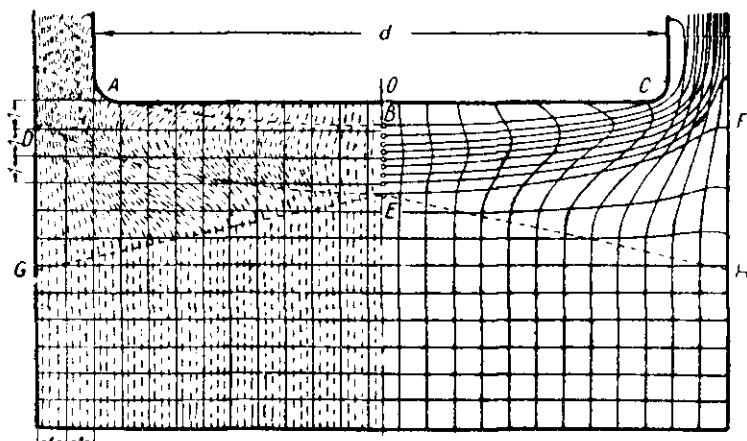
Stosunek grubości ścianek gotowego przedmiotu do grubości materiału wyjściowego wynosi od 1 : 4 do 1 : 25, co daje stopień odkształcenia od 75 do 96%.

W tabl. 142 podane są wymiary i dokładność przedmiotów wykonywanych wyciskaniem współbieżnym na zimno [152].

Wyciskanie przeciwbieżne stosuje się do wykonywania walcowych i gramastopowych przedmiotów wydrążonych o średnicy do 100 mm, grubości ścian od 1,5 do 0,08 mm oraz wysokości do 300 mm, przy stosunku wysokości do średnicy do 8 : 1.

W tabl. 143 podane są wymiary i dokładność przedmiotów wykonanych wyciskaniem przeciwbieżnym na zimno [152].

Charakter płynięcia metalu przy przeciwbieżnym wyciskaniu bada się za pomocą



Rys. 302. Odkształcenie siatki linii przy wyciskaniu na zimno

siatki naniesionej na płaszczyznę podziału składanego półwyrobu (rys. 302) lub za pomocą analizy metalograficznej [126].

W wyniku analizy zniekształcenia siatki (rys. 302 po prawej stronie) i kierunku włókien metalu (rys. 302 po lewej stronie) ustalono, że przy wyciskaniu przeciw-

bieżnym na zimno powstaje strefa intensywnych odkształceń (między kulistą powierzchnią *ABC* i *DEF*), przemieszczającą się stopniowo do dołu i obejmującą nowe warstwy materiału. W niżej położonych warstwach strefy *DEG* i *FEH* intensywność odkształceń jest coraz mniejsza, a w pobliżu powierzchni *GEH* odkształcenie prawie nie istnieje. Wyciskanie do góry ścianki po wyjściu ze strefy odkształceń praktycznie nie ulegają dalszemu odkształceniu i przemieszczają się do góry pchane wyciskaniem z dołu metalem.

Bezpośrednio pod czołową powierzchnią stempla położona jest warstwa słabo odkształcana (ograniczona kulistą powierzchnią *ABC*), powstająca pod wpływem wysokiego ciśnienia hydrostatycznego i tarcia o czołową powierzchnię stempla. Strefa ta przemieszcza się w dół razem ze stemplem.

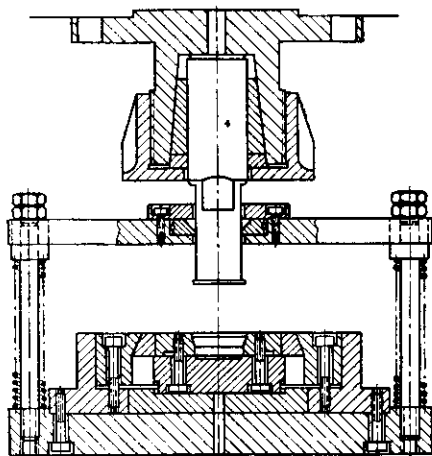
Opór odkształcania przy wyciskaniu przeciwbieżnym na zimno jest znacznie większy niż przy wyciskaniu współbieżnym, wskutek czego potrzebne są prasy o znacznie większej mocy. Ze zmniejszeniem grubości ścian nacisk potrzebny do wyciskania rośnie.

Czołową powierzchnię stempla do wyciskania przeciwbieżnego wykonuje się z niewielkim pochyleniem tworzącej i nie poleruje się jej, aby tarciem utrzymać zewnętrzną utlenioną warstwę materiału. Wyciśnięty przedmiot pozostaje na stemple i zdejmuje się go spychaczem lub sprężonym powietrzem.

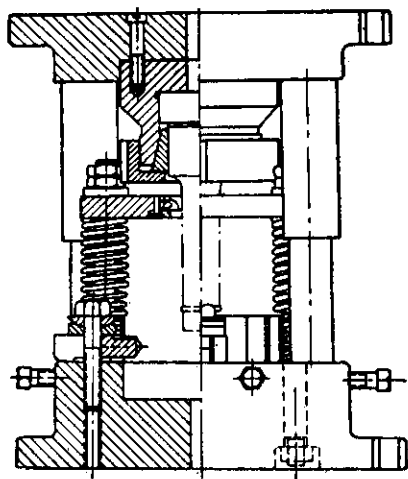
W większości przypadków wyciskanie wykonane jest z automatycznym podawaniem półwyrobów.

Wyciskanie złożone stosuje się do wykonywania przedmiotów o skomplikowanym kształcie, z kształtowym dnem, mającym występy i czopy, a także z dnem wewnątrz tulei (rys. 299).

Na rys. 303 przedstawiony jest przyrząd do przeciwbieżnego wyciskania na zimno. Przyrządy te mają następujące cechy: stempel zamocowuje się za pomocą uchwytu



Rys. 303. Przyrząd do przeciwbieżnego wyciskania na zimno



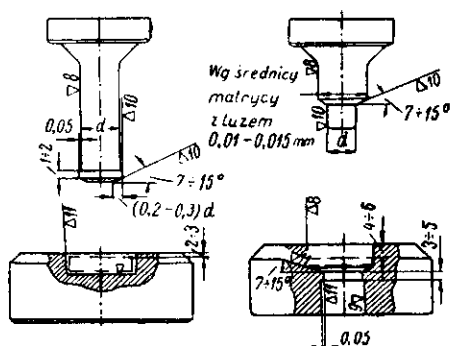
Rys. 304. Uniwersalna oprawa narzędzi do wyciskania na zimno

zakleszczającego, matryca jest składana, o poziomej powierzchni podziału, spychacz jest nastawny sprężynowy w celu ułatwienia zdejmowania wysokich przedmiotów (bez stosowania dłuższego stempla).

Na rys. 304 przedstawiona jest uniwersalna oprawa ze słupami prowadzącymi do zamocowywania wymiennych stempli i matryc przeznaczonych do wyciskania przeciwbieżnego.

Na rys. 305 podana jest konstrukcja narzędzi do wyciskania na zimno przedmiotów walcowych, a na rys. 306 — do wyciskania przedmiotów prostokątnych.

Matryca niedzielona (rys. 306a), jak wykazuje doświadczenie, ma niedostateczną trwałość i wytrzymałość.

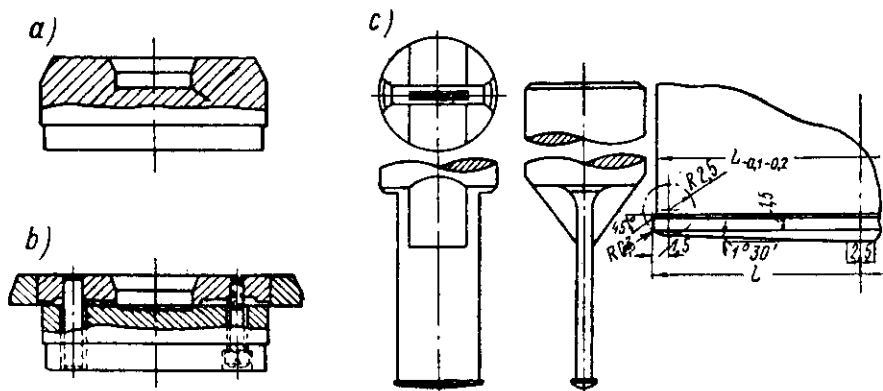


Rys. 305. Narzędzia do wyciskania na zimno

Na zaokrągleniu przy dnie następuje silne zużycie i tworzenie się wgłębienia, wskutek czego powstają pęknięcia.

Matryca składana (rys. 306b) jest bardziej trwała i łatwiejsza do wykonania i do obróbki cieplnej.

Na rys. 307 podane są części robocze przyrządu do złożonego wyciskania przedmiotów aluminiowych o złożonym wewnętrznym zarysie.



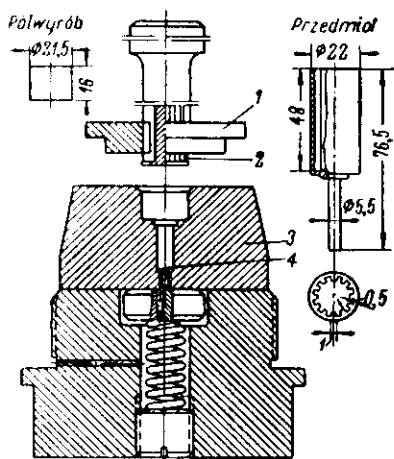
Rys. 306. Konstrukcja składanej matrycy i stempla do wyciskania na zimno przedmiotów prostokątnych: a i b) matryce, c) stempel

Na rys. 308 podana jest konstrukcja przyrządu do współbieżnego wyciskania tulejek i do okrawania ich kołnierza.

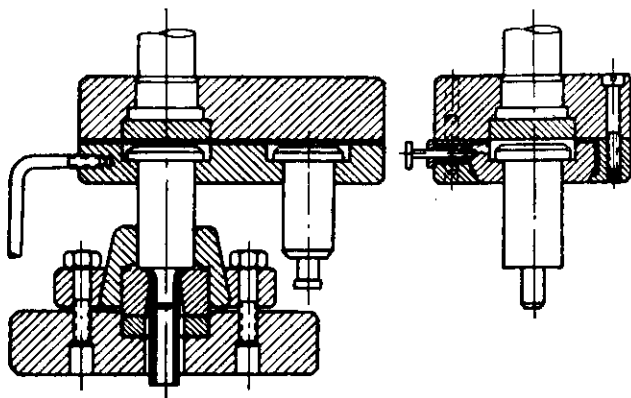
Płyta stemplowa, w której osadzony jest stempel wyciskający i stempel okrawający, jest przesuwna, co umożliwia ustawienie w pozycji roboczej najpierw pierwszego stempla a następnie drugiego.

Bardzo celowe jest zastosowanie wyciskania na zimno do wykonywania przedmiotów stalowych. Jednak sposób ten jest jeszcze rzadko stosowany do obróbki stali, ponieważ wymaga wysokich nacisków jednostkowych, pras o dużej mocy, oraz narzędzi o wysokiej wytrzymałości i odporności na zużycie.

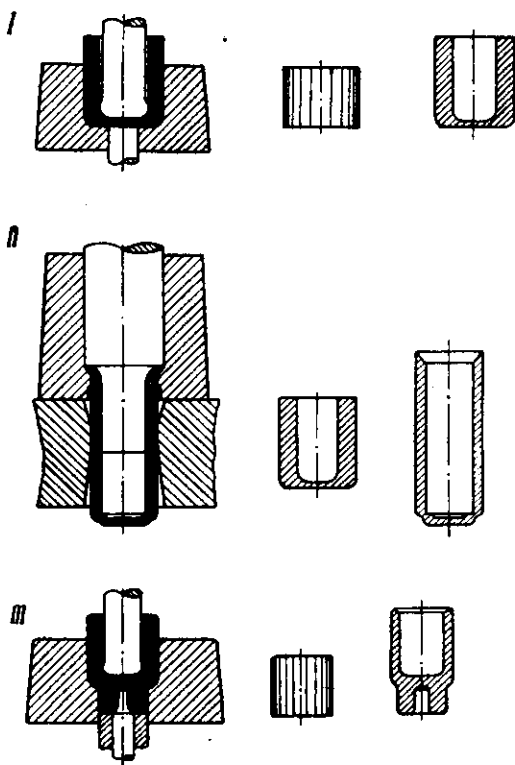
Na rys. 309 przedstawione są trzy sposoby wyciskania: przeciwbieżny, współbieżny i złożony.



Rys. 307. Robocze części przyrządu do złożonego wyciskania przedmiotów aluminiowych z kształtową komorą



Rys. 308. Przyrząd do współbieżnego wyciskania tulejek i okrawania kołnierza

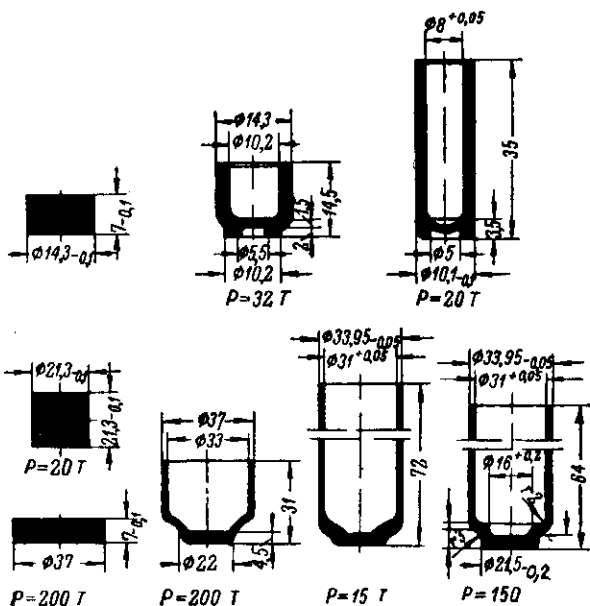


Rys. 309. Trzy sposoby wyciskania przedmiotów stalowych na zimno: I — przeciwbieżny, II — współbieżny, III — złożony

Grubość ścian przedmiotów wyciskanych ze stali wynosi zwykle od 1,5 do 5 mm, a wysokość przedmiotu — od 1,5 do 2 średnic.

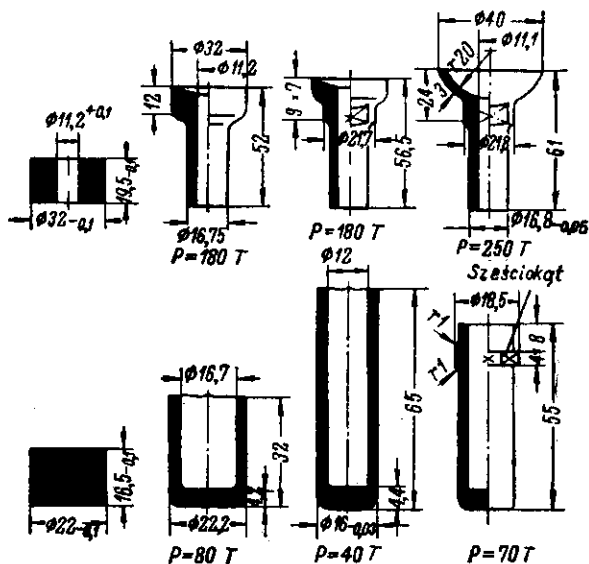
Na rys. 310 i 311 przedstawiony jest przebieg wykonania operacji wyciskania na zimno, przetłaczania i spęcznienia wydrążonych przedmiotów na prasach o nacisku

od 20 do 200 T [330]. Po każdej operacji o dużym stopniu odkształcenia (oprócz ostatniej) następuje wyżarzanie w atmosferze ochronnej w temperaturze 720°C, bębnowanie i fosforanowanie, a następnie mycie.



Rys. 310. Przebieg wykonania stalowych przedmiotów za pomocą wyciskania na zimno i przetaczania

Rys. 311. Przebieg wykonania przedmiotów stalowych za pomocą wyciskania i miejscowego spęcznienia



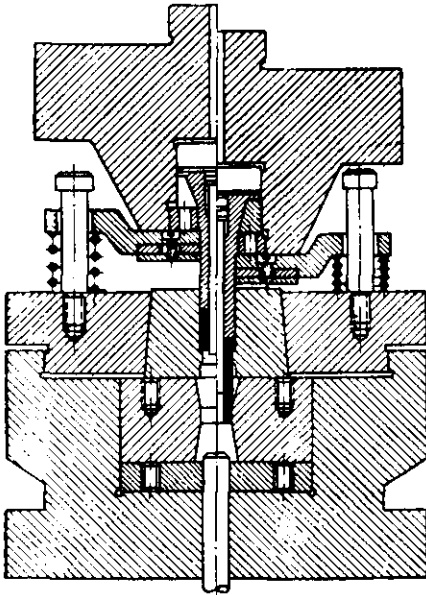
Materiał wyjściowy również wyżarza się i fosforanuje.

Na rys. 312 przedstawiony jest przyrząd do współbieżnego wyciskania małych przedmiotów stalowych. W tym sposobie wyciskania stosuje się stalowy pierścień prowadzący wyciskany przedmiot.

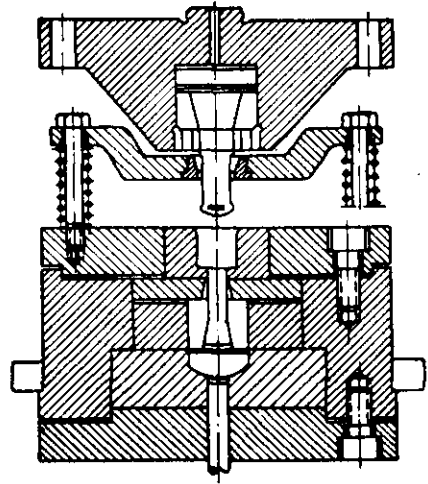
Na rys. 313 przedstawiony jest przyrząd do przeciwbieżnego wyciskania przedmiotów stalowych.

Na rys. 314 przedstawiono konstrukcję stempla i matrycy do współbieżnego wyciskania stalowych przedmiotów.

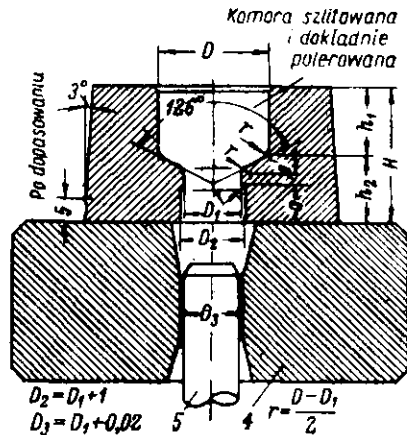
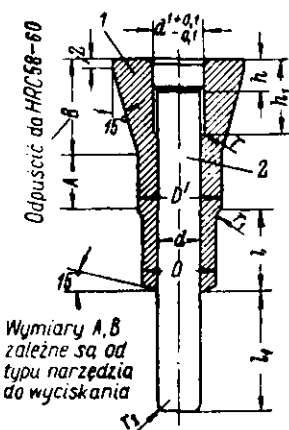
Przesuwny stempel prowadzący 2 umieszczony jest w rurowym stemple 1 i pasowany jest w nim suwliwie. Konstrukcja taka umożliwiła przemieszczenie się stempla



Rys. 312. Przyrząd do współbieżnego wyciskania przedmiotów stalowych



Rys. 313. Przyrząd do przeciwbieżnego wyciskania na zimno przedmiotów stalowych

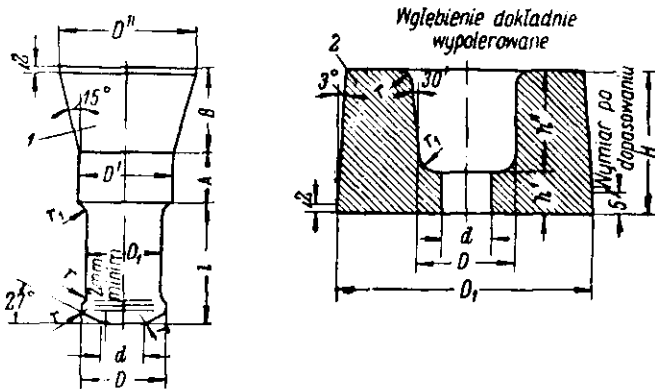


Rys. 314. Robocze części przyrządu do współbieżnego wyciskania przedmiotów stalowych: 1 — stempel do wyciskania, 2 — stempel prowadzący, 3 — matryca, 4 — pierścień prowadzący, 5 — wypychacz

2 wraz z wyciskaniem materiałem. Długość stempla l_1 przyjmuje się równą głębokości półwyrobu wyjściowego (w postaci naczynia) lub długości półwyrobu w postaci tulei, powiększonej o $2 \div 3$ mm. Roboczą głębokość h_1 matrycy 3 przyjmuje się równą

wysokości półwyrobu wyjściowego z dodatkiem 10 mm na wsunięcie i prowadzenie stempla wyciskającego [330].

Na rys. 315 przedstawiono konstrukcję stempla i matrycy do wyciskania przeciwbieznego przedmiotów stalowych. Długość roboczej części stempla l przyjmuje się



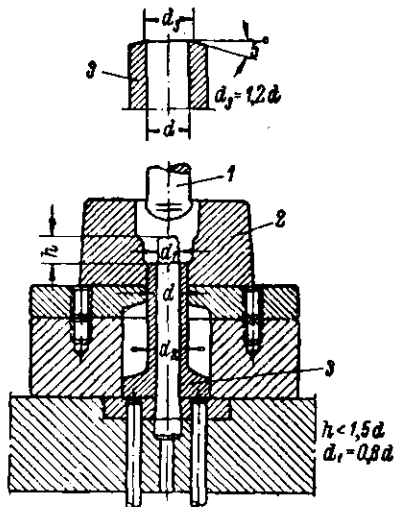
Rys. 315. Stempel i matryca do przeciwbieznego wyciskania przedmiotów stalowych: 1 — stempel, 2 — matryca

równą $2,5 D$. Głębokość matrycy h'' przyjmuje się równą wysokości półwyrobu wyjściowego plus 4 mm.

Do wytwarzania przedmiotów stalowych dwustronnie wydrążonych stosuje się wyciskanie złożone (rys. 316).

Na rys. 317a przedstawiony jest sposób wykonywania zewnętrznego zgrubienia za pomocą spęczania, a na rys. 317b — sposób wykonywania wewnętrznego zgru-

Rys. 316. Robocze części przyrządu do złożonego wyciskania przedmiotów stalowych: 1 — stempel, 2 — matryca, 3 — wypychacz



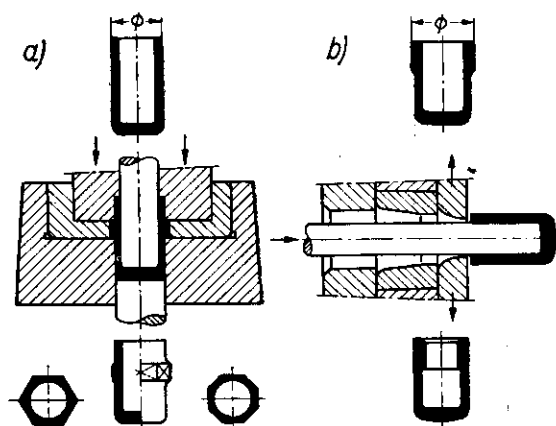
bernia walcowego kapturka. Sposób ten można stosować tylko w razie niewielkiego zgrubienia [330].

Bardzo oryginalną metodą złożonego wyciskania przedmiotów z szerokim kołnierzem przedstawiono na rys. 318. Z dolnego stempla zdejmujemy przedmiot w jego górnym położeniu specjalnym, odchylnym spychaczem.

Sposób wyciskania na zimno z dalszymi operacjami przetłaczania stosowany jest w Niemczech do wykonywania ze stali żarowytrzymałej łopatek turbin. Na rys. 319

podany jest przebieg operacji (1–16) ich wykonania. Po odcięciu półwyrobu z pręta wykonuje się niewielkie spęczanie, wyciskanie, kilka operacji przetłaczania ze zmniejszaniem grubości ścian, oraz operację obciskania i rozpęczania.

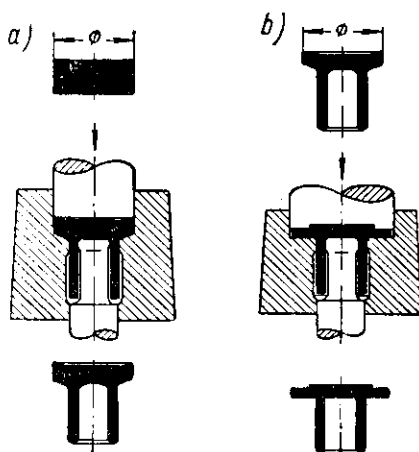
Proces kończy się operacjami skręcania i spłaszczania wydrążonej łopatki.



Rys. 317. Sposoby wykonywania przedmiotów z zewnętrznym i z wewnętrznym zgrubieniem

Zamek łopatki obrabia się za pomocą frezowania lub przeciągania.

Duże korzyści daje sposób wyciskania na zimno walcowych kapturek z półwyrobów kwadratowych lub sześciokątnych. Sposób ten umożliwia nie tylko zmniejszenie liczby operacji ciągnięcia, lecz również wykonanie przedmiotów bez odpadów



Rys. 318. Metoda złożonego wyciskania przedmiotów stalowych z szerokim kołnierzem

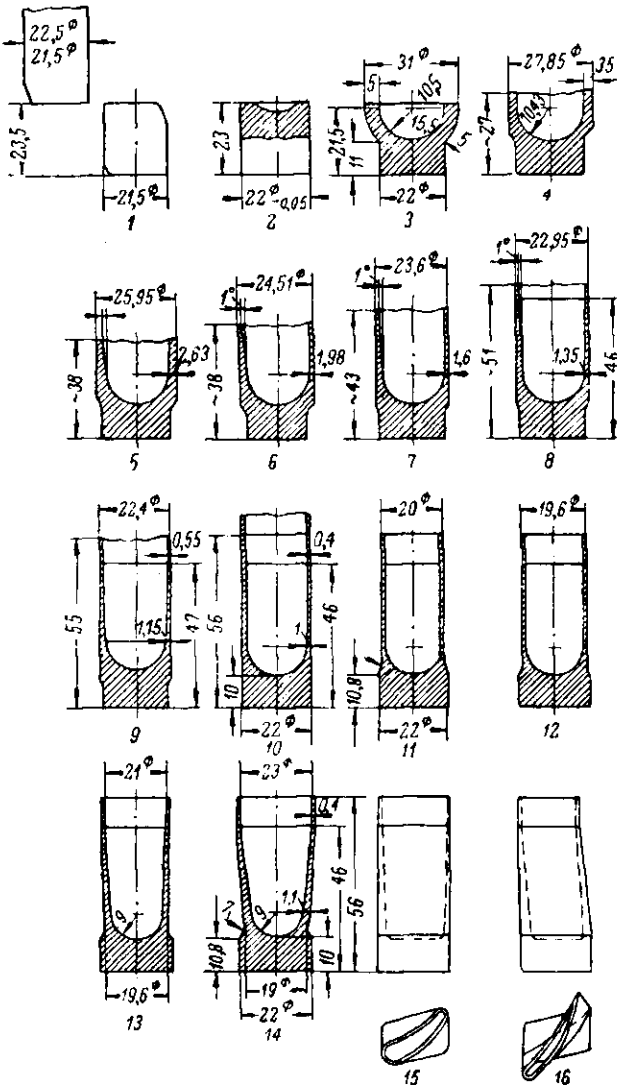
materialu, ponieważ kwadratowe półwyroby można wykrawać bezodpadowo z pasa po kilka sztuk (3÷6).

Wyciskanie przeprowadza się w sposób przedstawiony na rys. 320.

Kwadratowy półwyrob zsuwa się po korytku do gniazda ustalającego matrycy.

Stempel zgina rogi półwyrobu i wypcha je w górną część otworu matrycy. Zwężony koniec stempla kształtuje dno kapturka, ścienia ścianki i wyciska nadmiar materiału do kołnierza. W tym samym czasie brzeg stempla naciska na rogi półwyrobu, stopniowo skraca je i wyciska metal w kierunku prostych krawędzi koł-

nierza. Zwężony koniec stempla powoduje obciskanie ścianek wciągając metal w szczelinę między stemplem i matrycą. Następnie stożkowa część dociska zgrubiony kołnierz do stożkowej powierzchni matrycy i powoduje współbieżne wyciskanie metalu przez szczelinę między stemplem i matrycą. W wyniku tego procesu otrzymuje



Rys. 319. Przebieg wykonania wydrążonych łopatek turbin

się cienkościenny przedmiot walcowy z grubym dnem i ze stożkowym kołnierzem.

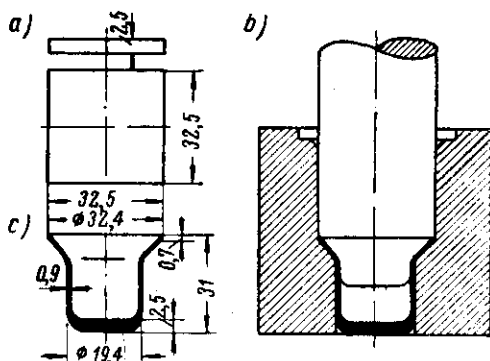
Przebieg odkształcania kwadratowego półwyrobu i przekształcenie go w naczynie walcowe przedstawiono na rys. 321. Operacja ta wykonywana jest na prasie poziomej o nacisku 30 T.

W następnej operacji wykonuje się ciągnięcie z niewielkim zmniejszeniem grubości ścianek, podczas którego stożkowy kołnierz otrzymuje kształt walcowy. W ten sposób wykonuje się przedmioty walcowe z mosiądzu o grubości do 9 mm i z mięk-

kiej stali o grubości $2,5 \div 4$ mm. Jest to najekonomiczniejszy sposób otrzymywania walcowych przedmiotów wydrążonych, ponieważ daje on stuprocentowe wykorzystanie pasów materiału.

Nieco mniej ekonomiczne jest wykonanie opisanych przedmiotów z półwyro-

Rys. 320. Schemat wyciskania walcowych kapturek z półwyrobów w postaci kwadratowej płytki: a) półwyrob, b) przedmiot, c) schemat wyciskania



bów sześciokątnych, ponieważ w danym przypadku przy wykrawaniu ich z pasa pozostają boczne odpady.

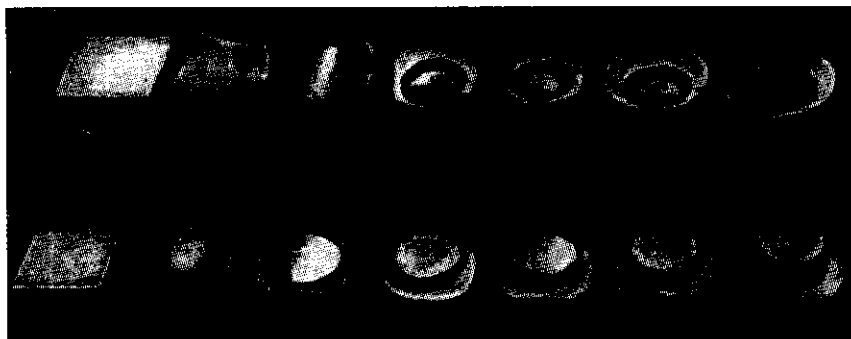
W tym przypadku proces obróbki plastycznej przeprowadza się na prasach podwójnego działania.

W pierwszej operacji następuje wykrawanie i wytłaczanie zębatych miseczek, w drugiej operacji — przetłaczanie z wyciskaniem i wyrównywaniem czołowej powierzchni.

Do operacji wyciskania należy zaliczyć prasowanie matryc na prasach hydraulicznych.

Odpada w ten sposób ręczna lub mechaniczna obróbka skrawaniem wykroju matrycy.

Najlepszy wynik ekonomiczny uzyskuje się w przypadkach wyciskania matryc



Rys. 321. Przebieg przekształcania kwadratowej płytki w walcowy kapturek

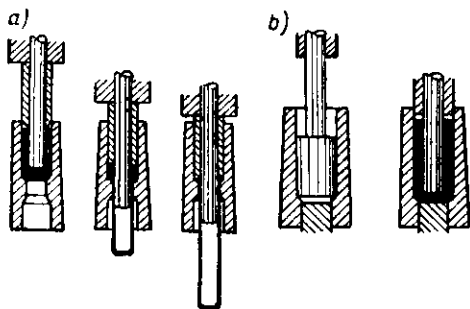
o złożonym kształcie wykroju. Zmniejszenie pracochłonności wykonania wynosi od 50 do 100 godzin na jedną matrycę o małych wymiarach.

W przypadkach wyciskania mosiężnych, a tym bardziej stalowych przedmiotów największą przeszkodą jest szybkie i silne nagrzewanie się narzędzi i niedostateczna ich wytrzymałość. Stal gatunku Y10 i X12M stosowana do wyrobu matryc i stempli do wyciskania na zimno przedmiotów aluminiowych nie nadaje się do wyciskania mosiądzu i stali.

W przemyśle czechosłowackim stemple do wyciskania na zimno przedmiotów stalowych wykonywane są z odpornej na ścieranie chromowej stali narzędziowej o zawartości: $1,8 \div 2,1\%$ C, $11 \div 13\%$ Cr [330].

W USA w tym samym celu stosuje się specjalne gatunki stali szybko tnącej lub zastępczej, mające po zahartowaniu i odpuszczeniu wysoką twardość i żarowytrzymałość (do 600°C).

Zasługuje na uwagę stosowanie do wyciskania na zimno matryc w postaci wyso-



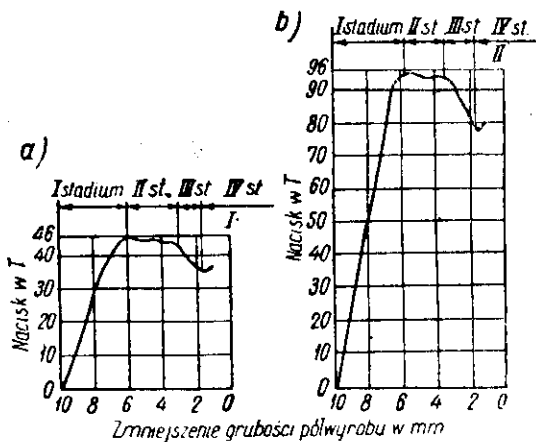
Rys. 322. Wymienne matryce osadzone na wcisk do wyciskania na zimno przedmiotów stalowych: a) wyciskanie współbieżne, b) wyciskanie przeciwbieżne

kich, wymiennych, stosunkowo cienkich tulei mających zewnętrzną powierzchnię stożkową o kącie pochylenia tworzącej równym 1° (rys. 322).

Zwiększenie wytrzymałości matrycy uzyskuje się przez wprasowanie jej w pośredni pierścień, który następnie wprasowuje się w oprawę. Wskutek tego w matrycach występują naprężenia ściskające, które kompensują rozciągające naprężenia powstające podczas procesu wyciskania.

Do wyciskania na zimno przedmiotów stalowych wykonuje się zwykle stemple składane zamiast jednolitych. Wyciskająca tuleja osadzona na stemple powinna

Rys. 323. Zmiana nacisku przy wyciskaniu przeciwbieżnym



uzyskać prowadzenie jeszcze przed zetknięciem się z półwyrobem. Do wyciskania na zimno potrzebny jest wysoki nacisk jednostkowy i duża moc prasy.

Na rys. 323 przedstawione są krzywe zmiany nacisku podczas wyciskania przeciwbieżnego: a) dla aluminium, b) dla miedzi; przy czym $D = 20$ mm, $g = 2$ mm.

Proces wyciskania może być podzielony na cztery stadia: I — spęczanie półwyrobu do zetknięcia się go ze ściankami matrycy, II — zmniejszanie grubości półwyrobu o 2/3 grubości bez zmiany siły nacisku, III — dalsze zmniejszanie grubości półwy-

robu do grubości bocznej ścianki przedmiotu ze zmniejszeniem siły nacisku, IV — szybki wzrost siły nacisku przy dalszym zmniejszaniu grubości półwyrobu (dna).

Dotychczas jeszcze brak jest dostatecznie sprawdzonych teoretycznych wzorów do obliczania siły nacisku potrzebnej do wyciskania na zimno.

Siłę nacisku potrzebną do przeciwbieżnego wyciskania można obliczyć z następującego przybliżonego wzoru [171]:

$$P = Fk_c R, \ln \frac{F}{F - F_s}$$

gdzie: F — powierzchnia poprzecznego przekroju półwyrobu,

F_s — powierzchnia poprzecznego przekroju stempla,

k_c — współczynnik mający następujące wartości: dla aluminium $k_c = 3,5 \div 4$, dla miedzi, mosiądzu i niskowęglowej stali $k_c = 2,5 \div 3$.

W praktyce wymagany nacisk prasy oblicza się z następującego wzoru.

$$P = qF$$

gdzie q — nacisk jednostkowy, podany w tabl. 144.

Ponieważ nacisk jednostkowy znajduje się w odwrotnej zależności od grubości ścianki, to największe wartości nacisku jednostkowego (tabl. 144) występują przy najmniejszej grubości ścianki i na odwrót.

Tablica 144. Nacisk jednostkowy q przy wyciskaniu na zimno w kg/mm^2

Material	Współbieżne	Przeciwbieżne
Aluminium	40—70	80—120
Miedź	80—100	150—200
Mosiądz JI 68	100—160	180—250
Stal 10—15	120—200	200—300

Proces wyciskania na zimno wykonywany jest na korbowych lub specjalnych prasach i charakteryzuje się dużą szybkością odkształcania i towarzyszącym jej znacznym efektem cieplnym, zwiększającym plastyczność metalu.

Prędkość płynięcia metalu jest tyle razy większa od prędkości prasowania, ile razy poprzeczny przekrój przedmiotu jest mniejszy od poprzecznego przekroju półwyrobu wyjściowego.

W przypadkach wyciskania na zimno zwiększenie prędkości jest celowe, ponieważ w wyniku efektu cieplnego zwiększa się plastyczność i zmniejsza się opór odkształcania. Lecz obserwuje się to tylko do pewnej granicy, poza którą nie występuje wyraźnie zwiększenie plastyczności, ponieważ już poprzednio była osiągnięta prawie graniczna plastyczność, a opór odkształcania zwiększa się w przybliżeniu proporcjonalnie do kwadratu szybkości odkształcania (płynięcia).

Ustalono doświadczalnie, że płynięcie metalu w procesie wyciskania na zimno przebiega podobnie do przepływu cieczy, zgodnie z zasadami hydrodynamiki. Przy czym metal, jak i ciecz, w miejscach zmiany poprzecznego przekroju i w kątowych załamaniach tworzą strefy utrudnionego i ułatwionego przepływu, mające różne opory odkształcania.

Półwyrobom z metali nieżelaznych do wyciskania na zimno stawia się zwiększone wymagania:

- 1) wymagana jest czystość składu chemicznego i jednorodność struktury metalu,
- 2) pożądana jest wysoka gładkość powierzchni ścięcia półwyrobów wykrawanych.

W celu spełnienia pierwszego wymagania wykrojone półwyroby wyżarza się (następnie trawi się, myje i suszy). W celu zapewnienia gładkości powierzchni ścięcia przeprowadza się wykrawanie w matrycy ze szfzowanymi krawędziami tnącymi; zalecane jest również wykrawanie stemplem, którego wymiary są większe od wymiarów matrycy. W produkcji okazał się korzystny wykrojniki trzyczędowy, którego stemple mają wymiary o $0,4 \div 0,6$ mm większe od wymiarów otworu matrycy, wskutek czego wykrawanie odbywa się bez wchodzenia stempli w matrycę. Pozostająca cienka obwódka łącząca przedmiot z resztą materiału jest na tyle słaba, że odłamuje się przy ręcznym podawaniu pasa. W ten sposób uzyskuje się gładkość powierzchni ścięcia odpowiadającą 4 klasie.

W celu usunięcia zadziorów i oczyszczenia powierzchni (wygładzenia) stosuje się bębnowanie z trocinami zwilżonymi w benzynie. Następnie półwyroby myje się w benzynie lub benzolu.

W celu otrzymania przedmiotów o gładkiej powierzchni odpowiadającej 8 klasie, należy półwyroby przed tłoczeniem pokryć równomiernie warstwą smaru za pomocą zanurzenia w odpowiednim smarze.

Wyciskanie na zimno aluminiowych tub do wyrobów perfumeryjnych wykonywane jest z półwyrobów sześciokątnych, wykrawanych z pasa bezodpadowo wykrojnikiem sześciokątnym. W danym przypadku po wykrawaniu wyżarza się półwyroby w temperaturze $520 \div 560^{\circ}\text{C}$, następnie trawi się je w sodzie kalcynowanej, myje, suszy i bębnuje z tłuszczem kaszalotowym.

Grubość półwyrobu znajduje się w wzoru

$$g = \frac{V}{F_0}$$

gdzie: V — objętość przedmiotu,

F_0 — powierzchnia półwyrobu wyjściowego.

Wartość nadatku na okrawanie nierównych brzegów przyjmuje się równą

$$\Delta h = (0,5 \div 0,8) \sqrt{h}$$

gdzie h — wysokość przedmiotu podana na rysunku.

Przy czym najmniejsze wartości współczynnika przyjmuje się dla stosunkowo niskich, a największe — dla stosunkowo wysokich przedmiotów.

Do wyciskania na zimno przedmiotów stalowych stosuje się zwykle półwyroby odcinane z pręta lub w postaci miseczek wytłaczanych z blachy.

Stalowe półwyroby poddaje się następującej obróbce wstępnej:

- 1) prostowanie prętów,
- 2) zdzieranie warstwy powierzchniowej w celu usunięcia pęknięć powierzchniowych,
- 3) wycinanie półwyrobów na prasach lub odcinanie na tokarkach rewolwerowych,
- 4) wyżarzanie w atmosferze ochronnej w temperaturze 720°C w czasie trzech godzin; chłodzenie w czasie $5 \div 6$ godzin,
- 5) usuwanie zgorzeli z pomocą bębnowania ze stalowym zwiem i roztworem odtłuszczającym; czas bębnowania wynosi 15 min.

Trawienie stalowych półwyrobów jest niedopuszczalne, warunek ten ma, na celu uniknięcie pęknięć powodowanych wodorem.

Decydujące znaczenie przy wyciskaniu na zimno ma dobór najodpowiedniejszego smaru, wytrzymującego wysokie naciski robocze i nie tracącego lepkości przy nagrzewaniu.

Smary ciekłe wytrzymują nacisk jednostkowy do 300–500 at. W razie występowania większych nacisków smary ciekłe są łatwo wyciskane. W większości przy-

padków obróbki plastycznej metali nacisk jednostkowy na powierzchniach styku jest znacznie większy i w przybliżeniu wynosi: przy zwykłym ciągnięciu 10 kG/mm^2 , przy przeciąganiu 60 kG/mm^2 , przy wyciskaniu na zimno aluminium 100 kG/mm^2 , przy wyciskaniu na zimno stali 300 kG/mm^2 .

Smar powinien więc wytrzymać nacisk jednostkowy do 30000 at.

Ustalono doświadczalnie, że najlepszym smarowaniem do stalowych półwyrobów jest fosforanowanie ich powierzchni i następnie nasycanie emulsją mydlaną, co znacznie zmniejsza współczynnik tarcia.

Fosforanowanie stalowych półwyrobów przeprowadza się w następujący sposób:

1. Od tłuszczanie wyzarzonych półwyrobów i mycie zimną i gorącą wodą.
2. Fosforanowanie w odpowiednim roztworze. Zaleca się fosforanowanie w temperaturze 90°C w czasie $5 \div 12$ min. Mycie w zimnej i gorącej wodzie.
3. Nasycanie fosforanowanej powierzchni mieszaniną wody wapiennej i mydlanej lub gęstą emulsją mydlaną.
4. Suszenie półwyrobów.
5. Smarowanie półwyrobów łojem technicznym.

Jako ciecz chłodzącą stosuje się wodę mydlaną.

W praktyce stosuje się następujące rodzaje smarów do wyciskania na zimno:

- 1) dla aluminium — 20-procentowy roztwór tłuszczu zwierzęcego w benzolu lub mieszaninę oleju cylindrowego z woskiem w proporcji 1 : 1 (zużycie 300 g na $15 \div 16 \text{ m}^2$); tłuszcz kaszalotowy w kawalkach;
- 2) dla miedzi i mosiądzu — tłuszcze zwierzęce lub smary grafitowe o składzie: 5 części odszlamowanego grafitu i dwie części oleju maszynowego (przy 200°C);
- 3) dla cynku — tłuszcze zwierzęce, lanolina i talk;
- 4) dla stali — fosforanowanie za pomocą zanurzenia półwyrobów w kwaśnym roztworze fosforanowym i następnie nasycenie emulsją mydlaną.

Półwyroby smaruje się za pomocą zanurzenia w zbiornikach lub w obracających się bębnach.

Warstwa smaru powinna być równomierna. W razie istnienia miejsc bez smaru nieuniknione jest powstawanie braków w postaci naderwań i nierównomiernego wyciśnięcia ścianek.

38. Wybijanie, znakowanie i punktowanie

Wybijanie jest operacją, w której następuje wytworzenie na powierzchni przedmiotu wypukło-wklęsłego wzoru za pomocą miejscowych zmian grubości materiału i wypełnienia nim wykroju matrycy lub stempla.

Najbardziej rozpowszechnionym i typowym przykładem tej operacji jest wybijanie monet, orderów, medali oraz wybijanie stosowane w produkcji zegarów, sztukców stołowych itp. Na rys. 324 pokazano wybijanie przedmiotów z cienkiej blachy.

W większości przypadków proces wybijania wykonywany jest w martwycach zamkniętych, bez wyciskania metalu z roboczej komory matrycy (rys. 326).

Do wybijania z cienkiej blachy stosunkowo dużych przedmiotów (sztucce stołowe itp.) stosowane jest wybijanie powierzchniowe w matrycach otwartych.

Mimo, że procesowi wybijania towarzyszy niewielkie przemieszczanie się metalu, to jednak w celu uzyskania wybijanego wzoru potrzebny jest duży nacisk jednostkowy (tabl. 128).

Siłę potrzebną do wybijania można obliczyć z następującego wzoru empirycznego

$$P = qF$$

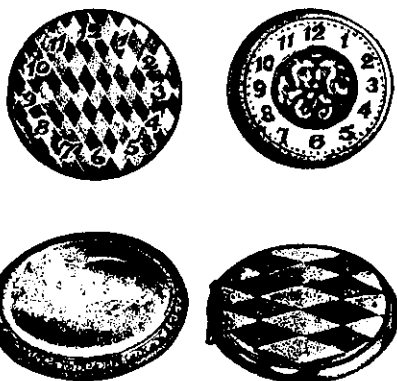
gdzie F — powierzchnia rzutu przedmiotu w mm^2 .

Doświadczalne wartości nacisku jednostkowego przy wybijaniu podano w tabl. 145. Do wybijania przyjmuje się prasę o nacisku większym od obliczeniowej wartości nacisku, w celu zabezpieczenia prasy przed przeciążeniem.

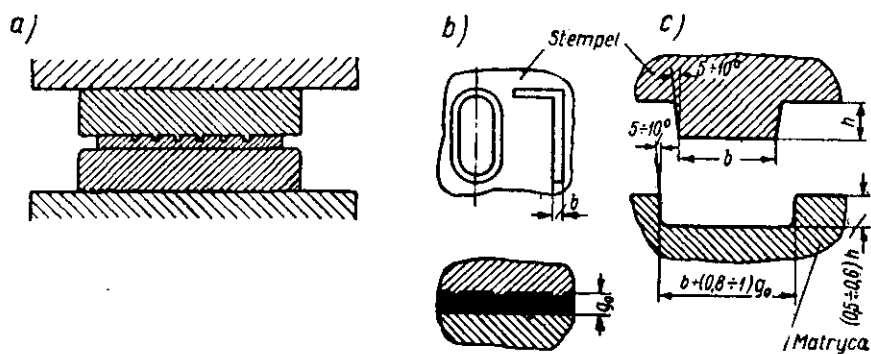
Tablica 145. Doświadczalne wartości nacisku jednostkowego przy wybijaniu

Charakter operacji	Nacisk jednostkowy w kG/mm ²
Wybijanie złotych monet	120—150
Wybijanie srebrnych monet	150—180
Wybijanie niklowych monet	160—180
Wybijanie cienkich mosiężnych tarcz	250—300
Wybijanie sztuczków ze stali nierdzewnej	250—300

Operacje znakowania są podobne do operacji wybijania, lecz mają bardziej powierzchniowy charakter i wymagają nieco mniejszych nacisków. Schemat przyrządu do znakowania przedstawiony jest na rys. 325a, b.



Rys. 324. Przykłady przedmiotów wykonywanych za pomocą wybijania

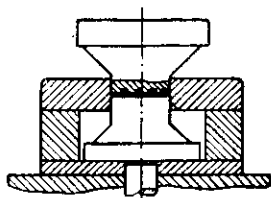


Rys. 325. Schemat tłoczniaka do znakowania

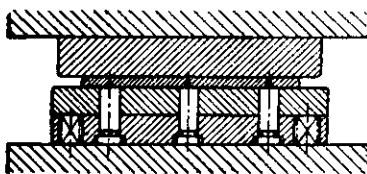
Jeżeli głębokość wykonywanych znaków $h \leq (0,3 \div 0,4) g$, to znakowanie przeprowadza się na gładkiej matrycy, jeżeli zaś głębokość znaków $h > 0,4g$, to w matrycy wykonuje się wgłębienia odpowiadające rysunkowi znaku, lecz o nieco większej szerokości rowków i o mniejszej głębokości niż wysokość występów na stemplu (rys. 325c) [133].

Operacja punktowania jest podobna do wybijania i znakowania. Wykonuje się ją w specjalnych tłocznikach (rys. 327).

Punktowanie w tłocznikach stosowane jest w celu naniesienia środków małych otworów wierconych, przy produkcji wyrobów wchodzących w zakres drobnych



Rys. 326. Schemat tłoczniaka do wybijania



Rys. 327. Schemat tłoczniaka do punktowania

mechanizmów (mechaniki precyzyjnej), co pozwala uniknąć wiercenia w przyrządach. Dokładność punktowania w tłocznikach wynosi $\pm 0,02 \div \pm 0,03$ mm.

Kształt i wymiary napunktowań zależą głównie od rodzaju materiału przedmiotu, ponieważ im miększy materiał, tym mniejszy jest kąt między krawędziami skrawającymi wiertła. Zwykle kąt zaostrenia narzędzia do punktowania przyjmuje się o $15 \div 20^\circ$ mniejszy od kąta wiertła w celu uniknięcia zbczenia wiertła.

SPECJALNE RODZAJE OBRÓBKI PLASTYCZNEJ

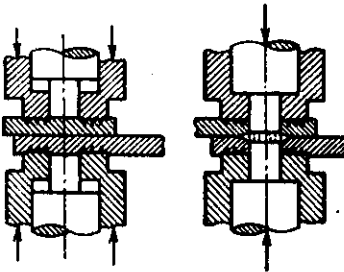
39. Spajanie metali na zimno

Spajanie metali na zimno jest nową metodą łączenia blach, prętów i drutów z różnych metali i stopów.

Spajanie na zimno jest oparte na powstawaniu krystalicznego połączenia dwóch części przy silnym ich miejscowym odkształceniu, któremu towarzyszy płynięcie metalu po powierzchni podziału.

Miejscowe odkształcenie łączonych blach polega na ich spłaszczeniu (gniecie) ponad $60 \div 70\%$ pierwotnej sumarycznej grubości między dwoma wgniatanymi stemplami (rys. 328) lub między obracającymi się rolkami.

W wyniku miejscowego odkształcenia następuje silne wyciskanie metalu spod stempli, rozerwanie powłoki utlenionej i wydostanie się czystych ziaren metalu na



Rys. 328. Schemat spajania na zimno

powierzchnię styku, tarcie jego po powierzchni poślizgu i powstanie molekularno-krystalicznego połączenia blach.

Obserwacja zglądu pod mikroskopem wykazuje, że przy gnioście ponad 60% pierwotnej grubości łączonych blach nie zauważa się żadnych śladów styku.

Fizyczna istota procesu spajania na zimno jest jeszcze niedostatecznie zbadana.

Najlepsze wyniki daje zastosowanie tego sposobu do łączenia przedmiotów z aluminium i ze stopów aluminium pod warunkiem dokładnego oczyszczenia stykających się powierzchni w miejscu łączenia od najmniejszych śladów tłuszczu, smaru i brudu.

Do oczyszczenia powierzchni stosowane są sposoby chemiczne i mechaniczne. Najlepsze wyniki wykazał mechaniczny sposób oczyszczania powierzchni z tlenków stalowymi drucianymi szczotkami krążkowymi przy ich prędkości obwodowej rzędu 900 mm/sek .

Chropowata powierzchnia powstająca podczas oczyszczania szczotką zwiększa tarcie i ułatwia łączenie blach.

Tablica 146. Najmniejsza wartość odkształcenia przy spajaniu na zimno, w %
(przy prostokątnych stemplach)

Łączone materiały	Aluminium	Miedź	Nikiel	Mosiądz	Stal
Aluminium: wyzarzone umocnione	58,3 53	62	—	61	—
Miedź	62	76,6	75,7	—	80,3

Metodą spajania na zimno można łączyć różne plastyczne metale: aluminium, miedź, mosiądz, nikiel itp. W zależności od rodzaju metalu wymagane są różne stopnie odkształcenia.

Najmniejsze wartości odkształcenia potrzebne do spajania na zimno metali podane są w tabl. 146 [251].

W celu uzyskania większej wytrzymałości połączenia stosuje się głębsze wgniata-
nie narzędzi, a więc i większy stopień odkształcenia od podanego w tabl. 146.

Zmniejszenie poprzecznego przekroju w miejscu spojenia kompensuje się umocnieniem metalu dookoła odkształcanej powierzchni.

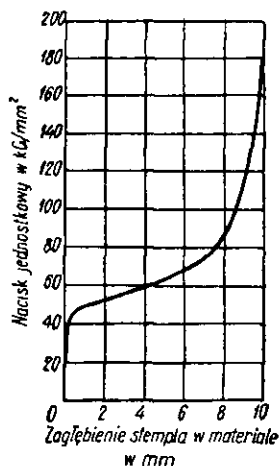
Badanie próbek łączonych za pomocą spajania na zimno wykazało, że pracują one dobrze na ścinanie, lecz niedostatecznie na odrywanie. Oderwanie powstaje dookoła spojonego miejsca.

Doświadczenia z usunięciem za pomocą wiercenia materiału w miejscu wgniecenia stempla wykazały, że metal łączy się nie tylko pod stemplem, lecz również w pieścieniowej strefie dookoła stempla.

Nacisk jednostkowy potrzebny do uzyskania połączenia zależy od wymaganego stopnia odkształcenia.

Na rys. 329 przedstawiono zmianę nacisku jednostkowego w zależności od za-

Rys. 329. Zmiana nacisku jednostkowego przy zagłębianiu stempla w materiale (aluminium)



głębiania stempla w metalu w czasie spajania na zimno próbek aluminiowych o grubości 10 mm [3].

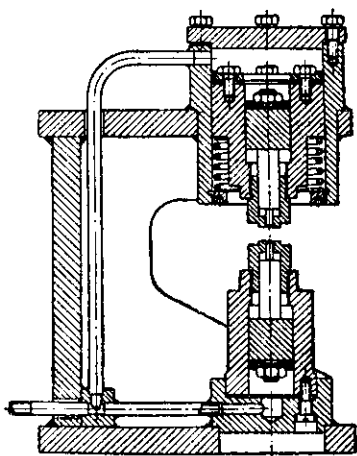
Z wykresu wynika, że przy zwykłym stopniu odkształcenia (80%) nacisk jednostkowy potrzebny do spajania na zimno wynosi 85 kg/mm².

Obecnie sposób ten stosuje się do łączenia punktowego aluminiowych i innych przedmiotów (zamiast elektrycznego zgrzewania punktowego), do łączenia liniowego (zamiast lutowania lub spawania) oraz do łączenia sworzni i drutu doczołowo oraz na zakładkę.

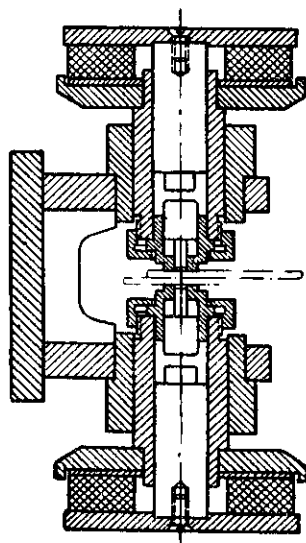
Do spajania na zimno stosowane są stemple o przekroju okrągłym i prostokątnym.

Praktyka wykazała, że korzystne jest stosowanie stempli okrągłych z zaciśnięciem materiału dookoła stempla przed operacją spajania.

Na rys. 330 przedstawiona jest prasa hydrauliczna o specjalnej konstrukcji przeznaczona do spajania na zimno za pomocą wgnięcia okrągłych stempli [3], w któ-



Rys. 330. Prasa hydrauliczna do spajania na zimno



Rys. 331. Przyrząd do spajania na zimno

rej wykorzystana jest różnica powierzchni zewnętrznego zaciskowego i wewnętrznego roboczego nurnika, wskutek czego po włączeniu pompy następuje najpierw zaciśnięcie materiału, a następnie wgnięcie stempli.

Na rys. 331 przedstawiona jest konstrukcja przyrządu do spajania na zimno na dowolnej prasie.

W celu zwiększenia wydajności stosowana jest metoda spajania na zimno kilkoma stemplami jednocześnie.

W szeregu przypadkach stosuje się spajanie za pomocą jednostronnego wgnięcia stempli, lecz na głębokość większą od grubości materiału. Oprócz spajania na zimno w oddzielnych punktach opanowane jest również spajanie liniowe za pomocą wgniętych w metal stempli pierścieniowych lub obracających się rolek.

Istnieją dwa sposoby liniowego spajania na zimno:

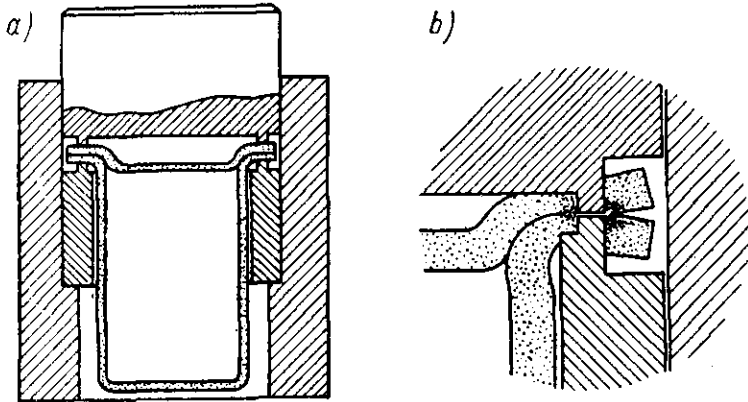
1) wzdłuż zamkniętej linii kołowej, do hermetycznego zamykania naczyń aluminiowych;

2) prostoliniowo, do łączenia płyt, nakładek, pasów itp.

Spajanie pierścieniowe wykonuje się za pomocą miejscowego przewężenia łączonych przedmiotów między pierścieniowymi występami stempli (rys. 332). Przy czym ważne jest, aby jednocześnie z wgnięciem występów stempli następował ogólny gniot materiału, jak pokazano na rys. 332b. Wykonane w ten sposób złącze jest całkowicie hermetyczne, jednak powstaje odkształcenie pokrywy.

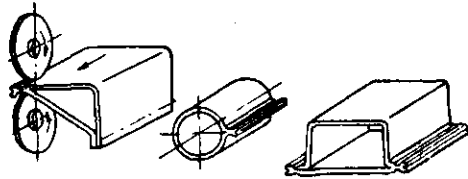
Spajanie prostoliniowe wykonywane jest za pomocą walcowania blach między rolkami z jednostronnym ciągłym lub punktowym wgniataniem występów (rys. 333).

Spajanie doczołowe stosuje się do łączenia aluminiowych i miedzianych przewodów elektrycznych.

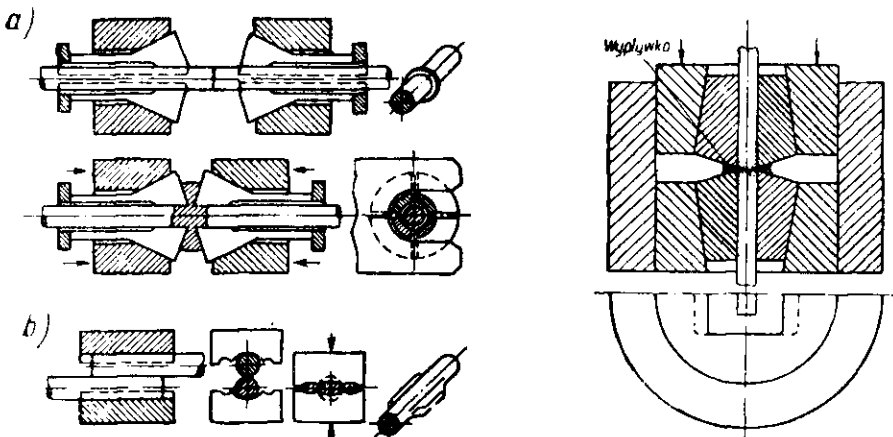


Rys. 332. Pierścieniowe spajanie na zimno: a) schemat przyrządu, b) schemat ściskania brzegów

Rys. 333. Liniowe spajanie na zimno między obracającymi się rolkami



Spajanie na zimno przewodów wykonywane jest dwoma sposobami: doczołowo ze spęczaniem wystających końców (o długości równej średnicy) o $75 \div 85\%$ na zakładkę (rys. 334).



Rys. 334. Spajanie na zimno przewodów: a) stykowe ze spęczaniem końców, b) na zakładkę

Rys. 335. Stykowe spajanie na zimno prostokątnych aluminiowych i miedzianych szyn

W jednym i drugim przypadku spajanie wykonuje się za pomocą specjalnych ręcznych kleszczy umożliwiających łączenie przewodów o średnicy do 5 mm. Połą-

czenia są na tyle wytrzymałe, że spajanie na zimno stosuje się do łączenia końców drutu przy ciągnięciu drutu na ciągarce.

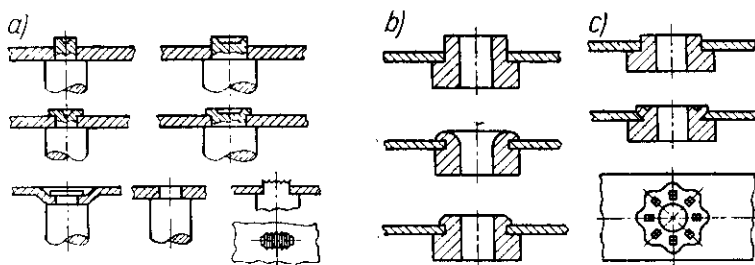
Spajanie aluminiowych i miedzianych szyn wykonuje się w specjalnych przyrządach, z okrawaniem wypłytki (rys. 335).

40. Łączenie za pomocą tłoczenia

Tłoczenie na zimno zdobyło szerokie zastosowanie do łączenia różnych części szczególnie w elektro- i radiotechnice, w drobnych mechanizmach i w wyrobach powszechnego zastosowania.

Podstawowe typy połączeń wykonywanych za pomocą tłoczenia podane są w tabl. 2.

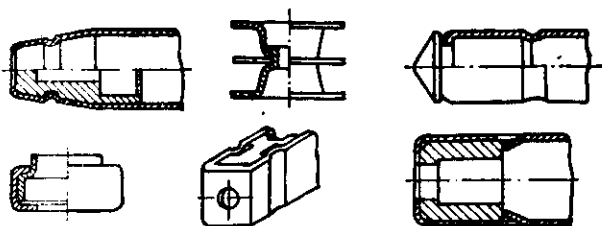
Większość z nich daje wytrzymałe nierozdzielne połączenia (zanitowanie, spajanie na zimno, łączenie „na zamek”, wywijanie, obciskanie, rozpęczanie). Połączenie za pomocą skręcenia zębów (łapek) jest rozdzielne.



Rys. 336. Różne sposoby łączenia części blaszanych z trzpieniami i tulejami

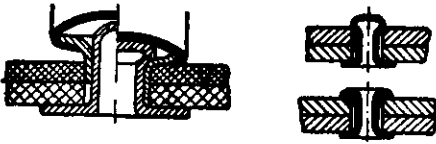
Na rys. 336 ÷ 343 przedstawione są różne sposoby zastosowania tłoczenia do montażu:

1) typowe sposoby łączenia części blaszanych z trzpieniami i tulejami za pomocą roznitowania (rozklepania) główki trzpienia (rys. 336a), rozwałcowania tulei (rys. 336b) i napunktowania tulei (rys. 336c);

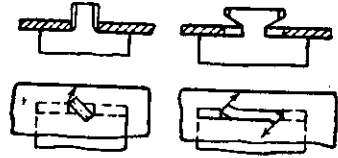


Rys. 337. Sposoby łączenia za pomocą obciskania przedmiotów tłoczonych

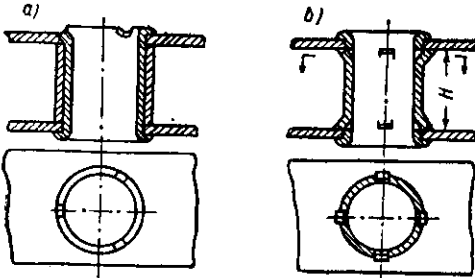
- 2) łączenie za pomocą obciskania tłoczonych części (rys. 337);
- 3) łączenie metalowych i niemetalowych części za pomocą nitów tłoczonych z blachy (rys. 338);
- 4) łączenie części blaszanych za pomocą zębów jednej części, przechodzących przez wycięcia w drugiej części i skręconych o pewien kąt (rys. 339);
- 5) łączenie części blaszanych za pomocą rozwałcowywania tulejek, z zachowaniem wymaganej odległości między łączonymi przedmiotami (rys. 340); założony



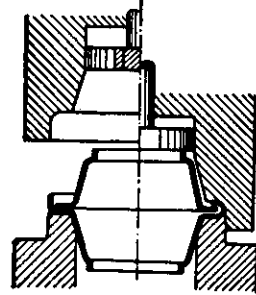
Rys. 338. Sposoby łączenia za pomocą nitów wydrążonych



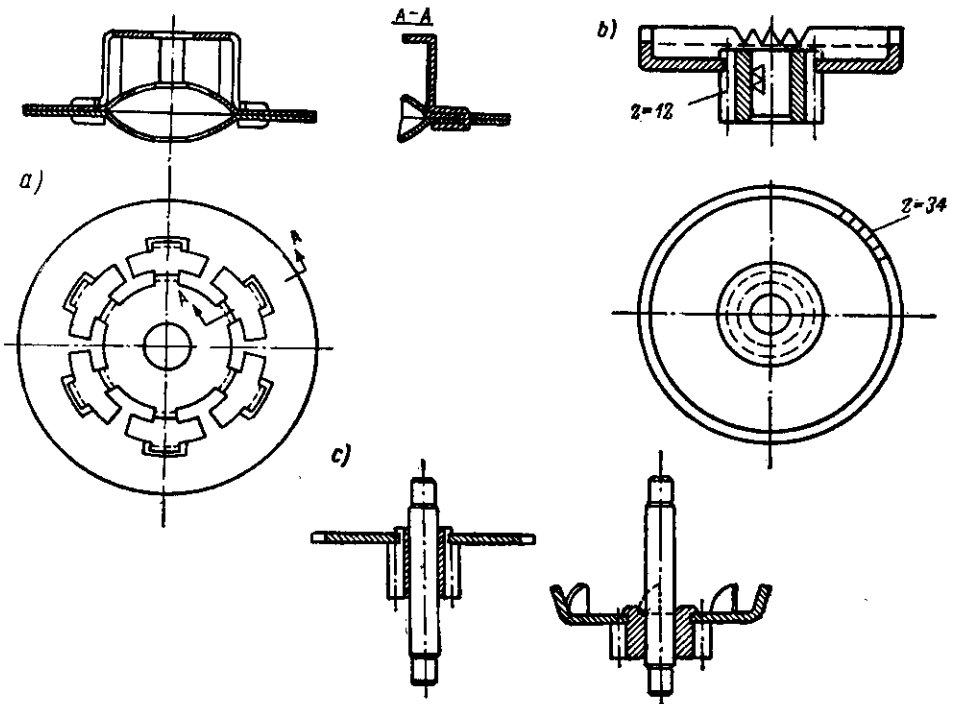
Rys. 339. Łączenie przedmiotów blaszanych za pomocą skręconych zębów



Rys. 340. Dwa sposoby łączenia części tłoczonych z założonym odstępem między nimi



Rys. 341. Łączenie tłoczonych części za pomocą zawijania obrzeża



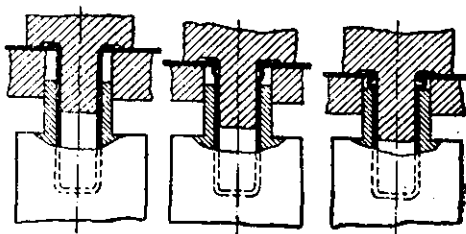
Rys. 342. Zespoły części mechanizmów łączone za pomocą tłoczenia

wymiar H między łączonymi częściami zachowuje się za pomocą tulejki dystansowej (rys. 340a) lub za pomocą nadcięcia i odgięcia występów do wnętrza tulei łączącej (rys. 340b);

6) łączenie części za pomocą zawijania obrzeża (rys. 341);

7) łączenie części blaszanych za pomocą zaginania nadciętych elementów (rys. 342a);

8) łączenie podwójne — wprasowanie osi i rozwałcowanie tulei koła zębatego w podzespołach mechanizmów nakręcanych (rys. 342b i c);



Rys. 343. Przebieg rozpękania pierścieniowego odsadzenia

9) wielotaktowe łączenie ciągniętego naczynia z kołnierzem za pomocą rozpękania (rys. 343).

W produkcji masowej łączenie części za pomocą tłoczenia w większości przypadków wykonywane jest w tłocznikach automatycznych i półautomatycznych.

41. Gięcie kształtowników z taśm, pasów i blach

Gięcie kształtowników (profilowanie) różni się znacznie od innych operacji tłoczniczych i jest odrębnym sposobem produkcji.

Kształtowniki wykonane z cienkiego materiału są lekkie, sztywne, mogą mieć złożone profile (zarysy poprzecznych przekrojów) i dużą długość.

Kształtowniki o niewielkich wymiarach poprzecznych wykonywane są zwykle z taśm lub pasów. Niezłożone kształtowniki można wykonywać również w tłocznikach, których długość jest mniejsza od długości kształtownika (rys. 344). Szerokie kształtowniki z cienkiej blachy w arkuszach lub z pasów wykonuje się na uniwersalnych maszynach do gięcia, a duże kształtowniki z grubego materiału w postaci pasów lub arkuszy — na prasach krawędziowych.

Kształtowniki z taśm i pasów wykonywane są na specjalnych giętarek wielorolkowych, na których można uzyskiwać różne profile zamknięte i półotwarte (rys. 345).

Proces gięcia na giętarek wielorolkowych polega na stopniowym przekształcaniu płaskiego materiału wyjściowego w kształtownik o wymaganym profilu (zarysie) przy stopniowym przechodzeniu taśmy lub pasa przez kilka par obracających się kształtowych rolek.

Liczba par rolek potrzebnych do wykonania kształtownika o określonym profilu zależy od stopnia złożoności tego profilu.

Większość giętarek wielorolkowych ma rolki główne i pomocnicze. Rolki główne umieszczone poziomo służą do kształtowania poprzecznego przekroju. Rolki pomocnicze umieszczone pionowo służą do prowadzenia materiału między rolkami głównymi oraz do dodatkowego podginania profilu (rys. 346).

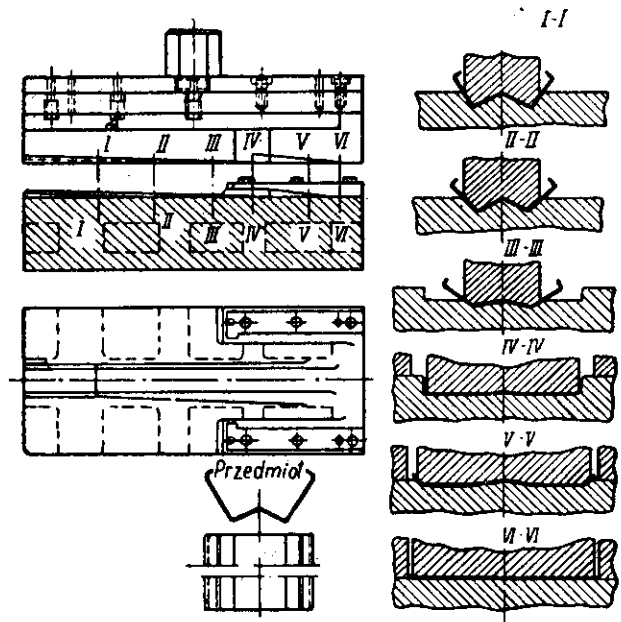
Na rys. 347 przedstawiono kolejne przejściowe kształty profili przy wykonywaniu kształtownika o niesymetrycznym profilu półzamkniętym z materiału o grubości 0,8 mm [79].

Szerokość taśmy potrzebnej do wykonania kształtownika określa się za pomocą

rozwinięcia profilu, jak w przypadku gięcia, z uwzględnieniem przemieszczenia warstwy obojętnej.

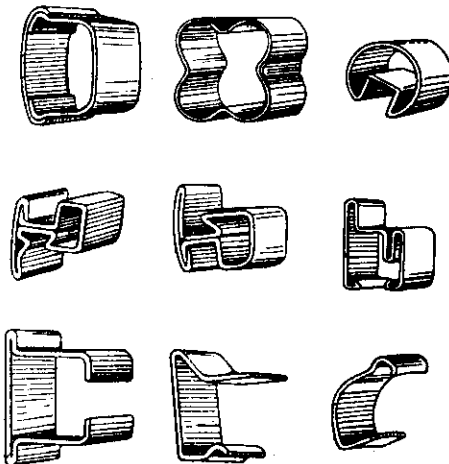
W razie wykonywania kształtowników o złożonym profilu zamkniętym z małymi promieniami zaokrągleń należy uwzględnić rozciąganie materiału i zwiększenie

Rys. 344. Tłocznik do wielotaktowego gięcia kształtowników



szerokości taśmy wynoszące od 3 do 8% w zależności od stopnia złożoności profilu [79].

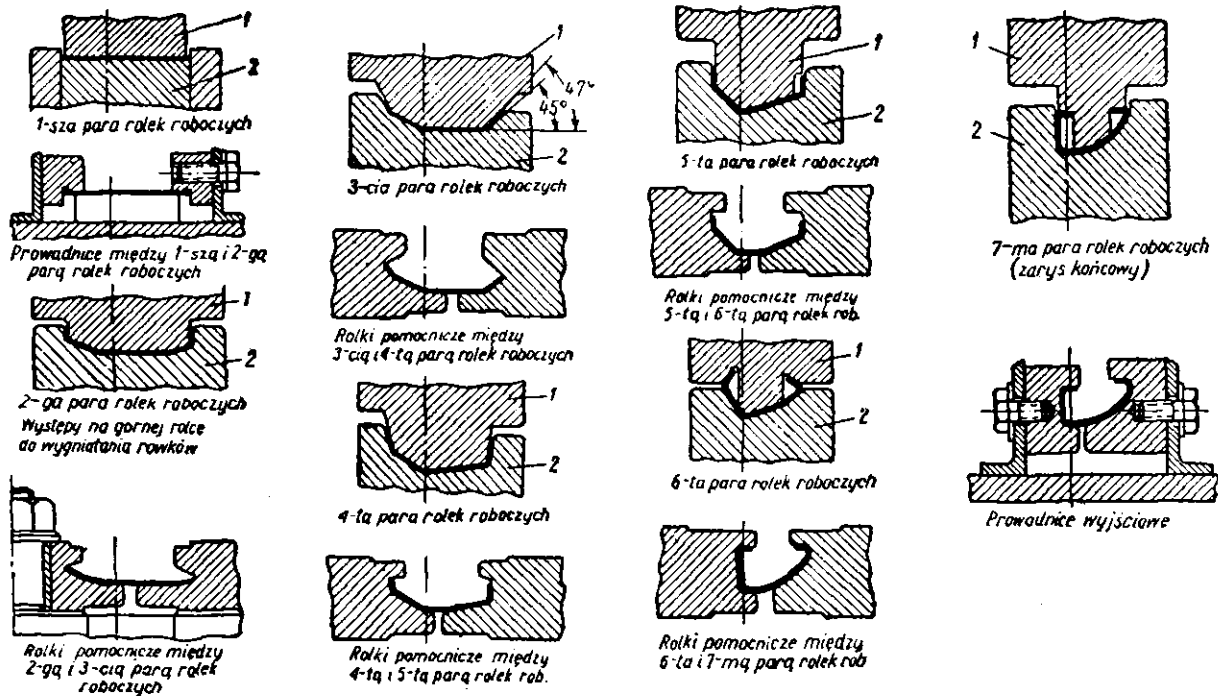
Obliczeniową szerokość pasa lub taśmy sprawdza się i koryguje za pomocą prób.



Rys. 345. Typy profili zamkniętych i półzamkniętych

Najbardziej złożonym zadaniem jest zaprojektowanie zarysów rolek kształtujących. Zarysy rolek konstruuje się przyjmując następujące zasady.

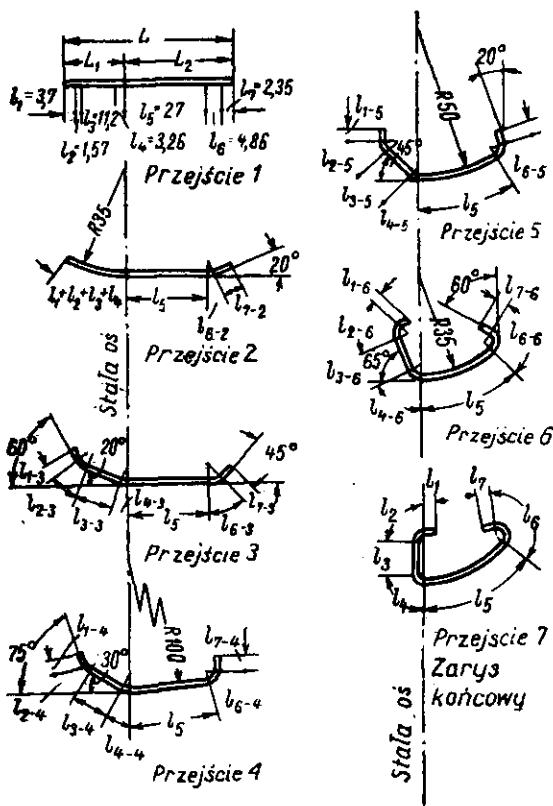
1. Profil rolek powinien odpowiadać równomiernemu najbardziej racjonalnemu odkształceniu przy najmniejszej liczbie przejść.



Rys. 346. Przebieg gięcia kształtowników: 1 — rolka górna, 2 — rolka dolna

2. Projektowanie i obliczenie pionowych i poziomych wymiarów profilu rolek należy wykonywać przyjmując pionową oś profilu niezmienną we wszystkich przejściach. W razie profilu symetrycznego taką osią jest oś symetrii.

3. Przekrój profilu dzieli się na odcinki i oblicza się długość każdego z nich. Su-



Rys. 347. Kolejne przejścia przy wykonywaniu kształtowników o niesymetrycznym profilu

maryczna długość odcinków z lewej lub z prawej strony wybranej osi powinna być stała dla wszystkich przejść (rys. 347).

4. Kąt podgięcia ścianek profilu w każdej parze rolek nie powinien być większy od następujących wartości:

- 30 ÷ 45° — dla materiału o grubości do 1 mm
- 25 ÷ 35° — dla materiału o grubości od 1 do 2,5 mm
- 20 ÷ 30° — dla materiału o grubości ponad 2,5 mm.

Z podanych wartości większe stosuje się do pierwszych rolek, a mniejsze dla ostatnich, uwzględniając utwardzenie metalu w poprzedzających przejściach.

5. Kąt zagięcia brzegów profilu w każdej parze rolek nie powinien być większy od 45°.

6. Wyginanie pionowych ścianek powinno się odbywać oddzielnie od wyginania końcowych zaokrągleń.

7. Kąty nachylenia profilu górnej rolki zaleca się wykonywać o 1,5 ÷ 2° większe niż dolnej.

8. W celu ułatwienia gięcia w przypadku małego wewnętrznego promienia gięcia, a również w celu zaznaczenia położenia linii gięcia dopuszcza się wstępne wygniecenie rowków w taśmie z wewnętrznej strony profilu.

Dlatego na odpowiedniej rolce wykonuje się występy o wysokości $0,3 \div 0,4$ g.

9. Profil ostatniej pary rolek kształtujących powinien uwzględniać odkształcenie sprężyste.

10. W celu zapobieżenia osiowemu przemieszczeniu się rolki zaleca się wykonywanie rolek z brzegami obejmującymi brzegi rolek współpracujących.

11. W celu zabezpieczenia wykonywanego kształtownika przed skręcaniem lub lub skrzywieniem za wyjściem z rolek umieszcza się prowadnice prostujące kształtownik.

Kolejne zmiany kształtu przy wykonywaniu różnych kształtowników podano w tabl. 147 [23].

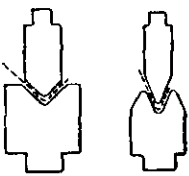
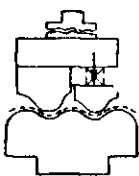
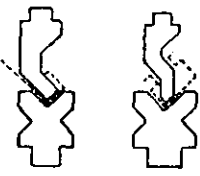


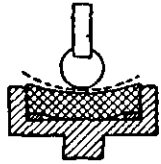
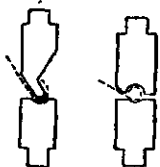
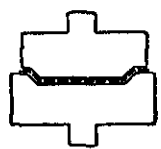
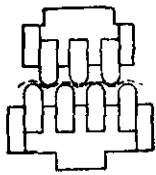

Tablica 147. Typy profili i przebieg ich wykonania

Otwarty	Półzamknięty	Zamknięty	Z wypełniaczem

Tablica 148. Zastosowanie giętarek rolkowych

Typ maszyny	Ma- teriał	Wymiary materiału w mm		Typ maszyny	Ma- teriał	Wymiary materiału w mm	
		grubość	szerokość			grubość	szerokość
Lekki Średni	Taśma „	0,3—0,8 do 2,5	do 50 do 150	Ciężki Bardzo ciężki	Pasy „	do 4,0 do 10,0	do 350 do 1000

Tablica 149. Typy profili kształtowników i narzędzi pras krawędziowych

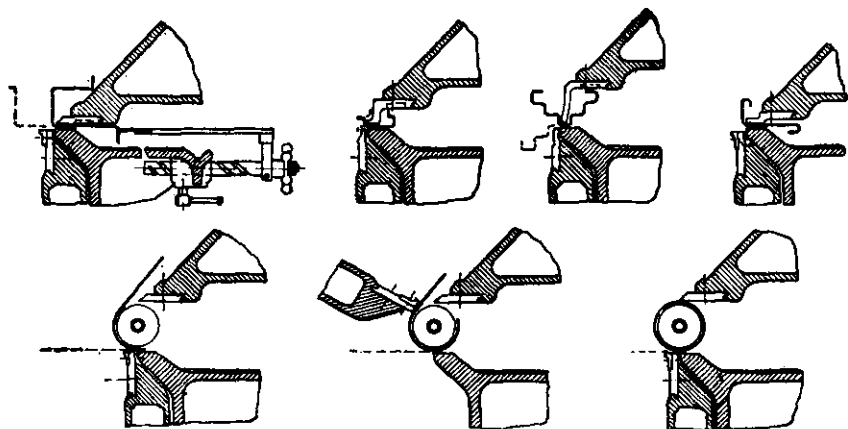
Typ profilu	Szkic narzędzi	Typ profilu	Szkic narzędzi
Kątowny otwarty		Szerokorowkowy (z dociskaczem)	
Kątowny półzamknięty		Krzywoliniowy	
Kątowny półzamknięty (zawiasowy stempel)		Krzywoliniowy (z poduszką gumową)	
Półokrągły		Otwarty specjalny	
Drobnorowkowy (bez dociskacza)		Półzamknięty specjalny	

Zastosowanie różnych typów giętarek wielorolkowych w zależności od grubości materiału podano w tabl. 148.

Do wytwarzania kształtowników stosuje się głównie taśmy zimno walcowane z miękkiej stali niskowęglowej, stali nierdzewnej oraz metali i stopów nieżelaznych.

Wydajność giętarek wielorolkowych w zależności od wymiarów i stopnia złożoności profilu wynosi od 15 do 75 m kształtownika na minutę.

Szerokie i krótkie kształtowniki z cienkich pasów i arkuszy blach wykonuje się



Rys. 348. Wykonywanie kształtowników na krawędziarkach

na krawędziarkach umożliwiającą wykonywanie, za pomocą wymiennych narzędzi (listew), kształtowników o różnych profilach otwartych lub zamkniętych.

W tabl. 149 podano różne typy profili dużych kształtowników wykonywanych na prasach krawędziowych oraz kształty stosowanych narzędzi. Istnieją prasy krawędziowe o maksymalnej długości gięcia 5 m i o nacisku do 450 T.

Na rys. 348 przedstawiono wykonanie na krawędziarce uniwersalnej kształtowników o różnych profilach otwartych, półzamkniętych i zamkniętych.

Tablica 150. Najmniejsze promienie wygięć profili kształtowników z duralumino D3, D4 i D16

Grubość materiału	0,3—0,6	0,7—0,8	1,0	1,2	1,5	1,8—2,0	2,5—3,0	4,0	5,0
Najmniejszy promień gięcia w mm	2	3	3,5	4	5	6	9	12	15

Uwaga. Tolerancja promienia wynosi $\pm 10\%$

Tablica 151. Tolerancje wymiarów profili giętych kształtowników z duralumino D3, D4 i D16

Wymiary gabarytowe profili w mm	do 10	10—20	20—35	35—45	45—55	55—65	65—80
Tolerancje dowolnego wymiaru w mm	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,0$	$\pm 1,2$	$\pm 1,5$	$\pm 1,8$	$\pm 2,0$

Uwaga. Tolerancja brzegu profilu wynosi $+1,0$
 $-0,5$ mm

W tabl. 150 podano najmniejsze promienie zaokrągleń profili giętych kształtowników z platerowanego duraluminu [285].

W tabl. 151 podane są tolerancje poprzecznych wymiarów kształtowników wykonanych z tych samych gatunków duraluminu.

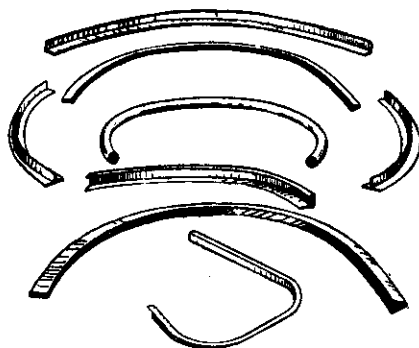
42. Gięcie poprzeczne kształtowników

Do gięcia poprzecznego uprzednio wykonanych kształtowników stosuje się następujące sposoby:

- 1) gięcie po łuku koła na walcach lub rolkach,
- 2) gięcie po łuku koła na specjalnych prasach do gięcia,
- 3) gięcie kształtowników w tłocznikach na poziomych prasach do gięcia (buldożerach),

- 4) gięcie na specjalnych maszynach do gięcia kształtowników.

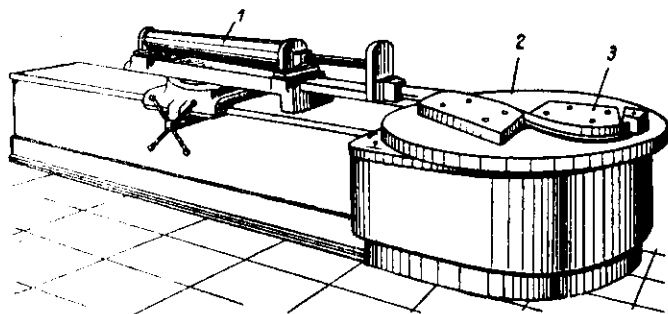
Pierwsze trzy sposoby stosuje się w oddziałach kuźniczych i w oddziałach budowy kadłubów. Czwarty sposób jest stosunkowo nowy i stosowany jest w oddziałach



Rys. 349. Przykłady poprzecznego gięcia kształtowników

tłocznicych i w oddziałach wytwarzających półwyroby w zakładach budowy samochodów i samolotów.

W przypadkach gięcia długich cienkościennych kształtowników o małej krzywiznie (rys. 349) stosuje się sposób gięcia na wzornikach z jednoczesnym osiowym



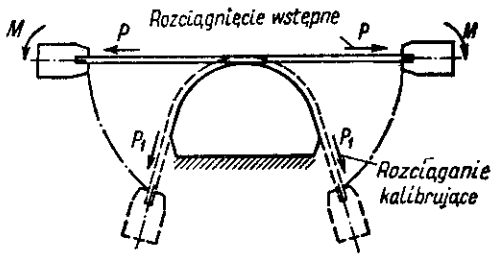
Rys. 350. Maszyna do poprzecznego gięcia z rozciąganiem kształtowników

rozciąganiem wykonywanym w celu przeprowadzenia gięcia w zakresie odkształceń plastycznych i utrwalenia małej krzywizny.

Gięcie wykonuje się na specjalnych gnąco-rozciągających maszynach (rys. 350). Kształtownik zamocowuje się jednym końcem w zacisku wzornika 3, a drugim końcem — w pneumatycznym zacisku drąga tłokowego poruszającego się w cylindrze hydraulicznym 1. Gięcie odbywa się dzięki obracaniu się stołu 2 z wzornikiem

przy czym wyginany kształtownik przez cały czas procesu znajduje się pod rozciągającym działaniem urządzenia hydraulicznego. Wskutek tego na przedmiocie nie tworzą się fałdy, ponieważ zamiast naprężeń ściskających w wewnętrznych włóknach występują naprężenia rozciągające. Ponieważ stół wykonuje obroty dwukierunkowe, to stosując przestawne wzorniki można przeprowadzać gięcie przedmiotów o podwójnej krzywiźnie.

Zastosowanie gięcia z rozciąganiem jest konieczne w przypadkach dużego promienia gięcia, ponieważ wtedy odkształcenie skrajnych włókien jest małe i może się jeszcze znajdować w zakresie odkształceń sprężystych, wskutek czego nieuniknione jest duże sprężynowanie. W razie gięcia z jednoczesnym rozciąganiem odkształcenie

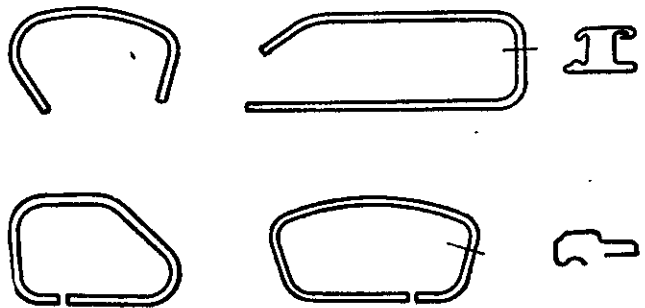


Rys. 351. Schemat działania maszyny ze wstępnym i kalibrującym rozciąganiem

zwiększa się (przy tym samym promieniu gięcia) i z zakresu odkształceń sprężystych przechodzi się w zakres odkształceń plastycznych; w związku z tym sprężynowanie przedmiotu po gięciu jest małe.

W niektórych dziedzinach przemysłu stosuje się maszyny do gięcia z rozciąganiem wykonujące wstępne rozciąganie podczas gięcia i rozciąganie kalibrujące w końcu procesu (rys. 351).

Gięcie poprzeczne o dużej krzywiźnie cienkościennych kształtowników o profilu



Rys. 352. Przykłady przedmiotów wykonanych za pomocą gięcia kształtowników

półzamkniętym lub zamkniętym (rys. 352) wykonuje się bez rozciągania na innych maszynach.

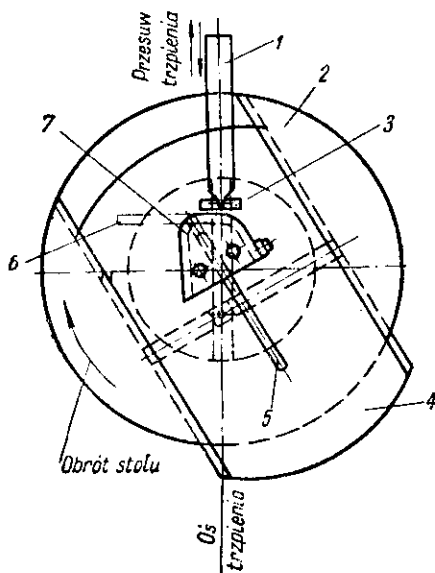
W danym przypadku stosuje się trzy typy maszyn do gięcia:

- 1) giętarke-elspograf z obrotowym stołem i z przesuwaną tarczą,
- 2) giętarke z obrotowym stołem i przesuwaną matrycą, zaopatrzoną w wewnętrzny zębaty wzornik,
- 3) giętarke z przesuwным tłoczniem i zewnętrznym łańcuchowym wzornikiem.

Na rys. 353 przedstawiony jest schemat giętarkei pierwszego typu. Giętarke składa się z okrągłego obracającego się stołu, tarczy przesuwanej osobnym mechanizmem wzdłuż prowadnic stołu i trzpienia z zaciskiem na końcu, napędzanego działaniem sprężonego powietrza na tłok w cylindrze pneumatycznym.

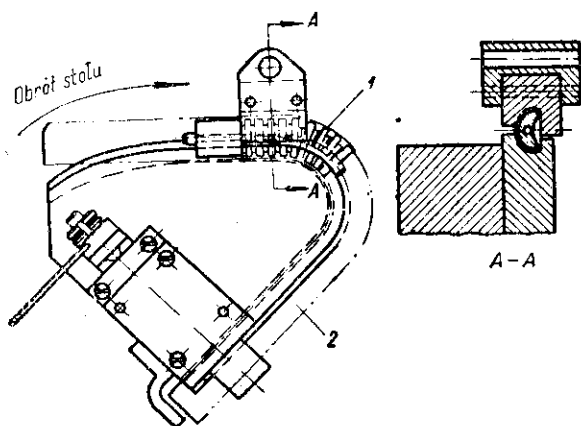
Matrycę gnącą (wzornik) zamocowuje się na tarczy przesuwnej. Tarcza z zamocowanym wzornikiem w czasie pracy giętarki otrzymuje złożony ruch, składający się z ruchu obrotowego wraz ze stołem dookoła pionowej osi i z ruchu przostolinio-

Rys. 353. Schemat giętarki z obrotowym stołem i przesuwą tarczą:
 1 — trzpień, 2 — stół
 3 — dociskacz, 4 — tarcza,
 5 — kołek, 6 — kształtowany przedmiot,
 7 — matryca



wego wzdłuż prowadnic stołu. Wzornik ustawia się na tarczy tak, aby gięty półwyrób był dociskany do niego przez cały czas trwania procesu z jednakową w przybliżeniu siłą.

Na rys. 354 przedstawiony jest sposób gięcia łatwo zniekształcającego się kształtownika, z tak zwanym wypełniaczem w postaci zespołu kształtowych płytek, mają-



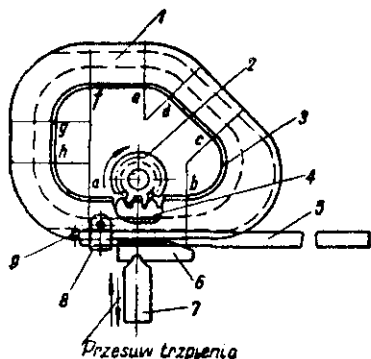
Rys. 354. Gięcie kształtownika o profilu niezamkniętym: 1 — wypełniacz, 2 — półwyrób

cych zarys odpowiadający wewnętrznemu zarysowi profilu kształtownika i połączonych ze sobą za pomocą giętkiej linki.

Wypełniacz przesuwając się stopniowo wewnątrz giętego kształtownika zapobiega zniekształceniu go.

Na rys. 355 przedstawione są robocze części giętarki drugiego typu (ΓΑ3 290). Giętarka ma obracający się stół z zamocowanym na nim kopiałem, w rowkach któ-

rego ślizgają się trzpienie prowadzące matrycy wprawianej w ruch środkowym kołem zębatym, zazębiającym się z wewnętrznym uzębieniem matrycy. Półwyrób jest zamocowany jednym końcem w zacisku matrycy i jest dociskany do niej dociskaczem



Rys. 355. Robocze części gietarki drugiego typu:
 1 — matryca, 2 — środkowe koło napędowe,
 3 — segment zębaty, 4 — zębatka, 5 — materiał
 wyjściowy, 6 — dociskacz, 7 — trzpień, 8 — zacisk,
 9 — zderzak

działającym od cylindra pneumatycznego. Dociskacz powoduje dokładne układanie się materiału w rowku matrycy przy jej przemieszczaniu się. Obrót stołu wyłącza się w danym przypadku okresowo.

43. Wyoblanie i zgniatanie obrotowe

W niektórych przypadkach operacje tłoczenia łączą się z operacjami wyoblania lub zgniatania obrotowego wykonywanymi na specjalnych obrabiarkach, na których półwyrób wykonuje ruch obrotowy, a w szeregu przypadkach ruch obrotowy wykonuje również narzędzie.

Do takich operacji zalicza się:

- 1) wyoblanie wykonywane na wyoblarkach;
- 2) operacje wywijania, zaginania kołnierzy i okrawania obrzeży, wykonywane na specjalnych pionowych dwuwrzecionowych maszynach do wywijania lub na specjalnych automatach;
- 3) operacje żłobkowania, zaginania brzegów i zawijania, wykonywane na żłobiarzach typu poziomego;
- 4) okrawanie wykonywane na specjalnych maszynach do okrawania;
- 5) wyoblanie gwintu na walcowych przedmiotach cienkościennych, wykonywane na specjalnych maszynach, często ustawionych w jednej linii obrabiarkowej z automatami tłocznymi;
- 6) łączenie części za pomocą zaginania wykonywane na specjalnych maszynach.

Wyoblanie stosuje się w produkcji drobnoseryjnej, gdy wykonanie tłoczników jest niecelowe ze względów ekonomicznych lub zbyt długotrwałe, oraz w przypadku wykonywania przedmiotów w kształcie naczyń o ściankach wklęsło-wypukłych itp.

Na wyoblarkach wykonywane są następujące operacje: wyoblanie przedmiotów o obrotowych kształtach naczyń, wygładzanie powierzchni przedmiotów stożkowych wykonanych za pomocą stopniowego ciągnięcia, wyoblanie wąskich szyjek naczyń walcowych, obcinanie i zawijanie brzegów itp.

W tabl. 152 podano doświadczalnie ustalone liczby obrotów wrzecion wyoblarek.

Powierzchnie przedmiotów wyoblanych mają ślady wyoblaków i odpowiadają 6 klasie gładkości powierzchni.

W celu uzyskania bardziej gładkiej powierzchni stosuje się po zakończeniu wyoblania zabieg skrawania cienkiej warstwy ($0,05 \div 0,1$ mm) za pomocą wyoblarskiego skrobaka.

Dokładność przedmiotów wyoblanych znajduje się zwykle w granicach $0,001 \div \pm 0,002$ ich średnicy.

Proces wyoblania na wyoblarkach jest mniej zbadany niż inne procesy obróbki plastycznej metali.

Tablica 152. Liczby obrotów wrzeczona wyoblarek

Material	Liczba obrotów wrzeczona na min
Miękka stal	400—600
Aluminium	800—1200
Duralumin	500—900
Miedź	600—800
Mosiądz	800—1100

Uwaga. Mniejsze wartości przyjmować dla materiałów o grubości ponad 1 mm

W przypadku wyoblania płtykich przedmiotów o małej wartości stosunku $\frac{D}{d}$ proces wyoblania może być wykonany ciągłym ruchem obrotowym wyoblaka, którego koniec przesuwają się od krawędzi tarczy dociskowej wzdłuż tworzącej wzornika.

W razie wykonywania głębokich przedmiotów o dużej wartości stosunku $\frac{D}{d}$ wyoblanie wykonuje się za pomocą postępowo-zwrotnego ruchu wyoblaka na poszczególnych odcinkach półwyrobu. W celu zapobieżenia powstawaniu fałd stosuje się drewnianą lub metalową podtrzymkę, za pomocą której podpira się blachę od strony wewnętrznej lub też przeprowadza się wygładzanie stożkowego kołnierza jednocześnie dwoma wyoblakami wprowadzonymi z obu jego stron.

Wyoblanie stożkowych przedmiotów można wykonać przy granicznej wartości stosunku

$$\frac{d_{min}}{D} = 0,2 \div 0,3$$

gdzie d_{min} — najmniejsza średnica stożka.

Wyoblanie przedmiotów walcowych wykonuje się zwykle przy stosunku

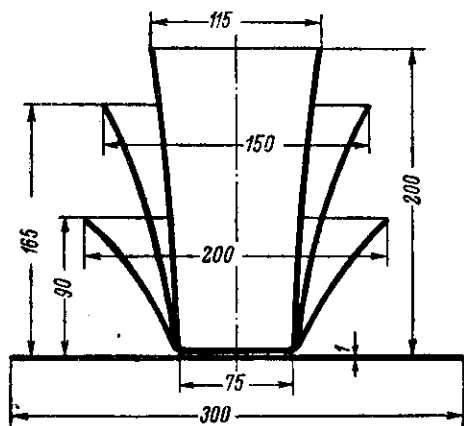
$$\frac{d}{D} = 0,6 \div 0,8$$

w zależności od względnej grubości materiału. Mniejsze wartości odnoszą się do względnej grubości materiału $\frac{g}{d} 100 = 2,5$ a większe — do grubości $\frac{g}{d} 100 = 0,5$ (gdzie d — średnica przedmiotu).

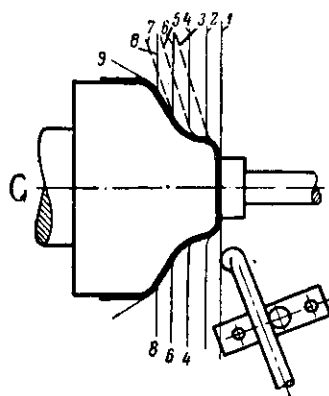
Jeżeli przedmiot nie może być wykonany w jednej operacji, to wyoblanie przeprowadza się w kilku kolejnych operacjach na różnych wzornikach, lecz przy jednokowej najmniejszej średnicy wzorników (rys. 356).

Przy wyoblaniu na wyoblarkach następuje znacznie silniejsze zmniejszenie grubości i utwardzenie materiału niż przy ciągnięciu na prasach, dlatego przedmioty wyoblane w kilku operacjach zwykle poddaje się wyżarzaniu międzyoperacyjnemu.

Na rys. 357 przedstawiony jest przebieg wyoblania wyoblakiem ślizgowym z kulistym łbem, a na rys. 358 — sposób wyoblania przedmiotów o wypukło-wklęsłym kształcie na wzorniku składanym.

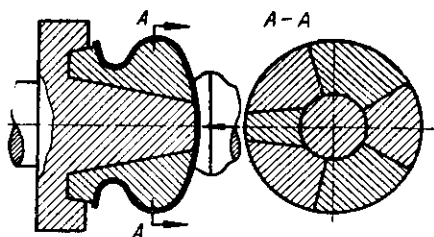


Rys. 356. Wyoblanie w kilku kolejnych operacjach (współczynnik wyoblania określany wg największej średnicy $m_1 = 0,67$, $m_2 = 0,75$, $m_3 = 0,77$)



Rys. 357. Przebieg wyoblania wyoblakiem ślizgowym (1—9 — kolejne fazy wyoblania)

Na rys. 359 podane są różne przykłady robót wykonywanych na wyoblarkach;
 a) zewnętrzne wyoblanie za pomocą wyoblaka tocznego (z rolką),
 b) obcinanie nierównego brzegu i zawijanie go,
 c) wyoblanie wypukłej ścianki od strony wewnętrznej na wzorniku zewnętrznym,
 d) wyoblanie wklęsłej ścianki na wzorniku tocznym wewnętrznym.



Rys. 358. Wyoblanie na wzorniku składanym

Niedawno powstał nowy sposób kształtowania obrotowego na zimno rolkami naczyń stożkowych, paraboloidalnych i innych z płaskich grubych krążków, zwany zgniataniem obrotowym.

Zgniatanie obrotowe wykonuje się na specjalnych mocnych obrabiarkach z hydraulicznym napędem przesuwu rolek wzdłuż tworzącej.

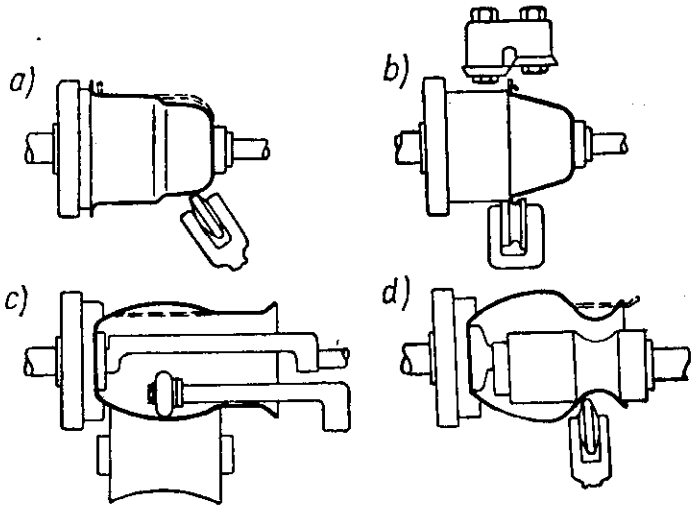
Istota tego procesu polega na stopniowym rozwałcowywaniu rolkami grubego krążka materiału wyjściowego na obracającym się wzorniku, bez odkształcania kołnierza (rys. 360). Jest to możliwe pod warunkiem rozwałcowywania i sieniowania materiału do ściśle założonej grubości ścianki przedmiotu, zależnej od kąta stożka

$$g = g_0 \sin \frac{\alpha}{2}$$

Na przykład dla stożkowych przedmiotów o kącie wierzchołkowym $\alpha = 30^\circ$ grubość ścianki powinna wynosić $g = 0,26 g_0$.

W ten sposób wykonuje się różne głowice, kołpaki, opływki i inne części gazowych turbin samolotów, itp. z duraluminu, stali nierdzewnej i ze stopów żarowytrzymałych (rys. 361).

Rys. 359. Różne przykłady wyoblania: a) wyoblanie na wznorniku wyoblakiem tocznym, b) obcinanie kołnierza i zawijanie brzegów, c) rozpęczanie za pomocą wyoblania na wznorniku tocznym zewnętrznym, d) przewężanie za pomocą wyoblania na wznorniku tocznym wewnętrznym

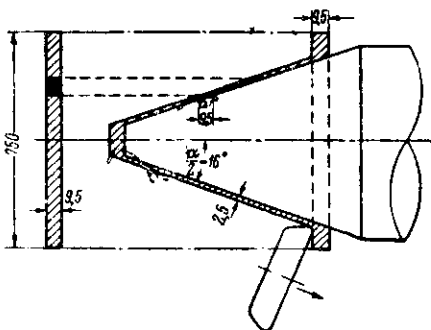


Obróbkę przeprowadza się w następujących warunkach:

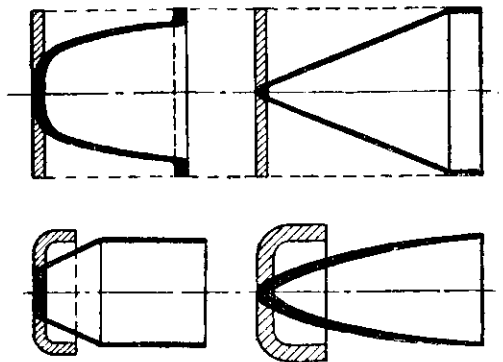
nacisk jednostkowy	250 ÷ 280 kG/mm ²
największa grubość materiału	20 mm
największy kąt stożka dla stali nierdzewnej	$\alpha = 30^\circ$
największa prędkość	300 m/min
posuw	od 0,012 do 2,0 obr/mm

Smarowanie — zawiesina koloidalnego cynku lub powłoka fosforanowa
 Chłodzenie rolek — wodne.

W procesie zgniatania obrotowego podczas kształtowania naczynia stożkowego rolka przesuwana się w kierunku podstawy stożka a promień obwodu stożka stale



Rys. 360. Zgniatanie obrotowe



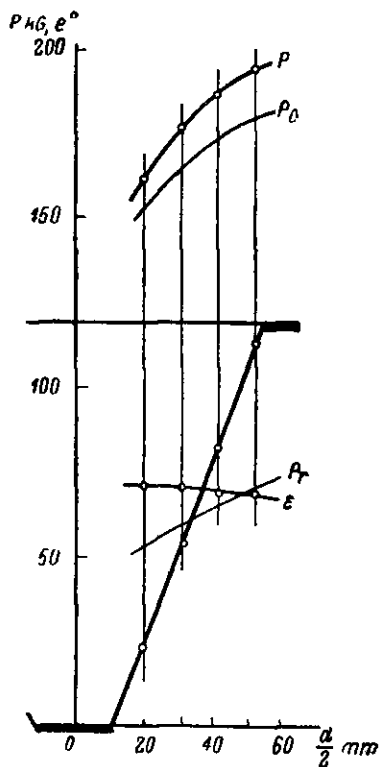
Rys. 361. Typy przedmiotów wykonywanych za pomocą zgniatania obrotowego

zwiększa się, wskutek tego zwiększa się również długość łuku styku z rolką. Zwiększa się więc siła zgniatania podczas ruchu od środka do brzegu półwyrobu.

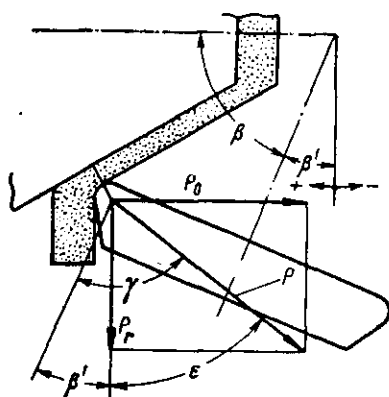
Na rys. 362 podano, na podstawie badań Reichela [372], zmianę siły zgniatania

(rozwałcowywania) P oraz jej osiowej i promieniowej składowej P_0 i P_r , podczas kształtowania przedmiotu stożkowego, o kącie wierzchołkowym $\alpha = 40^\circ$, ze stopu aluminium ($R_r = 22 \text{ kG/mm}^2$), o grubości 2 mm i średnicy 130 mm, przy $n = 350 \text{ obr/min}$ i posuwie $0,1 \text{ mm/obr}$.

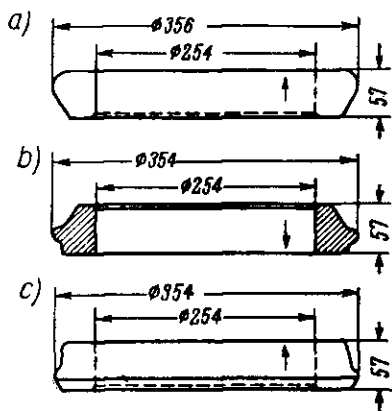
Krzywa ε wskazuje małą zmianę położenia siły P w przestrzeni (rys. 363).



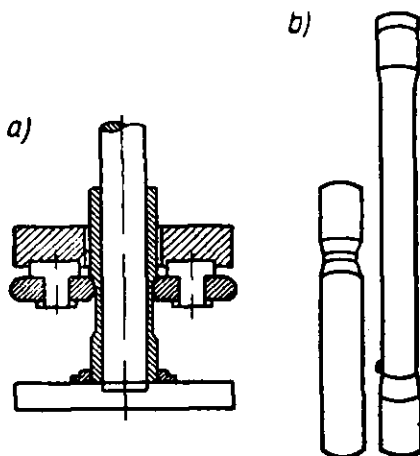
Rys. 362. Zmiana siły w procesie zgniatania obrotowego



Rys. 363. Schemat rozkładu sił przy zgniataniu obrotowym



Rys. 364. Typy i wymiary rolek do zgniatania obrotowego

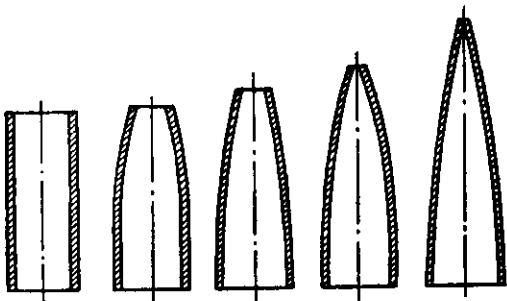


Rys. 365. Schemat zgniatania obrotowego przedmiotów o kształcie rurowym na tokarkach i karuzelówkach

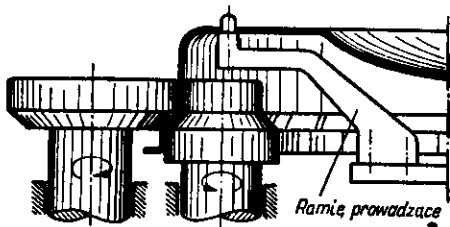
Na rys. 364 podane są typy i wymiary rolek: a) do wykonywania dużych przedmiotów stożkowych, b) do wykonywania przedmiotów o kształcie czasz. Strzałkami zaznaczono kierunek osiowego przemieszczania się rolek.

Zgniatanie obrotowe rolkami uprościło technologię wykonania dużych przedmiotów o wyżej podanych kształtach i dało duże oszczędności drogich żarowytrzymałych i nierdzewnych stopów.

Metodę zgniatania obrotowego stosuje się również do wykonywania cienkościennych przedmiotów rurowych na tokarkach i karuzelówkach, zamiast obróbki skrawaniem. Na rys. 365 podano: a) schemat operacji zgniatania obrotowego (rozwalcowywania), b) półwyrob rurowy i wał wydrążony o średnicy 50 mm i grubości



Rys. 366. Przebieg wykonania ostrosłupowych czepców za pomocą obciskania na wyoblarkach



Rys. 367. Przykład operacji wykonywanej na maszynie do kształtowania obrzeży

ścianek 5,7 i 2,5 mm wykonany za pomocą zgniatania obrotowego w jednym przejściu. Największe ścianki półwyrobu z molibdenowej stali osiągnęte tym sposobem wynosi 90% (0,4 mm z półwyrobu o grubości 4 mm).

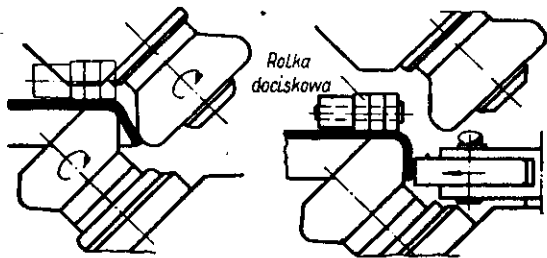
Na zgniataczkach wykonuje się za pomocą zgniatania obrotowego stożkowe przedmioty nie tylko z płaskich półwyrobów lecz i z rur.

Na rys. 366 przedstawiony jest przebieg kształtowania czepca rakiety z półwyrobu rurowego ze stopu magnezu na zgniataczce (USA).

Niżej podano inne rodzaje operacji wyoblania i nawalcowywania (żłobkowania).

Na rys. 367 przedstawiony jest jeden ze sposobów kształtowania obrzeża na pionowej żłobiarce dwuwrzecionowej, a na rys. 368 — zaginanie obrzeża dużego przedmiotu na specjalnej maszynie z pochylonymi rolkami.

Rys. 368. Zaginanie obrzeża na zaginacze rolkowej

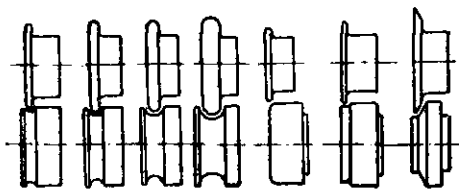


Żłobiarce stosuje się głównie w warsztatach blacharskich do wygniatania różnego rodzaju rowków i występów pierścieniowych, zaginania obrzeży itp.

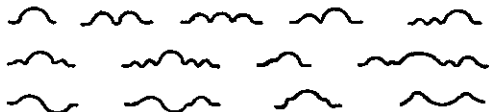
Na rys. 369 przedstawiony jest komplet rolek żłobiarce, a na rys. 370 — złożone profile przedmiotów kształtowane za pomocą rolek.

Na rys. 371 przedstawiony jest sposób łączenia dna z płaszczem walcowym za pomocą podwójnego zaginania na żłobiarce.

Na rys. 372 przedstawione są sposoby obcinania na żłobiarkach i na specjalnych obcinarkach nierównego obrzeża ciągniętych walcowych przedmiotów, na rys.



Rys. 369. Komplet rolek do żłobiarki

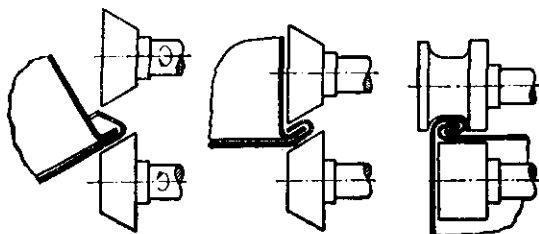


Rys. 370. Złożone profile wykonywane na żłobiarkach za pomocą specjalnych rolek

372a — z zamocowaniem na rozprężonym uchwycie, na rys. 372b — z czołowym dociskiem obcinanego przedmiotu.

Wyoblanie gwintu na przedmiotach o kształcie naczyń jest szeroko rozpowszechnione jako metoda wytwarzania elementów łączących części tłoczone.

Obecnie wyoblanie gwintów stosuje się głównie w przemyśle elektrotechnicznym do wytwarzania tzw. gwintów elektrotechnicznych i w przemyśle wyrobów pow-

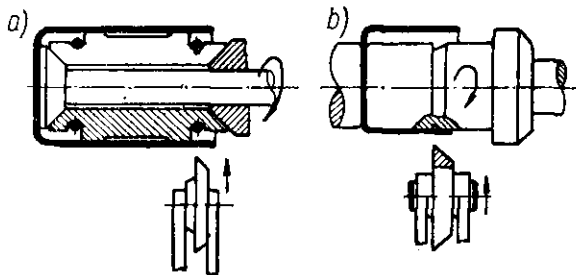


Rys. 371. Łączenie za pomocą zaginania na zwykłych żłobiarkach

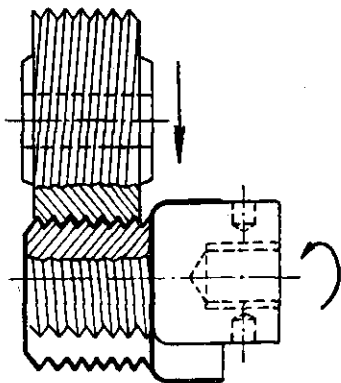
szechnego użytku (latarek, lamp naftowych, baniek itp.) — do wykonywania drobnych gwintów złącz.

Pierwszy typ gwintu stosuje się do średnic 10, 14, 27, 33, i 40 mm, ma on duży skok: 1,8; 2,8; 3,6; 4,2 i 6,3 mm.

Drugi typ gwintu stosuje się do przedmiotów o średnicy do 100 mm, z cenniejszej blachy (0,24÷0,35), ma on mały skok (od 1 do 1,5 mm).



Rys. 372. Obcinanie obrzeża na żłobiarkach



Rys. 373. Wyoblanie gwintu za pomocą wzornika i rolki

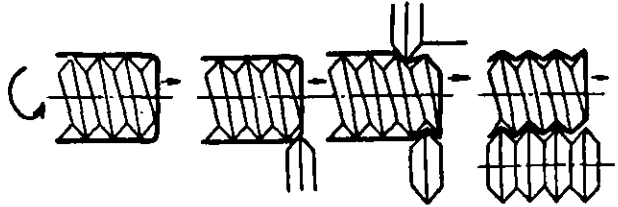
Istnieją trzy sposoby wyoblania gwintu [14]:

- 1) wyoblanie za pomocą wzornika i rolek od razu całej długości gwintu (rys. 373);
- 2) wyoblanie za pomocą gwintownika i rolek (rys. 374);
- 3) wyoblanie rur falistych za pomocą wzornika o zmiennym skoku linii śrubowej i rolek (rys. 375).

Pierwszy sposób powoduje silne ścienianie materiału, dlatego stosuje się go tylko do wyoblania małych gwintów.

Średnica rolki może być 2, 3 lub 4 razy większa od średnicy wzornika, wskutek czego liczba obrotów rolki powinna być tyle razy mniejsza; gwint na rolce wykonuje

Rys. 374. Wyoblanie gwintu za pomocą gwintownika i rolek

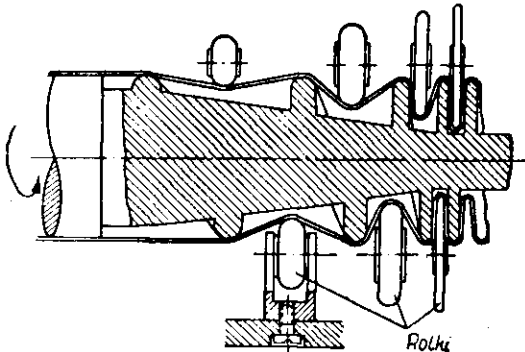


się dwu-, trzy- lub cztero-zwojny, aby kąty nachylenia linii śrubowej pozostały jednakowe. W celu ułatwienia zdejmowania przedmiotów wykonuje się wzornik o mniejszej średnicy.

W drugim sposobie gwintownik z nasadzonym na niego półwyróbem ma dwa ruchy — obrotowy i prostoliniowy.

Wyoblanie wykonuje się stopniowo za pomocą wgniatania dwóch rolek (rys. 374). Zdejmowanie przedmiotów wykonuje się za pomocą zmiany kierunku obrotu gwintownika i zahamowania przedmiotu.

W trzecim sposobie wyoblanie odbywa się przy jednakowej liczbie obrotów ślimaka i wzornika z rolkami obracającymi się w jedną stronę. Półwyrób nie obraca



Rys. 375. Wyoblanie rur falistych za pomocą wzornika o zmiennym skoku (ślimaka) i rolek

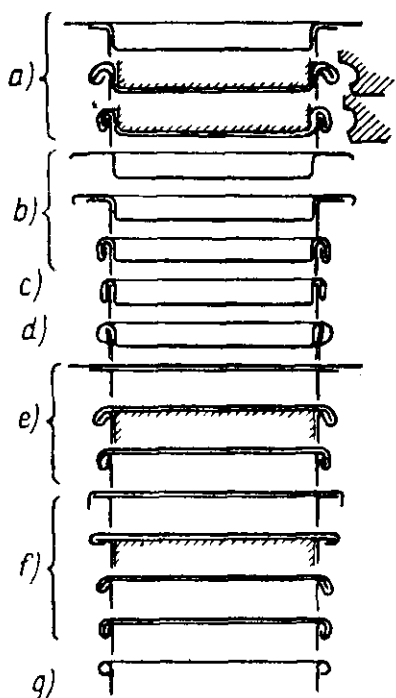
się, natomiast ma ruch prostoliniowy (na rys. 375 — od lewej do prawej). Półwyrób powinien być wyoblany na całej długości, gdyż w przeciwnym wypadku nie można byłoby go zdjąć ze ślimaka.

Łączenie za pomocą zaginania na żłobiarkach stosuje się głównie w blacharstwie i w przemyśle konserwowym w celu łączenia den i pokryw z bocznymi ściankami puszek, skrzynek, baniek o kształcie okrągłym, prostokątnym lub owalnym.

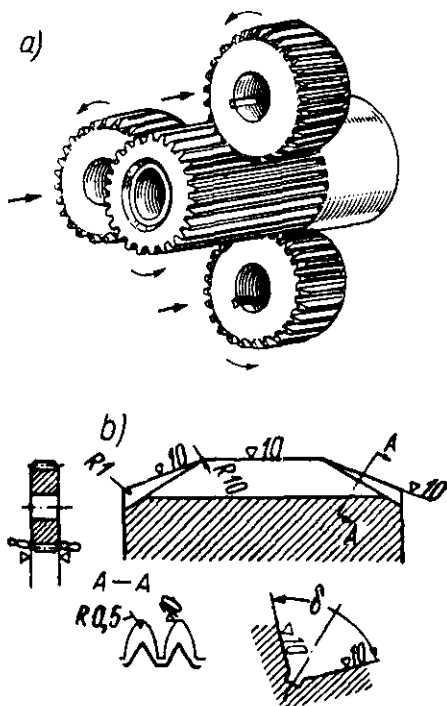
Na rys. 376 podano najbardziej rozpowszechnione typy łączenia den i pokryw za pomocą zaginania.

Metody walcowania rolkami stosuje się również w innych celach.

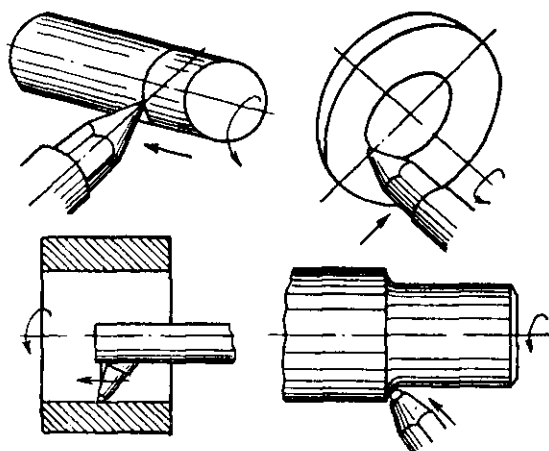
Na rys. 377 podany jest schemat walcowania rolkami na zimno kół zębatach o małym module, wykonywanych za pomocą przyrządu umieszczonego na suporcie tokarki.



Rys. 376. Różne sposoby łączenia dna z płaszczem



Rys. 377. Schemat walcowania na zimno rolkami kół zębatach o małym module: a) schemat walcowania, b) profil rolki do walcowania



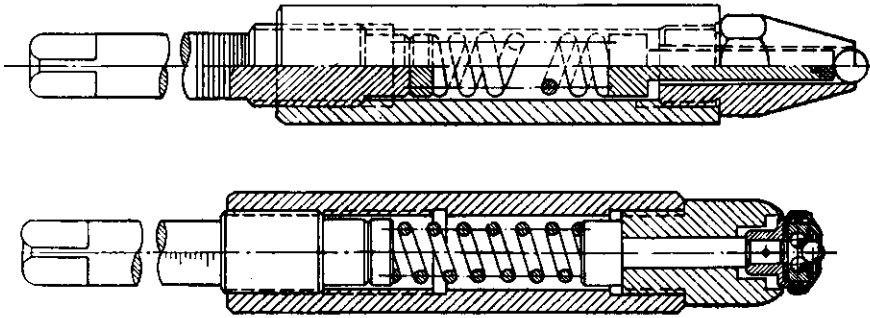
Rys. 378. Ugniatanie powierzchni sprężynującej kulka

Jako materiał wyjściowy służy pręt lub pakiet płaskich półwyrobów nasadzonych na trzpień. Na koniec trzpienia nasadza się wzorcowe koło zębate prowadzące. Dokładność walcowania odpowiada 2 klasie, gładkość powierzchni — 8÷9 klasie wg ГОСТ.

Walcowanie kół zębatach walcowych jest $5 \div 10$ razy wydajniejsze od frezowania frezami ślimakowymi

Metody walcowania rolkami znalazły również zastosowanie do obróbki, której celem jest polepszenie gładkości powierzchni, umocnienie warstwy powierzchniowej i zwiększenie dokładności wymiarów

W celu umocnienia warstwy powierzchniowej i zwiększenia gładkości powierzchni



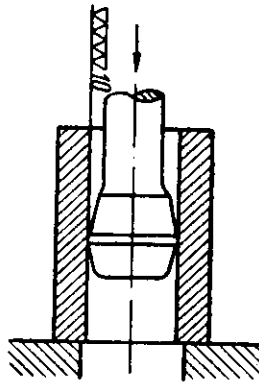
Rys. 379. Oprawki z kulkami sprężynującymi

obrabianych przedmiotów stosuje się walcowanie rolkami lub kulką. Sposób ten stosuje się do obróbki różnych powierzchni (rys. 378)

Jako narzędzie służy uchwyt z hartowaną kulką o średnicy $5 \div 10$ mm, dociskaną sprężyną (rys. 379) [168]. Nacisk sprężyny regulowany jest za pomocą śruby.

Walcowanie powierzchni przedmiotu sprężynującą kulką umożliwia otrzymanie wysokiej gładkości powierzchni $9 \div 10$ klasy wg ГОСТ. W celu uzyskania dokład-

Rys. 380. Przepychanie wygładzające



nych otworów o małej średnicy i o wysokiej gładkości powierzchni stosuje się obróbkę gładkościową za pomocą przepychania stalowych kulek lub wygładzających przepychaczy (rys. 380).

Sposób ten umożliwia uzyskanie otworu gładkości powierzchni otworu odpowiadającej $9 \div 10$ klasie wg ГОСТ i 2 klasy dokładności.

TŁOCZENIE MATERIAŁÓW NIEMETALOWYCH

44. Podstawowe rodzaje materiałów niemetalowych stosowanych do tłoczenia na zimno

Materiały niemetalowe stosowane do tłoczenia na zimno mogą być podzielone na dwie grupy.

Do pierwszej z nich zalicza się papier, karton, preszpan, skórę, filc, wołók, gumę i tkaniny gumowane, tkaniny bawełniane i wełniane oraz inne materiały przekładkowe.

Do drugiej grupy zalicza się następujące materiały elektroizolacyjne i ciepłnoizolacyjne.

1. Warstwowe: tworzywa sztuczne: laminat bawełniany (tekstolit), laminat papierowy (getinaks), laminat szklany, laminat azbestowy (azbotekstolit), fibra, laminat drewniany itp.

2. Tworzywa sztuczne (na podstawie estrów, polistyrenu itp.): szkło organiczne, celuloide, twarde polichlorek winylu (winiplsat), miękki polichlorek winylu (plastyfikat) i inne.

3. Tkaniny azbestowe, papier azbestowy, karton azbestowy, izolacja przeciwwilgociowa, płótno azbestowe zbrojone metalem.

4. Mika i mikanity: mika arkuszkowa (muskowit, flagopit, biotit), mikanit kolektorowy, przekładkowy, podatny do kształtowania i giętki.

Warstwowe tworzywa sztuczne są kompozycją termoutwardzalnych żywic i odpowiednich napełniaczy, w getinaksie — papier, w tekstolicie — tkanina bawełniana, w tekstolicie zbrojonym szkłem — nie zawierająca alkaliów tkanina szklana, w azbotekstolicie — tkanina azbestowa, w laminacie drewnianym — fornir brzozy o grubości 0,25 ÷ 0,55 mm.

Fibra jest prasowaną warstwową masą papierową przerobioną w roztworze chlorku cynkowego z dodatkiem w niektórych przypadkach (fibra КΓΦ) oleju rycynowego i gliceryny.

Lite tworzywa sztuczne (szkło organiczne, twarde laminat winylowy, celuloide) są materiałami termoplastycznymi, miękającymi pod wpływem ciepła. Są one albo produktem polimeryzacji estru metylowego kwasu metakrylowego (przezroczyste szkło organiczne), albo zmięczonym (plastyfikowanym) polichlorkiem winylu, albo nitrocelulozą zmięczoną kamforą (celuloide).

Azbest przedstawia sobą włókna mineralne grupy serpentynu i amfiboli, odznaczające się wysokimi własnościami elektrycznymi i ciepłnoizolacyjnymi.

Mika jest to minerał (uwodniony krzemian glinowy metali alkalicznych i ziem alkalicznych), rozszczepiający się na cienkie giętkie płytki.

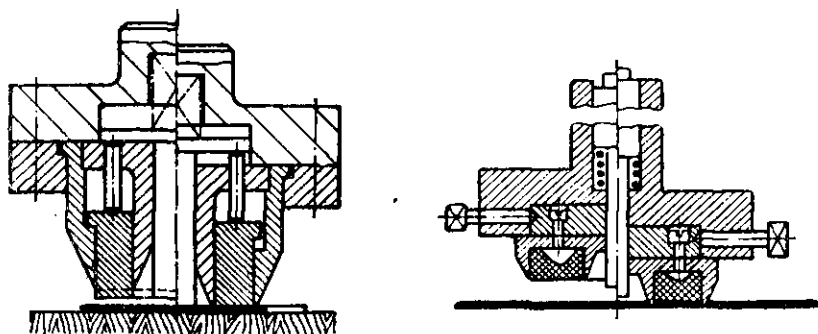
Najlepszymi gatunkami miki są muskowit i flagopit.

Mikanty składają się z lupanej miki sklejonej specjalnymi lakierami i sprasowanej na gorąco.

45. Cięcie i wykrawanie przedmiotów z materiałów niemetalowych

Z materiałów niemetalowych, jak papier, karton itp. oraz z cienkiej fibry, laminatu bawełnianego i laminatu papierowego wykrawa się przekładki (podkładki) i inne przedmioty o różnych zarysach.

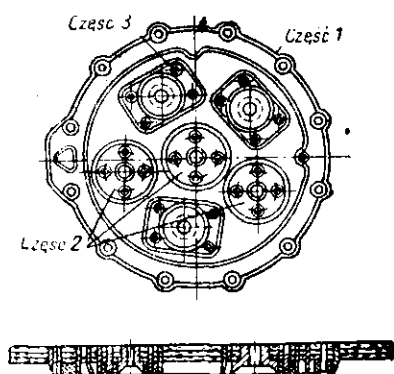
Wykrawanie przedmiotów o prostym kształcie wykonuje się zwykle wykrojnikami nożowymi (rys. 381). Kąt ostrza noży przyjmuje się równy: do miękkich materiałów



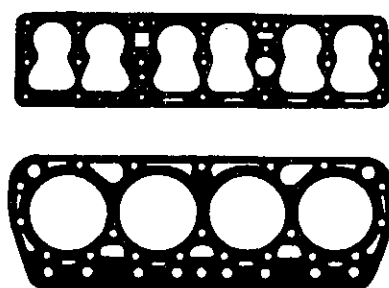
Rys 381 Wykrawanie wykrojnikami nożowymi

(papier, karton, preszpan, skóra, filc, guma, tkaniny) — $15 \div 20^\circ$, a do fibry, laminatu bawełnianego i papierowego (tekstolitu, getinaksu) — $30 \div 35^\circ$

Do części i przekładek o złożonym kształcie stosuje się taśmowo-nożowe wykrojniki, w których nóż wykonany jest z taśmy stalowej wygiętej według kształtu wykrawanej części (rys. 382).



Rys. 382. Wykrojnik taśmowo-nożowy



Rys. 383. Uszczelki azbestowe i papierowe wykrawane taśmowo-nożowymi wykrojnikami

Przekładki z papieru i innych cienkich materiałów wykrawa się w paczkach po 50 arkuszy), przy czym istnieją dwa sposoby wykrawania: 1) wykrawanie na wskroś

na podkładce fibrowej lub drewnianej, 2) wykrawanie połowy arkuszy pogrubionej paczki, przy czym druga połowa arkuszy służy jako podkładka.

Na rys. 383 przedstawione są typowe przekładki (uszczelki) szbestoswe i papierowe korpusu silnika samochodowego, wykrawane taśmowo-nożowymi wykrojnikami.

Wytrzymałość na ścinanie (opór cięcia) różnych materiałów niemetalowych przy wykrawaniu zwykłymi wykrojnikami i wykrojnikami nożowymi podano w tabl. 153 i 154.

Przy wykrawaniu materiałów niemetalowych zwykłymi wykrojnikami stosuje się, następujące wartości luzu:

do fibry i preszpanu $0,04 \div 0,05$ g
do skóry i miękkiego kartonu $0,02 \div 0,03$ g
do getinaksu i tekstolitu wg tabl. 161.

Wykrawanie przedmiotów z fibry, tekstolitu i getinaksu ma następujące właściwości.

Z fibry wykrawa się stosunkowo dobrze, gdy jest ona równomiernie nawilżona.

W wysuszonej fibrze powstają rozwarstwienia. Przy projektowaniu tłoczników należy uwzględnić zmianę wymiarów nawilżonej fibry przy wysychaniu.

Tablica 153. Wytrzymałość na ścinanie materiałów niemetalowych przy wykrawaniu w tłocznikach, w kG/mm^2

Materiał	Wytrzymałość na ścinanie R_t w kG/mm^2	Materiał	Wytrzymałość na ścinanie R_t w kG/mm^2
Fibra: zwykła	12	Celuloid	6
twarda	17	Bakelit	3—7
Papier: zwykły	2—3	Getinaks	7—11
twardy	2,5—4,0	Tekstolit	8—15
Karton	3—6	Preszpan	7—8
Ebonit	3	Mikanit	10
		Guma	0,6—1,0
		Skóra	5,4

Tablica 154. Wytrzymałość na ścinanie materiałów niemetalowych przy przecinaniu wykrojnikami nożowymi

Materiał	Wytrzymałość na ścinanie R_t w kG/mm^2	Materiał	Wytrzymałość na ścinanie R_t w kG/mm^2
Papier		Skóra garbowana	5
1 arkusz 0,25 mm	16	Celuloid	5
5 arkuszy po 0,25 mm	4,5	Fornir brzoźowy	2
10 arkuszy po 0,25 mm	2,3	Fornir sosnowy	1
20 arkuszy po 0,25 mm	1,4	Tekstolit	9
Karton	3	Getinaks	12
Preszpan	7	Mika 0,5 mm	8
Klingeryt	4	„ 2 mm	5
Miękka skóra	0,7	Guma	0,8

Uwaga. W razie steepienia krawędzi tnących opór cięcia jest większy od podanych wartości.

Cienkie przedmioty z fibry o prostym zarysie można wykrawać wykrojnikami nożowymi. Przedmioty o złożonym zarysie wykrawa się wykrojnikami o zwykłej konstrukcji z dociskaczem.

Największe znaczenie, spośród materiałów warstwowych, ma getinaks i tekstolit. Zdobyły one szerokie zastosowanie w elektrotechnice, radiotechnice i budowie przyrządów.

Według ГОСТ 2718-54 getinaks dzieli się na dwie grupy: 1) do normalnej częstotliwości (marki А, БВ, Вс, Г, Д), 2) do wysokiej częstotliwości (marki А_в, Б_в, В_в, Г_в, Д_в).

Tekstolit wytwarzany jest w dwóch postaciach:

- 1) elektrotechniczny w arkuszach (ГОСТ 2910-54) marek А, В4, Г, СТ.
- 2) ogólnego przeznaczenia marek ПТК, ПТ, ПТ-1.

Getinaks poddaje się tylko wykrawaniu, a tekstolit — wykrawaniu i gięciu w stanie nagrzanym. Graniczna grubość getinaksu i tekstolitu na przedmioty wykonywane za pomocą wykrawania wynosi: getinaks — 3 mm, a tekstolit — 6,5 mm. Getinaks i tekstolit zalicza się do termoutwardzalnych tworzyw warstwowych. Jednak żywe termoutwardzalne zawierają niewielkie ilości domieszek termoplastycznych, wskutek czego getinaks i tekstolit po nagrzewaniu stają się mniej kruche niż w stanie zimnym. Dlatego wykrawanie z nagrzewaniem daje lepszą powierzchnię ścięcia i mniej wad. Jednak nagrzewanie materiału komplikuje proces wytwórczy i zmniejsza wydajność, wskutek czego zaleca się wykrawanie przedmiotów z getinaksu i tekstolitu w miarę możliwości na zimno, stosując nagrzewanie tylko w razie konieczności.

Grubość przedmiotów z tekstolitu i getinaksu wykrawanych na zimno jest bardzo ograniczona (tabl. 155).

Gładkość powierzchni ścięcia przy wykrawaniu z getinaksu i tekstolitu zwykłymi wykrojnikami nie przewyższa 2—3 klasy według ГОСТ.

Jeżeli wymagana jest wyższa gładkość powierzchni ścięcia (5—6 klasy), to należy stosować wygładzanie.

Dokładność przedmiotów wykrawanych z getinaksu i tekstolitu jest znacznie mniejsza od dokładności przedmiotów wykrawanych z metalu, szczególnie przy wykrawaniu z nagrzewaniem materiału.

Przybliżoną dokładność przedmiotów wykrawanych z getinaksu i tekstolitu podano w tabl. 156.

Tablica 155. Graniczna grubość materiału w mm przy tłoczeniu bez podgrzewania [158]

Materiał	Kształty przedmiotu		Dziurkowanie
	prosty	złożony	
Getinaks	1,5	1,0	1,5
Tekstolit	2,0	1,5	2,0

Tablica 156. Dokładność przedmiotów wykrawanych z tekstolitu i z getinaksu w zwykłych wykrojnikach [156]

Grubość materiału w mm	Sposób wykrawania	
	bez podgrzewania	z podgrzewaniem
do 1	4—5 klasy dokładności	5—7 klasy dokładności
1—2	5—7 „ „	7—8 „ „
2—3	7—8 „ „	8—9 „ „

Tablica 157. Warunki podgrzewania warstwowych tworzyw sztucznych

Materiał	Marka	Temperatura nadgrzania w °C	Czas przetrzymywania
Getinaks	Б; В _с ; Д	80—90	5—8 min na 1 mm grubości
	А _в ; Б _в ; В _в ; Г _в ; Д _в	110—120	
Tekstolit	Wszystkich gatunków	80—90	

W tabl. 157 podano wypróbowane w praktyce warunki nagrzewania omawianych materiałów warstwowych przed wykrawaniem [158].

Wyższe od podanego nagrzewanie materiału lub zwiększenie czasu przetrzymywania w podanej temperaturze nie dają zwiększenia plastyczności, a powoduje pojawienie się pęcherzy na powierzchni materiału.

Nagrzewanie materiału wyjściowego wykonywane jest następującymi sposobami:

- 1) w elektrycznych termostatach ustawionych w pobliżu prasy,
- 2) podczerwienią,
- 3) prądami wysokiej częstotliwości,
- 4) we wrzącej wodzie (15 ÷ 30 min).

Najprostsze i najtańsze jest nagrzewanie we wrzącej wodzie.

Wykrawanie przedmiotów z getinaksu i tekstolitu przeprowadza się w wykrojnikach jednoczesnych z dociskaniem materiału.

Dociskanie materiału zmniejsza możliwość powstawania pęknięć i polepsza jakość powierzchni ścicia, nawet bez nagrzania materiału.

Wykrawanie z nagrzewaniem getinaksu lecz bez dociskania materiału nie zapewnia uzyskania wymaganej jakości powierzchni ścicia.

Siłę nacisku dociskacza przy wykrawaniu z przedmiotów z laminatu papierowego i bawełnianego (getinaksu i tekstolitu) oblicza się ze wzoru [158]

$$Q = qLg \text{ kG}$$

gdzie: q — nacisk jednostkowy dociskacza w kG/mm^2 (tabl. 158),

L — długość linii cięcia w mm,

g — grubość materiału w mm.

Obliczanie wykonawczych wymiarów matryc i stempli podane jest w specjalistycznej literaturze [158].

Przy konstruowaniu tłoczników należy uwzględnić skurcz getinaksu wynoszący przy nagrzewaniu do 100°C około 0,2% wymiarów długości.

Tablica 158. Nacisk jednostkowy dociskacza przy wykrawaniu getinaksu i tekstolitu [158]

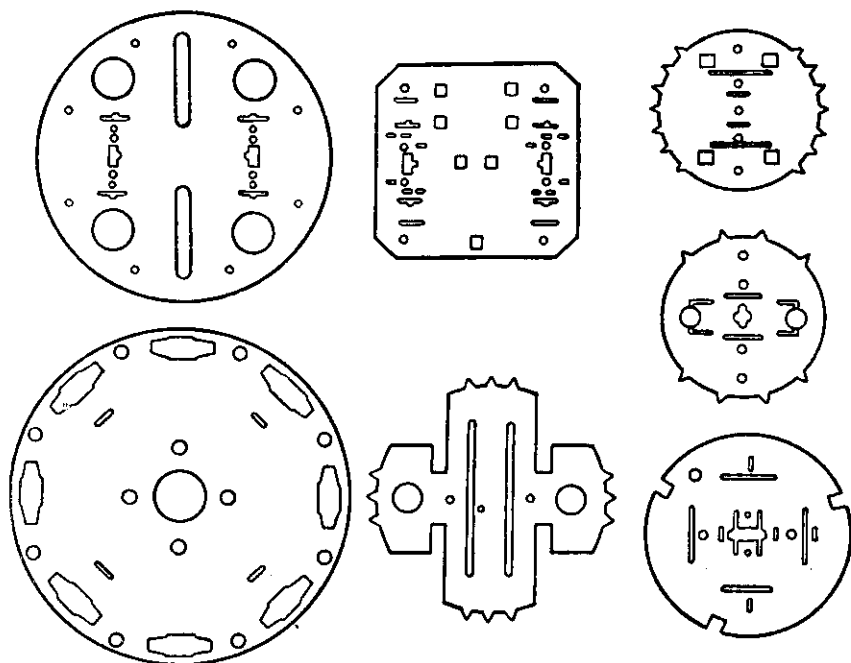
Grubość materiału w mm	Nacisk jednostkowy dociskacza w kG/mm^2
do 1	0,6—1,0
1—2	1,0—1,5
2—3	1,5—2,0

Dziurkowanie małych otworów o średnicach $(0,3 \div 0,5)$ g w stanie zaciśniętym wykonywane jest w tłocznikach, których konstrukcja przedstawiona jest na rys. 15.

Wykrawanie przedmiotów z laminatu szklanego należy wykonywać w wykrojnikach z dociskaczem, przy czym stempel powinien być dopasowany do matrycy bez luzu. Wymiary stempli i matryc dziurkujących należy zwiększać o $0,03$ g, ponieważ wymiary otworów zmniejszają się po dziurkowaniu.

Szkoło organiczne jest materiałem termoplastycznym i wykrawa się z niego tylko w stanie nagrzanym do 100°C . Przedmioty wykrawane chłodzi się w zimnej wodzie. Należy je chronić od powierzchniowych zadrapań i uszkodzeń.

Z miki wykrawa się różne płytki typu przedstawionego na rys. 384, o bardzo



Rys. 384. Płytki mikowe o dokładnych wymiarach otworów

dokładnych wymiarach średnic i rozstawienia otworów osiągających 3 klasę a niekiedy i 2 klasę dokładności.

Wymagana dokładność jest zapewniona przez odpowiednią konstrukcję i jakość wykonania wykrojników jednoczesnych.

Na rys. 385a przedstawiony jest wykrojenik jednoczesny do wycinania i dziurkowania płytek z miki uwidocznionych na rys. 385b [198].

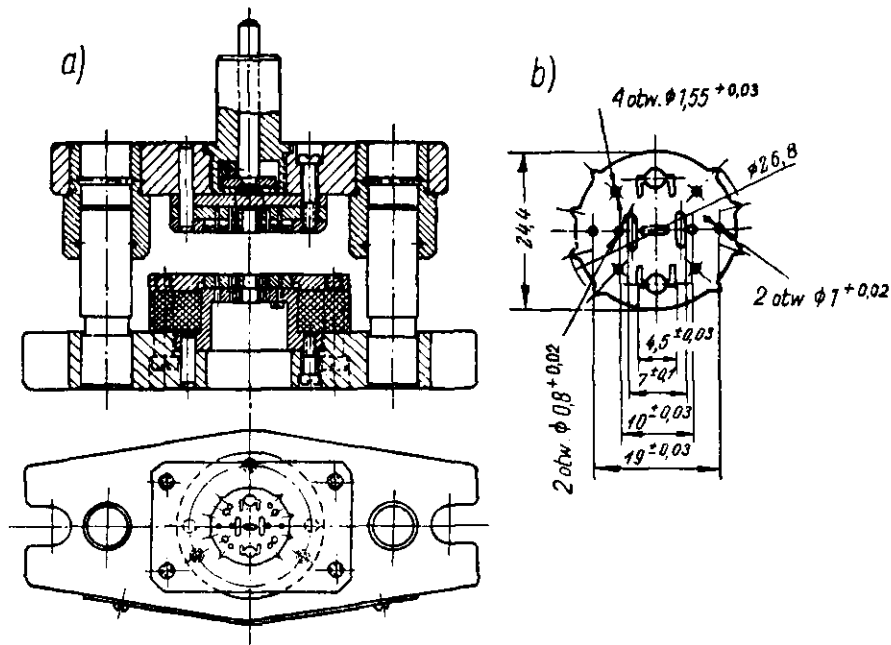
Właściwością konstrukcji wykrojników do miki jest zmniejszenie długości stempli i grubości matrycy, płyty stempelowej i płyty wypychacza oraz zastosowanie spychania za pomocą sprężonego powietrza doprowadzanego króćcem umieszczonym w górnej części tłoczniaka.

Sprężone powietrze przedostaje się przez szczeliny i oczyszcza wykrojenik z pyłu miki, dzięki czemu zwiększa się trwałość wykrojnika.

Dokładność wykonania wykrojnika jest uzyskiwana dzięki wierceniu otworów w matrycach i płytach stempelowych na wiertarkach współrzędnościowych.

Otwory o złożonych zarysach wykonuje się w matrycach za pomocą przebijania otworu w zgrubnie obrobionej matrycy hartowanym stemplem.

Przy wykrawaniu przedmiotów z getinaksu i tekstolitu należy przyjmować większe niż dla metali odstęp między wykrojami, ponieważ wskutek kruchości tych materiałów wąskie mostki rozkruszają się, przy czym części ich wpadają w szczeliny między matrycą i stemplem powodując przedwczesne zużycie wykrojnika.



Rys. 385. Złożony tłocznik do wycinania i dziurkowania płytek z miki

W tabl. 159 i 160 podano doświadczalnie ustalone wymiary mostków (odstępów) przy wykrawaniu przedmiotów z getinaksu i z tekstolitu [158].

Przy wykrawaniu z getinaksu i tekstolitu przyjmuje się mniejsze luzy między stemplem i matrycą niż przy wykrawaniu z blachy, ponieważ wskutek kruchości materiału powierzchnia ściana ma charakter powierzchni odłupania.

Tablica 159. Szerokości mostków przy wykrawaniu przedmiotów z getinaksu, w mm

Grubość materiału w mm	Wykrawanie przedmiotów okrągłych		Wykrawanie przedmiotów prostokątnych	
	Mostki między przedmiotami	Mostki boczne	Mostki między przedmiotami	Mostki boczne
do 0,5	1,5	1,5	2,0	2,0
0,5—1	1,5	1,5	2,0	2,0
1,0—1,5	2,0	2,5	2,5	3,0
1,5—2,0	2,5	3,0	3,0	3,5
2,0—2,5	3,0	3,5	3,5	4,0
2,5—3,0	3,5	4,0	4,5	5,0

Uwagi: 1. Szerokość brzegu ścinanego nożem bocznym przyjmuje się równą szerokości mostka.

2. Przy wykrawaniu przedmiotów z obracaniem pasa zwiększa się szerokość mostków 1,5 + 2 razy

Tablica 160. Szerokości mostków przy wykrawaniu przedmiotów z tekstolitu, w mm

Szerokość materiału w mm	Wykrawanie przedmiotów okrągłych		Wykrawanie przedmiotów prostokątnych	
	Mostki między przedmiotami	Mostki boczne	Mostki między przedmiotami	Mostki boczne
do 0,5	1,3	1,5	1,5	1,5
0,5—1	1,3	1,5	1,5	1,5
1,0—1,5	1,5	1,7	1,5	2,0
1,5—2,0	2,0	2,2	2,0	2,5
2,0—2,5	2,5	3,0	3,0	3,5
2,5—3,0	3,0	3,5	4,0	4,5

Uwagi: 1. Szerokość brzegu ścinanego nożem bocznym przyjmuje się równą szerokości mostka.
2. Przy wykrawaniu przedmiotów z obracaniem pasa zwiększa się szerokość mostków $1,5 \div 2$ razy

Tablica 161. Dwustronne luzy przy wykrawaniu z getinaksu i z tekstolitu

Grubość materiału w mm	Najmniejszy dwustronny luz w mm	Największy dwustronny luz w mm			
		Wymiary wycinanych przedmiotów i dziurkowanych otworów w mm			
		do 10	ponad 10 do 50	ponad 50 do 120	ponad 120 do 260
od 0,5 do 0,6	0,01	0,020	0,030	0,040	0,050
ponad 0,6 do 0,8	0,015	0,030	0,040	0,050	0,060
„ 0,8 do 1,0	0,020	0,035	0,045	0,055	0,065
„ 1,0 do 1,2	0,025	0,040	0,050	0,060	0,070
„ 1,2 do 1,5	0,030	0,045	0,055	0,065	0,075
„ 1,5 do 1,8	0,035	0,050	0,060	0,070	0,080
„ 1,8 do 2,1	0,040	0,055	0,065	0,075	0,085
„ 2,1 do 2,5	0,045	0,060	0,070	0,080	0,090
„ 2,5 do 3,0	0,050	0,065	0,075	0,085	0,095

Uwagi: 1. Na rysunkach wykrojników podaje się najmniejszy dwustronny luz.
Największy dwustronny luz jest podstawowym przy wykonaniu i odbiorze wykrojników.
2. Największy dwustronny luz określa się według największego wymiaru gabarytowego wykroju.

W tabl. 161 podane są wartości luzu otrzymane doświadczalnie. W granicach tych wartości uzyskuje się wymaganą jakość powierzchni ścięcia [158].

Wykrawaniu przedmiotów z warstwowych tworzyw sztucznych towarzyszy znaczne sprężynowanie materiału, wskutek czego zewnętrzne wymiary wyciętych przedmiotów są większe od wymiarów otworu matrycy, a wymiary otworów — mniejsze od wymiarów stempli.

Przy wykrawaniu bez nagrzewania wielkość sprężynowania jest równa: dla getinaksu 4%, a dla tekstolitu 5% grubości materiału.

Przy wykrawaniu z nagrzewaniem getinaksu i tekstolitu zmiana wymiarów jest bardziej złożona ze względu na skurcz materiału po ostudzeniu.

W przypadku wykrawania otworów skurcz i sprężynowanie powodują zmniejszenie otworu.

Sumaryczną wartość skurczu oblicza się ze wzorów [158]:
przy wykrawaniu zewnętrznych zarysów

$$\delta_x = aL - \delta_s$$

przy wykrawianiu otworów

$$\delta_0 = cL + \delta_s$$

gdzie: a , c — współczynniki cieplnego skurczu wymiarów,
 L — mierzony wymiar przedmiotu,
 δ_s — zmiana wymiaru wskutek sprężynowania

Średnie wartości tych wielkości podano w tabl. 162.

Tablica 162. Współczynniki zmiany wymiarów wykrawianych przedmiotów

Materiał	Grubość materiału w mm	a w %	c w %	S_s w mm
Getinaks	1	0,20	0,25	0,03
	1,5	0,22	0,30	0,04
	2	0,25	0,35	0,05
	2,5	0,27	0,40	0,06
	3	0,30	0,50	0,07
Tekstolit	2	0,20	0,26	0,08
	2,5	0,25	0,30	0,10
	3	0,28	0,36	0,12

Materiały takie, jak laminat bawełniany (tekstolit), fibra i laminat papierowy (getinaks) nie dają gładkiej powierzchni ścięcia przy wykrawianiu.

W przypadkach zwiększonych wymagań odnośnie do gładkości ścięcia na przedmiotach wykrawianych z wymienionych materiałów stosuje się wygładzanie wzdłuż zewnętrznych zarysów. Tłocznik do wygładzania (wygładzek) ma w tym przypadku następującą konstrukcję: stempel ma postać płytki aluminiowej lub miedzianej, a matryca ma kształt klinowy (nożowy), o kącie ostrza $35 \div 40^\circ$.

Do wygładzania przedmiotów z fibry stosuje się niekiedy matryce z zaokrąglonymi krawędziami ($r = 0,1 \div 0,2$ g).

46. Gięcie materiałów niemetalowych [76]

Gięciu poddaje się warstwowe tworzywa sztuczne (z wyjątkiem laminatu papierowego) i tworzywa sztuczne (szkło organiczne, celulooid, twardy polichlorek winylu). Z materiałów mikowych gięciu poddaje się tylko mikanit podatny do kształtowania i giętki.

Fibra w arkuszach łatwo wytrzymuje gięcie w stanie wilgotnym (do 10% wody).

W danym przypadku dopuszczalne jest miejscowe nawilżenie mokrą szmatą na pół godziny przed gięciem.

Małe przedmioty gnie się w tłocznikach, a duże — na maszynach do gięcia metali.

Na rys. 386 przedstawiony jest tłocznik do gięcia przedmiotów z materiałów niemetalowych.

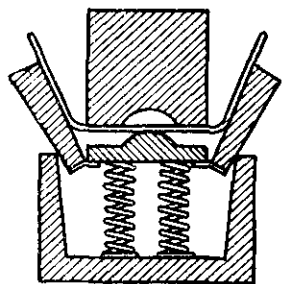
Cienki arkuszowy tekstolit poddaje się gięciu po nagraniu go do $150 \div 170^\circ\text{C}$.

Nagrzewanie najłatwiej jest przeprowadzać za pomocą promieni podczerwonych w czasie $1 \div 2$ min.

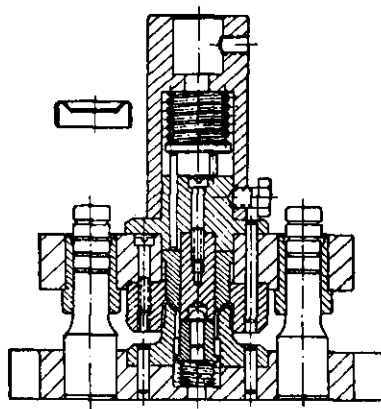
Szkło organiczne poddaje się gięciu po nagraniu do temperatury $100 \div 150^\circ\text{C}$ i ochłodzeniu zewnętrznych warstw w czasie $10 \div 15$ sek.

Gięcie przedmiotów ze szkła organicznego wykonuje się zwykle stemplami metalowymi, drewnianymi, z tworzyw sztucznych lub gipsowymi za pomocą lekkiego nacisku ręką, z dociskaniem brzegów materiału zaciskami obitymi bają.

Powierzchnię stempla obrabia się dokładnie i obciąża się miękką bają.



Rys. 386. Tłocznik do gięcia materiałów niemetalowych



Rys. 387. Tłocznik do prasowania termoplastycznego mikanitu

Wymiary materiału wyjściowego i stempla powinny być zwiększone o naddatek potrzebny do zaciśnięcia brzegu przy gięciu lub kształtowaniu. Przedmioty ochładza się na stemple do temperatury $30 \div 40^{\circ}\text{C}$, utrwalając nadany im kształt.

W razie ponownego nagrzewania wygiętego przedmiotu w stanie swobodnym występuje się on.

Twardy polichlorek winylu (winoplast) poddaje się gięciu w stanie nagrzewanym do temperatury $160 \div 170^{\circ}\text{C}$, a celuloid — do temperatury $90 \div 100^{\circ}\text{C}$.

Podatny do kształtowania mikanit gnie się i kształtuje w stanie nagrzany do temperatury $150 \div 170^{\circ}\text{C}$ w tłocznikach do prasowania (rys. 387). Przedmiot przetrzymuje się w tłoczniku pod naciskiem w ciągu 20 sek.

Giętki mikanit poddaje się gięciu bez nagrzewania.

47. Ciąglenie przedmiotów z materiałów niemetalowych

Spośród warstwowych tworzyw sztucznych do ciąglenia nadaje się tylko fibra, tekstolit i tekstolit zbrojony szkłem.

Fibra nadaje się do ciąglenia tylko w stanie wilgotnym, po namoczeniu w wodzie w czasie kilku godzin (licząc 1,5 do 2 godzin na 1 mm grubości). Przed tłoczeniem posypuje się półtwórób i narzędzia tłoczniaka grafitem lub talkiem służącymi jako smar.

Ciąglenie przeprowadza się w tłocznikach ciągowych z dociskaczem lub na prasach podwójnego działania. Wytłoczony przedmiot po wyjęciu z prasy nasadza się na trzpień o kształcie i wymiarach stempla i wysusza się w suszarce przy temperaturze $65 \div 70^{\circ}\text{C}$, w czasie 12 godz., a następnie dalej suszy na wolnym powietrzu.

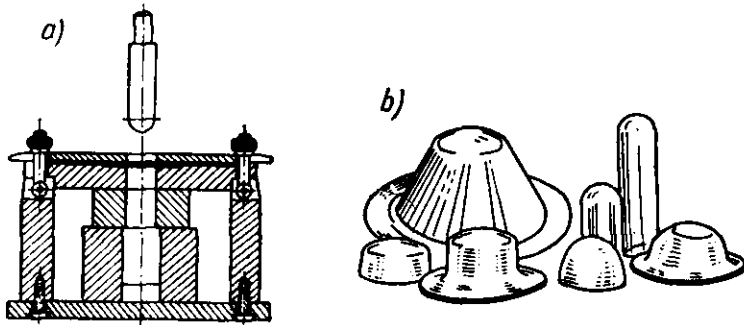
Z laminatu bawełnianego (tekstolitu) i z laminatu szklanego (stieklotekstolitu) można wykonywać tylko płytke walcowe, stożkowe i półkuliste ciągnięte przedmioty, lecz tylko w stanie nagrzany (pierwszy do $150 \div 170^{\circ}\text{C}$, a drugi do 230°C).

Laminat bawełniany wytłacza się w tłocznikach z dociskaczem lub na prasach podwójnego działania, a laminat szklany — w formach tłoczonych.

Do ciągnięcia małych przedmiotów ze szkła organicznego stosuje się w produkcji drobnoseryjnej tłoczniki typu przedstawionego na rys. 388 [258].

Specyficzność danego sposobu ciągnięcia polega na tym, że materiał wyjściowy z nadatkiem pod dociskacz układa się na matrycy w stanie zimnym i pokrywa się dociskaczem (z luzem do 0,35 g), a następnie nagrzewa się go wraz z matrycą w piecu elektrycznym do temperatury $115 \div 120^{\circ}\text{C}$ w czasie $30 \div 40$ min.

Ciągnięcie (wytłaczanie) wykonuje się zimnym stemplem, który przeciąga przedmiot przez zimną tuleję kalibrującą, umieszczoną pod otworem matrycy. Część



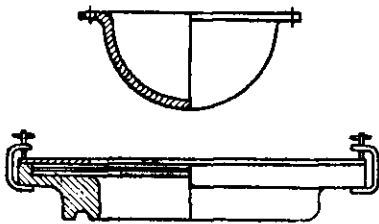
Rys. 388. Ciągnięcie kapturków ze szkła organicznego: a) schemat tłocznika, b) wytłoczki

przedmiotu po wejściu do tulei ochładza się, traci plastyczność i dalej nie rozciąga się. Ciągnięcie odbywa się dzięki odkształcaniu się kołnierza znajdującego się w nagrzałej matrycy.

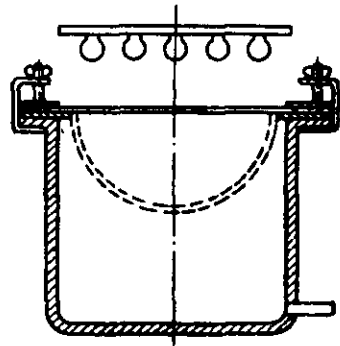
W ten sposób wytłacza się przedmioty walcowe o wysokości $h = 3d$.

W podobny sposób wytłacza się przedmioty z twardego polichlorku winylu (winiplastu) nagrzanego do temperatury $160 \div 170^{\circ}\text{C}$.

Duże kuliste wytłoczki ze szkła organicznego wykonuje się w tłocznikach z nagrzewaniem materiału do temperatury $115 \div 120^{\circ}\text{C}$ (rys. 389), lub za pomocą kształ-



Rys. 389. Tłoczenie dużych kulistych przedmiotów ze szkła organicznego



Rys. 390. Ukształtowanie szkła organicznego za pomocą podciśnienia

owania podciśnieniem w naczyniu, z ogrzewaniem materiału podczerwienią (rys. 390).

Celuloid ciągnie się nagrany do temperatury $90 \div 100^{\circ}\text{C}$ w zwykłych tłocznikach do ciągnięcia z dociskaczem.

Przedmiot utrzymuje się pod naciskiem w czasie około 1 min, po czym ochładza się go wraz z tłoczniem w zimnej wodzie.

Materiał wyjściowy nagrzewa się różnymi sposobami w zależności od skali produkcji: za pomocą przepływu gorącego powietrza w specjalnych szafach, za pomocą podczerwieni w specjalnych urządzeniach z lampami, między gorącymi płytami itp.

Z innych materiałów można poddawać ciągnieniu karton i skórę. Z kartonu wytłacza się małe pokrywki i korki, a ze skóry — uszczelki kołnierzone i uszczelki do dławic. Skórę ciągnie się po nagraniu w oleju do 200°C, a karton — w tłoczniach nagrzewanych do 120°C. Współczynnik ciągnięcia wynosi około 0,4.

PODSTAWY OPRACOWYWANIA PROCESÓW TŁOCZENIA NA ZIMNO

ROZDZIAŁ I

TECHNOLOGICZNOŚĆ TŁOCZONYCH PRZEDMIOTÓW

1. Wymagania technologiczne stawiane konstrukcji przedmiotów tłoczonych

Procesy technologiczne tłoczenia, podobnie jak i inne, mogą być tylko wtedy najbardziej racjonalne, gdy konstrukcja produkowanych przedmiotów jest technologiczna, czyli kształty przedmiotów tak zaprojektowane, że umożliwiają proste i ekonomiczne ich wykonanie. Dlatego technologiczność przedmiotów tłoczonych jest najważniejszą przesłanką doboru postępowych metod technologicznych i ekonomiczności produkcji.

Pod słowem technologiczność należy rozumieć takie połączenie elementów konstrukcyjnych, które zapewnia najprostsze i ekonomiczne wykonanie przedmiotów (w warunkach danej skali produkcji), przy zachowaniu stawianych im wymagań technicznych i eksploatacyjnych.

Przedmiotom tłoczonym stawiane są następujące wymagania eksploatacyjno-techniczne:

1) pełna zgodność konstrukcji z przeznaczeniem i warunkami eksploatacji wytwarzanych przedmiotów,

2) zapewnienie wymagań dotyczących wytrzymałości, twardości i sztywności (przy minimalnym ciężarze),

3) zapewnienie koniecznej dokładności i zamienności,

4) spełnienie specjalnych warunków fizycznych, chemicznych lub technicznych.

Podstawowymi wskaźnikami technologiczności przedmiotów tłoczonych na zimno są:

1) najmniejszy rozchód materiału,

2) najmniejsza liczba i pracochłonność operacji,

3) zbędność dalszej obróbki skrawaniem,

4) najmniejsza liczba wymaganych maszyn i urządzeń oraz najmniejsza powierzchnia produkcyjna,

5) najmniejsza liczba przyrządów i skrócenie czasu przygotowania produkcji,

6) możliwość zatrudnienia pracowników o niskich kwalifikacjach,

7) zwiększenie wydajności w poszczególnych operacjach i w całym dziale,

8) zwiększenie trwałości tłoczników.

Ogólnym wynikowym wskaźnikiem jest najmniejszy koszt własny tłoczonego przedmiotu.

Ponieważ wartość i wzajemny stosunek składników kosztu własnego wyrobów (materiał, robocizna, koszty oddziaływowe) zależą od seryjności produkcji, to pojęcie

technologiczności jest nierozłącznie związane z seryjnością produkcji (skalą produkcji).

Konstrukcja technologiczna w warunkach drobnoseryjnej produkcji może okazać się nietechnologiczna w masowej produkcji i na odwrót.

W większości przypadków podstawowym kryterium technologiczności konstrukcji jest najbardziej ekonomiczne zużycie materiału przy najmniejszej liczbie operacji i zmniejszeniu pracochłonności.

Analiza pod kątem ogólnej ekonomiczności wytwarzania nie tylko nie zmniejsza, lecz jeszcze bardziej zwiększa znaczenie oszczędności materiału.

Tłumaczy się to tym, że koszt materiału przedmiotów tłoczonych na zimno wynosi zwykle od 60 do 80% ogólnego kosztu przedmiotów, podczas gdy udział kosztu robocizny wynosi 5 do 15%.

Analiza kosztu własnego przedmiotów tłoczonych wskazuje, że zmniejszenie rozchodu materiału o 10% jest w wyniku równoważne pod względem ekonomicznym trzy- do czterokrotnemu zwiększeniu wydajności na wszystkich operacjach.

Zaoszczędzenie materiału o 20 do 25% w większości przypadków jest na tyle efektywne, że wartość zaoszczędzonego materiału przeważa koszt robocizny bezpośredniej. Dlatego należy się wystrzegać jednostronnego rozpatrywania produkcyjno-technologicznych zagadnień z uszczerbkiem dla ekonomii materiału, ponieważ z gospodarczego punktu widzenia nie należy godzić się z nieracjonalnym lub nadmiernym rozchodem materiału, mimo że powodowałoby to pewne zwiększenie wydajności lub dogodności pracy oddziału tłoczniczego.

Ogólne wymagania techniczne stawiane konstrukcji przedmiotów tłoczonych

1. Własności mechaniczne materiału powinny odpowiadać nie tylko wymaganiom dotyczącym wytrzymałości i sztywności wyrobu, lecz również — dotyczącym procesu kształtowania i rodzajowi odkształceń plastycznych.

2. Należy uwzględnić możliwość zastosowania do operacji kształtowania bardziej plastycznego materiału mimo mniejszej jego wytrzymałości, ponieważ w procesie tłoczenia na zimno następuje umocnienie materiału.

3. Przy obliczeniach wytrzymałościowych należy, określając grubość materiału, uwzględnić jego umocnienie w procesie odkształcania na zimno i dostatecznie wysoką sztywność tłoczonych przedmiotów.

4. Należy dążyć do tworzenia lekkich konstrukcji przedmiotów: a) stosując zebra usztywniające, wywijanie i zaginanie kołnierzy, zawijanie obrzeży itp.; b) za pomocą zamiany ciężkich kształtowników walcowanych kształtownikami giętymi z blachy.

5. Ukształtowanie przedmiotów lub ich rozwinięcie powinno zapewniać najkorzystniejsze zużycie blachy, dając możliwość zastosowania rozkroju o małych odpadach lub bezodpadowego.

Nie należy zwiększać wymiarów wykrojów w celu uzyskania rozkroju bezodpadowego.

6. Jeżeli odpad jest nieunikniony, to należy mu nadać taki kształt, aby mógł być wykorzystany do wyrobu innych przedmiotów.

7. Należy unifikować i zmniejszać asortyment stosowanych grubości i gatunków materiałów.

8. Należy zwracać uwagę na krotność wymiarów dużych wykrojów (półwyrobów) w stosunku do wymiarów arkuszy materiału.

9. Należy szeroko stosować technologiczne konstrukcje tłoczono-spawane zamiast odlewów i odkuwek.

10. Należy dążyć do zmniejszenia liczby oddzielnych części zastępując je scalonymi częściami tłoczonymi, co zwykle prowadzi do uproszczenia procesu technologicznego i zaoszczędzenia materiału. Nie stosuje się tego, gdy w wyniku wymienionej

zmiany otrzymuje się przedmiot tak złożony, że powoduje to zwiększenie rozchodu materiału lub nietechnologiczność przedmiotu.

11. Należy szeroko stosować metody tłoczenia do montażu części za pomocą nitowania, wywijania, rozpeczęzania, zaginania itp.

12. Tolerancje wymiarów przedmiotów tłoczonych powinny odpowiadać ekonomicznej dokładności operacji tłoczenia (4—5 klasa). W razie konieczności zwiększona dokładność przedmiotów (2—3 klasa) może być uzyskana przez wprowadzenie dodatkowych operacji (wygładzanie, dotłaczanie, prostowanie).

Podstawowe wymagania technologiczne stawiane płaskim przedmiotom wykonywanym za pomocą wykrawania

1. Należy unikać złożonych zarysów z wąskimi wcięciami lub bardzo wąskimi otworami ($b \leq 2g$).

2. W razie zastosowania matryc niedzielonych przejścia zarysu w wierzchołkach kątów należy wykonywać zaokrąglone, o promieniu $r \geq 0,5g$.

W przypadku zastosowania matryc dzielonych styki boków zarysu należy wykonywać bez zaokrągleń.

3. Styki boków zewnętrznego zarysu należy wykonywać zaokrąglone tylko w przypadkach wykrawania przedmiotu wzdłuż całego zarysu.

W celu umożliwienia wykrawania bezodpadowego należy, odwrotnie, dopuścić wykonanie styków stron pod kątem prostym.

4. Należy unikać wykrawania wąskich przedmiotów o stałej szerokości $b \leq 3g$, zastępując wykrawanie spłaszczaniem odcinków drutu.

5. Najmniejsze wymiary wykrawanych otworów można przyjmować według tabl. 163.

6. Najmniejsza odległość od krawędzi otworu do prostoliniowej krawędzi zewnętrznego zarysu przedmiotu nie powinna być mniejsza od grubości materiału g w razie okrągłych i kształtowych otworów i nie mniejsza od $1,5g$, jeżeli krawędź otworu jest równoległa do krawędzi zewnętrznej przedmiotu.

7. Nie należy umieszczać otworu w półwyrobie poddawany gięciu w pobliżu krawędzi gięcia. Najmniejsza odległość od krawędzi otworu do miejsca gięcia powinna wynosić

$$a \geq r + 2g$$

gdzie r — promień gięcia.

8. W ciągnionych przedmiotach mających otwory w dnie lub w kołnierzu, wykrawane po ciągnięciu, odległość od ścianki przedmiotu do krawędzi otworu powinna być

$$c \geq r + 0,5g$$

gdzie r — promień zaokrąglenia dna lub kołnierza.

Tablica 163. Najmniejsze wymiary wykrawanych otworów

Materiał	Zwykle dziurkowanie swobodnym stemplem		Dziurkowanie w stanie zaciśniętym stemplem prowadzonym (rys. 16)	
	okrągłym	prostokątnym	okrągłym	prostokątnym
Twarda stal	1,3g	1,0g	0,5g	0,4g
Miękka stal	1,0g	0,7g	0,35g	0,3g
Aluminium	0,8g	0,5g	0,3g	0,28g
Tekstolit i getinaks	0,4g	0,35g	0,3g	0,25g

9. Najmniejsza odległość między otworami w razie jednoczesnego ich wykrawania powinna wynosić

$$b = 2 \div 3 g$$

Podstawowe wymagania technologiczne stawiane konstrukcji przedmiotów giętych

1. Najmniejsze dopuszczalne promienie gięcia należy stosować tylko w koniecznych przypadkach wynikających z warunków konstrukcyjnych. W większości przypadków można przyjmować zwiększone promienie gięcia: $r \geq g$, a do grubych półwyrobów jeszcze większe: $r > 2g$.

2. W razie gięcia plastycznych materiałów (stal 10—20) z małym promieniem zaokrąglenia ($r \leq 0,5g$) linia gięcia powinna przebiegać w poprzek włókien materiału. W przypadku gięcia takich samych metali z zastosowaniem promienia $r \geq g$ położenie linii gięcia może być dowolne, decydujące znaczenie ma natomiast uzyskanie najkorzystniejszego rozkroju materiału.

3. W razie gięcia twardych i mało plastycznych metali (brąz, silnie zgnieciony mosiądz, taśma ze stali sprężynowej i inne) linia gięcia powinna przechodzić poprzecznie do włókien materiału.

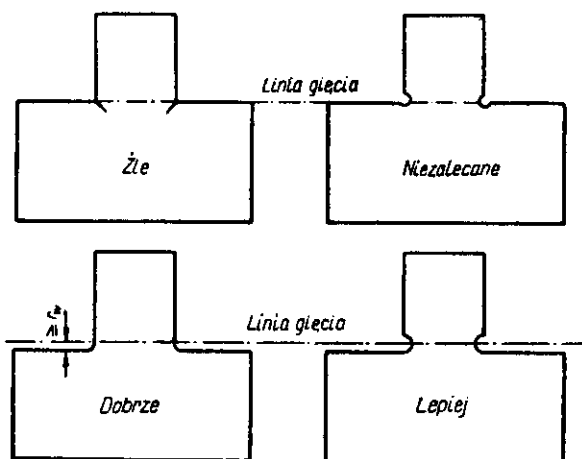
Najmniejszy promień gięcia przyjmuje się w granicach od 2 do 4 g.

4. W razie gięcia półwyrobu w różnych kierunkach oraz przy wykonywaniu prawych i lewych przedmiotów z jednego półwyrobu promień zaokrąglenia jednego z wygięć powinien być zwiększony.

Gięcie powinno być tak przeprowadzone, aby strona z zadziorami znalazła się na zewnętrznej stronie wygięcia o największym promieniu.

5. W celu zwiększenia sztywności giętych przedmiotów i uniknięcia sprężynowania zaleca się tłoczenie żeber usztywniających w poprzek linii gięcia.

6. Jeżeli konstrukcja montowanego zespołu wymaga przylegania bocznych półek i podstawy wygiętej zwory (z wewnętrznej strony do innych części) zaleca się zamiast



Rys. 391. Położenie linii gięcia

gięcia z ostrym wierzchołkiem kąta wewnętrznego wykonywać zaokrąglony rowek w miejscu wewnętrznej krawędzi gięcia.

7. Najmniejsza wysokość zginanej półki powinna wynosić $h \geq 3g$.

8. W razie gięcia przedmiotów mających szeroką i wąską część (rys. 391) promień gięcia nie powinien wchodzić na część szeroką, gdyż w przeciwnym razie powstają

zniekształcenia. Jeżeli warunki konstrukcyjne wymagają poprowadzenia linii w miejscu łączenia się tych części należy stosować wycięcia o szerokości $b \geq g$.

Położenie linii przedstawiono na rys. 391.

9. W przypadku gięcia wielooperacyjnego należy przewidzieć bazy technologiczne do ustalenia półwyrobów w poszczególnych operacjach.

Podstawowe wymagania technologiczne stawiane konstrukcji przedmiotów wykonywanych za pomocą ciągnięcia i kształtowania

1. Należy w miarę możliwości unikać bardzo złożonych i niesymetrycznych kształtów przedmiotów ciągniemych, stosując je tylko w przypadkach niezbędnych ze względów konstrukcyjnych.

2. Promienie zaokrąglenia przejścia ścianki w kołnierz powinny być w miarę możliwości duże (patrz tabl. 97), promienie zaokrąglenia przejścia ścianki w dno mogą być mniejsze ($r \geq 2 \div 4 g$).

Przejście ścianek w dno bez zaokrąglenia może być wykonane za pomocą dodatkowego dotłaczania lub w razie ciągnięcia bardzo grubych półwyrobów ($D/g \leq 20$ przy $m \geq 0,7$).

3. Należy unikać głębokich wytłoczek z dużym kołnierzem ($D > 3d$ przy $h \geq 2d$), wymagających dużej liczby operacji.

4. Półotwarte niesymetryczne kształty przedmiotów wydrążonych należy projektować uwzględniając możliwość ciągnięcia parami, z późniejszym rozcinaniem na dwie części.

5. W prostokątnych przedmiotach skrzynkowych należy unikać ostrych krawędzi kątów między ścianami pionowymi oraz między ścianami i dnem, z wyjątkiem przedmiotów o kształcie skrzynkowym wykonywanych wyciskaniem na zimno.

6. W razie wykonywania przedmiotów za pomocą wyciskania na zimno ich elementy konstrukcyjne powinny odpowiadać wartościom podanym w tabl. 144 i 145.

7. W przypadku ciągnięcia przedmiotów o złożonym kształcie należy przewidzieć bazy technologiczne do ustalania półwyrobów w poszczególnych operacjach.

2. Metody zwiększania technologiczności tłoczonych przedmiotów i sposoby zaoszczędzania materiału

Nadawanie technologicznych kształtów tłoczonym przedmiotom upraszcza procesy wytwórcze i ma decydujący wpływ na ekonomię zużycia materiałów.

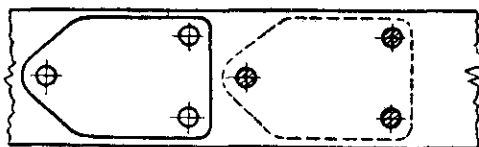
W większości przypadków kształt przedmiotów tłoczonych na zimno można zmienić bez jakiegokolwiek pogorszenia ich cech konstrukcyjnych lub eksploatacyjnych w taki sposób, że nowy kształt przedmiotu umożliwia znaczne zmniejszenie rozchodu materiału i zastosowanie tak zwanego małodopadowego lub bezodpadowego wykrawania.

Na rys. 392 podany jest przykład zmiany kształtu płytki z trzema otworami (z zachowaniem wszystkich zasadniczych wymiarów). W wyniku tej zmiany zastosowano bezodpadowe wykrawanie z podwójnym skokiem podawania materiału, uzyskując dwa przedmioty za każdym skokiem suwaka prasy i oszczędność materiału, w porównaniu z poprzednim sposobem wykrawania, wynoszącą w przybliżeniu 40%.

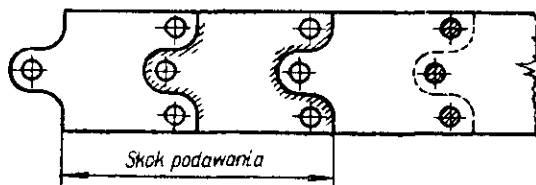
W danym przypadku uzyskuje się wykrawanie bezodpadowe dzięki temu, że zarys dwóch przeciwległych stron przedmiotu tworzą dwie jednakowe krzywe, których odpowiednie punkty są od siebie jednakowo oddalone, czyli krzywe są względem siebie przesunięte równolegle.

Taki zarys przedmiotu znacznie ułatwia obliczenie ich powierzchni i ciężaru, ponieważ powierzchnia przedmiotu ograniczona dwoma dowolnymi jednakowymi

krzywymi, równolegle względem siebie przesuniętymi, i dwoma liniami prostymi równoległymi, jest równa iloczynowi szerokości przedmiotu przez odległość między tymi krzywymi.

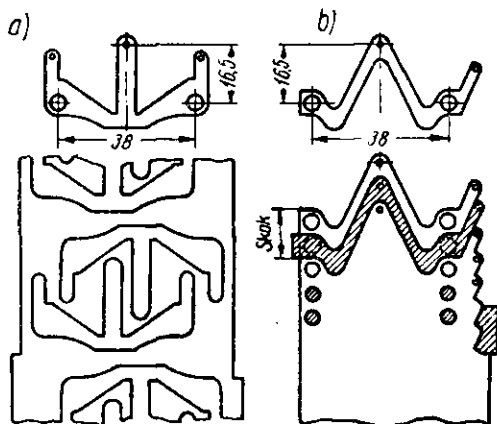


Rys. 392. Zmiana zarysu przedmiotu w celu uzyskania bezodpadowego wykrawania



Na rys. 393 przedstawiona jest zmiana konstrukcji sprężyny wyłącznika elektrycznego [137]. Sprężyna według dawnej konstrukcji miała niedogodny zarys, co powodowało odpad wynoszący 59%.

Po przeanalizowaniu konstrukcji sprężyny okazało się, że można zachować jej główne elementy (otwory do zamocowywania i otwory stykowe oraz ich rozstawie-



Rys. 393. Zmiana konstrukcji sprężyny wyłącznika elektrycznego w celu zmniejszenia rozchodu materiału: a) przed zmianą, b) po zmianie

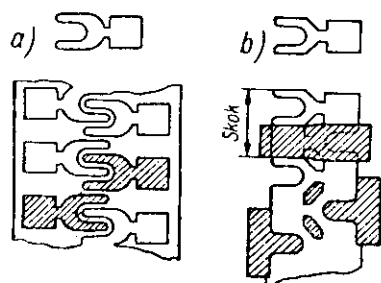
nie), a pomocnicze elementy przerobić w celu zmiany zarysu i zmniejszenia rozchodu materiału.

W tym przypadku zastosowano metodę jednakowych krzywych równolegle względem siebie przesuniętych, wykrawanie małoopadowe oraz dwuskokowy przesuw taśmy (dwa przedmioty na każdy skok suwaka prasy). Ilość odpadów zmalała z 59% do 7,5%.

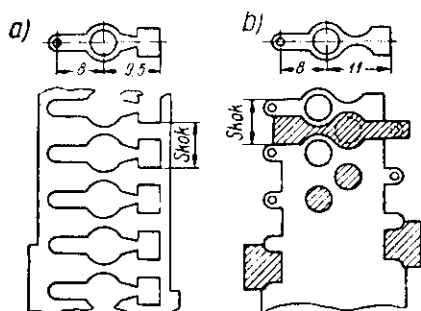
Na rys. 394 i 395 przedstawione są nieznaczne zmiany w celu uzyskania wykrawania małoopadowego [134]. Uzyskana oszczędność materiału wynosiła 35 ÷ 40%, wydajność wzrosła dwukrotnie.

Na rys. 396 podany jest przykład racjonalnej technologii wykonania oprawki do żarówki radioodbiornika. Dawny sposób wykonania, polegający na wykrawaniu

półwyrobu, ciągnięcia naparstka, okrawaniu, dziurkowaniu dna, wyoblaniu gwintu i frezowaniu wybrzań (6 operacji), został zastąpiony wykrawaniem półwyrobu, wytłaczaniem naparstka (rys. 396), wygniataniem gwintu i dziurkowaniem dna (4 operacje). Odpadła operacja frezowania wybrzań i okrawania; grubość materiału zmniejsza



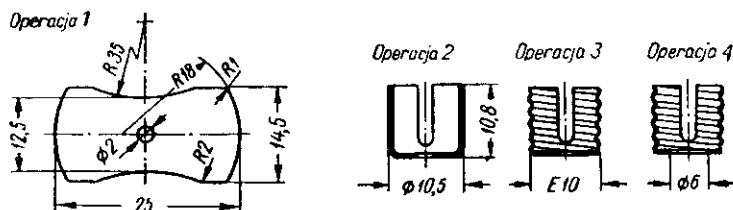
Rys. 394. Zmiana kształtu zacisku w celu zastosowania małoodpadowego wykrawania (rozkroju)



Rys. 395. Zmiana konstrukcji przedmiotu w celu zwiększenia technologiczności: a) przed zmianą, b) po zmianie

szono z 0,5 mm do 0,35 mm i osiągnięto ogólną oszczędność materiału wynoszącą 56%.

Jednym ze sposobów znacznej oszczędności materiału przy jednoczesnym zmniejszeniu ciężaru wytwarzanych maszyn jest zastosowanie cienkościennej kształtowników giętych zamiast ciężkich kształtowników walcowanych na gorąco. Takie lekkie



Rys. 396. Przebieg wykonania oprawki

kształtowniki wykonuje się z pasów materiału o grubości od 2 do 4 mm za pomocą gięcia na zimno na prasach krawędziowych lub na giętarekach rolkowych. Kształtowniki takie dają oszczędność materiału od 30 do 75% w porównaniu z kształtownikami walcowanymi na gorąco.

Na rys. 397 a, b podane są przykłady kształtowników giętych stosowanych w budowie maszyn rolniczych i transportowych, a na rys. 397c — niektóre typy lekkich kształtowników giętych z cienkiej stali nierdzewnej, wykonane na giętarekach.

Dużą oszczędność metalu i znaczne uproszczenie procesu obróbki daje zastosowanie części tłoczono-spawanych zamiast odlewanych, kutych lub nitowanych.

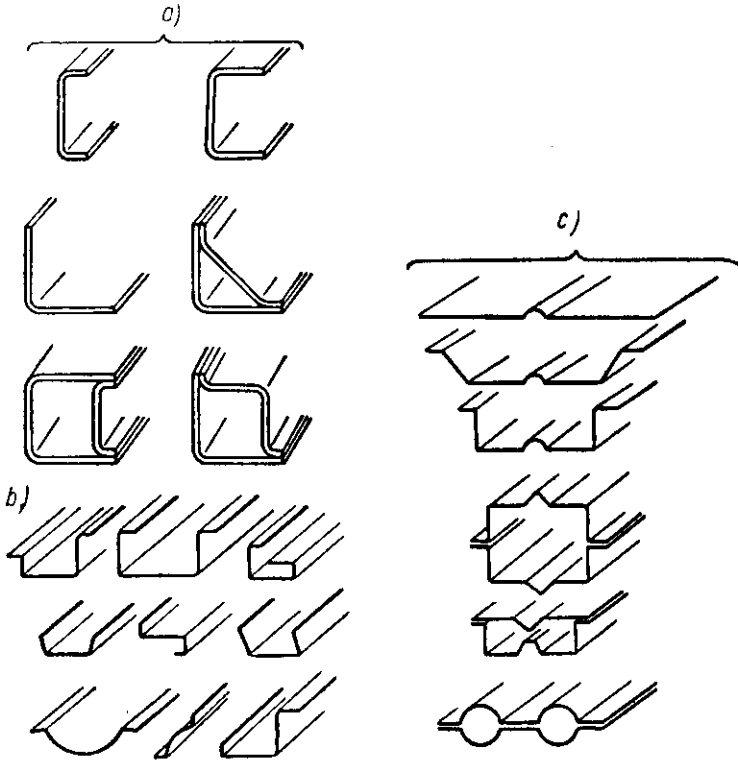
Na rys. 398 przedstawiona jest tłoczono-spawana rolka traktora gąsienicowego.

Zastosowanie takiej konstrukcji dało zaoszczędzenie stali o 38% i zmniejszyło pracochłonność obróbki maszynowej o 90% w porównaniu z poprzednim wykonaniem rolki z odlewu.

Do bardziej złożonych tłoczono-spawanych konstrukcji zalicza się nadwozia i budki samochodów, składające się z części tłoczonych łączonych zgrzewaniem liniowym lub punktowym (rys. 399).

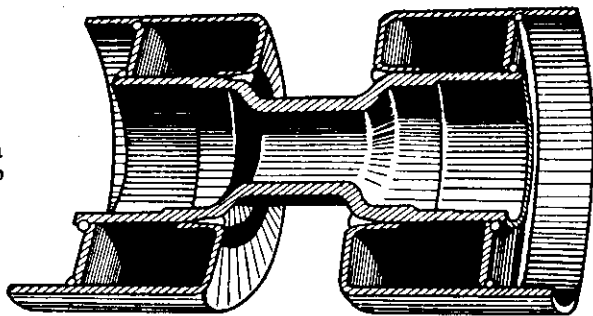
Nowym typem lekkich konstrukcji giętych są przekładkowe konstrukcje stosowane w USA do budowy samolotów ponaddźwiękowych i pocisków zdalnie sterowanych [323].

Stopy tytanu i stале nierdzewne wykazują wymaganą odporność przeciw utlenianiu i aerodynamicznemu nagrzewaniu, muszą one jednak spełniać określone wy-



Rys. 397. Przykłady lekkich giętych kształtowników

Rys. 398. Tłoczono-spawana rolka traktora gąsienicowego



magania dotyczące zwiększonego stosunku wytrzymałości do ciężaru, co może być osiągnięte tylko przez zastosowanie konstrukcji z powietrznymi komorami.

Przekładkowe konstrukcje przedstawiają sobą płyty składające się z wypełniacza (wykonanego z falistej taśmy z folii aluminiowej, cenniejszej taśmy ze stali nierdzewnej lub ze stopu tytanu) oraz z zewnętrznej okładziny z tych samych materiałów. Ko-

mórki wypełniacza mają kształt sześciokątny kwadratowy lub sinusoidalny (rys. 400a, b, c).

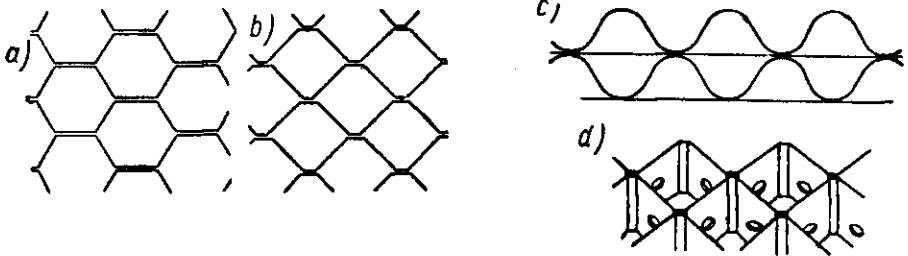
Grubość falistych taśm wypełniacza wynosi $0,025 \div 0,10$ mm. Grubość okładki wynosi $0,25 \div 0,75$ mm. Wzajemne połączenie falistych taśm wypełniacza, jak rów-



Rys. 399 Tłoczono-spawana budka samochodu ciężarowego

niez całego wypełniacza z okładziną, wykonuje się za pomocą klejów nieorganicznych na podstawie epoksydowej lub za pomocą lutowania twardego, lub — zgrzewania elektrycznego oporowego.

Wypełniacze komórkowe wykazują dużą wytrzymałość na ściskanie. W określonych warunkach można je poddawać obróbce skrawaniem (frezowanie, szlifowanie),



Rys. 400. Rodzaje konstrukcji przekładkowych (woszczynowe)

jak również wykazują podatność do kształtowania obróbką plastyczną (gięcie na walcach i kształtowanie krzywoliniowe w tłocznikach).

Masa jednostkowa materiałów przekładkowych ze stali nierdzewnej zależy od wymiarów komórek i grubości taśmy, orientacyjnie wynosi ona od $0,025$ do $0,10$ g/cm³ (od 25 do 100 kg/m³), czyli kilka razy mniej niż masa jednostkowa korka.

OPRACOWYWANIE PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH TŁOCZENIA NA ZIMNO

3. Przebieg opracowania procesów technologicznych [91]

Opracowanie procesów technologicznych tłoczenia na zimno jest podstawą przygotowania produkcji.

Stosunkowo znaczna pracochłonność przygotowania produkcji oraz wysoki koszt tłoczników stwarza potrzebę bardzo dokładnego opracowania procesów technologicznych i wyboru technicznie racjonalnego i ekonomicznie najbardziej efektywnego wariantu procesu technologicznego, odpowiadającego danej skali produkcji.

Obecnie brak jest jeszcze metodyki opracowywania procesów technologicznych obróbki plastycznej na zimno, dlatego w książce tej podane są tylko ogólne wskazania dotyczące tego zagadnienia.

Opracowanie procesu technologicznego tłoczenia na zimno składa się z następujących etapów:

- 1) analiza technologiczności konstrukcji przedmiotu,
- 2) określenie kształtu i wymiarów materiału wyjściowego (półwyrobu) oraz rozchodu materiału, przy najlepszym jego wykorzystaniu,
- 3) ustalenie najbardziej racjonalnego pod względem technicznym i ekonomicznym procesu technologicznego, zapewniającego wykonanie potrzebnych przedmiotów;
- 4) ustalenie typu, mocy i wymiarów potrzebnych maszyn,
- 5) ustalenie typu i technologicznego schematu tłoczniaka (sposób podawania materiału i usuwania przedmiotów itp.);
- 6) obliczenie pracochłonności wykonania tłoczonych przedmiotów oraz liczby i zaszerogowania pracowników produkcyjnych oraz wyliczenie kosztu robocizny przypadającego na jeden przedmiot,
- 7) określenie liczby maszyn i ich obciążenia w planie rocznym.

Przy opracowywaniu procesów technologicznych tłoczenia na zimno powinny być rozstrzygnięte następujące zagadnienia technologiczne:

- 1) określenie najdogodniejszego podziału (rozkroju) materiału i najmniejszych wymiarów półwyrobów wyjściowych,
- 2) ustalenie charakteru, liczby i kolejności operacji,
- 3) dobór stopnia złożoności (jednoczesności) operacji;
- 4) ustalenie liczby jednocześnie tłoczonych przedmiotów
- 5) określenie wymiarów i tolerancji¹⁾

¹⁾ Jeżeli nie można określić dokładnych wymiarów za pomocą obliczenia, to podaje się przybliżone wartości ze wskazaniem na konieczność przeprowadzenia prób, po czym koryguje się proces technologiczny.

Zwykle wymienione zagadnienia mogą być rozwiązane w kilku wariantach, przy czym podstawowym zadaniem technologa jest dobór najbardziej racjonalnego wariantu dla danego konkretnego przypadku, charakteryzującego się szeregiem cech technicznych i ekonomicznych.

Podstawowymi technicznymi cechami wpływającymi na wybór wariantu procesu technologicznego są: własności mechaniczne i grubość materiału, stopień złożoności kształtu przedmiotu i jego wymiary, wymagana dokładność, rozmieszczenie otworów, dokładność ich rozstawienia itp.

Podstawową cechą ekonomiczną, od której zależy rozwiązanie zagadnienia ekonomicznego doboru określonego wariantu, jest skala produkcji (masowa, wielkoseryjna lub drobnoseryjna).

4. Podział materiału i wielkość odstępów (mostków)

Wpływ podziału na ekonomiczność zużycia materiału

Zmniejszenie odpadów materiału w tłoczeniu na zimno ma bardzo duże znaczenie szczególnie w wielkoseryjnej i masowej produkcji, ponieważ przy dużej skali produkcji nawet nieznaczna oszczędność metalu na jednym przedmiocie daje w sumie poważne oszczędności.

Oszczędność materiału w tłoczeniu na zimno uzyskuje się za pomocą:

- 1) najbardziej celowego podziału arkuszy na pojedyncze półwyroby lub pasy z najmniejszymi odpadami;
- 2) najbardziej ekonomicznego rozmieszczenia wykrawanych półwyrobów w pasie;
- 3) zmniejszenie strat materiału na odstępach między wykrojami: odstępów wykrojów od krawędzi pasa lub taśmy (mostki);
- 4) zastosowanie tak zwanego bezodpadowego lub małoodpadowego wykrawania;
- 5) zwiększenia dokładności obliczenia wymiarów półwyrobów i zmniejszenia nadatków na skrawanie;
- 6) wykorzystania odpadów do wykonania innych przedmiotów;
- 7) zapobiegania powstawaniu braków oraz zmniejszenia zużycia materiału przy ustawianiu tłoczników itp.

Podział arkuszy blachy

Podział arkuszy blachy na pojedyncze półwyroby i pasy jest pierwszą operacją związaną z powstawaniem odpadów materiału.

Przy podziale arkuszy należy kierować się następującymi wskazaniem:

- 1) wycinanie półwyrobów wykonywać według starannie opracowanych kart rozkroju, uwzględniających najpełniejsze wykorzystanie materiału;
- 2) w razie wycinania dużych pojedynczych półwyrobów w produkcji seryjnej należy stosować złożony sposób podziału arkuszy przy najlepszym wykorzystaniu materiału i przestrzeganiu kompletności półwyrobów;
- 3) cięcie wąskich pasów wykonuje się wzdłuż arkusza (jeżeli nie jest wymagany podział poprzeczny), ponieważ z każdego pasa uzyskuje się wtedy większą liczbę półwyrobów i zmniejsza się ilość końcowych odpadów z pasów;
- 4) należy ciąć szerokie pasy (rozmieszczając odpowiednio półwyroby w pasie), ponieważ potrzebna jest przy tym mniejsza liczba cięć, jak również mniejsza wielkość przesuwu (skoku) pasa przy tłoczeniu, oprócz tego zmniejszają się zwykle straty na końcowe odpady;

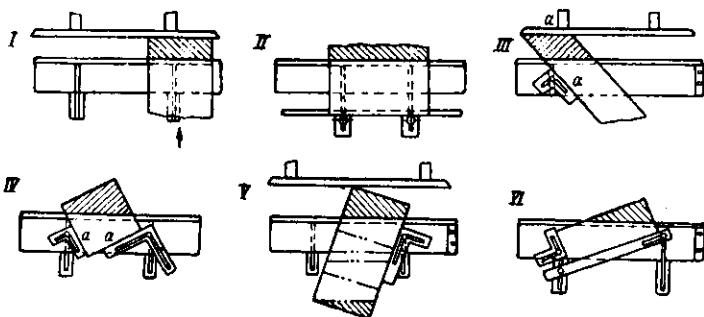
5) w masowej produkcji dużych przedmiotów zamawiać arkusze o specjalnych wymiarach, krotnych (dwa lub więcej razy) w stosunku do wymiarów półwyrobów ;

6) w masowej produkcji małych przedmiotów zastępować materiał w arkuszach taśmą zimnowalcowaną;

7) cięcie półwyrobów poddawanych następnie operacji gięcia należy wykonywać uwzględniając kierunek włókien, lecz pod warunkiem, że taki podział materiału nie powoduje zwiększenia ilości odpadów (ostatni warunek nie dotyczy twardych i małoplastycznych materiałów);

8) w razie cięcia na nożycach stosować specjalne urządzenia (nastawne zderzaki), ułatwiające nastawianie i zwiększające dokładność cięcia.

Wskazanie 7) stosuje się często bez przestrzegania warunku dotyczącego ekonomicznego podziału, co w wielu przypadkach prowadzi do niedopuszczalnego i nieusprawiedliwionego rozchodu materiału. W przypadku tłoczenia plastycznych metali zasada ta dotyczy tylko gięcia o bardzo małym promieniu ($r \leq 0,5g$), a nie obejmuje gięcia o większych promieniach, jakie najczęściej spotyka się w praktyce. Jeżeli prawidłowo usytuowana w poprzek włókien linia gięcia powoduje małe wy-



Rys. 401. Cięcie pojedynczych półwyrobów na nożycach gilotynowych

korzystanie materiału, należy zwiększyć promień gięcia, unikając w ten sposób potrzeby stosowania się do wymienionej zasady.

Oprócz cięcia pasów, na nożycach gilotynowych tną się duże pojedyncze półwyroby o prostoliniowym zarysie prostokątnym, trapezowym, rombowym i trójkątnym (rys. 401).

Wymienione rodzaje cięcia wykonuje się według tylnego (I), przedniego (II) lub dodatkowego (IV) zderzaka, można również zastosować układ dwóch zderzaków (III, V, VI).

W specjalnej produkcji masowej (produkcja opakowań do konserw) stosuje się specjalne nożyce do cięcia kształtowych pasów (rys. 402).

Nożyce te wykonują dwie operacje:

1) wycinają poprzeczne krawędzie arkusza za pomocą noży krążkowych,

2) tną arkusz na kształtowe pasy za pomocą stempla i matrycy.

Cięcie kształtowych półwyrobów daje oszczędność 3 do 6% materiału.

Kształtowe pasy podawane są na automat tłocznicy (z automatycznym podawaniem pasów).

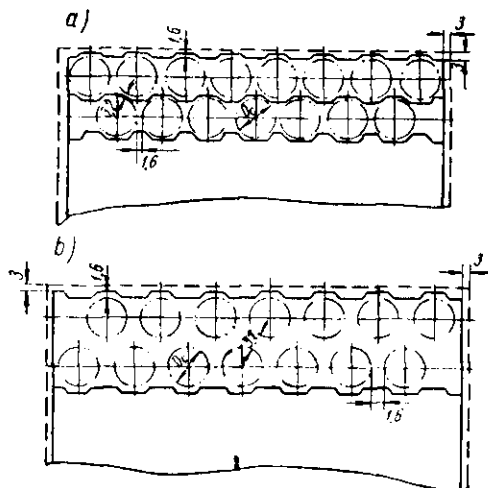
W produkcji drobnoseryjnej stosowane jest cięcie arkuszy na krzywoliniowe półwyroby, według linii traserskich lub według wzorników, na nożycach krążkowych lub skokowych (rys. 403).

W produkcji masowej i wielkoseryjnej małych przedmiotów cięcie arkuszy na wąskie pasy nie przedstawia trudności, ponieważ stosunkowo dużą liczbę arkuszy tną się na pasy o jednakowych wymiarach, przy czym odpady są zwykle małe.

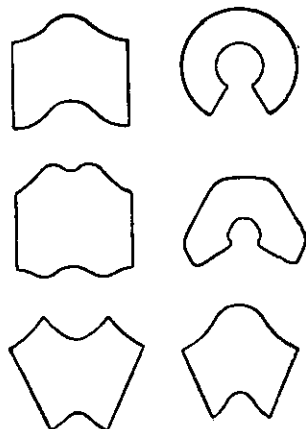
Znacznie bardziej złożony jest podział arkuszy w seryjnej produkcji dużych przedmiotów, gdy trzeba pociąć kilka arkuszy na niewielką liczbę różnych półwyrobów.

W danym przypadku powinna być zastosowana metoda złożonego podziału umożliwiającego najlepsze wykorzystanie materiału przy zachowaniu złożonej kompletności

Metodyka obliczania i projektowania najbardziej racjonalnego złożonego podziału



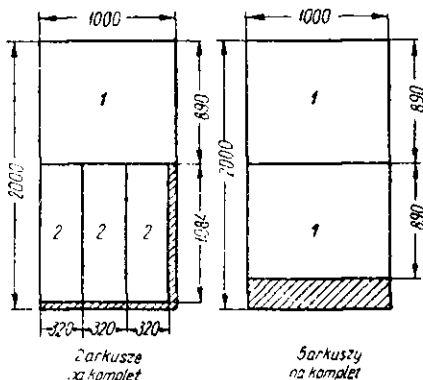
Rys. 402. Schemat podziału arkuszy blachy na nożycach do cięcia kształtowego: a) jednorzędowy, b) dwurzędowy



Rys. 403. Kształty półwyrobów wyciętych wg wzorników na nożycach krążkowych lub skokowych

arkuszy na różne półwyroby, przy zachowaniu ich kompletności, została opracowana przez radzieckich uczonych [43] i stosowana jest w wielu zakładach.

Na rys. 404 przedstawiony jest podział arkuszy w celu uzyskania dwóch prostokątnych części zrealizowany wymienioną metodą, przy czym część 1 potrzebna jest



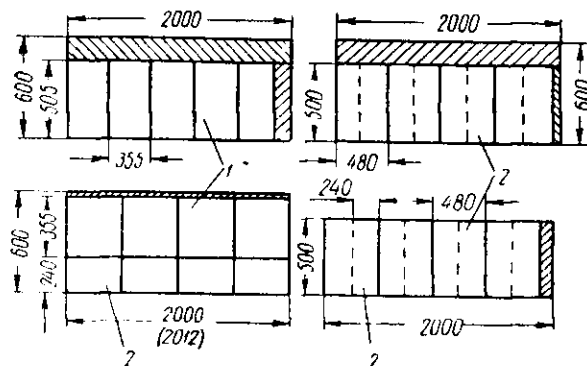
Rys. 404. Złożony podział arkuszy z uwzględnieniem kompletności części

w liczbie 12 sztuk, a część 2 — w liczbie 6 sztuk na komplet. Odpad o wymiarach 220×1000 mm wykorzystywany jest do innych zamówień.

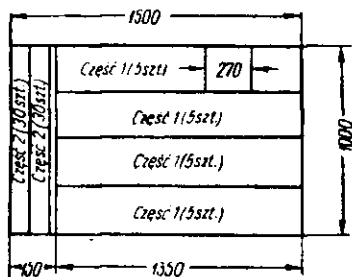
Podany wariant podziału jest najbardziej ekonomiczny ze wszystkich możliwych, tak na przykład cięcie sześciu arkuszy na części 1 jest niewłaściwe, ponieważ z pozostałego siódmego arkusza nie wytnie się sześciu części 2.

Na rys. 405 przedstawiona jest racjonalna metoda podziału arkuszy, w której za podstawę przyjęta jest zasada krotności wymiarów pojedynczych półwyrobów

w stosunku do wymiarów arkusza, przy czym wykorzystuje się dodatnią odchyłkę jego długości. Na rys. 405 u góry przedstawione są karty podziału arkuszy na półwyroby płyty piecyka gazowego (część 1 i 2) z odpadem $14 \div 16\%$, a na dole — schemat nowego bezodpadowego podziału.



Rys. 405. Racionalizacja podziału blachy



Rys. 406. Podział arkuszy z uwzględnieniem krotności wymiaru przedmiotu w długości pasa

W przypadku podziału arkuszy na szerokie pasy należy uwzględnić krotność wymiarów półwyrobów w wymiarze długości pasa (rys. 406).

Umożliwia to wykorzystanie niekrotnego odpadu na pasy do części 2, zamiast wyrzucenia go z końcami pasów przy wykrawaniu części 1.

Roźmieszczenie wykrojów w pasach materiału

Różne pod względem rozmieszczenia wykrojów sposoby wykrawania mogą być w zależności od ekonomiczności i wielkości odpadów technologicznych podzielone na następujące rodzaje:

1) wykrawanie z odpadami, w którym następuje cięcie wzdłuż całego obwodu przedmiotu, a mostek ma zarys zamknięty;

2) wykrawanie małoodpadowe, w którym wycina się albo odcina tylko część zarysu przedmiotu, a do odpadu przechodzi albo mostek między dwoma wykrojami, albo tylko brzegi pasa;

3) wykrawanie bezodpadowe, w którym przedmiot (półwyrob) uzyskuje się za pomocą prostoliniowego lub krzywoliniowego odcinania bez odstępów (mostków).



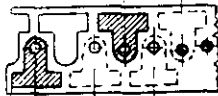
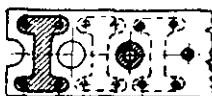

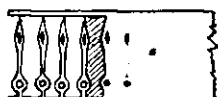
W danym przypadku pod pojęciem odpady technologiczne rozumie się odpady zależne od układu wykrojów i sposobu wykrawania danego przedmiotu. Odpady z wykrawanych otworów oraz odpady z początku i końca pasa wpływające na ogólny współczynnik wykorzystania materiału oraz normę jego rozchodu zależą wyłącznie od konstrukcji przedmiotu i nie charakteryzują samego sposobu rozmieszczenia wykrojów. Odpady te są nieuniknione i prawie niezmiennie przy dowolnym sposobie rozmieszczenia wykrojów.

Stosowane w praktyce główne sposoby wykrawania mogą być również sklasyfikowane według układu wykrojów w pasie, odpowiedniego do kształtu wycinanych przedmiotów i sprowadzonego do podstawowych układów przedstawionych w tabl. 164 i 165.

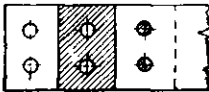
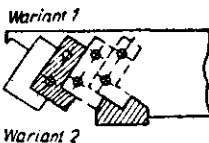


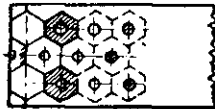

Odrębny typ rozmieszczenia wykrojów obejmujący wykrawanie kilku przedmiotów przy jednym skoku suwaka prasy z prostym lub pochyłym układem wykrojów stosuje się przy jednorzędowym wielotaktowo-wielokrotnym wykrawaniu wąskich przedmiotów (rys. 407 i 408) [94].

Sposób ten polega na jednorzędowym rozmieszczeniu kilku stempli wykrawających zewnętrzny zarys i stempli wykrawających otwory w odpowiednich od siebie

Tablica 164. Podstawowe układy wykrojów przy wykrawaniu z odpadami [94]

Układy wykrojów	Szkic	Zastosowanie	Sposób podawania materiału
Prosty		Do przedmiotów o prostym geometrycznym kształcie (prostokąt, koło, kwadrat)	
Pochyły		Do przedmiotów o kształcie kątownika lub innym złożonym zarysie, który przy prostym rozmieszczeniu daje duże odpady	Podawanie ręczne lub automatyczne
Naprzemianległy		Do przedmiotów o kształcie T, U itp., które przy prostym lub pochylonym rozmieszczeniu dają duże odpady	
Złożony		Do dwóch różnych przedmiotów o jednakowej grubości, w produkcji wielkoseryjnej i masowej	Podawanie automatycznie
Wielorzędowy		Do przedmiotów o małych wymiarach, w produkcji wielkoseryjnej i masowej	Podawanie ręczne, częściej automatyczne
Z wycianiem mostków		Do małych wąskich przedmiotów (wskazówki zegarków i podobne przedmioty) lub do wielotaktowego ciągnięcia w taśmie, w produkcji wielkoseryjnej i masowej	

Tablica 165. Podstawowe układy wykrojów przy wykrawaniu małodopadowym i bezodpadowym

Układy wykrojów	Szkic	Zastosowanie	Sposób podawania materiału
Prosty		Do przedmiotów o zarysie prostokątnym lub trapezowym	Ręczne podawanie do zderzaka (można wykrawać po 2 szt. przy jednym skoku suwaka)
Pochyły		Do przedmiotów o kształcie kątownika lub o innym zarysie, dopuszczających pewne wady zarysu	
Naprzemianległy		Do przedmiotów o kształcie T, U itp., dopuszczających pewne wady zarysu	Podawanie ręczne i automatyczne (po 2 szt. przy jednym skoku suwaka)
Złożony		Do dwóch różnych przedmiotów o jednakowej grubości o uzupełniających się zarysach	
Wielorzędowy		Do przedmiotów prostokątnych, kwadratowych lub sześciokątnych, o małych wymiarach w produkcji wielkoseryjnej i masowej	Podawanie ręczne lub automatyczne (po kilka sztuk przy jednym skoku suwaka)
Z wycianiem mostków		Do przedmiotów o kształcie wydłużonym wykonywanych z pasów lub z taśmy bez odcinania materiału wzdłuż dłuższych boków	Podawanie ręczne do zderzaka

Tablica 166. Odstęp między stemplami przy różnej krotności wykrawania

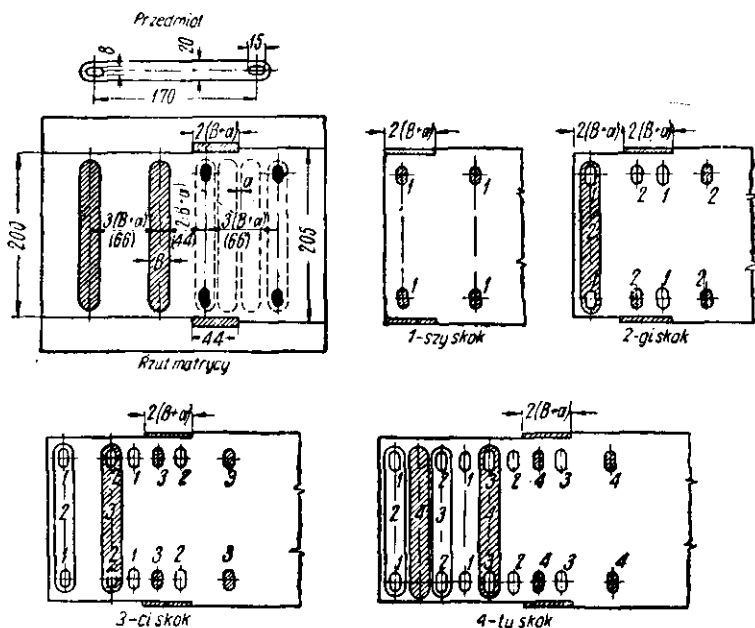
Krotność wykrawania	Skok podawania	Odstęp między osiami		
		stempli do wycinania zewnętrznych zarysów	stempli do dziurkowania	stempli do wycinania i do dziurkowania
Dwukrotne	$2h$	$3h$	$3h$	} $2h$
Trzykrotne	$3h$	$2h$	$2h$	
Czterokrotne	$4h$	$3h$	$3h$	
Pięciokrotne	$5h$	$2h$	$2h$	

Uwaga. h — podziałka rozmieszczenia wykrojów równa sumie szerokości przedmiotu i mostka.

odstępach (tabl. 166), aby uniknąć opuszczeń w taśmie lub powtórnego trafiania stempli w wykrojone już otwory.

Na rys. 407 i 408 zaznaczono cyframi kolejność wykonywania operacji i położenie stempli.

Z początku każdej taśmy otrzymuje się po jednym przedmiocie bez otworów.



Rys. 407. Jednorzędowe wielotaktowo-wielokrotne wykrawanie po dwa przedmioty jednocześnie

Na rys. 409 przedstawiony jest schemat wielotaktowo-wielokrotnego wykrawania stalówek po 4 sztuki za każdym skokiem suwaka prasy (zamiast 2 sztuk przy zwykłym dwurzędowym wielotaktowym wykrawaniu).

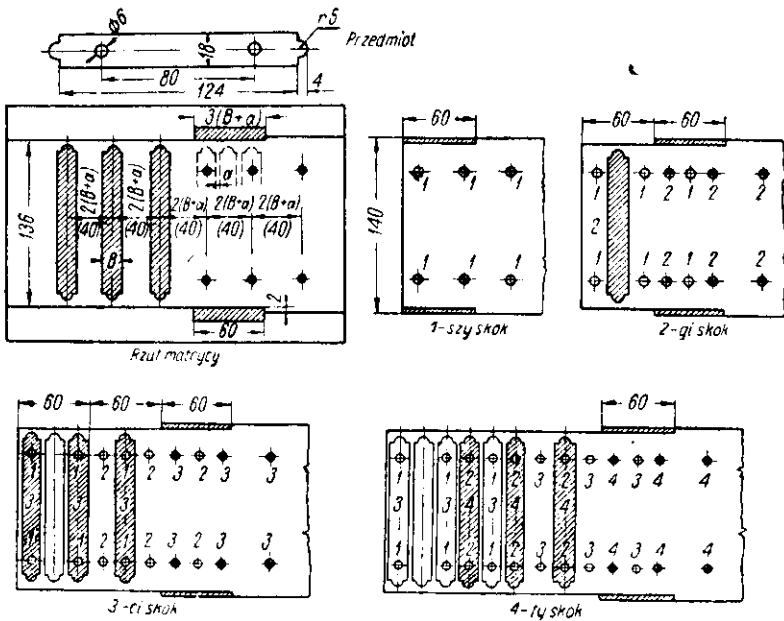
Wprowadzenie tego sposobu wykrawania umożliwiło zwiększenie wydajności każdej prasy z 95 na 190 tysięcy sztuk na jedną zmianę.

Ocenę ekonomiczności jakiegokolwiek typu rozmieszczenia wykrojów należy przeprowadzać za pośrednictwem współczynnika

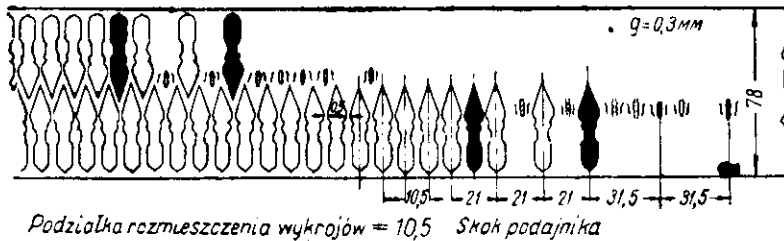
$$K_r = \frac{f_0 n}{Bh} 100\%$$

gdzie: f_0 — powierzchnia przedmiotu,
 h — skok (podziałka) wykrawania,
 B — szerokość pasa,
 n — liczba rzędów wykrojów.

Najbardziej ekonomiczne będzie rozmieszczenie wykrojów o największej wartości



Rys. 408. Jednorzędowe wielotaktowo-wielokrotne wykrawanie po trzy przedmioty jednocześnie



Rys. 409. Wielotaktowo-wielokrotne tłoczenie stalówek po 4 sztuki za każdym skokiem suwaka prasy

współczynnika K_r , lub o możliwie małej wartości Bh (powierzchnia materiału przypadająca na jeden przedmiot).

W razie jednoczesnego wykrawania dwóch różnych przedmiotów przyjmuje się do wzoru zamiast f_0 sumę powierzchni obu przedmiotów ($f_1 + f_2$). Odnosi się to również do przypadku wycinania dwóch przedmiotów dzięki wykorzystaniu odpadu z otworu jednego z nich (blachy stojaka i wirnika silnika elektrycznego itp.).

Współczynnik K_w nie daje jednak pełnego określenia ogólnego wykorzystania materiału. Określa się je ogólnym współczynnikiem wykorzystania materiału.

W przypadku wykrawania z pasa lub z taśmy

$$K_w = \frac{fn}{LB} 100\%$$

gdzie: f — powierzchnia przedmiotu bez otworu;

n — liczba przedmiotów otrzymywanych z pasa, z uwzględnieniem nie-wykorzystanych końców pasów;

L — długość pasa lub taśmy;

B — szerokość pasa lub taśmy.

Jeżeli nie ma końcowych odpadów, to

$$n = \frac{L}{h}; \quad K_w = \frac{f}{Bh} 100\%$$

W przypadku materiału wyjściowego w postaci arkusza blachy lub cięcia arkusza na pasy do jednakowych przedmiotów

$$K_w = \frac{fm}{AC} 100\%$$

gdzie: m — liczba przedmiotów otrzymywanych z arkusza, z uwzględnieniem nie-wykorzystanych końcowych odpadów z każdego pasa i odpadów przy cięciu arkusza na pasy;

A — długość arkusza;

C — szerokość arkusza.

Jeżeli arkusz rozcina się na pasy do dwóch lub kilku różnych przedmiotów, to ogólny współczynnik wykorzystania materiału określa się w następujący sposób

$$K_w = \frac{f_1 m_1 + f_2 m_2 + \dots + f_n m_n}{AC} 100\%$$

Wymiary odstępów oraz zastosowanie wykrawania bezodpadowego i małoopadowego

Ekonomiczność rozmieszczenia wykrojów zależy w znacznym stopniu od właściwej wielkości odstępów między wykrojami i odstępów wykrojów od krawędzi pasów lub taśm (mostków).

Podstawowym przeznaczeniem odstępów jest kompensowanie błędów podawania materiału i ustalania go w tłoczniku, w celu zapewnienia wykrawania całkowitych (pełnych) przedmiotów i zapobiegania powstawaniu braków.

Oprócz tego odstępki powinny zapewniać dostateczną wytrzymałość i sztywność odpadu potrzebną do podawania materiału.

Z wymienionych względów wielkość odstępów zależy od następujących czynników:

- 1) grubości i twardości materiału,
- 2) wymiarów i kształtu zarysu przedmiotu,
- 3) układu wykrojów (prosty, naprzemianległy itp.),
- 4) sposobu podawania pasa (z bocznym dociskiem lub bez),
- 5) rodzaju zderzaka (nieruchomy, ruchomy, nóż boczny, piloty).

Zmniejszenie odstępów (mostków) jest bardzo celowe pod względem oszczędności materiału, ponieważ mostek jest odpadem. Wielkość tego odpadu zależy od złożoności zarysu i grubości przedmiotu wykrawanego i osiąga ona niekiedy wartość 40—50%.

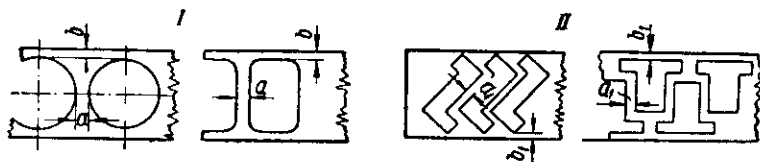
Szczególnie duże są straty na odstępy przy wykrawaniu przedmiotów z grubych materiałów, ponieważ stosuje się do nich większe odstępy, dające zwiększenie odpadu proporcjonalnie do zwiększenia grubości i szerokości mostków.

Tablica 167. Najmniejsze wymiary odstępów w mm

Grubość materiału w mm	Odstępy	
	a i b	a_1 i b_1
0,3	1,4	2,3
0,5	1,0	1,8
1,0	1,2	2,0
1,5	1,4	2,2
2,0	1,6	2,5
2,5	1,8	2,8
3,0	2,0	3,0
3,5	2,2	3,2
4,0	2,5	3,5
5,0	3,0	4,0
6,0	3,5	4,5
7,0	4,0	5,0
8,0	4,5	5,5
9,0	5,0	6,0
10,0	5,5	6,5

Uwaga. a — odstęp między małymi wykrojami o prostych zarysach (rys. 410 I), a_1 — odstęp między dużymi wykrojami o złożonych zarysach (rys. 410 II), b — boczne odstępy przy pracy z bocznym dociskaniem pasa, b_1 — boczne odstępy przy pracy bez bocznego dociskania.

Zmniejszenie wymiarów odstępów można osiągnąć różnymi sposobami, na przykład przez zastosowanie bocznego dociskania pasa, wskutek czego można przyjąć mniejsze odstępy lub za pomocą dokładnego ustalania taśmy pilotami. W tabl. 167 podane



Rys. 410. Odstępy (mostki) przy wykrawaniu (do tabl. 167)

są sprawdzone w masowej produkcji wymiary odstępów przy podstawowych sposobach wykrawania (rys. 410).

W razie zastosowania automatycznego podajnika zaciskowego wymiary odstępów mogą być zmniejszone o 10 do 20%, a w przypadku zastosowania podajnika hakowego — zwiększone o 10% w stosunku do wymiarów podanych w tabl. 167.

W przypadku wielozabiegowego ciągnięcia w taśmie przyjmuje się wymiary odstępów nieco większe. Odstęp między nadcięciami lub wymiary wykrawanych odstępów (mostków) przyjmuje się zwykle równe 1,5 do 2,5 mm.

Wymiary bocznych odstępów do wielotaktowego ciągnięcia w taśmie podano w tabl. 168.

Na rys. 411 przedstawione są układy wykrojów i nadcięć stosowane przy wielozabiegowym tłoczeniu wielotaktowym (gięciu, ciągnięciu) w taśmie.

Podane w tabl. 167 wymiary odstępów nie dotyczą tłoczenia na specjalnych automatach poziomych. Na automatach tych stosowany jest „łańcuszkowy” sposób

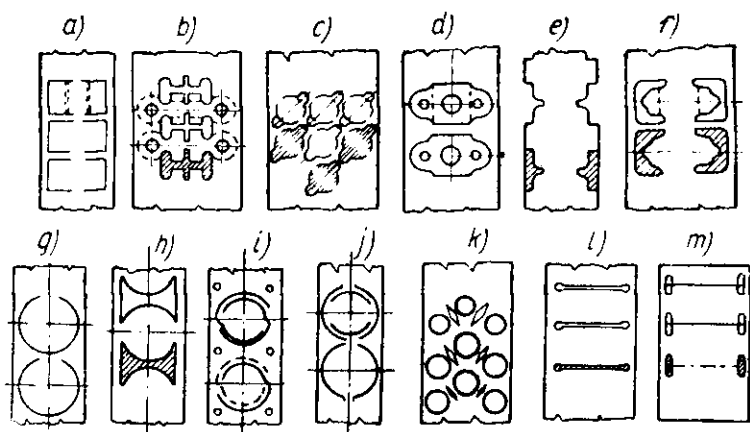
Tablica 168. Wymiary bocznych odstępów w mm przy wielotaktowym ciągnięciu w taśmie, w mm

Wymiary płytek w mm	Wymiary odstępów przy ciągnięciu	
	w pełnej taśmie	z nadcięciami zarysów płytek
do 10	1—15	1,5—2
10—30	1,5—2	2—2,5
ponad 30	2—2,5	3—3,5

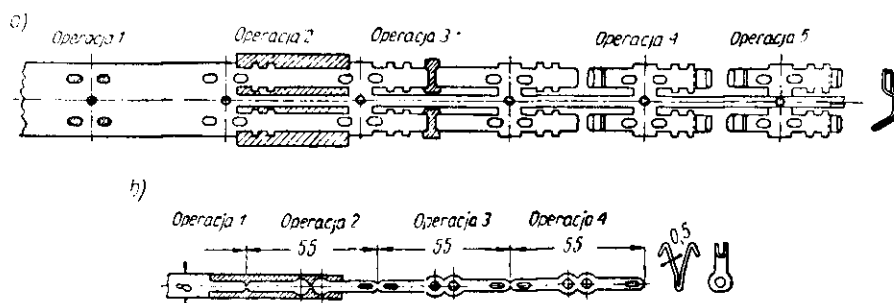
rozmieszczenia wykrojów (rys. 412) dający duże odpady materiału, co jest istotną wadą tej metody wykrawania.

W tabl. 169 podana jest szerokość brzegu odcinanego nożem bocznym. Szerokość ta powinna być większa od tolerancji szerokości pasa lub taśmy.

Należy w miarę możliwości unikać stosowania noża bocznego do ograniczania



Rys. 411. Układy wykrojów i nadcięć przy wielotaktowym tłoczeniu w taśmie: a—f) — przy wielotaktowym gięciu, g—m) — przy wielotaktowym ciągnięciu



Rys. 412. „Łańcuszkowy” sposób rozmieszczenia wykrojów przy tłoczeniu na specjalnych automatach tłoczących

przesuwu materiału, ponieważ uzyskiwane przy tym zwiększenie wydajności związane jest ze stratami materiału.

Noże boczne należy stosować tylko w trzech przypadkach:

1) gdy służą one nie tylko do ograniczania przesuwu materiału, lecz również jednocześnie wykonują kształtowe wykrawanie bocznego zarysu przedmiotu;

2) gdy nie należy stosować zderzaka innego typu, jak na przykład w niektórych przypadkach małodopadowego tłoczenia;

3) gdy nóż boczny można umieścić nad odpadem z pasa (rys. 413), ponieważ w tym przypadku nie trzeba zwiększyć jego szerokości. Konstrukcja ta stosowana jest w razie dostatecznie sztywnego odpadu.

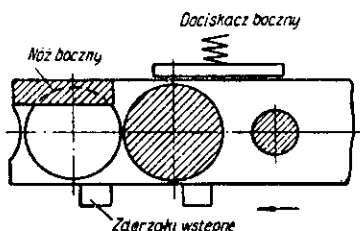
Tablica 169. Szerokość brzegu odcinanego nożem bocznym, w mm

Grubość materiału	Szerokość materiału
do 1	1,5
1,5—2,5	2,0
2,5—3,5	2,5

W większości przypadków zamiast noży bocznych mogą być stosowane różne rodzaje zderzaków (na przykład w postaci bocznej zapadki zaskakującej w kątowne wcięcie).

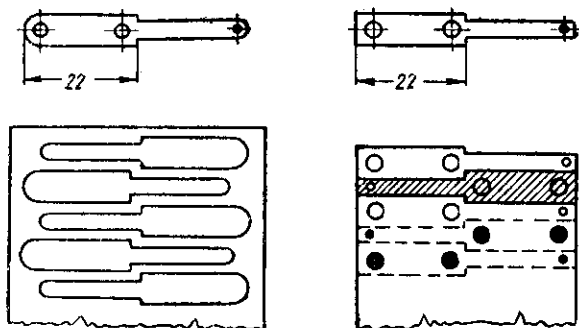
W przypadku wielozabiegowego wielotaktowego ciągnięcia w taśmie nie ma również konieczności stosowania noży bocznych, ponieważ uzyskana w pierwszych

Rys. 413. Umieszczanie noża bocznego nad odpadem



zabiegach wypukłość umożliwia ustalanie taśmy w gniazdach matryc następnym zabiegów, dopóki taśma nie dojdzie do stałego zderzaka

Największe znaczenie dla ekonomiczności zużycia materiału ma szerokie stosowanie wykrawania bezodpadowego i małodopadowego.

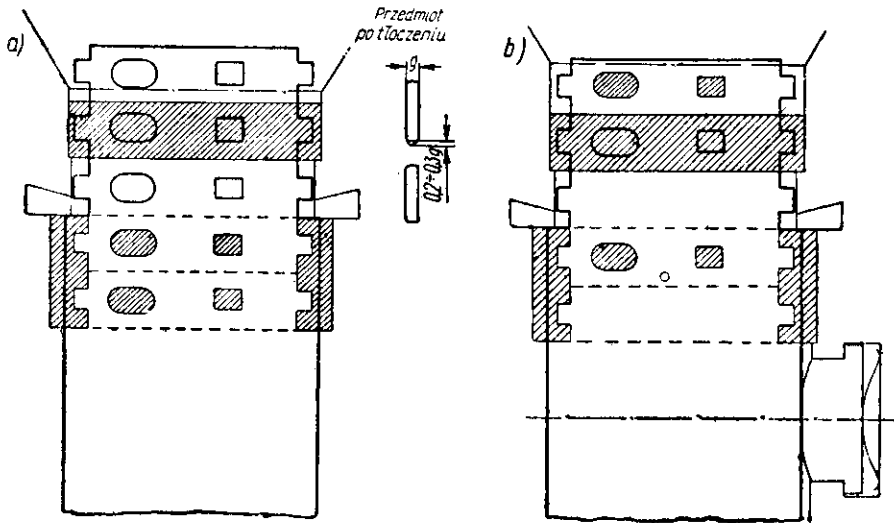


Rys. 414 Przykład przejścia na wykrawanie bezodpadowe

Do niedawna sposoby te były stosowane głównie do wykonywania przedmiotów ze stosunkowo grubego materiału w produkcji maszyn drogowych i rolniczych, wagonów, w produkcji różnych części stalowych powszechnego zastosowania itp.

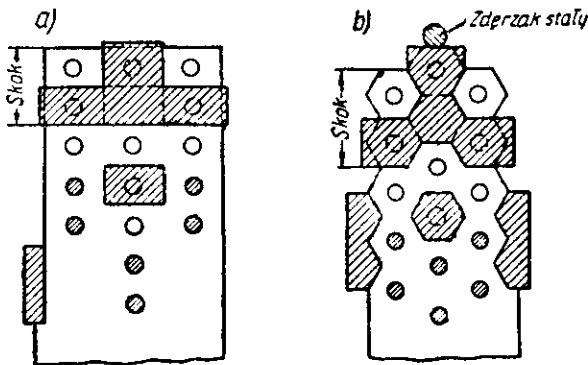
Mylne jest twierdzenie, że do bardziej dokładnych wyrobów lub wyrobów z cienkiego materiału nie nadają się wymienione sposoby wykrawania.

Doświadczenia przodujących zakładów Związku Radzieckiego wykazały, że sposoby bezodpadowego i małodopadowego wykrawania mogą być z powodzeniem stosowane w przemyśle elektrotechnicznym i radiowym, w budowie przyrządów i aparatów. Zapewniają one dokładność zarysów w granicach 7, a niekiedy 5 klasy.



Rys. 415. Zmiana schematu małodopadowego wykrojnika w celu usunięcia wad: a) dawny sposób b) nowy sposób

Na rys. 414 przedstawiony jest przykład przejścia z wykrawania zwykłego na bezodpadowe z nieznaczną zmianą zarysu przedmiotu. Uzyskana oszczędność materiału wynosi 29%. Zastosowano przy tym podwójny przesuw materiału dający dwa przedmioty za każdym skokiem suwaka prasy. Jeden przedmiot spada przelo-



Rys. 416. Wielotaktowe małodopadowe wykrawanie nakrętek po 6 sztuk jednocześnie: a) kwadratowe b) sześciokątne

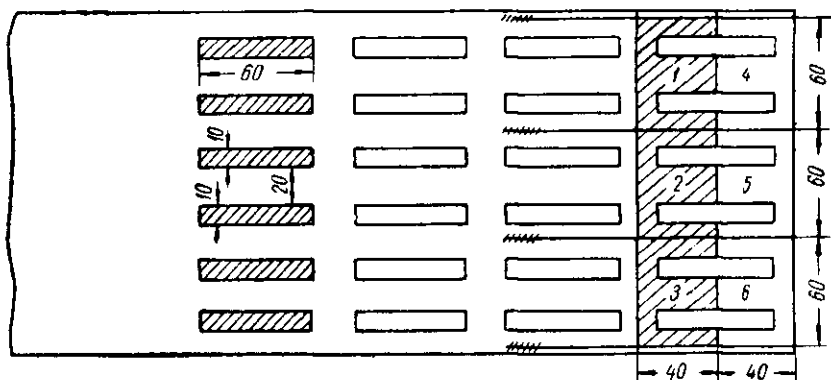
towo przez otwór w matrycy, a drugi jest odcinany i zsuwa się po zewnętrznej skośnej powierzchni matrycy.

Wadą wykrawania z podwójnym skokiem przesuwu materiału jest unoszenie się odcinanego przedmiotu, wskutek czego otrzymuje się przedmioty o różnym

charakterze powierzchni ścięcia, ponieważ w odcinającym przedmiocie powstaje skos (rys. 415a). Dlatego odcinany przedmiot jest nieco szerszy od wycinanego.

Na rys. 415b przedstawiony jest sposób usuwający wymienioną wadę dzięki przemieszczeniu jednej pary stempli dziurkujących poza stempel wykrawający zewnętrzny zarys, wskutek czego odcinany przedmiot nie może się unosić.

Na rys. 416 podane są schematy małoodpadowego wykrawania małych kwadratowych i sześciokątnych nakrętek, po 6 sztuk za każdym skokiem suwaka prasy,



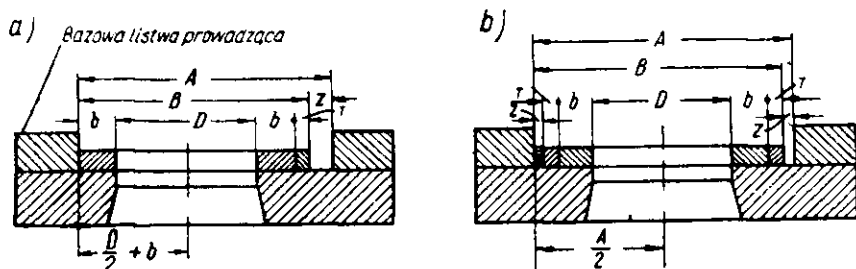
Rys. 417. Wielotaktowe bezodpadowe wykrawanie płytek transformatora

przy podwójnym przesuwie materiału, przy czym cztery nakrętki wycinane są na przelot, a dwie pozostają na powierzchni wykrojnika [135].

Na rys. 417 przedstawiony jest schemat wielotaktowego wykrawania po 6 sztuk trójzębnych i 6 sztuk zamykających płytek transformatora za każdym skokiem suwaka prasy. Rozcinanie wzdłużne i odcinanie brzegów wykonywane jest bocznymi krążkami podającymi, wbudowanymi w konstrukcję wykrojnika [348].

Określenie szerokości pasa

Wymiary bocznych odstępów podane w tabl. 167 należy traktować jako przybliżone, ponieważ w rzeczywistości zależą one nie tylko od sposobu wykrawania (z bocznym dociskaniem pasa lub bez dociskania), lecz również od tolerancji szerokości pasa.



Rys. 418. Schematy do obliczania nominalnej szerokości pasa: a) tłoczenie z bocznym dociskaniem b) tłoczenie bez bocznego dociskania

Obliczenie nominalnej szerokości pasa przeprowadza się wychodząc z warunku zachowania niezbędnego minimalnego odstępu bocznego (b) przy różnych sposobach podawania materiału i różnych tolerancjach szerokości pasa.

Tablica 170. Wzory do obliczania nominalnej szerokości pasa

Sposób podawania	Nominalna szerokość pasa	Odległość między listwami prowadzącymi
Z bocznym dociskaniem pasa (rys. 376a)	$B = D + 2b + T$	$A = B + z = D + 2b + T + z$
Bez bocznego docisku pasa (rys. 376b)	$B = D + 2(b + T) + z$	$A = B + z = D + 2(b + T + z)$

Przyjęte oznaczenia:

B — nominalna szerokość pasa,
 A — odległość między listwami prowadzącymi,
 D — wymiar wycinanego przedmiotu (w poprzek pasa),
 b — najmniejsza szerokość bocznego mostka wg tabl. 167,
 z — najmniejszy luz listwami prowadzącymi i pasem (przy największej szerokości pasa),
 T — jednostronna (ujemna) odchyłka szerokości pasa.

Na rys. 418 przedstawione są schematy do obliczania nominalnej szerokości pasa w przypadku wykrawania z bocznym dociskaniem i bez dociskania, przy tolerancji szerokości pasa skierowanej w głąb materiału.

Wzory służące do obliczania nominalnej szerokości pasa podane są w tabl. 170.

W razie pracy z bocznym dociskaniem pasa otrzymuje się z obliczenia mniejszą jego szerokość nominalną niż przy pracy bez bocznego dociskania o sumę wymiaru gwarantowanego luzu i tolerancji szerokości pasa. W masowej produkcji ma to znaczenie ekonomiczne, ponieważ daje oszczędność materiału.

W razie zastosowania podajnika walcowego nie stosuje się bocznego dociskania pasa ponieważ wywołuje ono tarcie, hamowanie i poślizg taśmy, wskutek czego podawanie materiału jest zakłócone.

Bocznego dociskania nie stosuje się również do materiałów o grubości mniejszej od 0,3 mm.

Szerokości pasa oblicza się według następujących zasad:

1) nominalna szerokość pasa zależy od wartości tolerancji, którą dodaje się do szerokości pasa;

2) w razie wykrawania z bocznym dociskaniem nominalna szerokość pasa nie zależy od wartości gwarantowanego luzu z , co umożliwi stosowanie taśm i pasów o mniej dokładnej szerokości;

3) w razie wykrawania bez bocznego dociskania nominalna szerokość pasa zależy od wartości luzu z , który powinien być utrzymany w możliwie wąskim zakresie, gdyż w przeciwnym przypadku może nastąpić wysunięcie się zarysu wykroju poza krawędź pasa.

Tablica 171. Najmniejszy luz z przy tłoczeniu bez bocznego dociskania pasa, w mm

Szerokość pasa w mm	Układ wykrojów	
	jednorzędowy ¹⁾	naprzemianległy
do 100	0,5—1,0	1,5—2
ponad 100	1,0—1,5	2—3

¹⁾ Większe wartości — przy dużej grubości materiału.

Tablica 172 Odchyłki szerokości niskowęglowej stalowej taśmy zimnowalcowej z obciętymi brzegami
w mm
(wg ГОСТ 503—41)

Grubość w mm	Odchyłki szerokości taśmy			
	zwykłej dokładności o szerokości		podwyższonej dokładności o szerokości	
	do 100	ponad 100	do 100	ponad 100
0,05—0,5	—0,3	—0,5	—0,15	—0,25
0,55—1,0	—0,4	—0,6	—0,3	—0,4
ponad 1,0	—0,6	—0,8	—0,4	—0,6

Tablica 173. Odchyłki szerokości taśmy ze stali konstrukcyjnej z obciętymi brzegami (wg ГОСТ 2284—43) w mm

Grubość w mm	Odchyłki szerokości taśmy	
	zwykłej dokładności	podwyższonej dokładności
0,1—0,5	—0,3	—0,2
0,5—1,0	—0,4	—0,3
ponad 1,0	—0,6	—0,4

Tablica 174. Odchyłki szerokości pasów ciętych nożycami gilotynowymi, w mm

Szerokość pasa w mm	Grubość materiału w mm			
	do 1	1—2	2—3	3—5
do 100	—0,6	—0,8	—1,2	—2,0
ponad 100	—0,8	—1,2	—2,0	—3,0

W tabl. 171 ÷ 174 podano wartości poszczególnych wielkości wchodzących do wzorów do obliczenia szerokości pasa.

W tabl. 172 i 173 podane są tolerancje taśmy stalowej zimnowalcowanej według ГОСТ 503-41 i ГОСТ 2284-43, w a tabl. 174 — tolerancje szerokości pasów ciętych na nożycach gilotynowych. Taśmę z nieobciętymi brzegami można stosować do tłoczenia w wykrojnیکach z bocznym dociskaniem lub ze z góry przewidzianymi zwiększonymi odstępami bocznymi.

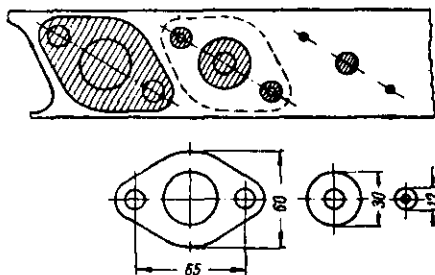
Otrzymywane wyniki obliczeń należy zaokrąglić w górę do 0,5 lub 1 mm.

Wykorzystanie odpadów i inne metody oszczędności materiału

W walce o ekonomiczne zużycie materiału duże znaczenie ma wykorzystanie odpadów do wykonania mniejszych przedmiotów. Umożliwia to uniknięcie zamawiania materiału na te przedmioty i znacznie zwiększa ogólny współczynnik wykorzystania materiału w zakładzie.

Na rys. 419 przedstawiony jest sposób złożonego wykrawania trzech przedmiotów, przy czym wymiary krążków i otworów są uzgodnione; krążki otrzymuje się z odpadów podczas wielotaktowego wykrawania.

Na rys. 420 przedstawiony jest schemat złożonego małoodpadowego wykrawania dwóch części rdzenia transformatora, przy czym część 2 wykonywana jest z odpadu powstającego przy wykrawaniu części 1. Szczególnie dobre wyniki daje wykorzystanie odpadów w zakładzie mającym duże odpady z arkuszy blachy.



Rys. 419. Złożone wykrawanie z uzgodnieniem wymiarów wykrawanych przedmiotów

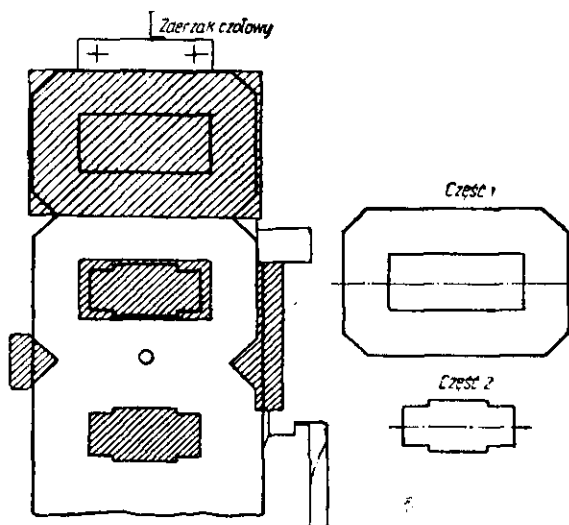
Ponieważ niekiedy odpady są odkształcone, to w niektórych zakładach poddaje się je prostowaniu na specjalnych walcach.

Zasługują na uwagę doświadczenia szeregu zakładów wykonujących walcowanie odpadów z pasów na mniejszą grubość. Umożliwia to szersze wykorzystywanie odpadów i zwiększenie współczynnika wykorzystania materiału.

Często zdarza się w masowej produkcji nadmierny rozchód materiału wskutek zastosowania znormalizowanej taśmy o zbyt dużej szerokości.

W przypadku, gdy znormalizowana szerokość taśmy (różnice szerokości 3 i 5 mm)

Rys. 420. Małoodpadowe wykrawanie z wykorzystaniem odpadu do wykonania innego przedmiotu



powoduje nadmierny rozchód materiału, należy zamawiać taśmy o potrzebnej nieznormalizowanej szerokości.

W produkcji samochodów przy wykonywaniu części nadwozia stosuje się niektóre metody [264, 315] dające znaczną oszczędność metalu, jak:

1) zmiana kształtu wyłoczki i linii docisku umożliwiająca zmniejszenie głębokości ciągnięcia (a wskutek tego i rozchodu materiału) przy zachowaniu przestrzenne go kształtu przedmiotu;

2) zmniejszenie wymiarów materiału wyjściowego za pomocą zastosowania zeber ciągowych w postaci progu umieszczonych w pobliżu ciągowej krawędzi matrycy;

3) zmniejszenie głębokości ciągnięcia za pomocą maksymalnego przybliżenia linii okrawania do powierzchni dociskacza, jak również przez pozostawienie części płaskiego kołnierza i następnie wywiniecie go;

4) wykorzystanie odkształconych odpadów oraz materiału pękniętych lub za-brakowanych wytłoczek.

5. Ustalenie charakteru, liczby, kolejności i jednoczesności operacji

Charakter operacji (odkształcenia) określa się w zasadzie geometrycznym kształtem tłoczonych przedmiotów, stanem ich powierzchni (gładką lub ze wzorami), istnieniem wycięć lub otworów itp.

Liczba i kolejność operacji zależy od ukształtowania i łączenia konstrukcyjnych elementów przedmiotu, wymagających dokładności i przestrzegania baz obróbkowych.

Różnorodne spotykane w praktyce kształty i różne połączenia konstrukcyjnych elementów wraz z różnorodnymi wymaganiami technicznymi i przesłankami ekonomicznymi, uniemożliwiają ustalenie typowego rozwiązania, które nadawałoby się dla dowolnego przypadku. Dlatego mogą być podane tylko następujące ogólne wskazania.

1. Należy dążyć do zaprojektowania najmniejszej liczby operacji i do zwiększenia ich wydajności. Wyjątkiem może być tłoczenie w produkcji drobnoseryjnej w tym przypadku, gdy zmniejszenie liczby operacji powoduje konieczność wykonania złożonych i drogiej tłoczników.

2. W razie tłoczenia płaskich przedmiotów z dużą liczbą blisko siebie rozmieszczonych otworów celowe jest dziurkowanie otworów rzędami; dziurkowanie dużej liczby bocznych otworów w przedmiotach ciągniętych wskazane jest wykonywać grupami, z automatycznym obrotem przedmiotu, w czasie kilku skoków suwaka prasy, lecz z zastosowaniem prostych i trwałych tłoczników; dziurkowanie szeregu bocznych otworów w dużych przedmiotach wskazane jest wykonywać podczas jednego skoku suwaka prasy w tłocznikach z klinami napędowymi.

3. W szeregu przypadkach kolejność operacji zależy od wymaganej dokładności poszczególnych elementów przedmiotu. Na przykład przy wykonywaniu giętych przedmiotów z otworami, w razie wymaganej małej dokładności położenia otworów w stosunku do bazy, należy dziurkowanie ich przeprowadzać w płaskim półwyrobie, w razie jednak dużej dokładności przewyższającej błędy przy gięciu należy dziurkowanie przeprowadzać po gięciu.

4. W przypadku wykonywania złożonych przedmiotów giętych o przekroju zamkniętym lub półzamkniętym liczba operacji gięcia i ich łączenie zależy od kształtu przedmiotu, wymaganej dokładności i ekonomicznej celowości zastosowania złożonych wyginaków.

5. Liczba kolejnych operacji ciągnięcia zależy od względnej głębokości przedmiotu. Oblicza się ją ogólnie znanymi metodami według optymalnych wartości współczynników ciągnięcia (tabl. 67 i 70).

6. W większości przypadków po głębokim ciągnięciu należy przeprowadzać okrawanie brzegów przedmiotu, tak jak i po wyciskaniu na zimno.

7. W razie wysokich wymagań stawianych płaskim przedmiotom wykrawanym należy przewidzieć prostowanie ich w specjalnych tłocznikach (prostownikach).

8. Przedmioty, od których wymagana jest wysoka gładkość powierzchni ścięcia, należy poddawać po wykrawaniu operacji wygładzania lub stosować wykrawanie gładkościowe.

9. W razie wykonywania przedmiotów wydrążonych, bez dna należy najpierw wykonać operację wywijania, a następnie ciągnięcie.

W przypadku wysokiej ścianki kolnierza należy stosować płytkie ciągnięcie, a następnie wykrawanie otworu w dnie i wywijanie lub wywijanie ze ścienianiem ścianek.

10. W razie wykonywania ciągniętych lub giętych przedmiotów z ostrymi krawędziami załamań powierzchni zamiast zaokrąglonych należy po ciągnięciu lub gięciu stosować operację dołączania.

Najbardziej złożonym zagadnieniem, które musi rozwiązać technolog przy opracowywaniu procesów technologicznych tłoczenia na zimno, jest sprawa łączenia operacji. Polega ona na rozstrzygnięciu, czy korzystnie jest zastosować złożone i drogie tłoczniaki wykonujące kilka zabiegów, czy wykonywać te zabiegi w oddzielnych operacjach prostymi i tanimi tłoczniakami.

W razie wykonywania bardzo małych przedmiotów celowe jest stosowanie złożonych tłoczniaków, dających całkowicie wykończone przedmioty, ponieważ wykonywanie poszczególnych zabiegów w oddzielnych operacjach, z ręcznym podawaniem szczypcami przedmiotów do tłoczniaków, jest mało wydajne i niebezpieczne.

Złożone tłoczniaki okazują się również celowe w przypadku tłoczenia dużych przedmiotów, ponieważ duży złożony tłoczniak może być tańszy, niż dwa również duże tłoczniaki jednozabiegowe.

W większości pozostałych przypadków, przy przestrzeganiu wszystkich wymagań o charakterze technologicznym, wykonanie przedmiotów tłoczonych może być zrealizowane różnymi sposobami i wariantami procesu technologicznego.

Najbardziej racjonalnym wariantem będzie taki, który zapewni najmniejszy koszt własny przedmiotu i jest najdogodniejszy z ekonomicznego punktu widzenia. W związku z tym zagadnienia ekonomicznej celowości mają decydujące znaczenie przy doborze procesu technologicznego i typu tłoczniaków.

Ekonomiczna celowość stosowania bardziej złożonych i drogiech tłoczniaków zależy od skali produkcji, ponieważ ich zastosowanie jest tylko wtedy właściwe, gdy oszczędność na kosztach robocizny pokrywa zwiększenie kosztu wykonania tłoczniaków. Najmniejszą liczbę przedmiotów, przy której zwiększony koszt złożonych tłoczniaków jest opłacalny, oblicza się z następującego wzoru [94].

$$N_{min} \geq \frac{T_z - T}{M - M_z + (R - R_z) \left(1 + b \frac{K}{100} \right)}$$

- gdzie:
- N_{min} — najmniejsza produkcja roczna w szt.;
 - T_z i T — roczne koszty złożonych i prostych tłoczniaków (koszt nowych tłoczniaków plus koszt ich remontu);
 - M_z i M — koszt materiału na jeden przedmiot dla każdego wariantu tłoczenia;
 - R_z i R — koszt robocizny bezpośredniej dla każdego wariantu;
 - K — ustalony procent (planowany) kosztów oddziałowych;
 - b — współczynnik poprawkowy, wynoszący w przypadku zwiększenia rocznej produkcji $b \approx 0,7-0,8$, a w razie niezmienionej produkcji rocznej $b \approx 0,3 \div 0,5$.

Podstawowym wskaźnikiem ekonomiczności zastosowania złożonych (wielozabiegowych) tłoczniaków jest okres amortyzacji kosztów obliczany na podstawie następującego przybliżonego wzoru:

$$A = \frac{T_k - T}{N \left[M_z - M + (R - R_z) \left(1 - b \frac{K}{100} \right) \right]}$$

gdzie N — zaplanowana produkcja roczna.

Okres amortyzacji kosztów powinien być znacznie mniejszy od zaplanowanego okresu produkcji danych przedmiotów.

W praktyce powstają niekiedy trudności przy doborze typu tłoczniaka jednoczesnego lub wielotaktowego. Obydwa typy tłoczniaków, jak i sposoby tłoczenia, mają swoje zalety i wady wpływające bezpośrednio na jakość, dokładność i koszt wyrobów. Każdy z tych sposobów tłoczenia ma swój zakres zastosowania i określone ograniczenia o charakterze technicznym i ekonomicznym.

W tabl. 175 podane są charakterystyki tłoczniaków jednoczesnych i wielotaktowych.

W tabl. 176 podane są ogólne wytyczne doboru tłoczniaka jednoczesnego lub wielotaktowego w produkcji wielkoseryjnej i masowej.

W produkcji masowej małych przedmiotów, od których nie jest zwykle wymagana duża dokładność, tłoczniaki wielotaktowe zdobyły szerokie zastosowanie, ponieważ zapewniają one dużą wydajność i umożliwiają mechanizację procesów produkcyjnych.

Przy czym, w celu znacznego zwiększenia wydajności i ekonomii zużycia materiału, szeroko stosowane są wielotaktowe tłoczniaki wielorzędowe, mające 2, 3, 5, 7, 9 lub 11 rzędów i wykonujące za każdym skokiem suwaka prasy liczbę przedmiotów równą liczbie rzędów. Możliwość zastosowania wielorzędowego tłoczenia

Tablica 175. Zalety i wady tłoczniaków jednoczesnych i wielotaktowych

Wskaźnik	Charakterystyka tłoczniaków	
	jednoczesnych	wielotaktowych
Dokładność tłoczenia	Podwyższona i średnia dokładność (3 ÷ 5 klasy)	Średnia i zniżona dokładność (5 ÷ 8 klasy)
Jakość wykrawanych przedmiotów	Przedmioty niepogięte, wyższa jakość powierzchni ścięcia dzięki docięnięciu materiału. Jednoczesne prostowanie	Małe przedmioty odkształcone (spaczone), konieczność stosowania operacji prostowania
Największe wymiary przedmiotów i średni zakres grubości	Ponad 3000 mm przy grubości do 3 mm (zakres grubości od 0,05 do 3—4 mm)	Do 250 mm przy grubości od 0,2 do 6 mm
Wydajność tłoczenia	Mniejsza wydajność wskutek wypychania przedmiotów na powierzchnię tłoczniaka i konieczności ich usuwania (ręcznego lub mechanicznego)	Zwiększona wydajność dzięki automatycznemu podawaniu półwyrobów z jednego zabiegu do drugiego i automatycznemu usuwaniu wyrobów
Praca na szybkobieżnych prasach — automatach	Nie zaleca się wskutek możliwości rozregulowania poduszki sprężynowej	Możliwa jest praca na prasach szybkobieżnych o częstości skoków 400 i więcej na minutę
Bezpieczeństwo pracy	Praca niebezpieczna wskutek wprowadzania rąk do roboczej przestrzeni tłoczniaka; należy stosować zalecenia z zakresu techniki bezpieczeństwa pracy	Bardziej bezpieczna praca, ponieważ wyeliminowane jest wprowadzanie rąk do roboczej przestrzeni tłoczniaka
Zastosowanie wielorzędowego sposobu tłoczenia	Stosuje się stosunkowo rzadko do wykonywania przedmiotów płaskich, giętych lub ciągnionych	Stosuje się powszechnie do wykonywania małych przedmiotów płaskich, giętych i ciągnionych
Złożoność i koszt wykonywania tłoczniaków	Do wykrawania przedmiotów o złożonych zarysach. Koszt i złożoność mniejsze niż tłoczniaków wielotaktowych	Do wykrawania przedmiotów o prostych zarysach. Koszt i złożoność mniejsze niż tłoczniaków jednoczesnych

Tablica 176. Dobór typu złożonego tłoczniaka

Stopień dokładności przedmiotów	Wymiary przedmiotów w mm		
	duże (300—1000)	średnie (50—200)	małe (do 50)
Podwyższony (3—4 klasy)	Tłocznik jednoczesny	Tłocznik jednoczesny	Tłocznik jednoczesny, niekiedy wielotaktowy z dotłaczaniem
Średni (5 klasy)	Jak wyżej	Tłocznik jednoczesny lub wielotaktowy	Tłocznik wielotaktowy
Zniżony (7—8 klasy)	—	Tłocznik wielotaktowy	Tłocznik wielotaktowy

Tablica 177. Stosunek kosztu tłoczników

Typ tłoczniaka	Kształt przedmiotu	
	prosty	złożony
Jednorzędowy	1	1
Trzyrzędowy	1,5—1,7	1,8—2,4
Pięciorzędowy	1,8—2,2	2,5—3,5

wielotaktowego małych przedmiotów uzależniona jest głównie od skali produkcji i celowości ekonomicznej. Celowość ekonomiczną określa się za pomocą znalezienia najmniejszej liczby przedmiotów, przy której zwiększenie kosztów na wykonanie tłoczników wielorzędowych jest pokryte oszczędnością uzyskaną ze zmniejszenia kosztów własnych produkowanych przedmiotów. Liczbę tę znajduje się z podanego poprzednio wzoru.

Należy zaznaczyć, że przy wielorzędowym tłoczeniu koszt wykonania tłoczników wzrasta mniej niż wielokrotność tłoczenia. Na przykład dla małych przedmiotów istnieją ustalone wartości stosunków między kosztami różnych tłoczników, podane w tabl. 177.

Podana okoliczność znacznie zwiększa efektywność zastosowania wielorzędowych tłoczników wielotaktowych.

W wyniku rozwiązania wyżej podanych zagadnień technologicznych powstaje technologiczny schemat tłoczniaka, który powinien przedstawiać:

- 1) typ tłoczniaka dostosowanego do charakteru odkształceń,
- 2) liczbę zabiegów wykonywanych w tłoczniku,
- 3) sposób wykonania operacji w czasie (wielotaktowo lub jednocześnie),
- 4) wielokrotność tłoczenia (liczbę jednocześnie wykonywanych przedmiotów),
- 5) schemat rozmieszczenia roboczych części tłoczniaka,
- 6) sposób podawania i ustalania materiału lub półwyrobu w tłoczniku,
- 7) sposób usuwania wyrobów i odpadów z tłoczniaka.

Technologiczny schemat tłoczniaka jest podstawą do konstrukcji tłoczniaka.

6. Zastosowanie tłoczenia na zimno w produkcji drobnoseryjnej i doświadczalnej

Tłoczenie na zimno, stosowane początkowo tylko w produkcji wielkoseryjnej i masowej, zdobyło obecnie szerokie zastosowanie w produkcji drobnoseryjnej, w produkcji seryjnej o nieustalanej, często zmieniającej się konstrukcji wyrobów oraz przy doświadczalnym próbnym wykonywaniu przedmiotów.

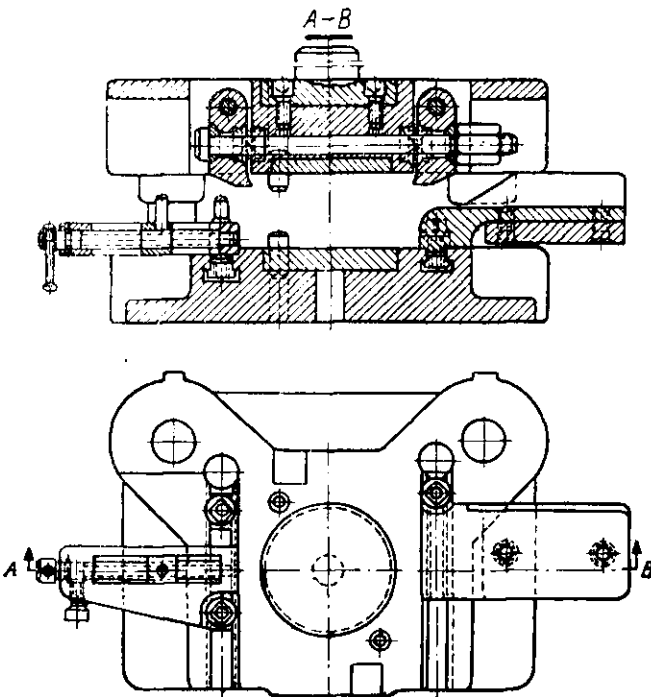
Stało się to możliwe tylko dzięki stworzeniu i zastosowaniu prostych i tanich tłoczników.

Wprowadzenie tłoczenia na zimno do produkcji drobnoseryjnej, zamiast mało-wydajnej obróbki ręcznej, daje poważne korzyści ekonomiczne, polegające na: 1) znacznym zmniejszeniu pracochłonności w porównaniu z obróbką ręczną przedmiotów (5 do 6 razy), 2) zmniejszeniu zużycia materiału i zmniejszeniu ciężaru wytwarzanych przedmiotów, 3) zwiększeniu wydajności i zmniejszeniu kosztu własnego półwyrobów.

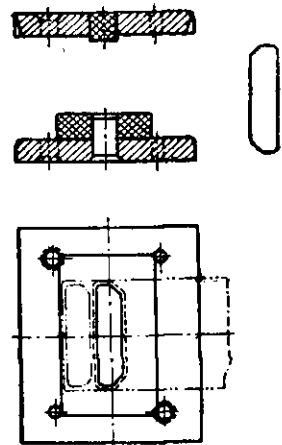
W produkcji drobnoseryjnej szerokie zastosowanie zdobyły dwa typy tłoczników:

- 1) uproszczone tłoczniki do wycinania, dziurkowania, odcinania, gięcia, wygniatania, wywijania i ciągnięcia;
- 2) tłoczniki uniwersalne (głównie do wycinania i gięcia), przeznaczone do wykonywania różnych przedmiotów.

Do tłoczników pierwszego typu zalicza się szybkowymienne tłoczniki płytowe



Rys. 421. Oprawa słupowa do tłocznika płytowego



Rys. 422. Tłocznik płytowy z gumowym sprychaczem

do wycinania, odcinania i dziurkowania. Umieszcza się je w uniwersalnych oprawach słupowych i przeznacza się głównie do wykonywania małych przedmiotów.

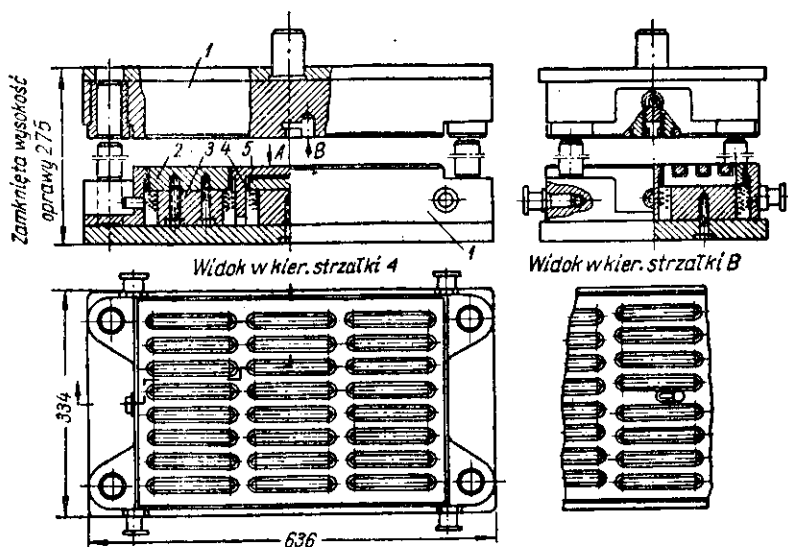
Na rys. 421 przedstawiony jest jeden ze stosowanych typów oprawy słupowej, a na rys. 422 — część tłocznika płytowego z gumowym sprychaczem.

Stempel i matryca wykonane są zwykle ze stali 20, o grubości 10 mm, z zastosowaniem późniejszego nawęglania i hartowania, lub ze stali narzędziowej bez hartowania.

Półwyroby matryc i płyt stemplowych oraz ustawcze wymiary opraw są zwykle znormalizowane. Półwyroby wykonuje się w następujących typowymiarach: 100 × 125, 125 × 175, 175 × 225, 225 × 300, 300 × 400 mm.

Grubość tłoczonego materiału wynosi do 3 mm. Trwałość tłoczników płytowych zależy od twardości wykrawanego materiału oraz złożoności zarysu przedmiotu i wynosi 10000 do 40000 sztuk. Koszt takich tłoczników jest kilka razy mniejszy od kosztu zwykłych tłoczników.

W niektórych gałęziach przemysłu znalazły zastosowanie tłoczniiki płytowe z oprawami elektromagnetycznymi zamiast opraw z mechanicznym zamocowywaniem (rys. 423). Oprawy elektromagnetyczne zasilane są prądem z sieci o napięciu 380V



Rys. 423. Oprawa słupowa z uchwytem elektromagnetycznym do zamocowywania tłoczników płytowych: 1 — korpus z owalnymi otworami, 2 — grzebień, 3 — rdzeń, 4 — cewka, 5 — przekładka miedziana

poprzez selenowy prostownik. W każdej płycie umieszczonych jest sześć szeregowo połączonych cewek, po 420 zwojów w każdej (2,8A, 43,9V, 132 W). Siła przyciągania elektromagnetycznej oprawy 4200 kG. Prasa 100T.

Do wykrojników płytowych można również zaliczyć wzorniki do wykrawania gumą na hydraulicznych prasach dużych przedmiotów z duraluminu i z cienkiej blachy stalowej. Ten sposób wykrawania zaczął przyjmować się również do wykonywania małych części przyrządów na prasach ciernych.

Należy zaznaczyć, że wykrawanie gumą powoduje duże odpady, co zmniejsza korzyści stosowania tej metody. Oprócz tego metoda ta nie daje dokładnego wykrawania i w szeregu przypadkach konieczna jest dodatkowa obróbka krawędzi.

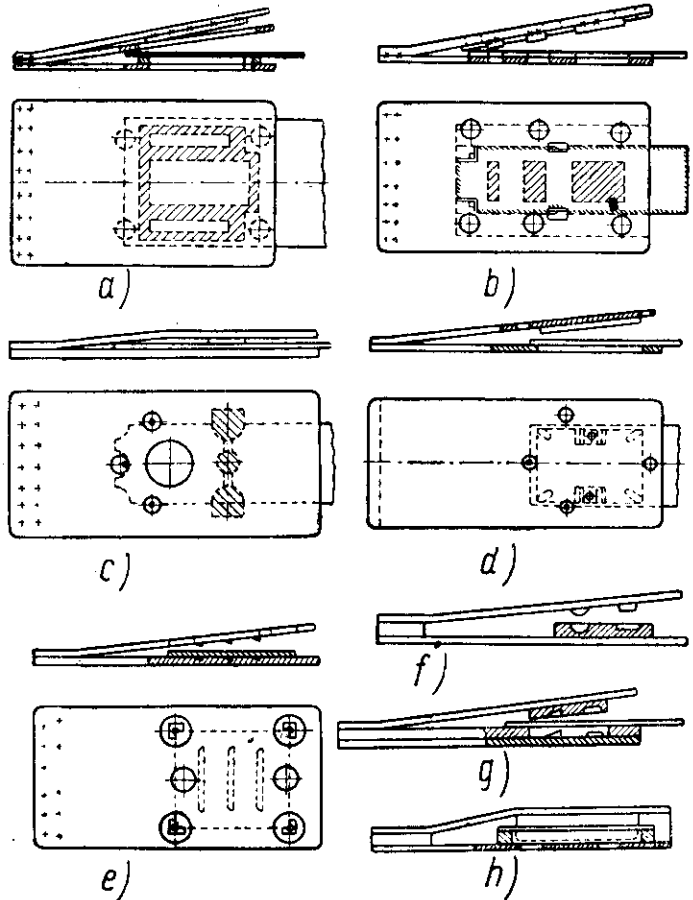
Ostatnio w produkcji drobnoseryjnej znalazły zastosowanie tłoczniiki blaszane stosowane do różnego rodzaju operacji wykrawania i wygniatania. Części tych tłoczników wykonywane są z cienkiej blachy stalowej, której grubość jest równa grubości wykrawanej blachy lub nieco większa.

Stemple i matryce tłoczników blaszanych wykonywane są ze stali Y8A lub 30XГСА do tłoczenia aluminium — bez obróbki cieplnej, a do tłoczenia stali — z odpowiednią obróbką cieplną.

Do tłoczenia prostych lub małych przedmiotów stosuje się zwykle tłoczniiki typu „pincetowego” (rys. 424), a do tłoczenia dużych przedmiotów lub o złożonym zarysie — płytkowe tłoczniiki z kółkami przewodzącymi (rys. 425). Na ostatnim rysunku przedstawione są półwyroby podstawy z duraluminu o grubości 1,5 mm

i dwa tłoczники — jeden do wykrawania korpusu i dziurkowania dużych otworów, a drugi — do dziurkowania ponad 100 małych otworów o średnicy 1,5 mm i większej [99].

Tłoczники płytkowe stosuje się w większości przypadków do wykrawania przedmiotów z metali nieżelaznych o grubości do 3 mm i z miękkiej stali — do 2 mm. Trwałość tłoczników wynosi przy tym odpowiednio 1000 i 500 sztuk przedmiotów.



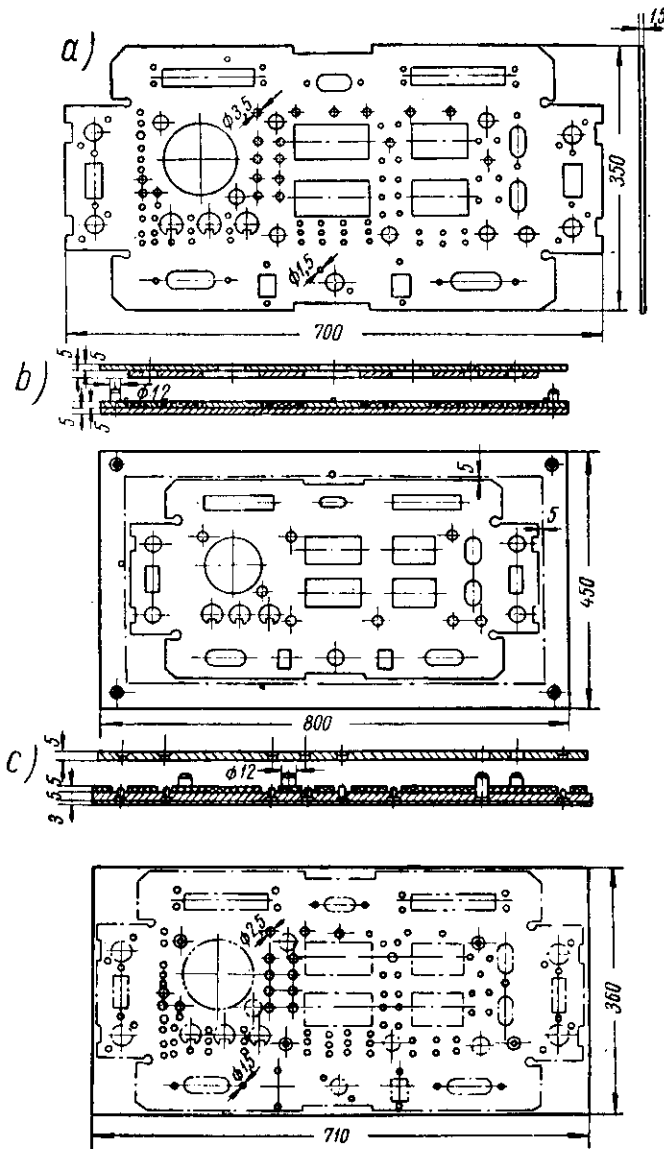
Rys. 424. Konstrukcja tłoczników pincetowych a) do wycinania i dziurkowania, b) do dziurkowania, c) do odcinania, d) do wycinania, e) do nacinania i wygniatania, f) do wygniatania żeber usztywniających, g) do złożonego tłoczenia, h) do gięcia

Ostatnio opanowano wykonywanie tłoczników płytkowych do tłoczenia stali o grubości do 8 mm (rys. 426) [99]. Opanowano również tłoczenie płytkowymi tłocznikami bardzo dużych przedmiotów (1000×2000 mm) ze stopów aluminium o grubości do 2 mm i ze stali o grubości do 1 mm. Tłoczenie wykonuje się za pomocą przepuszczania tłoczника (z włożym do niego materiałem) między dwoma walcami

Podobną metodą jest tłoczenie gumą za pomocą walcowania (rys. 427). Na rys. 428 przedstawione są duże przedmioty wykonane za pomocą tłoczenia w tłocznicach płytkowych

Do wykonywania przedmiotów wymagających operacji ciągnięcia, wygniatania i wywijania stosuje się w produkcji drobnoseryjnej uproszczone, tanie tłoczники następujących typów:

- 1) tłoczniki do tłoczenia gumą na zwykłych metalowych wzornikach,
- 2) tłoczniki odlewane ołowiano-cynkowe,
- 3) drewniane i drewniano gumowe tłoczniki i wzorniki,
- 4) tłoczniki z tworzyw sztucznych,
- 5) tłoczniki do tłoczenia hydraulicznego.



Rys. 425. Płytkowe tłoczniki blaszane do wykrawania przedmiotów o dużych wymiarach zewnętrznych: a) wykrawany przedmiot, b) wykrojnik do wycinania i dziurkowania dużych otworów, c) dziurkownik do małych otworów

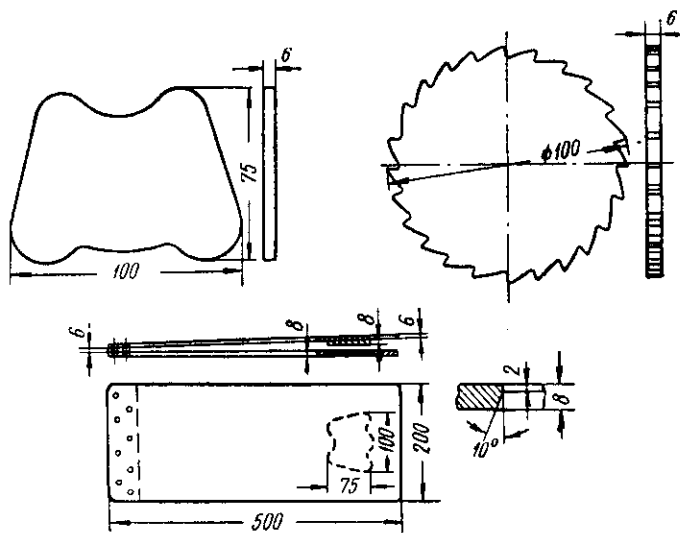
Większość z nich opisano już poprzednio.

Na rys. 429 przedstawiony jest drewniano-metalowy tłocznik do ciągnięcia dużych części. Ciężar tłoczniaka i jego koszt są obniżone czterokrotnie.

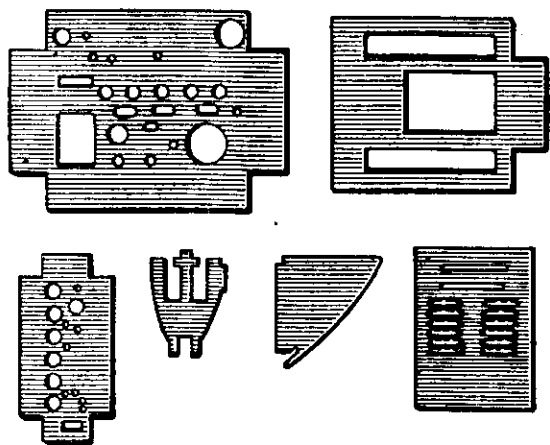
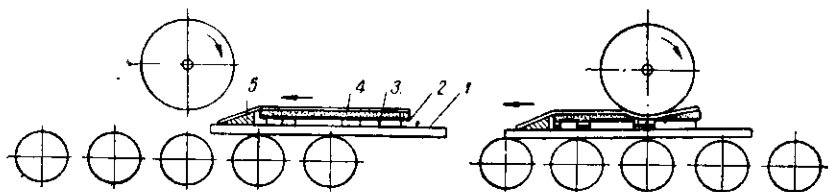
Na rys. 430 przedstawiono tłocznik z tworzywa sztucznego i metalu, którego części robocze są odlane ze specjalnego tworzywa sztucznego.

Tłoczniki uniwersalne, szeroko stosowane w produkcji seryjnej i drobnoseryjnej, przeznaczone są do wykonywania operacji odcinania, dziurkowania, nadcinięcia,

Rys. 426. Przedmioty z grubego materiału wycinane wykrojnikami blaszanymi



Rys. 427. Wykrawanie gumy za pomocą walcowania: 1 — blacha dolna, 2 — półwyrob, 3 — wzornik, 4 — guma, 5 — blacha górna



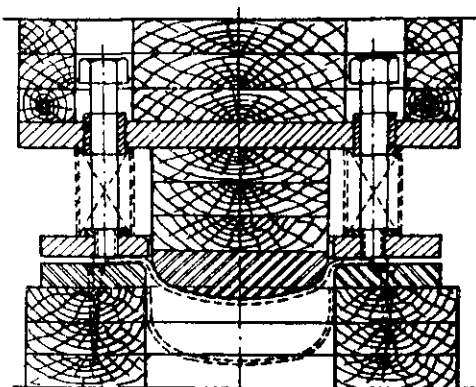
Rys. 428. Typy przedmiotów tłoczonych w tłoczniach blaszanych

okrawania i gięcia, przy wykonywaniu przedmiotów różniących się wymiarami. Tłoczniki te są dostatecznie dokładnie opisane w literaturze [82].

Nowator W.M. Bogdanow opracował i wprowadził w wielu zakładach metodę wykonywania przedmiotów o różnych zarysach za pomocą tłoczenia poszczegól-

nych elementów zarysu—prostych odcinków, zaokrąglenia w kątach, skosów, wybrań, otworów i kątowych wygięć (rys. 431) [5, 6].

Tłoczenie przeprowadza się za pomocą zespołu uniwersalnych tłoczników, każdy

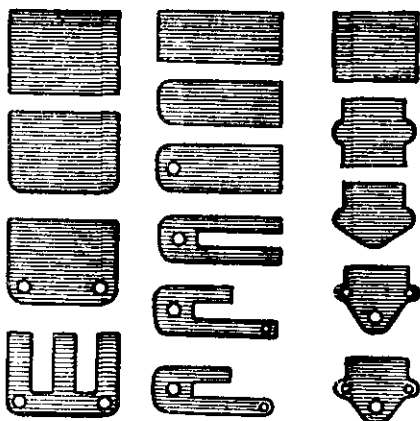
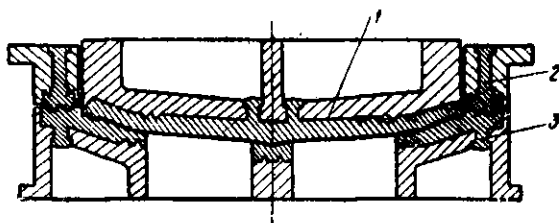


Rys. 429. Drewniano-metalowy tłocznik do ciągnięcia dużych przedmiotów

z nich może tłoczyć jeden lub kilka elementów zarysu (cięcie prostych krawędzi, obcinanie rogów po łuku koła, dziurkowanie, wycinanie wąskich wybrań, wyginanie).

Na rys. 432 przedstawiony jest przykład kolejnego tłoczenia elementów zarysu przedmiotu w tłocznikach uniwersalnych.

Rys. 430. Tłocznik z tworzywa sztucznego i metalu:
1 — stempel, 2 — dociskacz,
3 — matryca



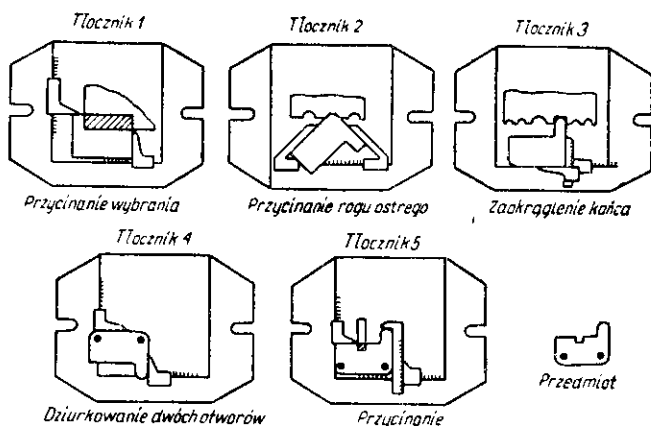
Rys. 431. Przebieg wykonania trzech przedmiotów za pomocą kolejnego wykrawania elementów zarysu

Na rys. 433 przedstawione są płaskie przedmioty tłoczone za pomocą wykrawania poszczególnych elementów zarysu na ośmiu tłocznikach uniwersalnych.

Na rys. 434 przedstawione są przedmioty gięte, wykonane w tłocznikach uniwersalnych.

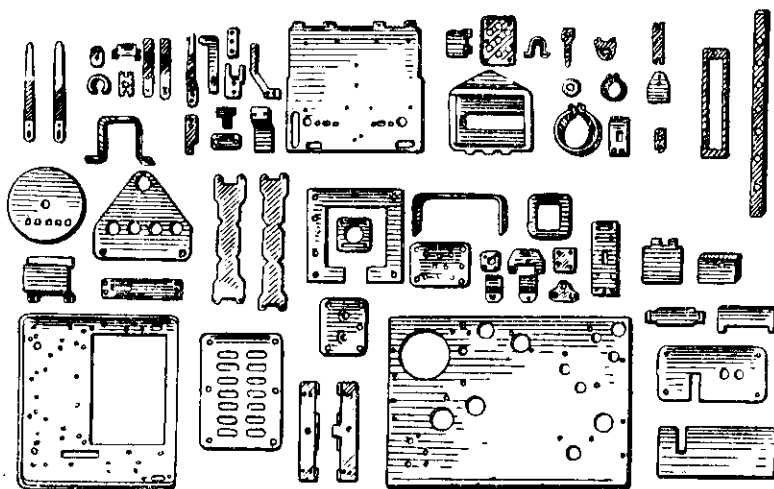
Metoda ta znalazła szerokie zastosowanie w produkcji doświadczalnej i drobno-seryjnej, gdy trzeba wykonać dużą ilość różnego rodzaju części w małych seriach (od kilku do kilkuset sztuk). Polega ona na obróbce grupowej. Metoda ta została opracowana przez laureata Leninowskiej nagrody S.P. Mitrofanowa [67]. Zaletą

Rys. 432. Przykład wykonania przedmiotu za pomocą kolejnego wykrawania elementów zarysu



tej metody jest to, że zastąpiła ona bardzo pracochłonne operacje ślusarskie bardziej wydajnymi zmechanizowanymi operacjami wykonywanymi za pomocą zespołu uniwersalnych tłoczników. Tłoczniki te wykonują operacje cięcia, dziurkowania i gięcia.

W produkcji drobnoseryjnej tłoczenie poszczególnych elementów zarysu umożliwia uniknięcie wykonania szeregu specjalnych tłoczników, co daje dużą oszczędność i znacznie skraca terminy przygotowania produkcji.

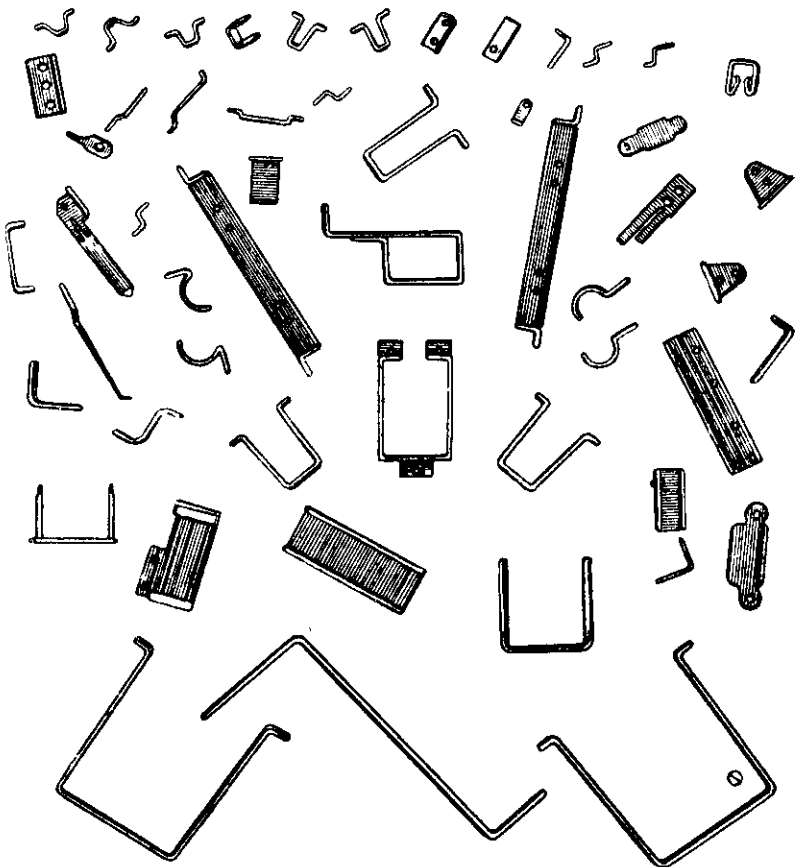


Rys. 433. Przedmioty wykonane za pomocą kolejnego tłoczenia ich elementów w ośmiu tłocznikach uniwersalnych

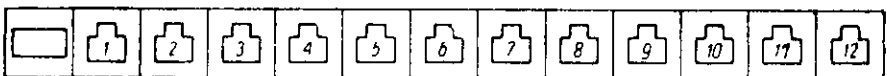
W razie zmiany wymiarów wytwarzanych przedmiotów zamiast przeróbki tłoczników potrzebne jest tylko przezbrowienie tłoczników uniwersalnych.

Na podstawie analizy konstrukcyjnych kształtów części stosowanych w budowie przyrządów ustalono następujący zestaw uniwersalnych tłoczników [5]:

- 1) do odcinania i wycinania części o zarysach prostoliniowych,
- 2) do okrawania części po łuku koła,
- 3) do okrawania kąta prostego po łuku koła,
- 4) do dziurkowania,
- 5) do wycinania rowków (szpar) prostokątnych,



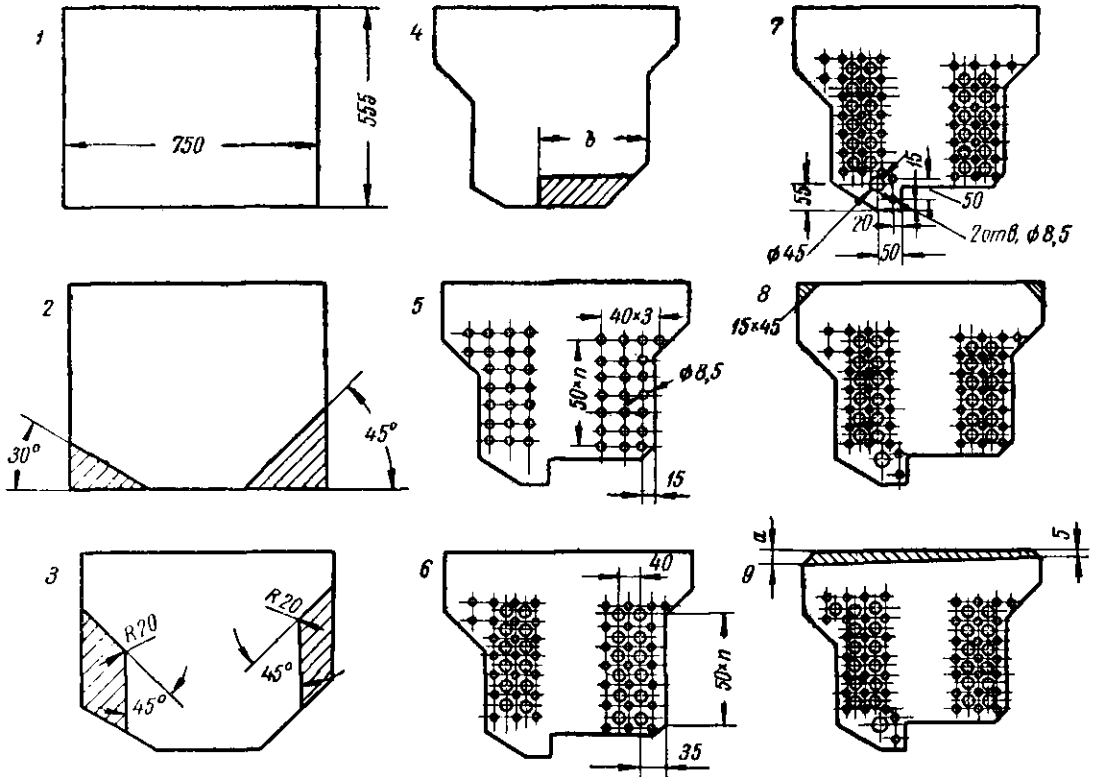
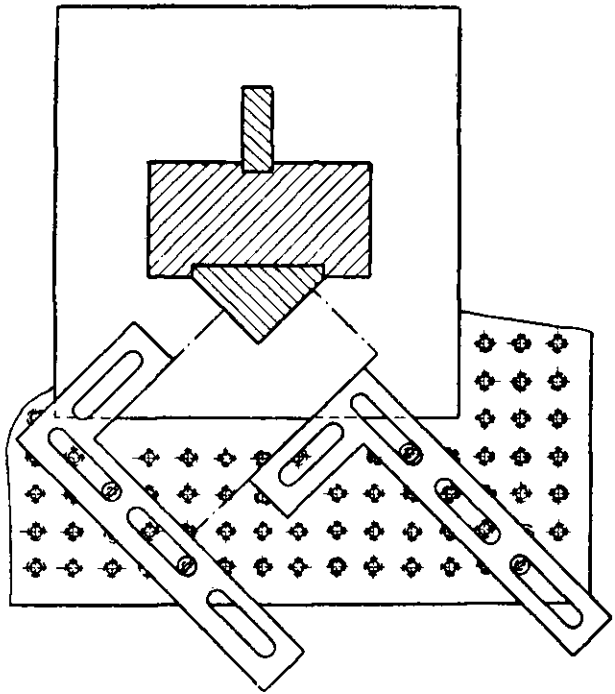
Rys. 434. Przedmioty gięte tłoczone w tłocznikach uniwersalnych



Rys. 435. Linia pras stołowych z uniwersalnymi tłocznikami: od lewej — nożyce ręczne, 1 — tłocznik do wykrawania prostokątnego zarysu, 2 — tłocznik do wykrawania zaokrągłeń, 3 — tłocznik do wykrawania kątów prostych, 4 — tłocznik do dziurkowania, 5 — tłocznik do wykrawania wąskich wcięć, 6 — tłocznik do wykrawania podkładek, 7, 8, 9 — tłoczniki z wymiennymi zespołami narzędzi do wycinania różnych elementów przedmiotu, 10, 11 — tłoczniki do gięcia, 12 — tłocznik do gięcia chbmatek

- 6) tłocznik z wymiennymi narzędziami do obróbki różnych elementów,
- 7) tłocznik z wymiennymi narzędziami do dziurkowania,
- 8) wyginak uniwersalny,
- 9) tłocznik do gięcia klamer

Rys. 436. Uniwersalny tłocznik do wykrawania elementów zarysu dużych przedmiotów



Rys. 437. Przebieg wykrawania dużego przedmiotu w tłocznikach uniwersalnych

Tłoczniki te mają prowadnice i zderzaki przesuwne za pomocą śrub mikrometrycznych i ustawiane w różnych położeniach w stosunku do roboczych części tłoczników według podziałki noniusza i przymiarów kreskowych.

Właściwością metody W.M. Bogdanowa jest również to, że dla każdego tłocznika uniwersalnego ustawiona jest prasa stołowa o nacisku od 4 do 7 ton. W ten sposób powstaje linia pras stołowych z gotowym do pracy zespołem tłoczników uniwersalnych (rys. 435).

Główną zaletą metody tłoczenia elementów zarysu jest możliwość opanowania produkcji nowych przedmiotów bez jakiegokolwiek przygotowania technologicznego.

Metoda ta przyjęła się w szeregu zakładach o produkcji drobnoseryjnej.

Na rys. 436 przedstawiony jest uniwersalny tłocznik do wykrawania elementów zarysu dużych przedmiotów, a na rys. 437 — kolejność (1—9) wykrawania dużych przedmiotów w produkcji drobnoseryjnej [317].

7. Dokładność tłoczonych przedmiotów i tolerancje w poszczególnych operacjach

Dokładność przedmiotów tłoczonych na zimno zależy od szeregu czynników będących przyczyną powstawania błędów. Takimi czynnikami są:

1) sprężyste i plastyczne własności materiału, określające wielkość sprężynowania i powodujące powstawanie w przedmiotach giętych i ciągnionych błędów kształtu, a w płaskich przedmiotach — błędów wymiarów długości (wraz z wpływem wielkości luzu);

2) geometryczne wymiary części (grubość, wymiary długości), ze zwiększeniem ich zwiększają się błędy tłoczenia;

3) typ tłoczника i sposób ustalania półwyrobu, od których zależą błędy podkładania półwyrobów;

4) struktura procesu technologicznego (liczba i kolejność operacji, której zwiększenie powoduje gromadzenie się błędów);

5) stopień odkształcenia przy gięciu (sprężysto-plastyczne lub w pełni plastyczne), określający sprężynowanie i potrzebę zastosowania w szeregu przypadkach gięcia z rozciąganiem;

6) dokładność wykonania tłoczника, od której zależy osiągalna dokładność wytwarzanych przedmiotów;

7) zużycie tłoczника zależne od konstrukcji i sposobu prowadzenia oraz od materiału i obróbki cieplnej roboczych części tłoczника. Zużycie tłoczника określa końcową dokładność wyrobów.

Złożoność analitycznego określenia sumarycznego błędu polega na wzajemnym powiązaniu wymienionych czynników i wzajemnym kompensującym się wpływie niektórych czynników.

Oprócz tego absolutna wartość błędu w znacznej mierze zależy od konkretnych warunków produkcyjnych. Wszystko to komplikuje i utrudnia opracowanie jednego układu tolerancji przedmiotów tłoczonych.

Największe zaczenie w produkcji wyrobów tłoczonych na zimno ma nie graniczna osiągalna dokładność, lecz tak zwana dokładność ekonomiczna, pod którą należy rozumieć możliwą technicznie do zrealizowania i ekonomicznie najwłaściwszą dokładność wykonania danej operacji z uwzględnieniem granicznego dopuszczalnego zużycia tłoczника.

Stąd wynika, że w produkcji drobnoseryjnej ekonomiczna dokładność jest nieco wyższa niż ekonomiczna dokładność podobnych przedmiotów w produkcji wielkoseryjnej i masowej, ponieważ wskutek małej liczby wyrobów ogólne zużycie tłoczника w drobnoseryjnej produkcji jest mniejsze, a końcowa dokładność wyrobów wyższa.

W tabl. 178—180 podane są przybliżone wartości dopuszczalnych wymiarów płaskich przedmiotów tłoczonych, ustalone odpowiednio do warunków produkcji seryjnej małych przedmiotów [133].

W tabl. 181 podane są dopuszczalne odchyłki wymiarów położenia otworów w stosunku do zewnętrznego zarysu dla różnych sposobów tłoczenia.

W razie tłoczenia giętych przedmiotów powstaje niedokładność składająca się z dwóch błędów:

1) błędów wymiarowych, zależnych głównie od dokładności ustalania i stateczności położenia półwyrobu w procesie gięcia;

2) błędów kształtu, zależnych od sprężystości materiału, stosunku $\frac{r}{g}$ i stopnia umocnienia w miejscu gięcia.

Tablica 178. Dopuszczalne odchyłki zewnętrznych wymiarów płaskich przedmiotów, w mm

Grubość materiału w mm	Typ tłocznika											
	Wycinak zwykłej dokładności				Wycinak podwyższonej dokładności				Wyglądzak			
	Wymiary przedmiotów w mm											
	do 10	10—50	50—150	150—300	do 10	10—50	50—150	150—300	do 10	10—50	50—150	
0,2—0,5	0,08	0,1	0,14	0,2	0,025	0,03	0,05	0,08	—	—	—	
0,5—1	0,12	0,16	0,22	0,3	0,03	0,04	0,06	0,10	0,012	0,015	0,025	
1—2	0,18	0,22	0,3	0,5	0,04	0,06	0,08	0,12	0,015	0,02	0,03	
2—4	0,24	0,28	0,4	0,7	0,06	0,08	0,10	0,15	0,025	0,03	0,04	
4—6	0,3	0,35	0,5	1,0	0,10	0,12	0,15	0,20	0,04	0,05	0,06	

Tablica 179. Dopuszczalne odchyłki wymiarów otworów, w mm

Grubość materiału w mm	Typ tłocznika									
	Dziurkownik zwykłej dokładności			Dziurkownik podwyższonej dokładności			Wyglądzak			
	Wymiary otworów w mm									
	do 10	10—50	50—150	do 10	10—50	50—150	do 10	10—50		
0,2—1	0,05	0,08	0,12	0,02	0,04	0,08	0,01	0,015		
1—2	0,06	0,10	0,16	0,03	0,06	0,10	0,015	0,02		
2—4	0,08	0,12	0,20	0,04	0,08	0,12	0,025	0,03		
4—6	0,10	0,15	0,25	0,06	0,10	0,15	0,04	0,05		

Tablica 180. Dopuszczalne odchyłki rozstawienia środków otworów w płaskich przedmiotach, w mm

Grubość materiału w mm	Typ tłocznika					
	Dziurkownik zwykłej dokładności			Dziurkownik podwyższonej dokładności		
	Rozstawienie środków otworów, w mm					
	do 50	50—150	150—300	do 50	50—150	150—300
do 1	±0,1	±0,15	±0,2	±0,03	±0,05	±0,08
1—2	±0,12	±0,20	±0,3	±0,04	±0,06	±0,10
2—4	±0,15	±0,25	±0,35	±0,06	±0,08	±0,12
4—6	±0,2	±0,30	±0,4	±0,08	±0,10	±0,15

Tablica 181. Dopuszczalne odchyłki odległości otworów od zewnętrznego zarysu, w mm

Wymiary przedmiotów w mm	Typ tłoczniaka							
	jednoczesny		wielotaktowy z dotłaczaniem		wielotaktowy bez dotłaczania		dziurkownik z ustaleniem wg zewn. zarysu	
	Dokładność wykonania tłoczników							
	podwyższona	zwykła	podwyższona	zwykła	podwyższona	zwykła	podwyższona	zwykła
do 30	±0,015	±0,02	±0,05	±0,10	±0,10	±0,20	±0,08	±0,15
30—100	±0,02	±0,03	±0,10	±0,15	±0,15	±0,30	±0,12	±0,20
100—200	±0,025	±0,04	±0,12	±0,20	±0,25	±0,40	±0,18	±0,30

Błędy wymiarowe giętych przedmiotów wyrażają się głównie w odchyłkach wysokości wygiętych półek, w odchyłkach rozstawienia otworów lub odległości ich osi od bazy, w tym przypadku gdy otwory były wykonywane w płaskim półwyrobie (przed gięciem).

Błędy te zależą od dokładności ustalania półwyrobu w tłoczniaku i jego stateczności położenia podczas gięcia, od naruszenia symetrii gięcia oraz sposobu docisku i mogą być wyrażone w procentach grubości materiału (tabl. 182).

Tablica 182. Dopuszczalne odchyłki wysokości wyginanych półek i odległości od bazy do osi otworu (w przypadku gięcia po dziurkowaniu)

Typ tłoczniaka	Odchyłki w mm
Bez dociskacza	±(0,3 ÷ 0,4) g
Z dociskaczem sprężynowym	±(0,05 ÷ 0,1) g
Z ustalaniem za pomocą punktowania (małe przedmioty)	±(0,1 ÷ 0,15) g
Z ustalaniem na otworach (duże przedmioty)	±(0,1 ÷ 0,20) g

W przypadku dziurkowania otworów po gięciu osiągnięta jest większa dokładność ich położenia, a tolerancje mogą być przyjmowane z tabl. 180 i 181.

Ze zwiększeniem liczby oddzielnych operacji zwiększa się skutek narastania niedokładności wykonania.

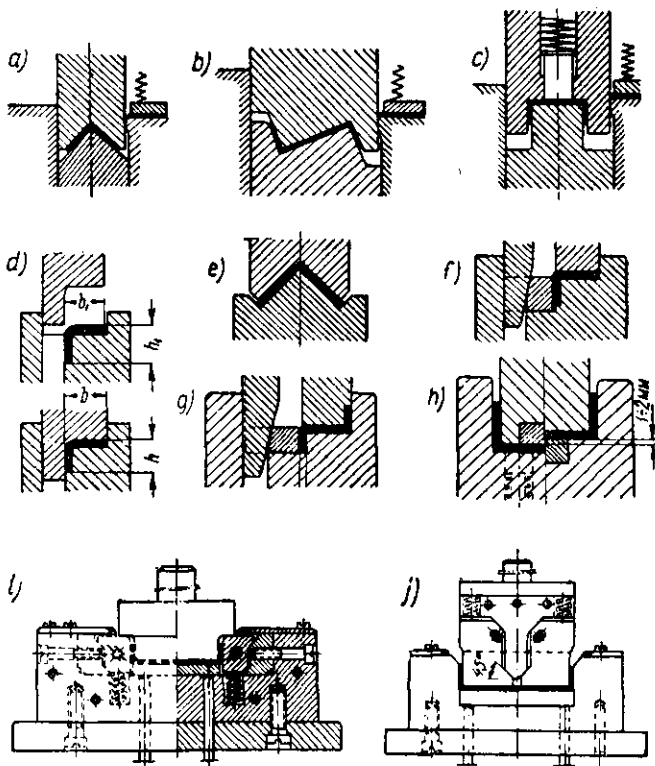
Dlatego w razie tłoczenia przedmiotów o wysokiej dokładności należy dążyć do zmniejszenia liczby operacji gięcia kosztem bardziej złożonej konstrukcji tłoczniaka.

Odchylenia od założonego kształtu lub nierównoległość powierzchni spowodowane są sprężynowaniem materiału, które było omówione w rozdz. III.

W celu zmniejszenia sprężynowania w przypadku gięcia zarysu ceowego (korytkowego) stosuje się lekkie wygięcie środkowej półki w kierunku przeciwnym do gięcia zasadniczego, a w razie gięcia kątowników i złożonych zarysów — dotłaczanie ze zmniejszeniem promienia zaokrąglenia i uwzględnieniem sprężynowania.

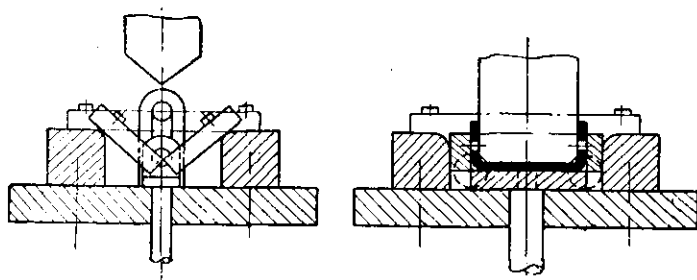
Na rys. 438 podane są różne sposoby stosowane w celu otrzymania giętych przedmiotów o wysokiej dokładności [25, 79]: 1) jednoczesne odcinanie i wyginanie prostych przedmiotów (rys. 438a, b, c), co zapewni jednakowe wymiary półek, 2) dotłaczanie wysokości i szerokości półek (rys. 438d, e, f, g), 3) wyginanie ceow-

nika z rozcięciem go na dwa kątowniki (rys. 438h), 4) wyginanie i doginanie pólki za pomocą klinów z dociskaniem do stempla (rys. 438i) lub do matrycy (rys. 438j).



Rys. 438. Sposoby wykonywania przedmiotów giętych o zwiększonej dokładności

W razie gięcia małych przedmiotów z dokładnym rozmieszczeniem otworów stosuje się wyginaki przegubowe z ustalaniem półwyrobów w otworach (rys. 439). W położeniu wyjściowym oś obrotu matrycy przegubowych (zawiasowych) powinna



Rys. 439. Wyginaki zawiasowe do wyginania małych przedmiotów z dokładnie rozmieszczonymi otworami

być wysunięta do góry w stosunku do płaszczyzny, na której układa się materiał wyjściowy (półwyrob). Wymiar tego wysunięcia powinien wynosić

$$h = 0,215 r + g(1 - 0,78x)$$

gdzie: r — promień stempla, g — grubość materiału, x — współczynnik określający położenie warstwy obojętnej (tabl. 29).

Tłocznikami przedstawionego typu uzyskuje się dokładność rzędu $\pm 0,05$ g [9].
Dla przedmiotów ciągnionych największe znaczenie mają wymiary zewnętrzne (średnica i wysokość).

Odchylenia wymiarów średnicy przedmiotów ciągnionych zależą głównie od następujących czynników:

1) zwiększenie wymiarów przedmiotów po ich wyjściu z tłoczniaka, wskutek odkształceń sprężystych, które osiągają największą wartość przy górnej krawędzi przedmiotu,

2) wielkość luzu między stemplem i matrycą powodującego stożkowość już w czasie ciągnięcia,

3) dokładność wykonania roboczych części tłoczniaka i stopień ich zużycia.

Największe znaczenie ma sprężyste zwiększenie wymiarów przy górnej krawędzi ciągnionego przedmiotu, jest ono zależne głównie od współczynnika ciągnięcia i względnej grubości półwyrobu (materiału wyjściowego) $\frac{g}{D}$ (w odwrotnej zależności).

W tabl. 183 podane są przybliżone wartości dopuszczalnych odchyłek średnicy walcowych przedmiotów ciągnionych, bez kołnierza, przy zwykłej dokładności wykonania tłoczniaka.

W przypadku ciągnięcia przedmiotów z szerokim kołnierzem sprężyste zwiększenie się wymiarów jest znacznie mniejsze, dzięki czemu dopuszczalne odchyłki można przyjąć mniejsze, w przybliżeniu równe odchyłkom po dotłaczaniu (tabl. 183).

Odchyłki wysokości przedmiotów ciągnionych zależą od wielu czynników, jak: głębokość ciągnięcia, stopień anizotropowości materiału zimnowalcowanego i tworzenia się tak zwanych uch, niedokładność ustalania półwyrobu w tłoczniaku, nierównomierności grubości materiału, luzu, smarowania itp.

W tabl. 184 podane są przybliżone wartości dopuszczalnych odchyłek wysokości przedmiotów walcowych bez kołnierza, a w tabl. 185 — przedmiotów walcowych z kołnierzem [47].

Tablica 183. Dopuszczalne odchyłki średnic walcowych przedmiotów ciągnionych bez kołnierza, w % od średnicy

Współczynnik ciągnięcia <i>m</i>	Pierwsze ciągnięcie			Dotłaczanie		
	przy $\frac{g}{D} \cdot 100$			przy $\frac{g}{D} \cdot 100$		
	2—1	1—0,3	0,3—0,1	2—1	1—0,3	0,3—0,1
0,8	0,3	0,4	0,5	0,12	0,16	0,2
0,7	0,4	0,5	0,6	0,16	0,2	0,25
0,6	0,5	0,6	0,7	0,2	0,25	0,3
0,5	0,6	0,7	—	0,25	0,3	—
0,4	0,7	—	—	0,3	—	—

Tablica 184. Dopuszczalne odchyłki wysokości walcowych przedmiotów bez kołnierza, w mm

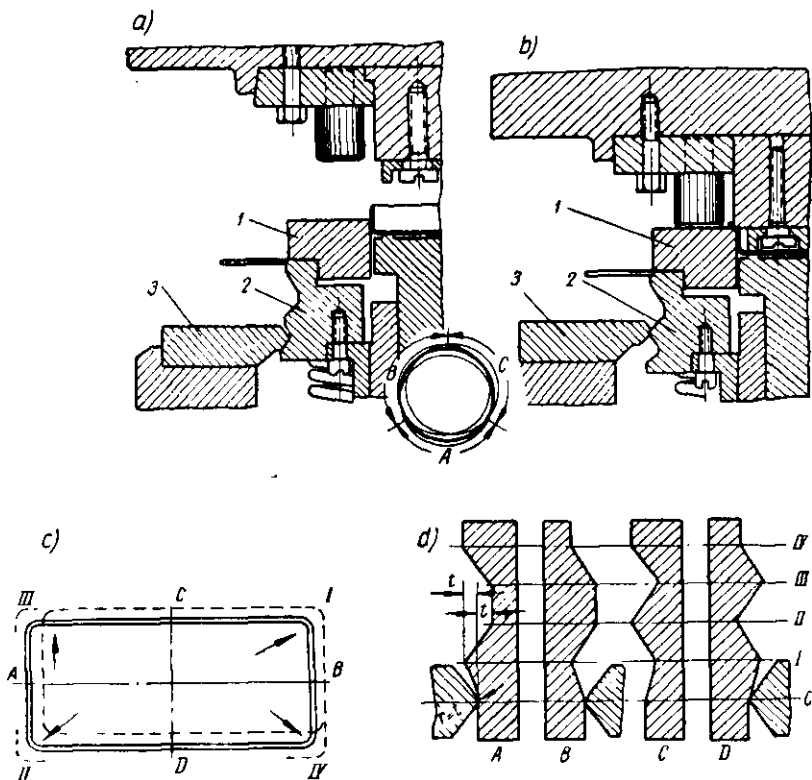
Grubość materiału w mm	Wysokość przedmiotu w mm						
	do 18	18—30	30—50	50—80	80—120	120—180	180—260
do 1	$\pm 0,5$	$\pm 0,6$	$\pm 0,8$	$\pm 1,0$	$\pm 1,2$	$\pm 1,5$	$\pm 1,8$
1—2	$\pm 0,6$	$\pm 0,8$	$\pm 1,0$	$\pm 1,2$	$\pm 1,5$	$\pm 1,8$	$\pm 2,0$
2—4	$\pm 0,8$	$\pm 1,0$	$\pm 1,2$	$\pm 1,5$	$\pm 1,8$	$\pm 2,0$	$\pm 2,5$
4—6	—	$\pm 1,2$	$\pm 1,5$	$\pm 1,8$	$\pm 2,0$	$\pm 2,5$	$\pm 3,0$

Tablica 185. Dopuszczalne odchyłki wysokości walcowych przedmiotów z kołnierzem

Grubość materiału w mm	Wysokość przedmiotów w mm						
	do 18	18—30	30—50	50—80	80—120	120—180	180—260
do 1	±0,3	±0,4	±0,5	±0,6	±0,8	±1,0	±1,2
1—2	±0,4	±0,5	±0,6	±0,7	±0,9	±1,2	±1,4
2—4	±0,5	±0,6	±0,7	±0,8	±1,0	±1,4	±1,6
4—6	±0,6	±0,7	±0,8	±0,9	±1,2	±1,6	±1,8

W większości przypadków przedmioty po ciągnięciu poddawane są okrawaniu, dla którego należy przewidzieć naddatek (patrz rozdz. IV).

Bez okrawania wytłacza się tylko płytkie przedmioty o współczynniku ciągnięcia $m = 0,8 \div 0,7$, przy czym osiągnięta dokładność odpowiada 3—4 klasie (wg ГОСТ) w razie jednoczesnego wykrawania i wytłaczania (ciągnięcia) oraz 4—5 klasie — w razie ciągnięcia z pojedynczych półwyrobów (krążków).

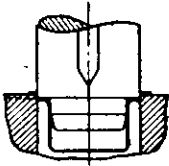
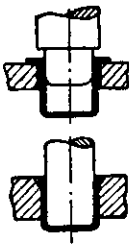
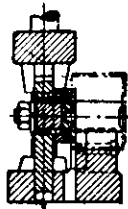
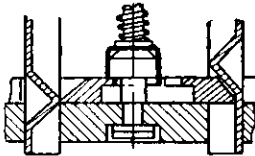


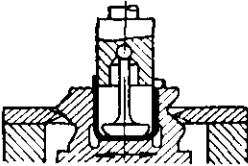
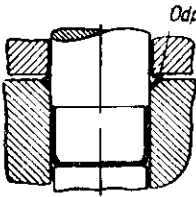
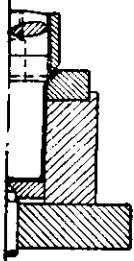
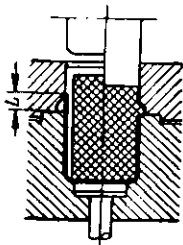
Rys. 440. Okrawanie w płasko okrawającym tłoczniku za pomocą „pływającej” matrycy: a) położenie początkowe, b) okrawanie, c) kolejność okrawania brzegów naczynia prostokątnego, d) profil krzywek

W tabl. 186 podane są podstawowe sposoby okrawania krawędzi po ciągnięciu i podany jest uprzywilejowany zakres zastosowania każdego sposobu.

Na rys. 440 przedstawiony jest sposób okrawania w tłoczniku płasko-okrawającym. Okrawanie wykonywane jest między krawędziami tnącymi stempla i matrycy

Tablica 186. Podstawowe sposoby okrawania brzegów w tłocznikach

Sposób okrawania	Szkic	Dokładność wysokości okrawanych przedmiotów w mm	Główne zastosowanie
Okrawanie płaskiego kołnierza		Patrz tabl. 185	Do wyrobu przedmiotów z kołnierzem dowolnych wymiarów przy dowolnej seryjności. Do okrawania średnich i dużych przedmiotów stosuje się górne położenie matrycy
Okrawanie kołnierza z następnym ciągnięciem		0,2—0,4	Do małych przedmiotów z cienkiego materiału. Sposób ten umożliwia wykonanie kształtowego okrawania
Okrawanie stopniowe (częściami) z obracaniem półwyrobu		0,5—0,8	Do małych i średnich przedmiotów okrągłych lub prostokątnych w produkcji drobnoseryjnej. Krawędź ścięcia nie jest równa
Okrawanie segmentami tłocznika z klinami napędowymi		0,2—0,4	Do małych i średnich przedmiotów okrągłych i prostokątnych, w produkcji wielkoseryjnej. Dobra jakość krawędzi ścięcia

Sposób okrawania	Szkic	Dokładność wysokości okrawanych przedmiotów w mm	Główne zastosowanie
Okrawanie w tłoczniku z pływającą matrycą		0,1—0,2	Do małych i średnich przedmiotów dowolnego kształtu, w produkcji wielkoseryjnej i masowej. Wysoka jakość krawędzi ścięcia
Okrawanie z jednoczesnym wytłaczaniem		1—0,2	Do walcowych, rzadziej do prostokątnych przedmiotów o małych wymiarach. Krawędź ma zadziory skierowane na zewnątrz
Okrawanie z jednoczesnym ostatnim przetłaczaniem		0,1—0,2	Do walcowych i prostokątnych przedmiotów małych i średnich krawędź ma te same wady jak wyżej
Okrawanie gumą		0,4—0,8	Do walcowych i prostokątnych przedmiotów, w produkcji drobnoseryjnej. Jakość krawędzi niska. Trwałość gumy marki CMTY-B-186 — 100÷150 szt.

przemieszczającej się w płaszczyźnie poziomej prostopadle do ścianek przedmiotu. W danym przypadku stosowana jest tak zwana „pływająca” matryca 1 umieszczona na ruchomej krzywce 2, która opuszcza się pod wpływem trzpieni naciśkowych i uzyskuje przesuw poziomy spowodowany oddziaływaniem nieruchomej krzywki 3. Do okrawania przedmiotów walcowych stosuje się trzy pary krzywek, które powodują kolejne przemieszczenia matrycy w trzech kierunkach tworzących ze sobą kąty po 120° .

Okrawanie przedmiotów o kształcie kwadratowych i prostokątnych naczyń wykonywane jest czterema ruchami matrycy (rys. 440c), z których każdy jest realizowany za pomocą dwóch par krzywek (A, B, C, D rys. 440d). Cyframi I, II, III, IV zaznaczona jest kolejność ruchów matrycy okrawającej (rys. 440c) i odpowiadające im pionowe położenia krzywek (rys. 440d). Tłoczники płasko-okrawające umożliwiają kształtowe okrawanie pionowych ścianek przedmiotów ciągniętych.

Dokładność wykonania przedmiotów, uzyskanych za pomocą prasowania na zimno (wybijania, spęczania, dogniatania, wyciskania itp.), podano w rozdz. VI.

Przy opracowywaniu procesów technologicznych tłoczenia na zimno powinny być ustalone w poszczególnych operacjach tolerancje wymiarów operacyjnych, odnoszących się do powierzchni, które służą do ustalania półwyrobów w następnych operacjach i poddawane są kontroli międzyoperacyjnej.

W razie tłoczenia w jednej operacji przyjmuje się tolerancję gotowego przedmiotu (wg rysunku).

W odniesieniu do wymiarów nietolerowanych stosuje się w szeregu zakładach tolerancje 7 klasy dokładności (14 klasa wg PN).

Ustalanie tolerancji wymiarów w poszczególnych operacjach wykonuje się biorąc pod uwagę ekonomiczną dokładność danej operacji tłoczenia (tabl. 178—185) lub wymaganą dokładność przedmiotu.

W razie gdy ekonomiczna dokładność tłoczenia nie zapewnia uzyskania założonych tolerancji konstrukcyjnych należy przewidzieć w procesie technologicznym dodatkowe operacje (dotłaczanie, prostowanie, wygładzanie itp.) lub zastosowanie tłoczników o zwiększonej dokładności.

8. Dobór prasy

Przy doborze prasy wychodzi się z następujących wymagań:

- 1) typ prasy i skok suwaka powinny odpowiadać operacji technologicznej;
- 2) nominalny nacisk prasy powinien być równy lub nieco większy od nacisku potrzebnego do wykonania danej operacji;
- 3) moc prasy powinna być dostateczna do wykonania pracy niezbędnej dla danej operacji;
- 4) odległość od stołu do suwaka w jego najniższym położeniu (przy maksymalnym skoku i najmniejszej długości korbowodu) powinna być większa od wysokości tłoczniaka w stanie zamkniętym;
- 5) wymiary stołu i powierzchni suwaka powinny zapewniać możliwość ustawienia i zamocowania tłoczniaka oraz podawania półwyrobów, a otwór w stole prasy — swobodne spadanie tłoczonych przedmiotów (przy tłoczeniu przelotowym);
- 6) liczba skoków prasy powinna zapewniać dostateczną wydajność tłoczenia;
- 7) w zależności od rodzaju pracy powinny być przewidziane specjalne urządzenia i przyrządy (poduszki, wypychacze, podajniki itp.);
- 8) dogodność i bezpieczeństwo obsługi prasy powinny odpowiadać wymaganiom techniki bezpieczeństwa pracy.

Tak więc podstawowymi parametrami technicznymi doboru prasy są: siła, pra-

ca, skok suwaka, odległość od stołu do suwaka w dolnym jego położeniu i wymiary stołu prasy.

Należy odróżniać obciążenie prasy siłą nacisku od obciążenia określanego mocą (w zależności od prasy).

Pierwsze limitowane jest wytrzymałością wału korbowego lub przekładni zębatych prasy, a drugie — energią kinetyczną mas zamachowych, mocą silnika i dopuszczalnym jego przeciążeniem.

Nie wystarcza dobranie prasy tylko według siły nacisku, ponieważ mogą być różne rodzaje przeciążenia prasy.

1. Prasa przeciążona pod względem dopuszczalnej siły nacisku, lecz nie przeciążona pod względem mocy. Wskutek tego następuje odkształcenie wału, a więc zniszczenie prasy. W prasach wysięgowych następuje w tym przypadku wygięcie wału i pęknięcie lanego kadłuba prasy przy łożyskach głównych, a w jednostojakowych prasach mimośrodowych — wygięcie lub odłamanie czopa korby.

2. Prasa przeciążona jednocześnie pod względem siły nacisku i mocy, na przykład po podłożeniu dwóch sklejonych półwyrobów do tłoczniaka gnącego lub wygniatającego. W tym przypadku zwykle następuje zaklinowanie prasy w dowolnym położeniu suwaka i zniszczenie mechanizmu włączania.

3. Prasa przeciążona pod względem pracy. W tym przypadku następuje zahamowanie i szybki spadek prędkości obrotowej koła zamachowego, powodujący niedopuszczalny poślizg silnika elektrycznego, przegrzanie jego uzwojenia i zniszczenie izolacji.

Dobór prasy według siły nacisku przeprowadza się w następujący sposób. Siłę potrzebną do wykonania operacji znajduje się z odpowiednich wzorów podanych w pierwszej części pracy.

Określa się siłę ścisnięcia poduszek i wypychaczy, sumuje się z siłą potrzebną do bezpośredniego tłoczenia i porównuje się z nominalnym naciskiem prasy

$$P_{pr} \geq P + P_p$$

Ponieważ wielkości pras są stopniowane według nominalnych nacisków (6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 80; 100; 125; 160; 200 T itd.), to zwykle przy doborze prasy obliczeniowa siła nacisku nie odpowiada nominalnemu naciskowi. Dlatego bierze się prasę o nieco większym nacisku od potrzebnego wynikającego z obliczenia. Zastosowanie silniejszej prasy zapewnia wyższą sztywność i mniejsze sprężynowanie kadłuba, a wskutek tego i większa trwałość tłoczników. Pewien nadmiar siły w stosunku do siły obliczeniowej zabezpiecza prasę przed zniszczeniem w razie podłożenia grubszego materiału. Szczególnie duże znaczenie ma to przy dogniataniu, wybijaniu i innych operacjach prasowania.

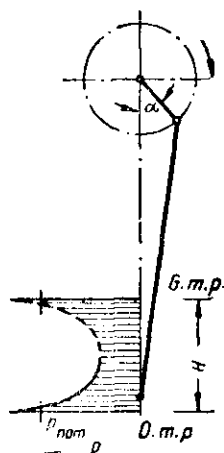
Należy pamiętać, że w katalogach i kartach maszynowych podawane są wartości nominalnych nacisków pras korbowych wytwarzanych w końcu skoku roboczego (w pobliżu dolnego martwego położenia). Należy to uwzględnić w przypadku operacji wymagających dużego skoku roboczego, ponieważ dopuszczalny nacisk wywierany przez prasę na początku operacji będzie mniejszy niż w dolnym martwym położeniu.

Na rys. 441 podano zmianę siły nacisku rozwijanej przez prasę korbową na odcinku skoku roboczego. W środku skoku siła wynosi od 40 do 50% siły nominalnej.

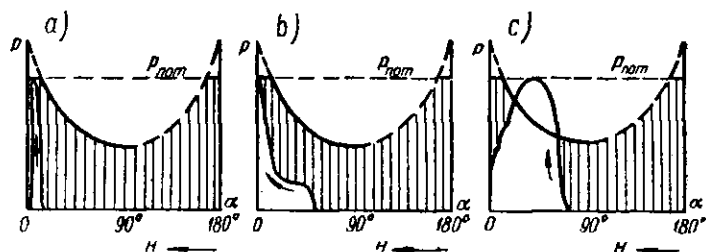
W związku z tym należy zaznaczyć, że nominalna siła nacisku prasy korbowej ustalona w końcu skoku roboczego może być w pełni wykorzystana przy wyciananiu, dziurkowaniu, wybijaniu i gięciu, lecz nie może być wykorzystana przy głębokim ciągnięciu. Wynika to z nałożenia roboczych wykresów tych operacji na wykresy siły rozwijanej przez prasę na długości skoku roboczego (rys. 442).

Na rys. 442a nałożony jest roboczy wykres procesu wykrawania, na rys. 442b — procesu wyginania z dotłaczaniem (doginaniem), a na rys. 442c — procesu ciągnięcia.

Podczas gdy wykresy procesów wykrawania i wyginania nie wychodzą poza granicę dopuszczalnego nacisku prasy, wykres ciągnięcia wychodzi poza tę granicę, co powoduje znaczne przeciążenie prasy.



Rys. 441. Siła rozwijania przez prasę korbową na przestrzeni skoku suwaka



Rys. 442. Nałożenie roboczych (operacyjnych) wykresów na wykresy dopuszczalnych nacisków prasy korbowej: a) przy wycinaniu, b) przy gięciu, c) przy ciągnięciu

Takie przeciążenie jest niedopuszczalne, ponieważ w sposób nieunikniony doprowadzi do zniszczenia prasy.

Stąd wynika, że nominalna siła prasy korbowej w razie zastosowania jej do ciągnięcia powinna być zmniejszona.

W przybliżeniu można przyjąć, że największa siła ciągnięcia powinna wynosić:

$$\begin{aligned} &\text{przy głębokim ciągnięciu } (0,5 \div 0,6) P_{nom} \\ &\text{przy płytkim ciągnięciu } (0,7 \div 0,8) P_{nom} \end{aligned}$$

Na rys. 443 przedstawiony jest schemat prasy korbowej i wykres dopuszczalnej siły nacisku [367]. Maksymalną siłę nacisku prasy ustala się w zależności od wytrzymałości wału korbowego i w zwykłych prasach korbowych z jednostronnym napędem bierze się ją zwykle równą sile wytwarzanej przy kącie położenia korby $\alpha = 20 \div 30^\circ$, co odpowiada części roboczego skoku suwaka

$$h_a = 0,05 \div 0,07H$$

Moment skręcający oblicza się z równania

$$M = P \frac{H}{2} \sin \alpha = Pb$$

gdzie $b = \sqrt{(H - h_a) h_a}$

Największy moment skręcający, określony na podstawie wytrzymałości kół zębatach jest równy (przy $\sin \alpha = 0,5$)

$$M_{max} = 0,25 P_{max} H$$

Na rys. 444 przedstawiony jest schemat i wykres dopuszczalnej siły nacisku prasy kolanowej (do wybijania).

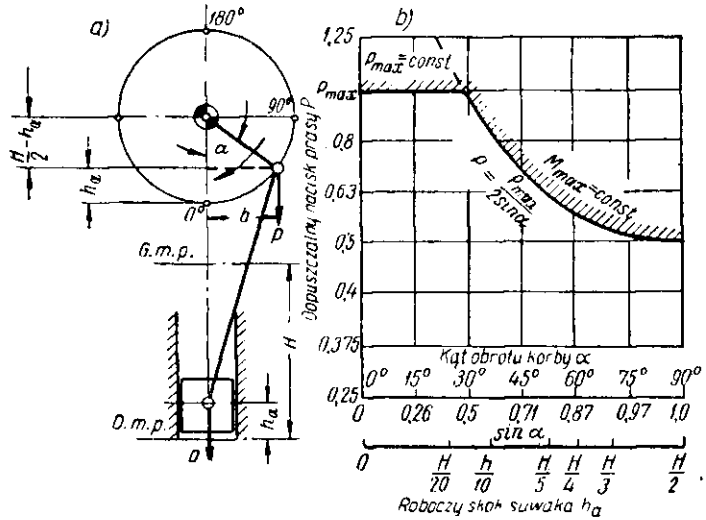
Dopuszczalną siłę na suwaku oblicza się ze wzoru

$$P = \frac{M_{max} \sin(\delta + \gamma) \cdot \cos \eta}{r \sin(\eta + \epsilon) \cdot \sin(\alpha - \gamma)}$$

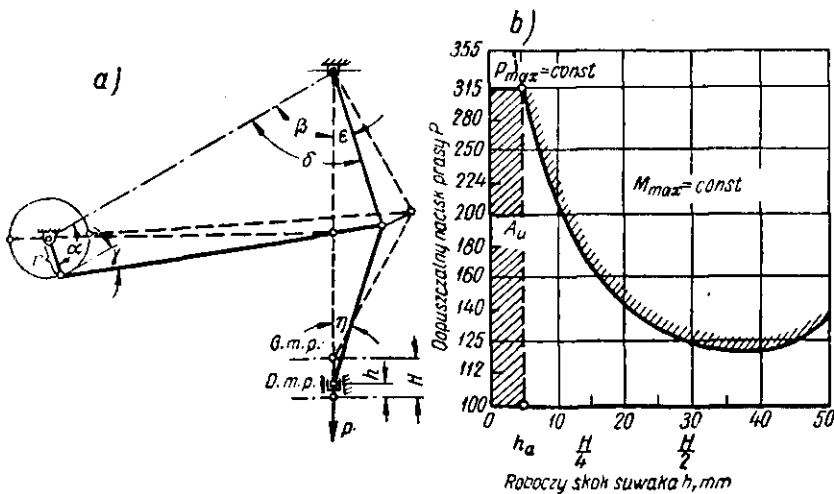
Praca użytkowa prasy kolanowej równa

$$A_u = P_{max} h_a$$

Rys. 443. Dopuszczalna siła nacisku prasy korbowej: a) schemat prasy, b) wykres dopuszczalnego nacisku



Przy operacjach wycinania i dziurkowania na prasach korbowych nie wystarcza dobór prasy według nominalnej siły. Nie można przekraczać określonej największej grubości materiału, ustalonej dla danej prasy. Jeżeli prasa przeznaczona do wykrawania przedmiotów ze stali o grubości 2 mm będzie zastosowana do wykrawania



Rys. 444. Dopuszczalny nacisk prasy kolanowej: a) kinematyczny schemat prasy, b) wykres dopuszczalnego nacisku

wania otworów w materiale o grubości 10 mm, to w danym przypadku prasa może się okazać przeciążona w stosunku do dopuszczalnej mocy, co wynika z tabl. 19.

Nominalną siłę nacisku prasy przyjmuje się z katalogu lub z karty maszynowej. W razie braku kart maszynowych lub przy przeróbce starych pras siłę ich można obliczyć z wytrzymałości wału korbowego w zależności od jego średnicy [98].

Po doborze prasy według siły należy sprawdzić przydatność prasy pod względem mocy (pracy).

Pracę odkształcania oblicza się ze wzorów podanych w pierwszej części książki.

Znalezioną wartość pracy sumuje się z pracą potrzebną do ściśnięcia poduszki wypychacza i porównuje się z pracą, którą może wykonać prasa podczas jednego skoku roboczego. Praca ta składa się z użytkowej energii koła zamachowego (kół

$$A_{pr} \geq A + A_p$$

zamachowych) i niewielkiej części energii, oddawanej przez silnik elektryczny. Ostatnia jest zużywana w zasadzie na pokonywanie szkodliwych oporów i przywrócenie straconej prędkości mas zamachowych.

Użytkowa energia koła zamachowego wykorzystywana do wykonania operacji technologicznej równa jest stracie energii kinetycznej przy spadku prędkości obrotowej i stanowi tylko część całkowitej energii kinetycznej koła zamachowego

$$A_k = \frac{GD^2n^2}{12750} \text{ kGm}$$

Użytkowa energia koła zamachowego (użytkowa praca prasy), przy pracy pojedynczymi skokami i dopuszczalnym zmniejszeniu prędkości o 20%, jest w przybliżeniu równa

$$A_p = \frac{GD^2n^2}{35400} \text{ kGm}$$

a w przypadku pracy prasy (z automatycznym podawaniem), przy dopuszczalnym zmniejszeniu prędkości o 10%

$$A_c = \frac{GD^2n^2}{67100} \text{ kGm}$$

gdzie: G — ciężar koła zamachowego w kG,

D — zewnętrzna średnica koła zamachowego w m,

n — liczba obrotów koła zamachowego na minutę.

A więc wartość pracy użytkowej, którą może wykonywać prasa przy pracy ciągłej jest prawie dwa razy mniejsza niż przy pracy pojedynczymi skokami.

Podobne dane z praktyki normalizacji pras w NRD podano w tabl. 187.

Należy zwrócić uwagę, że prawidłowe obciążenie prasy pod względem siły nie zawsze prowadzi do właściwego obciążenia pod względem mocy.

Na przykład, jeżeli obliczeniowa siła wycinania przewyższa nominalną siłę nacisku prasy, to w takim przypadku stosuje się zwykle wycinanie wykrojnikami o zukosowanych krawędziach tnących (patrz rozdz. 1, część pierwsza).

Jednak zmniejszeniu siły towarzyszy w tym przypadku nie zmniejszenie lecz zwiększenie pracy wycinania (patrz rys. 13). Może okazać się, że przy prawidłowym obciążeniu siłą prasa będzie przeciążona pod względem mocy.

Drugim parametrem koniecznym do wyboru prasy jest wielkość skoku prasy.

Skokiem prasy nazywa się ruch suwaka prasy w dół i do góry wykonywany podczas jednego obrotu wału korbowego.

Tablica 187. Praca użyteczna prasy i największa grubość wykrawanego metalu w zależności od nominalnej siły nacisku prasy w T [327]

Typ prasy	Liczba skoków prasy	Praca użyteczna w Tmm — kGm		Największa grubość materiału w mm	
		przy pojedynczych skokach	przy ciągłych skokach	przy pojedynczych skokach	przy ciągłych skokach
Szybkobieżna ¹⁾	$\frac{250}{\sqrt[4]{P}}$	$0,315 \sqrt{P^3}$	$0,16 \sqrt{P^3}$	$0,63 \sqrt{P}$	$0,315 \sqrt{P}$
Normalna	$\frac{190}{\sqrt[4]{P}}$	$0,45 \sqrt{P^3}$	$0,224 \sqrt{P^3}$	$0,9 \sqrt{P}$	$0,45 \sqrt{P}$
Wolnobieżna	$\frac{140}{\sqrt[4]{P}}$	$0,63 \sqrt{P^3}$	$0,315 \sqrt{P^3}$	$1,25 \sqrt{P}$	$0,63 \sqrt{P}$

¹⁾ Termin „szybkobieżna” jako scharakteryzowanie porównawcze, ponieważ istnieją jeszcze bardziej szybkobieżne prasy.

Wydajność pras mierzy się liczbą skoków na minutę.

Wielkością skoku prasy nazywa się odległość między górnym i dolnym położeniem suwaka, czyli drogę przebywaną przez suwak w jednym kierunku.

Górnym martwym punktem (g.m.p.) nazywa się skrajne górne położenie korby korbowodu i suwaka. Dolnym martwym punktem (d.m.p.) nazywa się skrajne dolne położenie korby, korbowodu i suwaka.

Dobór prasy według wielkości skoku ma szczególne znaczenie w operacjach ciągnięcia i gięcia, które wymagają dużego skoku suwaka prasy. Zwykle wymiar skoku suwaka prasy przyjmuje się 2,5 raza większy od wysokości ciągniętego przedmiotu, aby zapewnić dogodne podawanie półwyrobów i usuwanie gotowych przedmiotów.

Na rys. 445 podane są wykresy rachy suwaków pras podwójnego i potrójnego działania, przeznaczonych do głębokiego ciągnięcia.

Do wykrawania niepotrzebna jest duża wielkość skoku suwaka prasy, ponieważ w tym przypadku wystarczający jest skok prasy o 2÷3 mm większy od przeswitu między spychaczem i matrycą.

Prasy o małej i średniej mocy wykonuje się z regulowaną wielkością skoku (prasy mimośrodowe).

Należy nastawiać taką wielkość skoku, aby górna część tłoczniaka nie wychodziła z prowadnic słupowych w skrajnym górnym położeniu suwaka.

W prasach o stałym skoku korbówód nasadzony jest bezpośrednio na czop korbowy wału. Wielkość skoku jest w tym przypadku równa podwójnej wielkości wykorbienia wału.

W prasach o regulowanej wielkości skoku korbówód nasadzony jest na mimośrodową tulejkę, osadzoną na wale prasy (rys. 446).

Podczas obracania się wału obrotowy ruch części mimośrodowych przetwarza się w ruch postępowo-zwrotny suwaka prasy.

Regulację wielkości skoku suwaka prasy i mimośrodu wykonuje się za pomocą obrotu mimośrodu w stosunku do osady mimośrodu o odpowiedni kąt (o pewną liczbę zębów).

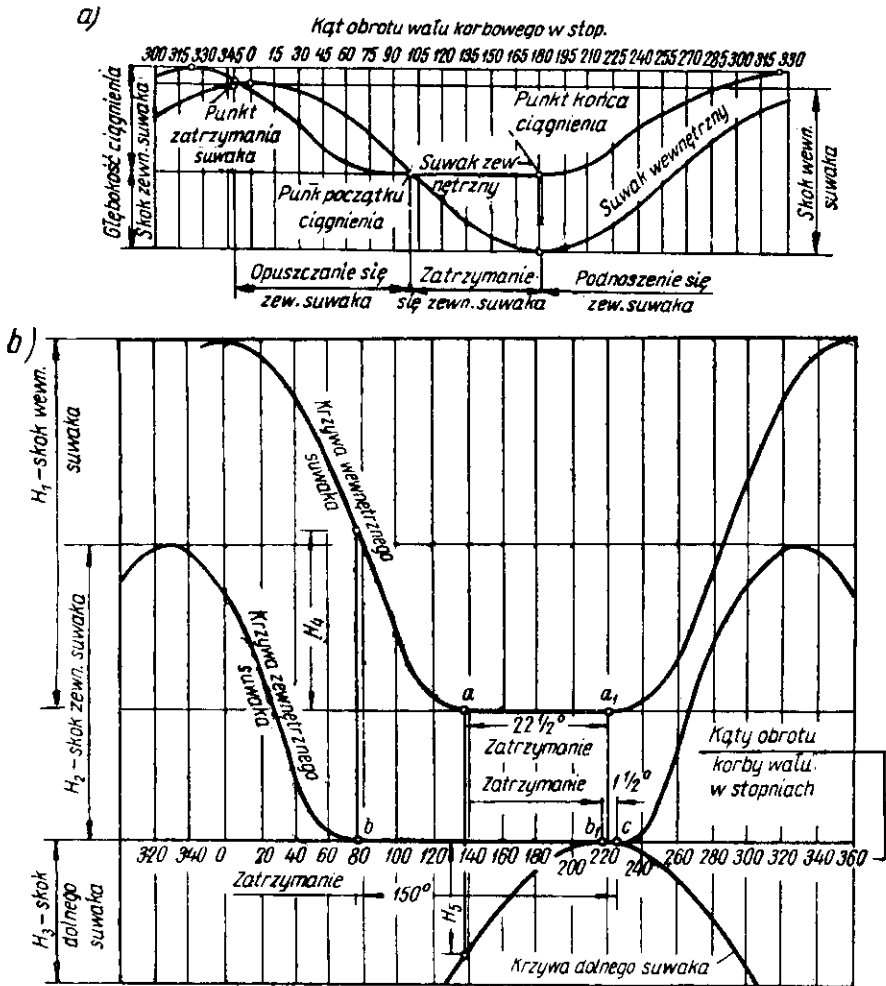
W razie ustawienia mimośrodu wału i tulei mimośrodowej w jednym kierunku otrzymuje się największą mimośrodowość wypadkową

$$R_{max} = r_1 + r_2$$

i największy skok suwaka prasy

$$H_{max} = 2(r_1 + r_2)$$

W razie ustawienia mimośrodowości wału i tulei mimośrodowej w średnicowo



Rys. 445. Wykresy ruchu suwaków pras: a) podwójnego i b) potrójnego działania

przeciwnych kierunkach otrzymuje się najmniejszą mimośrodowość wypadkową i najmniejszy skok

$$R_{min} = r_1 - r_2$$

$$H_{min} = 2(r_1 - r_2)$$

Na rys. 447 przedstawiony jest schemat regulacji mimośrodowości i wielkości skoku suwaków pras mimośrodowych. Na schemacie oznaczono:

r_1 — mimośrodowość wału,

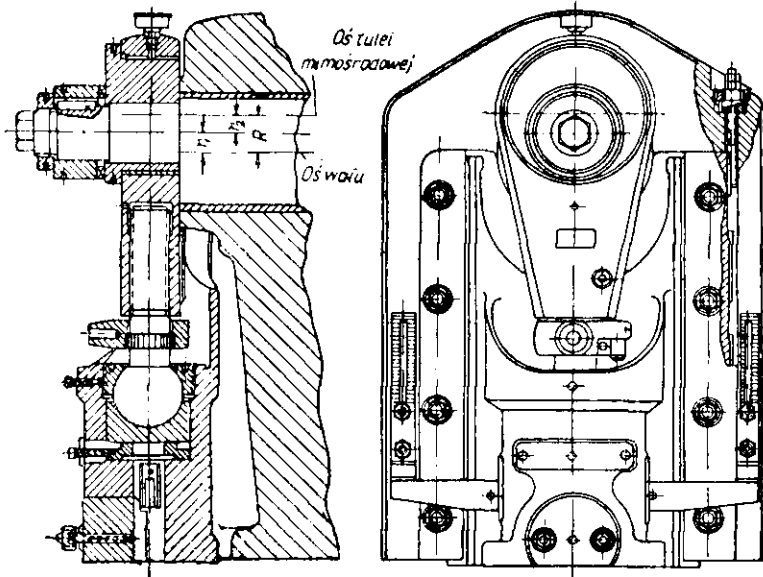
r_2 — mimośrodowość tulei mimośrodowej,

R_{max} i R_{min} — największa i najmniejsza mimośrodowość wypadkowa,

H_{max} i H_{min} — największy i najmniejszy skok suwaka prasy.

Przy największym i najmniejszym skoku suwaka prasy w chwili jej wyłączenia korbówód i suwak zatrzymuje się w skrajnym górnym położeniu (oś korbowodu w punktach O_1 i O_2).

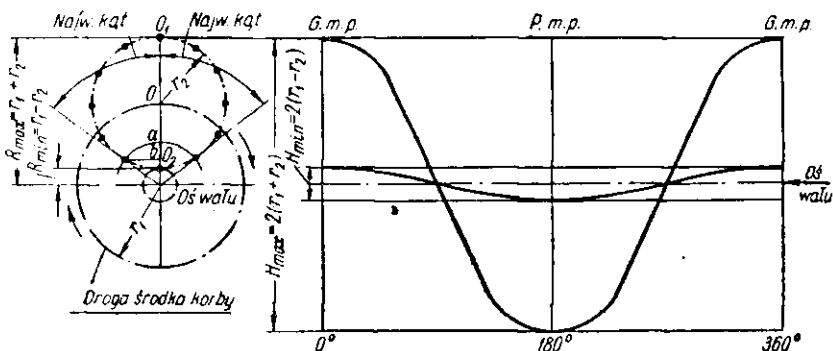
W razie nastawienia pośredniej wielkości skoku oś ła korbowodu w położeniu wyłączonym nie znajduje się na jednej linii pionowej z osią korby, lecz zajmuje



Rys. 446. Mechanizm korbowy prasy mimośrodowej

jedno z połączeń zaznaczonych czarnymi punktami, a oś trzonu korbowodu ma położenie wychylone. Oś korby w położeniu włączonym zawsze znajduje się w górnym martwym punkcie (O).

A więc przy nastawianiu mimośrodowości korbówód zajmuje położenie odchyłone o pewien kąt ujemny lub dodatni (wyprzedzający) w stosunku do osi korby.



Rys. 447. Schemat regulacji wielkości skoku suwaka prasy mimośrodowej

Zwykle pracuje się z ujemnym kątem odchylenia korbowodu i tuleję mimośrodową obraca się w kierunku przeciwnym do obrotu wału w czasie pracy.

Suwak w danym przypadku również nie znajduje się w skrajnym górnym położeniu i jest od niego oddalony o wielkość $a-b$, równą przesunięciu się do góry

osi ła korbowodu przy przechodzeniu przez óś pionową. Na rys. 447 z prawej strony przedstawione są krzywe ruchu suwaka w czasie jednego obrotu wału w przypadku największego i najmniejszego jego skoku.

Jak wynika z tych krzywych, przy nastawianiu (zmniejszaniu) wielkości skoku, odległość od stołu do suwaka w jego skrajnym górnym położeniu (otwarta wysokość przestrzeni roboczej) zmaleje, a — w skrajnym dolnym położeniu (zamknięta wysokość przestrzeni roboczej) wzrośnie o wielkość

$$B = \frac{H_{max} - H}{2}$$

gdzie H — nastawiona wielkość skoku.

Regulację odległości od stołu do suwaka w skrajnym dolnym jego położeniu wykonuje się za pomocą skracania lub wydłużania korbowodu. Skracanie i wydłużanie korbowodu wykonuje się wkręcając łącznik korbowodu w trzon korbowodu lub wykręcając go.

Odległość od stołu do suwaka w jego skrajnym dolnym położeniu (zamknięta wysokość przestrzeni roboczej) jest bardzo ważną wielkością w projektowaniu i przy ustawianiu tłoczników. W literaturze technicznej i w katalogach brak jest dostatecznej ścisłości w określeniu tej wielkości.

W jednych źródłach zamkniętą wysokością nazywana jest odległość od stołu do suwaka w skrajnym dolnym jego położeniu i przy najmniejszej długości korbowodu, w innych — odległość od płyty stołowej do suwaka w tych samych warunkach. Ostatnie określenie jest bardziej prawidłowe.

W tabl. 188 podano określenia otwartej i zamkniętej przestrzeni roboczej pras korbowych i mimośrodowych.

Wydajność pras zależna jest od liczby skoków na minutę, którą dobiera się możliwie dużą, odpowiednią do charakteru pracy i typu tłoczniaka.

Tablica 188. Określenie otwartej i zamkniętej wysokości przestrzeni roboczej pras korbowych i mimośrodowych

Typ prasy	Parametry regulowane	Otwarta wysokość	Zamknięta wysokość	
			największa w dół	najmniejsza w dół
Korbowa (ze stałym skokiem)	Skok	w górę	w dół	w dół
	Korbowód	skrócony	skrócony	wydłużony
Mimośrodowa (z nastawnym skokiem)	Skok	największy w górę	najmniejszy, w dół	największy, w dół
	Korbowód	skrócony (wkręcony)	skrócony (wkręcony)	wydłużony (wykręcony)
Mimośrodowa z przesuwym stołem	Skok	największy, w górę	najmniejszy, w dół	największy, w dół
	Korbowód	skrócony (wkręcony)	skrócony (wkręcony)	wydłużony (wykręcony)
	Położenie stołu	opuszczony	opuszczony	podniesiony

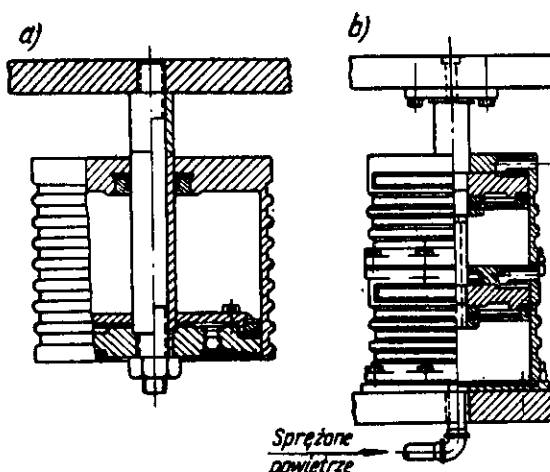
Zwiększenie liczby skoków ma szczególnie duże znaczenie przy automatycznym podawaniu materiału oraz w przypadku tłoczenia małych przedmiotów z pasa lub taśmy przy ręcznym podawaniu materiału.

Nowoczesne prasy korbowe i mimośrodowe zaopatrywane są w poduszki powietrzne (pneumatyczne), a duże prasy — w poduszki hydrauliczne, potrzebne do pracy dociskaczy, wypychaczy, spychaczy i wyrzutników.

Istnieją dwa typy poduszek powietrznych: a) z nieruchomym cylindrem i ruchomym tłoczyskiem, b) z ruchomym cylindrem i nieruchomym tłoczyskiem.

Na rys. 448b przedstawiona jest dwutłokowa poduszka z nieruchomymi cylindrami powietrznymi podwieszonymi i zamocowanymi w stole prasy czterema sworzni-

Rys. 448. Poduszki powietrzne: a) z ruchomym cylindrem, b) z ruchomym tłoczyskiem (podwójna)



mi. Poduszki wielotłokowe stosuje się w tych przypadkach, gdy trzeba zwiększyć siłę docisku.

Przy doborze wielkości poduszki do ciągnięcia z dociskaczem przyjmuje się skok tłoka poduszki równy połowie skoku suwaka prasy, a siłę wywieraną przez poduszkę równą 1/6 nominalnego nacisku prasy [85].

Siła wywierana przez poduszkę powietrzną wynosi

$$P = pF \text{ kG}$$

gdzie: p — ciśnienie powietrza w at,
 F — powierzchnia tłoka w cm^2

Na rys. 449 przedstawiony jest schemat połączenia poduszki powietrznej z siecią rurociągów sprężonego powietrza o ciśnieniu 5 at.

Sprężone powietrze z sieci przepływa przez zawór 7, filtr 6, zawór redukcyjny 5 i zawór zwrotny 4 do zbiornika 2, połączonego z cylindrem poduszki.

Podczas roboczego ruchu suwaka prasy i tłoka poduszki powietrznej sprężone powietrze jest wyciskane z poduszki do zbiornika.

Ciśnienie powietrza w zbiorniku odpowiednio się zwiększa.

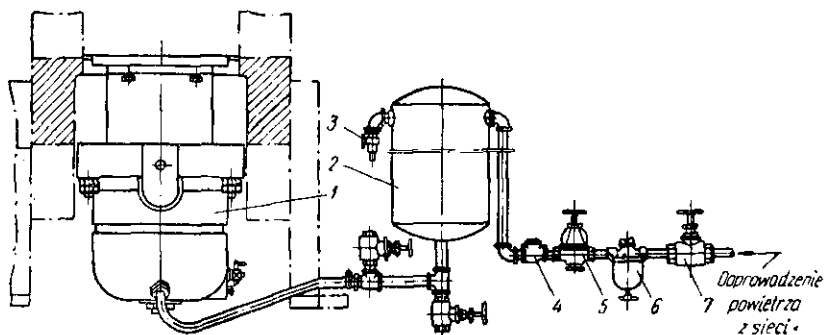
Zawór redukcyjny służy do regulowania i utrzymywania odpowiedniego ciśnienia powietrza w poduszce i w zbiorniku.

Przy modernizacji istniejących pras należy w produkcji seryjnej zachować uniwersalność pras, aby istniała możliwość zastosowania prasy do wykrawania przelotowego przez otwór w stole prasy i używania poduszki tylko do operacji ciągnięcia.

W tym celu bardzo dogodnie jest zastosować odchylną poduszkę powietrzną,

przedstawioną na rys. 450. Poduszka ta umieszczona jest na zawiasowo zamocowanej płycie, łatwo odchylającej się do dołu w razie odkręcenia dwóch cięgien.

Na rys. 451 przedstawiono zamocowanie odchylniej poduszki powietrznej i zbiornika powietrznego do korpusu prasy przechyłnej.

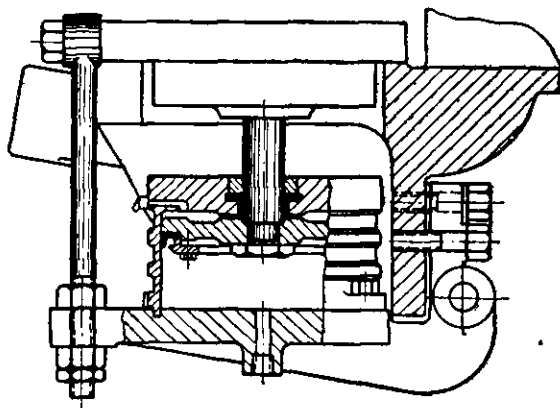


Rys. 449. Schemat połączenia poduszki powietrznej z siecią sprężonego powietrza: 1 — cylinder poduszki, 2 — zasobnik, 3 — zawór bezpieczeństwa, 4 — zawór zwrotny, 5 — zawór redukcyjny, 6 — filtr, 7 — zawór odcinający

Duże prasy o dużym nacisku wyposażone są zwykle w poduszki hydrauliczne (rys. 452), ponieważ poduszki powietrzne miałyby wtedy bardzo duże wymiary.

Olej ze zbiornika 1 rurą 9 przez zawór 4 napędza cylinder 3 [85].

Podczas ruchu roboczego płyta poduszki z tłokiem 2 naciska na olej, który stara się odepchnąć trzpień 5 zamykający zawór, znajdujący się pod ciśnieniem



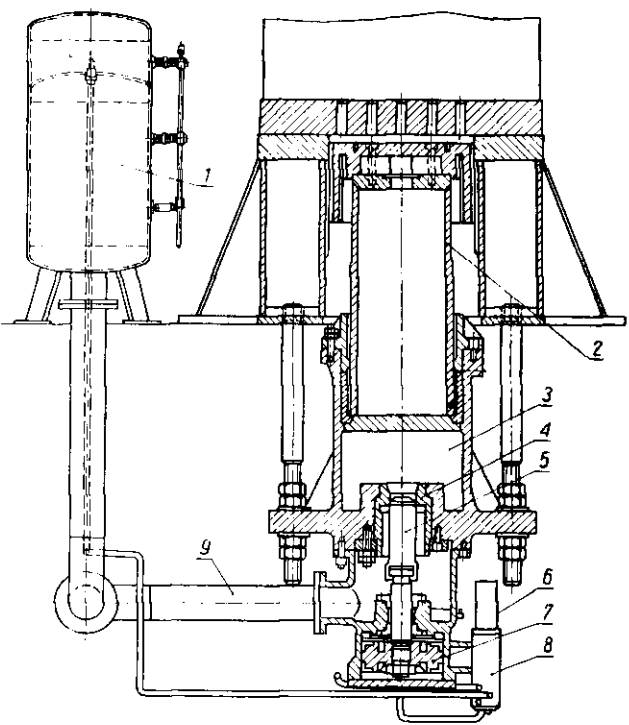
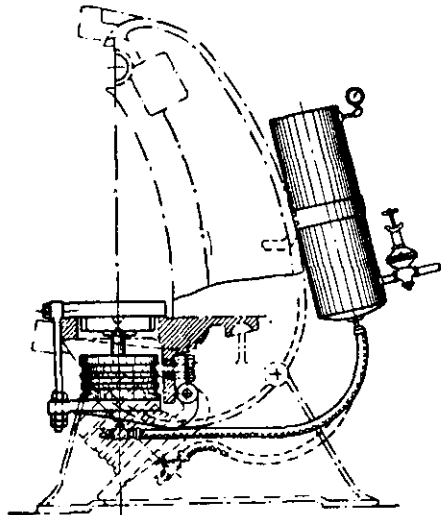
Rys. 450. Odchylna poduszka powietrzna

sprężonego powietrza w dolnym cylindrze. Wyciskany olej przepływa do zbiornika 1. Gdy skończy się ruch roboczy ciśnienie oleju spada, a trzpień 5 zamyka zawór 4. Powrót całego układu do położenia wyjściowego wykonywany jest za pomocą solenoidu 6 sterowanego suwakiem 8 przepuszczającym sprężone powietrze nad tłok 7.

Przy wykrawaniu dużych przedmiotów w wykrojnikach jednoczesnych dociskacze i wypychacze mają bardzo mały skok (od 1 do 3 mm). Dlatego podwieszane poduszki powietrzne nie znajdują zastosowania w tym przypadku, stosuje się natomiast sprężyny. W razie dużych wymiarów tłoczników potrzebna jest duża liczba sprężyn, przy czym trudno osiągnąć jednakowe ich napięcie.

W takich przypadkach zaleca się stosowanie płaskich poduszek powietrznych, używanych z dobrymi wynikami w zakładach wytwarzających urządzenia i sprzęt elektrotechniczny.

Rys. 451. Instalacja odchylnej poduszki powietrznej

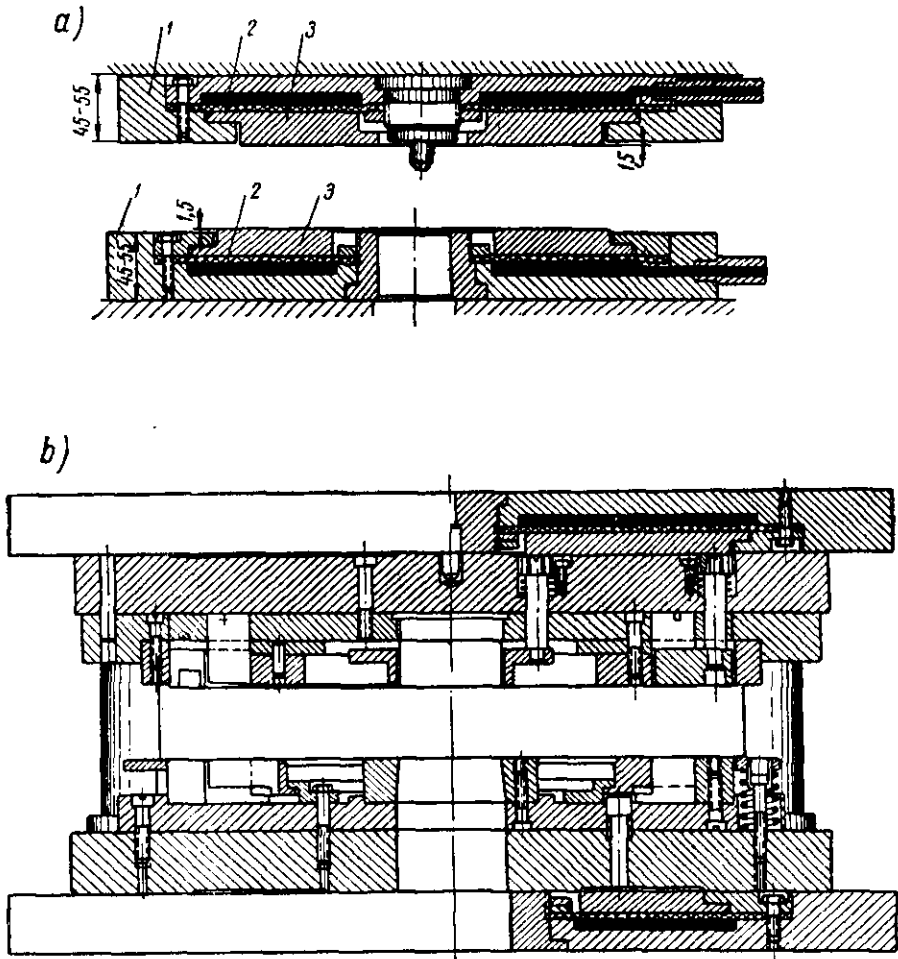


Rys. 452. Poduszka hydrauliczno-powietrzna dużej pracy

Na rys. 453a przedstawione są wbudowane w prasę poduszki powietrzne 1 (górną i dolną) z płaską komorą powietrzną, dołączoną do sieci sprężonego powietrza albo bezpośrednio, albo poprzez zawór rozdzielczy. Za pomocą tego zaworu można wykonywać spychanie wyrobów w określonym położeniu suwaka prasy [62].

Uszczelnienie tworzy gumowa membrana 2, na którą w czasie tłoczenia naciska ruchomy pierścień 3.

Na rys. 453b przedstawione są płaskie poduszki powietrzne zastosowane do wykrojnika jednoczesnego przeznaczzonego do wycinania blach stojana.



Rys. 453. Poduszki powietrzne z płaską komorą powietrzną: a) górna i dolna, b) tłocznik jednoczesny

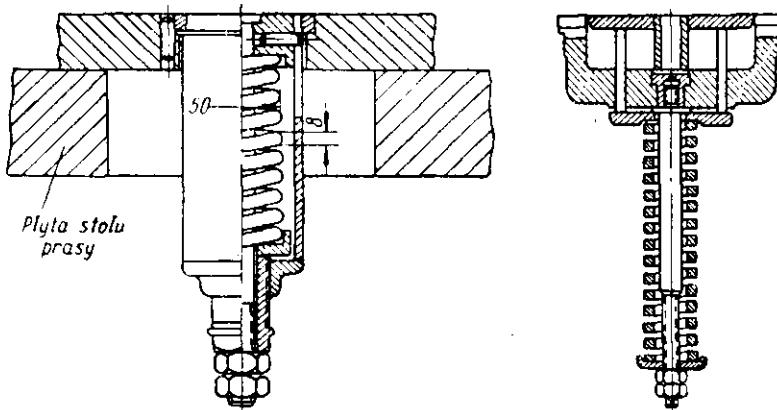
W razie braku sprężonego powietrza w zakładzie stosuje się poduszki gumowe lub sprężynowe, wbudowane w płyty stołowe lub w podstawę tłoczni.

Na rys. 454÷456 podane są przykłady konstrukcji poduszek gumowych i sprężynowych: sprężynowe poduszki wmontowywane w płyty stołowe pras (rys. 454), znormalizowana poduszka gumowa zamocowana w płycie stołowej (rys. 455), zdejmowane poduszki gumowe do pras i do tłoczników (rys. 456) [296].

Do poduszek gumowych zaleca się stosować gumę marki 922 wg МХПТУ 1166-51, dopuszczającą ściskanie 30% od pierwotnej wysokości przy nacisku jednostkowym 25 kG/cm².

Wymagania techniki bezpieczeństwa pracy powinny być przewidziane w konstrukcji i w warunkach obsługi prasy, ponieważ praca na prasach jest najbardziej nie-

bezpieczna w porównaniu z innymi rodzajami obróbki. Dlatego przy pracy na prasach powinny być przewidziane środki bezpieczeństwa w prasie, w tłoczniku, w sposobie podawania półwyrobów i usuwania wyrobów, w istnieniu osłon i urzą-

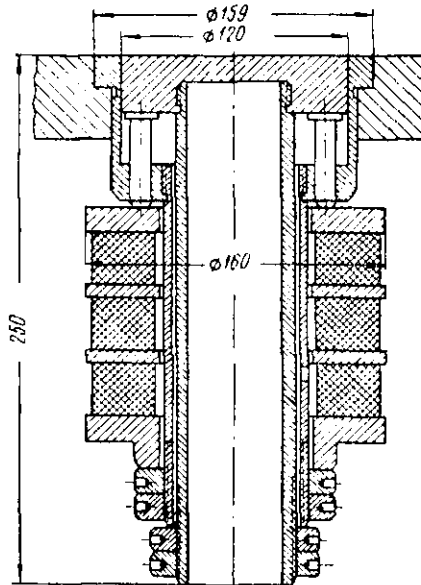


Rys. 454. Poduszki sprężynowe osadzone w płycie stołowej

dzeń zabezpieczających oraz w organizacji stanowiska roboczego i przestrzeganiu zasad ochrony pracy.

W odniesieniu do pras środki bezpieczeństwa polegają na stosowaniu:

- 1) bezpiecznego mechanizmu automatycznie rozłączającego koło zamachowe



Rys. 455. Stała poduszka gumowa osadzona w płycie stołowej

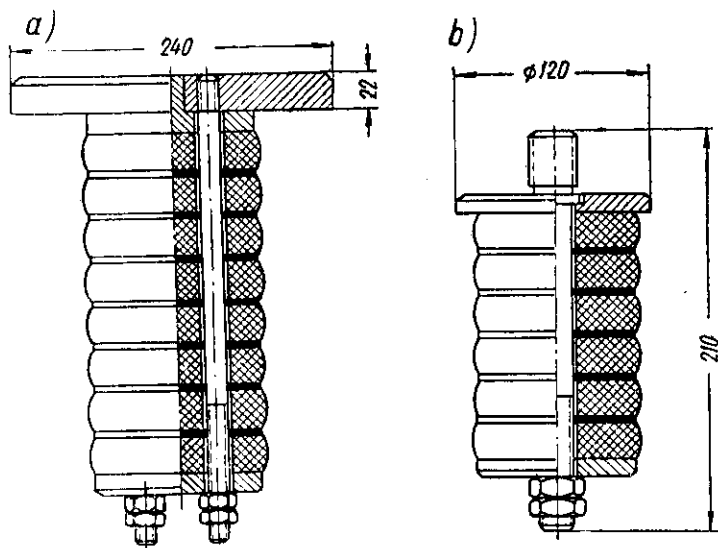
i wał po każdym skoku suwaka prasy i zabezpieczające przed podwójnym skokiem suwaka prasy,

- 2) przyciskowego (guzikowego) lub dźwigniowego dwuręcznego włączania prasy, zmuszającego do usunięcia rąk z tłocznika i dokonania włączenia prasy jednocześnie dwoma rękami,

3) osłon pedału zabezpieczających przed nieprzewidzianym włączeniem prasy w razie spadnięcia ciężkiego przedmiotu na pedał,

4) specjalnych ruchomych osłon i urządzeń do usuwania rąk z przestrzeni roboczej w tych przypadkach, gdy praca ręczna jest nieunikniona.

Najlepszym sposobem zabezpieczenia pracownika przed nieszczęśliwymi wypadkami jest zastosowanie urządzeń do automatycznego i mechanicznego poda-



Rys. 456. Zdemontowane poduszki gumowe: a) do prasy, b) do tłoczniaka

wania materiału, ponieważ wtedy niepotrzebny jest bezpośredni udział robotnika albo robotnik nie potrzebuje wkładać rąk do przestrzeni niebezpiecznej. W tych przypadkach, gdy w zakładzie produkcyjnym nie ma specjalnych pras z automatycznym podawaniem materiału, zaleca się zaopatrywanie tłoczniaków w proste urządzenia do mechanizacji podawania półwyrobów i usuwania wyrobów z tłoczniaka.

Oprócz tego środki bezpieczeństwa polegają również na utrzymywaniu w porządku i czystości stanowiska roboczego, na prawidłowym i dogodnym rozmieszczeniu półwyrobów i narzędzi, przestrzeganiu zasad pracy na prasach i posługiwaniu się narzędziami pomocniczymi.

9. Podstawy technicznego normowania czasu robót tłoczniczych

Techniczną normą czasu nazywa się czas niezbędny do wykonania danej pracy przy prawidłowej jej organizacji oraz najbardziej racjonalnym wykorzystaniu maszyn i urządzeń, z uwzględnieniem doświadczenia przodowników i nowatorów produkcji. Przy czym bierze się pod uwagę wykonanie przedmiotów o wymaganej jakości.

Techniczne normy czasu nie są stałe i ostateczne, zmieniają się one w miarę unowocześniania metod technologicznych i środków produkcji, ze wzrostem poziomu organizacyjnego przedsiębiorstwa, ze wzrostem technicznego i kulturalnego poziomu robotnika.

Do technicznego normowania należy określić:

1) normy czasu jednostkowego t_j potrzebnego do wykonania jednej sztuki (wykonania jednej operacji);

2) normy czasu przygotowawczo-zakończeniowego t_{pz} dla partii przedmiotów, składającej się w zasadzie z czasu na zaznajomienie się z zadaniem, na przygotowanie stanowiska roboczego (bez ustawiania tłoczników), oddanie roboty i uprządkowanie prasy.

Norma czasu jednostkowego składa się z następujących elementów

$$t_j = t_g + t_{pom} + t_p + t_o$$

gdzie: t_g — czas główny (technologiczny lub maszynowy) w min,
 t_{pom} — czas pomocniczy (podawania półwyrobów, usuwania wyrobów i odpadów, włączania prasy itp.) w min,
 t_o — czas obsługiwanina stanowiska roboczego (czyszczenie, smarowanie, zbieranie odpadów itp.) w min,
 t_p — czas przerw na wypoczynek i potrzeby naturalne w min.

Suma czasu głównego i pomocniczego jest czasem operacyjnym, czyli bezpośrednim czasem potrzebnym do wykonania danej operacji

$$t_{op} = t_g + t_{pom}$$

Suma czasu obsługiwanina stanowiska roboczego i czasu na potrzeby naturalne i wypoczynek tworzy czas dodatkowy

$$t_d = t_o + t_p$$

Czas dodatkowy przyjmuje się zwykle w procentach w stosunku do czasu operacyjnego i wynosi on 6% dla pras o nacisku do 100 T, 10% dla pras o nacisku od 100 do 300 T i 14% dla pras o nacisku ponad 300 T.

A więc norma czasu jednostkowego może być wyrażona w następujący sposób

$$t_j = t_{op}(1 + K)$$

gdzie K — stosunek czasu dodatkowego do operacyjnego.

Do kalkulacji i obliczania kosztu własnego każdego produkowanego przedmiotu stosuje się tak zwane czasy kalkulacyjne, uwzględniające czas przygotowawczo-zakończeniowy przypadający na jeden przedmiot

$$t_k = t_j + \frac{1}{n} t_{pz}$$

gdzie n — liczba przedmiotów.

Czas główny określa się w zależności od liczby skoków suwaka prasy na minutę, np.:

a) przy automatycznej pracy prasy

$$t_g = \frac{1}{n_p}$$

b) przy pracy pojedynczymi skokami suwaka

$$t_g = \frac{k}{n_p}$$

gdzie k — współczynnik uwzględniający czas na włączenie prasy w zależności od rodzaju sprzęgła (tabl. 189).

Tablica 189. Wartość współczynnika k do obliczania czasu maszynowego przy pracy pojedynczymi skokami

Typ sprzęgła	Współczynnik k
Jednozazębieniowe	1,5
Dwuzazębieniowe	1,25
Trzyzazębieniowe	1,17
Czterozazębieniowe	1,12
Cierne	1,02

Tablica 190. Obliczanie normy czasu jednostkowego przy różnych sposobach tłoczenia, w min

Sposób tłoczenia	Wzory
Z ręcznym podawaniem pasów (taśmy) ¹⁾	$t_j = \left(t_0 + \frac{t_1 + t_3}{x} + t_4 + t_2 + t_5 \right) (1 + K)$
Z ręcznym podawaniem pojedynczych półwyrobów	$t_j = (t_0 + t_1 + t_2 + t_3 + t_4) (1 + K)$
Z automatycznym podawaniem taśmy	$t_j = \left(\frac{t_1}{x} + \frac{1}{nz} \right) (1 + K)$
Z automatycznym podawaniem pojedynczych półwyrobów	$t_j = \frac{1}{n} (1 + K)$

Oznaczenia:

- t_0 — czas główny (technologiczny)
- t_1 — czas na czynność „wziąć półwyrob i włożyć go do tłoczni”;
- t_2 — czas na czynność „usunąć przedmiot z tłoczni”;
- t_3 — czas na czynność „usunąć odpad”;
- t_4 — czas na włączenie prasy ($t_4 = 0,015 \div 0,025$ min);
- t_5 — czas na czynność „przesunąć pas do zderzaka”;
- t_j — czas na założenie taśmy między wałki lub szczęki i wprowadzenie jej do tłoczni do zderzaka;
- n — liczba skoków prasy na min;
- x — liczba przedmiotów tłoczonych z taśmy lub z pasa;
- z — liczba jednocześnie tłoczonych przedmiotów;
- K — stosunek czasu dodatkowego do czasu trwania operacji:

dla pras do 100 T	$K = 0,06$
dla pras od 100 ÷ 300 T	$K = 0,10$
dla pras ponad 300 T	$K = 0,14$

Czas na wykonanie czynności roboczych należy przyjmować wg normatywów [332, 333 i inne].

¹⁾ Przy tłoczeniu przelotowym lub w razie powrotnego wciśnięcia wytlóczek w taśmę $t_2 = 0$.
 W szeregu operacjach nie istnieje czas t_3 lub pokrywa się z innymi czynnościami.
 Przy tłoczeniu wielokrotnym (po kilka przedmiotów podczas jednego skoku suwaka) wzór odpowiednio się zmieni. Przy pracy ciągłej z ręcznym podawaniem pasa czas t_j łączy się z czasem głównym (maszynowym)

$$t_p = \frac{1}{n}$$

Czas operacyjny dla różnych przypadków tłoczenia zależy od rodzaju półwyrobów (materiału wyjściowego) i sposobu ich podawania oraz od sposobu usuwania wyrobów i odpadów.

W tabl. 190 podane jest obliczanie normy czasu jednostkowego dla różnych sposobów tłoczenia.

W razie tłoczenia wielotaktowego z pasów (nie z taśmy), w celu uzyskania więk-

Tablica 191. Czas jednego skoku suwaka prasy, w min

Liczba skoków suwaka prasy	Czas jednego skoku	Liczba skoków suwaka prasy	Czas jednego skoku	Liczba skoków suwaka prasy	Czas jednego skoku	Liczba skoków suwaka prasy	Czas jednego skoku
1	1,00	14	0,071	30	0,033	71—80	0,013
2	0,500	15	0,067	33	0,030	81—85	0,012
3	0,333	16	0,063	35	0,029	86—95	0,011
4	0,250	17	0,059	37	0,027	96—110	0,010
5	0,200	18	0,056	40	0,025	111—120	0,009
6	0,167	19	0,053	43	0,023	120—130	0,008
7	0,143	20	0,050	45	0,022	140—150	0,007
8	0,125	21	0,047	48	0,021	160—179	0,006
9	0,110	22	0,046	50	0,020	180—200	0,005
10	0,100	23	0,044	55	0,018	201—250	0,004
11	0,091	24	0,042	60	0,017	251—300	0,003
12	0,083	25	0,040	65	0,015	300—400	0,0025
13	0,077	27	0,037	70	0,014	400—500	0,002

Tablica 192. Czas operacji wycinania przedmiotów z pasa w jednorzędowym zwykłym wykrojaiku ze zderzakiem (kołkiem)

Szerokość pasa w mm	Liczba skoków suwaka na min	Skok podawania w mm							
		10	20	40	60	80	100	150	200
40	150	0,013	0,015	0,017	—	—	—	—	—
	120	0,014	0,016	0,018	—	—	—	—	—
	100	0,016	0,018	0,020	—	—	—	—	—
	80	0,019	0,021	0,023	—	—	—	—	—
	60	0,023	0,025	0,027	—	—	—	—	—
80	150	0,017	0,019	0,021	0,023	—	—	—	—
	120	0,018	0,020	0,022	0,024	0,027	—	—	—
	100	0,020	0,022	0,024	0,026	0,029	—	—	—
	80	0,023	0,025	0,027	0,029	0,032	—	—	—
	60	0,027	0,029	0,031	0,033	0,036	—	—	—
160	40	0,035	0,037	0,039	0,041	0,044	—	—	—
	120	—	0,025	0,027	0,030	0,033	0,036	—	—
	100	—	0,027	0,029	0,032	0,036	0,038	0,044	—
	80	—	0,030	0,032	0,035	0,038	0,041	0,047	0,053
	60	—	0,034	0,036	0,039	0,042	0,045	0,051	0,057
40	—	0,042	0,044	0,047	0,050	0,053	0,059	0,065	0,065
	20	—	0,066	0,069	0,072	0,075	0,078	0,084	0,090

Uwaga. Długość pasa 1 m. Czynności: 1) wziąć pas, 2) ustalić pas, 3) włączyć prasę, 4) wykrawać, 5) przesunąć pas o skok podawania, 6) usunąć odpad.

Tablica 193. Czasy operacji wycinania, dziurkowania, gięcia i ciągnięcia w zwykłych tłocznikach z pojedynczych półwyrobów¹⁾

Sposób ustalania w tłoczniku	Liczba skoków suwaka na min	Podawanie ręką						Podawanie pincetą					
		Sposób usuwania przedmiotów											
		zsunąć			odłożyć			zsunąć			odłożyć		
		gabaryty przedmiotów w mm											
		50 × 50	100 × 100	200 × 200	50 × 50	100 × 100	200 × 200	50 × 50	100 × 100	200 × 200	50 × 50	100 × 100	200 × 200
Gniazdo lub ramka	150	0,021	0,026	0,030	0,023	0,029	0,037	0,022	0,029	0,034	0,026	0,033	0,041
	120	0,022	0,027	0,031	0,024	0,030	0,038	0,023	0,030	0,035	0,027	0,034	0,042
	100	0,024	0,029	0,033	0,026	0,032	0,040	0,025	0,032	0,038	0,029	0,036	0,044
	80	0,027	0,032	0,036	0,029	0,035	0,043	0,028	0,035	0,040	0,032	0,039	0,047
	60	0,031	0,036	0,040	0,033	0,039	0,047	0,032	0,039	0,044	0,036	0,043	0,059
	40	0,039	0,044	0,048	0,041	0,047	0,055	0,038	0,047	0,052	0,044	0,051	0,068
	20	—	0,069	0,073	—	0,072	0,080	—	0,072	0,077	—	0,076	0,083
	10	—	0,119	0,123	—	0,122	0,130	—	0,122	0,127	—	0,125	0,133
Kołki	150	0,036	0,043	0,050	0,042	0,049	0,051	0,040	0,048	0,056	0,045	0,054	0,066
	120	0,037	0,044	0,051	0,043	0,050	0,052	0,041	0,049	0,057	0,047	0,055	0,067
	100	0,039	0,046	0,053	0,045	0,052	0,054	0,043	0,051	0,059	0,049	0,057	0,069
	80	0,042	0,049	0,056	0,048	0,055	0,057	0,046	0,054	0,062	0,052	0,060	0,072
	60	0,046	0,053	0,060	0,052	0,059	0,071	0,056	0,058	0,066	0,056	0,064	0,076
	40	0,054	0,061	0,068	0,060	0,067	0,079	0,058	0,066	0,074	0,064	0,072	0,084
	20	—	0,086	0,093	0,092	0,104	0,117	—	0,091	0,099	—	0,097	0,109
	10	—	0,136	0,143	0,142	0,154	0,167	—	0,141	0,149	—	0,147	0,159

Uwaga. Czynnności wchodzące w skład pracy: 1) wziąć półwyrob pincetą lub rękami i umieścić w (tłoczniku, 2) włączyć prasę, 3) tłoczyć, 4) usunąć z (tłocznika wytłoczkę) pincetą lub rękami.

¹⁾ Podane w tabl. 192 i 193 wartości stosowane są tylko do orientacyjnych obliczeń. Przy normowaniu w ZSRR korzysta się z normatywów opracowanych przez Komitet Pracy i Płacy przy Radzie Ministrów ZSRR.

Tablica 194. Czas na założenie ustawienie tłoczніка w min

Typ (konstrukcja) tłoczніка	Powierzchnia podstawy w m ²										
	0,05	0,15	0,25	0,5	0,75	1,2	1,5	2,0	3,0	5,0	7,0
Bez wypychacza	$\frac{18}{22}$	$\frac{21}{28}$	$\frac{24}{35}$	$\frac{27}{45}$	$\frac{40}{53}$	—	—	—	—	—	—
Z wypychaczem	$\frac{22}{25}$	$\frac{25}{34}$	$\frac{27}{40}$	$\frac{32}{53}$	$\frac{48}{63}$	—	—	—	—	—	—
Z poduszką sprężynową lub gumową	$\frac{27}{33}$	$\frac{29}{41}$	$\frac{32}{52}$	$\frac{35}{66}$	$\frac{53}{85}$	—	—	—	—	—	—
Z poduszką powietrzną	$\frac{37}{42}$	$\frac{42}{48}$	$\frac{55}{62}$	$\frac{65}{85}$	$\frac{76}{108}$	—	—	—	—	—	—

Uwaga. Górne liczby odnoszą się do tłoczników z czopem, dolne — do tłoczników bez czopa.

Tablica 195. Czas na założenie, regulację i zdjęcie tłoczніка ze słupami prowadzącymi

Czynności	Nacisk prasy w T	Gabaryt tłoczніка w mm	Liczba śrub		
			2	4	6
			Czas w min		
Założenie, regulacja, próba	30	350 × 200 × 100	2,9	3,1	3,7
	80	200 × 100 × 50	3,1	3,5	3,5
	80	500 × 400 × 50	3,8	4,2	4,7
	120	350 × 200 × 100	3,5	3,9	4,3
	120	300 × 400 × 200	4,1	4,6	5,0
	120	750 × 400 × 350	6,5	6,9	7,3
Zdjęcie tłoczніка	30	350 × 200 × 100	0,9	1,1	1,3
	80	200 × 100 × 50	1,2	1,4	1,8
	80	500 × 400 × 50	1,4	1,7	2,1
	120	350 × 200 × 100	2,0	2,4	2,7
	120	500 × 400 × 200	2,3	2,8	3,2
	120	750 × 400 × 350	3,5	4,2	4,5

szej dokładności, należy dla każdego pasa uwzględnić liczbę skoków suwaka prasy do chwili otrzymania pierwszego całkowicie wykonanego przedmiotu.

W tabl. 191 podano czasy główne potrzebne na wykonanie jednego skoku suwaka prasy.

W tabl. 192 i 193 podano czasy operacyjne dla niektórych operacji tłoczenia na zimno.

Na podstawie technicznych norm czasu ustala się normy pracy, przedstawiające liczbę wyrobów, które mają być wykonane w danej operacji na godzinę lub na jedną zmianę

$$N_{godz} = \frac{60}{t_j} \text{ szt.}$$

Czas na wymianę tłoczników nie wchodzi do normy czasu i uwzględnia się go oddzielnie.

Tablica 196. Godzinowa wydajność pras w sztukach

Liczba skoków na min	Powierzchnia przedmiotu w m ²								
	do 0,1			0,5—0,25		0,75—0,5		ponad 0,5	
	Czynności								
	tłoczenie przelotowe	usunąć przedmiot	usunąć przedmiot i odpady	usunąć przedmiot	usunąć przedmiot i odpady	usunąć przedmiot i odpady	usunąć przedmiot i odpady	usunąć przedmiot	usunąć przedmiot i odpady
130	1440	990	925	815	745	—	—	—	—
100	1375	955	900	790	725	570	490	435	355
75	1280	910	860	760	700	555	475	425	350
60	1215	875	830	735	680	545	470	420	345
45	1145	840	795	710	655	530	455	410	340
35	1030	735	745	670	620	505	440	395	330
30	925	720	690	625	580	480	420	455	370
25	855	680	650	590	550	460	405	455	370
20				550	515	435	385	455	370
17				505	485	605	510	455	370
12				720	720	575	490	440	355
10				600	600	530	490	440	355
8				480	480	480	480	440	355
6				360	360	360	360	360	350
4				240	240	240	240	240	240

Uwaga. Liczby pod poziomą kreską odnoszą się do przypadków obsługiwaną prasą przez dwóch i więcej robotników.

W tabl. 194 podano czasy potrzebne na założenie i przygotowanie do pracy dużych tłoczników według danych Giprosriedmaszu, a w tabl. 195 — czasy na założenie, regulację i zdejmowanie małych tłoczników.

W tabl. 196 podana jest godzinowa wydajność pras przy ręcznym podawaniu półwyrobów według projektu norm Giprosriedmaszu. Dane te odnoszą się do tłoczenia przedmiotów o średnich i dużych wymiarach z ręcznym podawaniem pojedynczych półwyrobów.

W tabl. 197 podano orientacyjne dane dotyczące pracołłonności wykonania przedmiotów za pomocą tłoczenia na małych prasach w produkcji wielkoseryjnej [305].

Przy tłoczeniu z automatycznym podawaniem taśmy wydajność dochodzi do 12000—25000 szt. na godzinę, a w razie zastosowania tłoczników wielokrotnych zwiększa się ona, odpowiednią ilość razy.

10. Dokumentacja technologiczna

Opracowanie procesów technologicznych zestawia się w postaci kart procesów technologicznych, kart operacyjnych i kart podziału (rozkroju) materiału.

Różne rodzaje produkcji wymagają różnych stopni podziału procesów technologicznych i różnej postaci dokumentacji technologicznej.

W produkcji masowej i wielkoseryjnej dokumentacja technologiczna jest najbardziej szczegółowa i pełna. W danym przypadku zwykle zestawia się karty procesów

Tablica 197. Orientacyjne dane dotyczące rozchodu praso-godzin i roboczo-godzin

Typ prasy	Największy nacisk w T	Liczba skoków suwaka na min.	Rozchód praso-godzin i roboczo-godzin na 1 tys. przedmiotów (wyrobów) na wszystkich operacjach																							
			Materiał: taśma przy skoku podawania w mm		Materiał: pasy o długości w mm						Podajnik rewolwerowy				Powierzchnia przedmiotu w mm ² do											
			50	100	50—750	1000—1500	przy skoku podawania w mm	50	100	200	50	100	200	5000	10000	20000	40000	60000	5000	10000	20000	40000	50000			
Prasy mi-mostr-dowe, korbowe, kolantowe, pojedynczego działania	5	120	0,14	0,14	0,36	0,42	0,49	0,33	0,39	0,46	0,21	0,55	0,59	0,65	0,74	0,82	0,66	0,71	0,73	—	—	—	—			
	15	100	0,17	0,19	0,40	0,46	0,53	0,37	0,43	0,50	0,24	0,59	0,63	0,73	0,80	0,88	0,71	0,76	0,88	1,2	1,32	—	—			
	25	90	0,19	0,21	0,44	0,50	0,57	0,41	0,47	0,54	0,26	0,61	0,65	0,76	0,85	0,92	0,73	0,78	0,91	1,28	1,38	—	—			
	35	70	—	—	—	0,54	0,61	—	0,49	0,56	—	—	0,73	0,82	0,91	1,06	—	0,88	0,98	1,46	1,57	—	—			
	45	50	—	—	—	0,58	0,66	—	0,53	0,60	—	—	0,88	0,97	1,07	1,18	—	0,96	1,17	1,6	—	—	—			
60	40	—	—	—	0,62	0,69	—	0,57	0,64	—	—	—	—	1,18	1,22	—	—	—	1,7	1,83	—	—				
Prasy podwój-dego działania	30	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,87	0,90	0,99	1,15	1,24	1,05	1,08	1,19	1,73	1,86	—	—			
	30	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,92	1,02	1,18	1,25	—	—	1,22	1,77	1,88	—	—			
Prasy cienne i dźwig-niowe	25	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,88	0,93	1,03	1,20	1,26	1,06	1,12	1,24	1,8	—	—	—			

Uwaga: Tablica zestawiona w odniesieniu do produkcji masowej. W razie produkcji drobnoseryjnej należy wartości podane w tablicy zwiększyć o 50 ÷ 80%.

technologicznych dla każdej części, karty operacyjne dla każdej operacji i karty podziału materiału.

W produkcji seryjnej w przypadku ustalonego obiektu produkcji opracowuje się karty procesu technologicznego, a w razie nie ustalonego, szybko modernizowanego obiektu produkcji — informację dotyczącą obróbki.

W produkcji drobnoseryjnej wypełnia się tylko plan obróbki.

W tabl. 198 przedstawiony jest przykład karty technologicznej tłoczenia na zimno. Kolejność wypełniania karty wynika z wyjaśnień podanych w tym rozdziale.

TYPOWE KONSTRUKCJE TŁOCZNIKÓW, ICH ZESPOŁÓW I CZĘŚCI

ROZDZIAŁ I

TYPOWE TŁOCZNIKI I ICH CZĘŚCI

1. Podział tłoczników pod względem technologicznym

Tłoczniki do tłoczenia na zimno można klasyfikować według trzech kryteriów:

- 1) technologicznego (wg rodzaju i łączenia zabiegów),
- 2) konstrukcyjnego (wg sposobu prowadzenia),
- 3) eksploatacyjnego (wg sposobu podawania materiału i usuwania wyrobów i odpadów).

Według kryterium technologicznego tłoczniki dzieli się w zależności od rodzaju wykonywanych operacji zgodnie z klasyfikacją podaną na rys. 1.

Według sposobu łączenia zabiegów tłoczniki dzieli się na proste (jednozabiegowe) i złożone (wielozabiegowe) wykonujące kilka zabiegów.

Typowe jednozabiegowe tłoczniki do tłoczenia na zimno z odpowiednimi technologicznymi schematami przedstawione są w tabl. 199.

Złożone tłoczniki dzieli się, w zależności od sposobu łączenia zabiegów w czasie, na tłoczniki:

1) wielotaktowe, w których przedmiot wykonywany jest w kilku zabiegach pod różnymi stemplami, przy kolejnym przemieszczaniu się półwyrobu;

2) jednoczesne, w których przedmiot wykonywany jest podczas jednego skoku suwaka prasy stemplami rozmieszczonymi współśrodkowo przy niezmiennym położeniu półwyrobu;

3) wielotaktowo-jednoczesne, w których przedmiot wykonywany jest za pomocą wielotaktowego i jednoczesnego tłoczenia.

Jednozabiegowe tłoczniki stosuje się głównie w produkcji drobnoseryjnej, a złożone (wielozabiegowe) tłoczniki w produkcji wielkoseryjnej i masowej. Zakres zastosowania tłoczników złożonych, w zależności od wymiarów i dokładności tłoczonych przedmiotów, podano w tabl. 176.

Najbardziej charakterystyczne typy złożonych tłoczników jednoczesnych przedstawione są w tabl. 200.


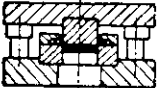
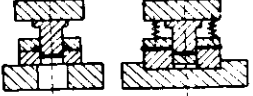
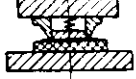

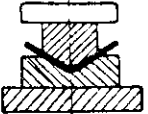
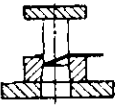
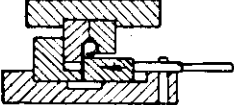

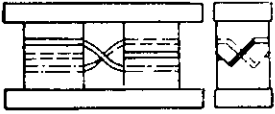
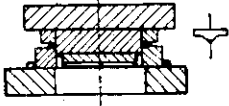
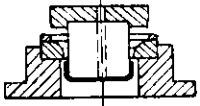
W tabl. 201 przedstawione są najbardziej charakterystyczne typy złożonych tłoczników wielotaktowych.

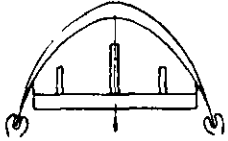
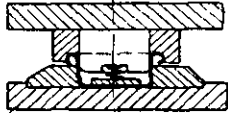
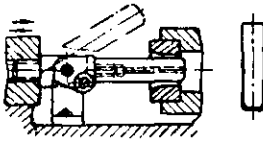

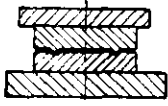
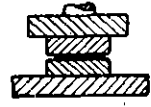
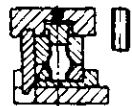
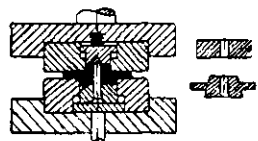
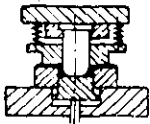
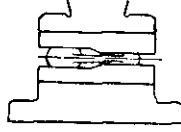
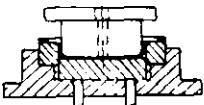
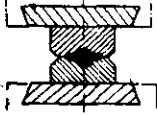
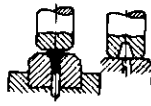
2. Podział tłoczników pod względem konstrukcyjnym i eksploatacyjnym

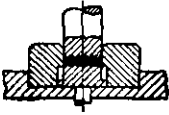
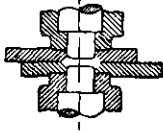
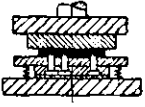
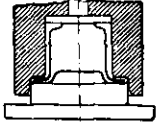
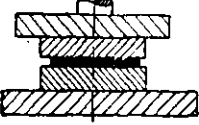
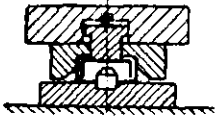
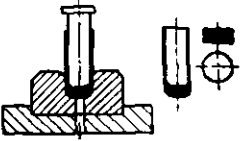
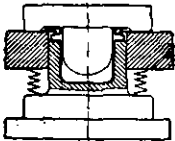

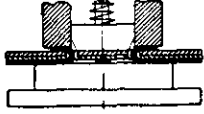
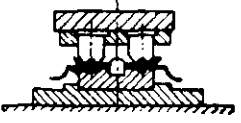
Według cech konstrukcyjnych tłoczniki dzielą się na dwie grupy:

- 1) tłoczniki bez prowadnic,
- 2) tłoczniki z prowadnicami.

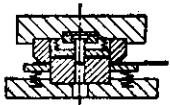
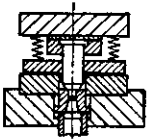
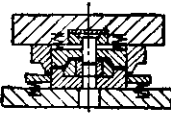
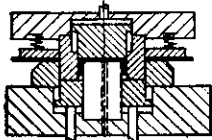
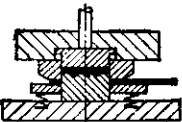
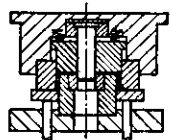
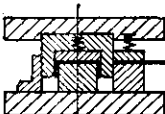
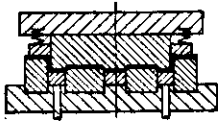
Tablica 199. Technologiczne typy jednozabiegowych tłoczników do tłoczenia na zimno

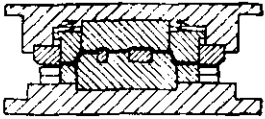
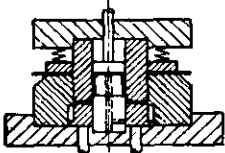
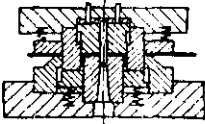
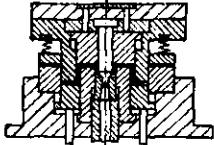
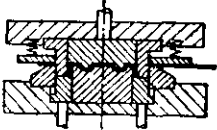
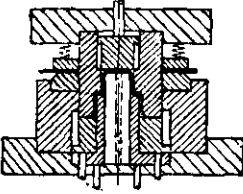
Grupy	Nazwy i schematy tłoczników	Grupy	Nazwy i schematy tłoczników
I. Tłoczniki do cięcia (wykrojniki)	1  Odcinaki	I. Tłoczniki do cięcia (wykrojniki)	7  Wyglądzaki
	2  Wycinaki		8  Wykrojniki nożowe
	3  Dziurkowniki	II. Tłoczniki do gięcia	9  Wyginaki
	4  Nacinaki		10  Zawijaki
	5  Rozcinaki		11  Skęcaki
	6  Okrojniki		12  Wytłaczaki
		III. Tłoczniki do ciągnięcia (ciągowniki)	

Grupy	Nazwy i schematy tłoczników	Grupy	Nazwy i schematy tłoczników
III. Tłoczniki do ciągnięcia	<p>13</p>  <p>Wzorniki do obciągania</p>	IV. Tłoczniki do do kształtowania	<p>19</p>  <p>Zawijaki</p>
	<p>14</p>  <p>Przetłaczaki</p>		<p>20</p>  <p>Obiskacze</p>
IV. Tłoczniki do kształtowania	<p>15</p>  <p>Wygniatki</p>		<p>21</p>  <p>Prostowniki</p>
	<p>16</p>  <p>Rozpęczaki</p>	<p>22</p>  <p>Spęczaki</p>	
	<p>17</p>  <p>Wywijaki</p>	<p>23</p>  <p>Dogniatki</p>	
	<p>18</p>  <p>Wywijaki (zewnętrznego obrzeża)</p>	<p>24</p>  <p>Matryce do prasowania</p>	
	V. Tłoczniki do prasowania (tłoczenia objętościowego)	<p>25</p>  <p>Narzędzia do miejscowego spęczania</p>	

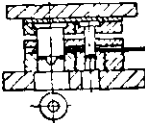
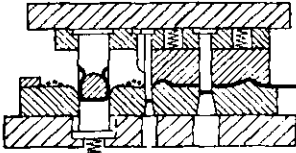

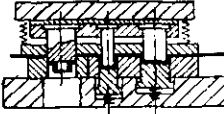
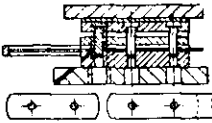
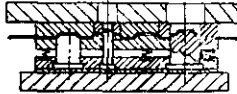

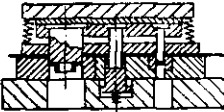
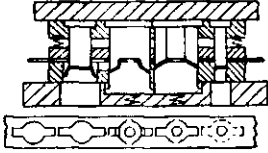
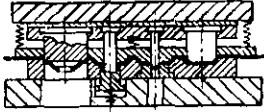
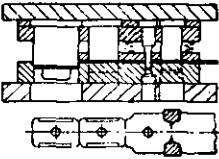
Grupy	Nazwy i schematy tłoczników	Grupy	Nazwy i schematy tłoczników
V. Tłoczniki do prasowania (tłoczenia objętościowego)	<p>26</p>  <p>Wybijaki</p>	VI. Tłoczniki do łączenia (montażu)	 <p>Do spajania na zimno</p>
	<p>27</p>  <p>Tłoczniki do punktowania</p>		 <p>Do łączenia zaginaniem kołnierza</p>
	<p>28</p>  <p>Tłoczniki do znakowania</p>		 <p>Do łączenia wywijaniem</p>
	<p>29</p>  <p>Tłoczniki do wyciskania</p>		 <p>Do łączenia zaciskaniem i rozpeczęciem</p>
VI. Tłoczniki do łączenia (montażu)	 <p>Do zaprasowywania</p>	VII. Tłoczniki złożone	 <p>Do łączenia odginaniem łapek</p>
	 <p>Do nitowania</p>		<p>Typu jednoczesnego Typu wielotaktowego Typu wielotaktowo-jednoczesnego</p>

Tablica 200. Podstawowe typy złożonych tłoczków jednoczesnych

Lp.	Typy i schematy tłoczków	Lp.	Typy i schematy tłoczków
1	 <p>Do wycinania i dziurkowania</p>	5	 <p>Do dziurkowania i wywijania</p>
2	 <p>Do okrawania i dziurkowania</p>	6	 <p>Do wycinania i wytłaczania</p>
3	 <p>Do wycinania i wybijania</p>	7	 <p>Do wytłaczania i dziurkowania</p>
4	 <p>Do odcinania i wyginania</p>	8	 <p>Do wytłaczania i wygniatania</p>

Lp.	Typy i schematy tłoczników	Lp.	Typy i schematy tłoczników
9	 <p data-bbox="226 530 518 557">Do okrawania i wygniatania</p>	12	 <p data-bbox="671 552 1054 578">Do wycinania, wytłaczania i okrawania</p>
10	 <p data-bbox="178 993 561 1042">Do wycinania, wytłaczania i dziurkowania</p>	13	 <p data-bbox="671 993 1054 1042">Do wykonywania czterech i więcej zabiegów</p>
11	 <p data-bbox="178 1451 561 1501">Do wycinania, wytłaczania i wygniatania</p>	14	 <p data-bbox="671 1504 1054 1531">Do wycinania i dwukrotnego ciągnięcia</p>

Tablica 201. Podstawowe typy złożonych tłoczników wielotaktowych

Lp.	Typy i schematy tłoczników	Lp.	Typy i schematy tłoczników
1	 <p data-bbox="274 395 575 419">Do dziurkowania i wycinania</p>	7	 <p data-bbox="723 442 1108 490">Do wyginania, odcinania i wykańczającego wyginania</p>
2	 <p data-bbox="274 606 575 631">Do dziurkowania i odcinania</p>	8	 <p data-bbox="723 712 1108 760">Do wielotaktowego ciągnienia i wycinania</p>
3	 <p data-bbox="274 818 575 843">Do dziurkowania i rozcinania</p>	9	 <p data-bbox="723 977 1108 1024">Do wielotaktowego ciągnienia, dziurkowania i wycinania</p>
4	 <p data-bbox="233 1012 618 1060">Do dziurkowania, wybijania i wycinania</p>	10	 <p data-bbox="723 1259 1108 1307">Do dziurkowania, wywijania i wycinania</p>
5	 <p data-bbox="233 1284 618 1331">Do dziurkowania, nacinania, wyginania i odcinania</p>	11	 <p data-bbox="723 1548 1108 1596">Do wielotaktowego ciągnienia, dziurkowania, wywijania i wycinania</p>
6	 <p data-bbox="233 1559 618 1607">Do przycinania, dziurkowania, wyginania i odcinania</p>		

Typy tłoczników o różnych sposobach prowadzenia przedstawione są w tabl. 202.

Podział w zależności od sposobu prowadzenia odnosi się do różnych pod względem technologicznym typów tłoczników: wykrojników, ciągników, wyginaków oraz tłoczników wielozabiegowych.

Liczba oddzielnych stempli może być różna w zależności od konstrukcji i technologii przedmiotów.

Tłoczniki bez prowadnic (tabl. 202, lp. 1, 2, 3) są łatwe do wykonania, mają mały ciężar i małe wymiary, lecz są niedogodne do ustawiania, niebezpieczne w eksploatacji i trwałość ich jest mała. Tłoczniki te stosowane są tylko w produkcji drobnoseryjnej.

Tłoczniki z prowadnicami (tabl. 202, lp. 4, 5, 6) są proste i dogodnie w eksploatacji, ustawianie ich jest łatwe, odznaczają się dużą trwałością, lecz są bardziej złożone i trudniejsze do wykonania. Stosuje się je w produkcji seryjnej, wielkoseryjnej i masowej.

Tłoczniki z płytą prowadzącą są mniej dogodne i mniej trwałe niż tłoczniki ze słupami prowadzącymi.

Tłoczniki z tuleją prowadzącą (tabl. 202, lp. 7) nie rozpowszechniły się w ZSRR.

Tłoczniki ze słupami prowadzącymi w zależności od wykonywanej operacji zaopatrywane są w ruchome lub nieruchome spychacze.

W zależności od cech eksploatacyjnych, określanych sposobami pracy, tłoczniki dzieli się według:

- a) sposobu podawania i ustalania półwyrobów,
- b) sposobu usuwania przedmiotów,
- c) sposobu usuwania odpadów.

Według sposobu podawania i ustalania półwyrobów rozróżnia się:

- 1) tłoczniki z podawaniem ręcznym,
- 2) tłoczniki z podawaniem automatycznym.

Tłoczniki z podawaniem ręcznym różnią się od siebie tylko konstrukcją zderzaka, a tłoczniki z podawaniem automatycznym różnią się rodzajami podajników taśm lub pojedynczych półwyrobów.

Według sposobu usuwania wyrobów rozróżnia się następujące typy tłoczników:

- 1) z przelotem przez otwór matrycy,
- 2) z powrotnym wciśnięciem w taśmę i usunięciem wraz z nią,
- 3) z powrotnym wypychaniem na powierzchnię tłocznika i ręcznym usuwaniem,
- 4) z powrotnym wypychaniem i automatycznym usuwaniem.

Powrotne wypychanie wykonywane jest jednym z następujących sposobów:





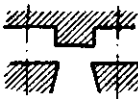
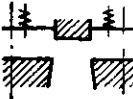
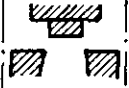
- a) za pomocą sprężyn wypychacza,
- b) za pomocą poduszki,
- c) za pomocą prasy.

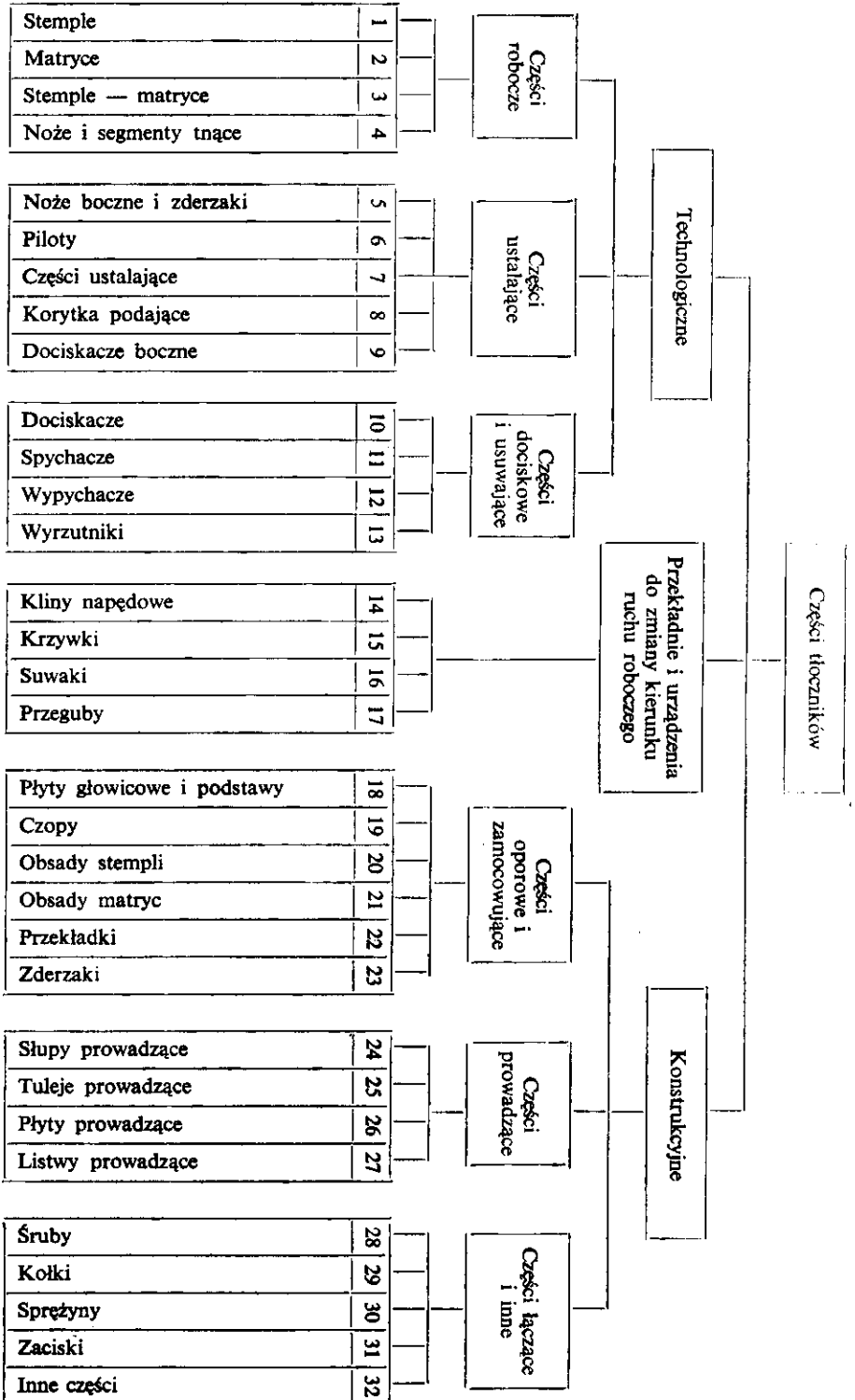
Podział w zależności od sposobu usuwania wyrobów jest jednocześnie podziałem konstrukcyjnym, ponieważ w znacznym stopniu jest od niego uzależniona konstrukcja tłoczników.

Rozróżnia się następujące sposoby usuwania odpadów:

- 1) odpad usuwa się w postaci pozostałości z taśm i pasów (ażurów),
- 2) odpad usuwa się ręcznie (głównie w razie dużych przedmiotów),
- 3) odpad rozcina się na dwie lub trzy części, które spadają,
- 4) odpad usuwa się automatycznie za pomocą urządzeń mechanicznych, sprężynowych lub pneumatycznych (głównie w produkcji masowej).

Tablica 202. Tłoczniki z różnymi rodzajami prowadzenia stempli i ich zastosowanie

Lp.	Typ tłoczника	Schemat tłocznika	Zastosowanie
1	Bez prowadzenia		Do wycinania i dziurkowania dużych lub grubych przedmiotów (ze spychaczem przymocowanym do korpusu prasy) oraz do prostego wyginania i ciągnięcia w produkcji drobnoseryjnej
2	Z nieruchomym spychaczem		Do wycinania i dziurkowania małych przedmiotów z grubego materiału w produkcji drobnoseryjnej
3	Z ruchomym spychaczem (sprężynowym)		Do wycinania i dziurkowania płaskich przedmiotów z cienkiego materiału i w niektórych przypadkach do zwykłego ciągnięcia
4	Z płytą prowadzącą		Do wycinania i dziurkowania małych przedmiotów o prostym zarysie w produkcji drobnoseryjnej
5	Z prowadzeniem słupowym		Do wycinania, dziurkowania, gięcia i ciągnięcia dokładnych przedmiotów lub przedmiotów o złożonym kształcie w seryjnej produkcji i dowolnych przedmiotów w produkcji wielkoseryjnej i masowej
6	Z prowadzeniem słupowym i w płycie prowadzącej		Do wycinania i dziurkowania w tłocznikach z cienkimi stemplami
7	Z prowadzeniem walcowym		Do wycinania, dziurkowania i wygładzania bardzo małych przedmiotów w produkcji zegarków (rzadko stosowany)



Rys. 457. Schemat klasyfikacji części toczników

3. Typowe części tłoczników

Wszystkie części tłoczników mogą być podzielone na dwie grupy.

A. Części o przeznaczeniu technologicznym, bezpośrednio uczestniczące w wykonaniu operacji produkcyjnej i oddziaływujące na materiał lub wyrób.

B. Części o charakterze konstrukcyjnym, mające znaczenie montażowe w konstrukcji tłoczni.

Części technologiczne tłoczników dzieli się na następujące grupy:

- 1) części robocze, wykonujące bezpośrednio wymagane odkształcenie;
- 2) części ustalające, służące do prawidłowego ustalenia położenia materiału lub pojedynczego półwyrobu w czasie operacji;
- 3) części dociskające lub wypychające, wykonujące zadanie przytrzymywania półwyrobu w czasie operacji lub spychania i usuwania wyrobów po operacji.

Części konstrukcyjne dzieli się na następujące grupy:

- 1) Części oporowe i mocujące służące do przeniesienia nacisków i do zamocowania części tłoczni o znaczeniu technologicznym.
- 2) Części prowadzące służące do prowadzenia górnej części tłoczni lub stempla w czasie pracy.
- 3) Części chwytowe i inne służące do mocowania poszczególnych części tłoczni między sobą oraz do zamocowywania tłoczni na stole prasy itp.

Osobną grupę stanowią części służące do przetwarzania pionowego ruchu w poziomy i do przemieszczania przesuwnych stempli.

Bardziej szczegółowy podział części tłoczników podano na rys. 457.

KONSTRUKCJE TYPOWYCH ZESPOŁÓW I CZĘŚCI TŁOCZNIKÓW

4. Typowe konstrukcyjne zespoły i części tłoczników

Podstawowymi zespołami tłoczników są komplety górnych i dolnych części oporowych i prowadzących, tak zwane oprawy i pakiety.

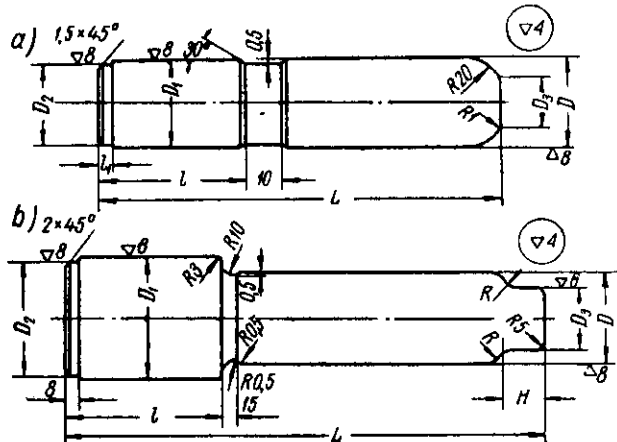
W książce tej przyjęto następującą terminologię:

1. Oprawy — zespoły górnych i dolnych części oporowych połączonych ze sobą urządzeniami prowadzącymi.

2. Pakiety — zespoły górnych i dolnych części oporowych bez specjalnych urządzeń prowadzących.

Istniejąca norma ГOCT 7254-58 części tłoczników obejmuje tylko poszczególne płyty, a nie całe oprawy. Normalizacja opraw przeprowadzana jest w zakładach przemysłowych.

Szeroko rozpowszechnione typy opraw z podaniem zakresu ich zastosowania, przedstawione są w tabl. 203. Oprócz opraw uwidoczniionych w tabl. 203 stosuje

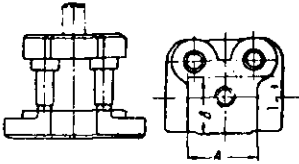
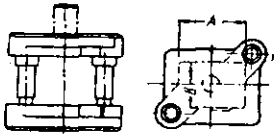
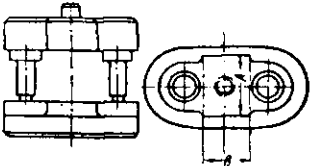
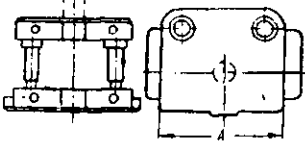
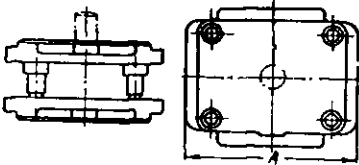
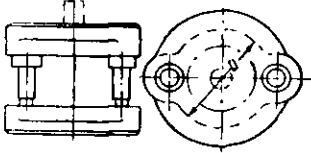


Rys. 458. Typy słupów prowadzących wg ГOCT 7256-54: a) gładki walcowy, b) stopniowany


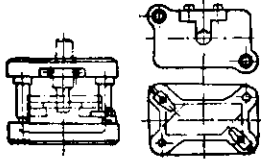
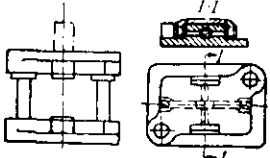
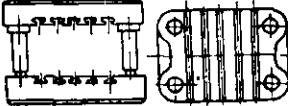
się specjalne i uniwersalne typy opraw (tabl. 204). W tabl. 205 uwidoczniione są inne typy opraw narzędzi tłocznicznych o różnych przeznaczeniach.

W oprawach tłoczników stosuje się zwykle gładkie słupy walcowe o średnicy od 20 do 65 mm, o jednym wymiarze nominalnym słupa w części prowadzącej i w części wprasowanej w podstawę (rys. 458a).

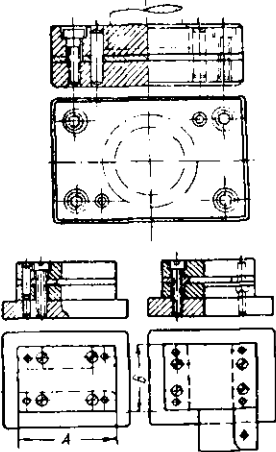
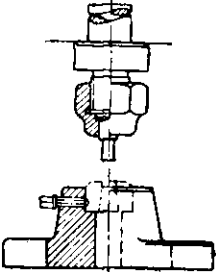
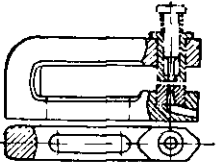
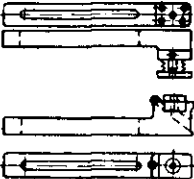
Tablica 203. Typy opraw słupowych (korpusów) i ich zastosowanie

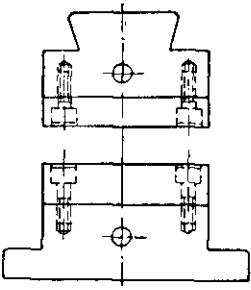
Typy opraw	Szkic	Zastosowanie
<p>Prostokątne z bocznym układem przewodnic ($A = 60 \div 300$ mm)</p>		<p>Do zwykłego tłoczenia przedmiotów o średnio złożonych kształtach i średniej dokładności wykonywanych z pasów lub z pojedynczych półwyrobów (wycinaki, dziurkowniki, wyginaki, ciągowniki i tłoczники złożone)</p>
<p>Prostokątne z układem przewodnic po przekątnej ($A = 60 \div 300$ mm)</p>		<p>Do tłoczenia bardziej dokładnych przedmiotów z pasów na prasach szybkobieżnych (wycinaki i tłoczники wielotaktowe)</p>
<p>Prostokątne ze wzdłużnym układem przewodnic ($A = 40 \div 200$ mm)</p>		<p>Do tłoczenia małych dokładnych przedmiotów głównie z pojedynczych półwyrobów (dziurkowniki, wyginaki, wygładzaki, ciągowniki i tłoczники złożone)</p>
<p>Prostokątne z bocznym układem przewodnic ($A = 150 \div 700$ mm)</p>		<p>Do tłoczenia przedmiotów o średnich wymiarach przede wszystkim z pojedynczych półwyrobów (do różnych typów tłoczników)</p>
<p>Prostokątne z czterema słupami przewodzącymi ($A = 400 \div 1000$ mm)</p>		<p>Do tłoczenia dużych przedmiotów z pojedynczych półwyrobów (różne typy tłoczników)</p>
<p>Okrągłe ze wzdłużnym układem przewodnic ($D = 200 \div 1000$ mm)</p>		<p>Do tłoczenia okrągłych przedmiotów o zwiększonej dokładności z pojedynczych półwyrobów lub z pasów</p>

Tablica 204. Typy nieznormalizowanych opraw i ich zastosowanie

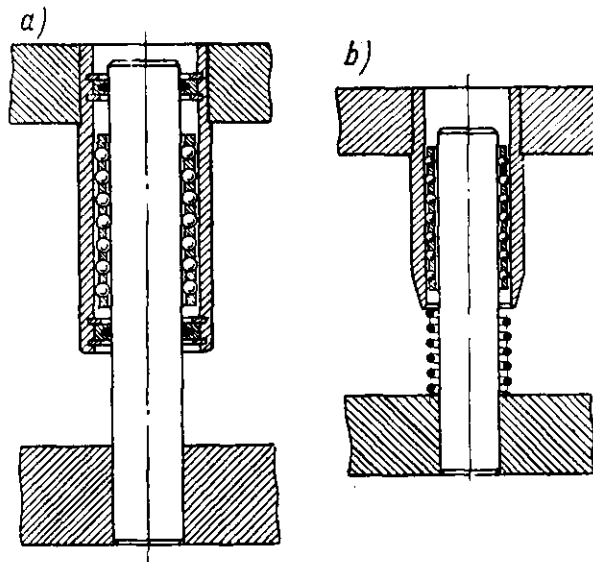
Typy opraw	Szkic	Zastosowanie
Z nakładkami przewodzącymi		Do dużych tłoczników do wytłaczania oraz do odlewanych tłoczników w przemyśle samochodowym itp.
Uniwersalne do wymiennych matryc i stempli		Do zakładania prostych, znormalizowanych, wymiennych matryc i stempli w produkcji seryjnej i drobnoseryjnej
Uniwersalne do tłoczników płytowych		Do zakładania tłoczników płytowych w produkcji drobnoseryjnej
Uniwersalne do przestawnych zespołów do dziurkowania		Do zakładania przestawnych zespołów do dziurkowania dużych arkuszy

Tablica 205. Inne typy zespołów tłoczników

Typy zespołów	Szkice	Zastosowanie
<p>Głowica i dolna część tłoczników skrzynkowych (prostokątne i okrągłe)</p>		<p>Do tłoczenia małych przedmiotów w wykrojnیکach wyginakach, ciągownikach i wygniatakach</p>
<p>Górna i dolna część dziurkowników</p>		<p>Do dziurkowania grubych materiałów przy ustalaniu materiału wg zderzaków lub wg znaków traserskich</p>
<p>Zespoły do dziurkowania, ceowego kształtu</p>		<p>Do wielostopniowego dziurkowania dużych arkuszy z ustawieniem wg wzornika</p>
<p>Górny i dolny zespół do dziurkowania</p>		<p>Do wykonywania otworów części dużych arkuszy</p>

Typy zespołów	Szkice	Zastosowanie
Górny i dolny zespół dogniataka		Do dogniatania na prasach o dużej mocy

Słupy prowadzące z odsadzeniami wykonywane są przy średnicy 80 i 100 mm. Są one stosowane w dużych tłocznikach. Obróbkę (roztaczanie) otworów wykonuje się jednocześnie w obu płytach przy jednym wspólnym ich zamocowaniu, co zapewnia dużą dokładność prowadzenia (rys. 458b).

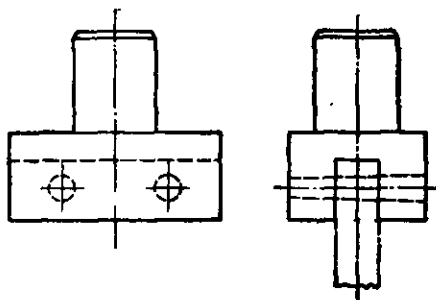


Rys. 459. Tuleje z kulkowym prowadzeniem słupów:
a) typu zamkniętego, b) typu otwartego

W dużych ciągnikach i wygniatakach, a szczególnie w tłocznikach stosowanych w produkcji nadwozi samochodów, zamiast słupów prowadzących i tulei stosuje się pryzmy (patrz tabl. 204).

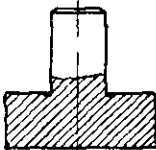
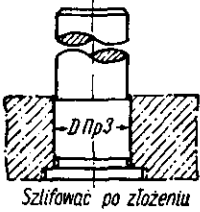
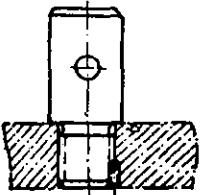
W praktyce zagranicznej stosuje się w tłocznikach przeznaczonych do pracy na prasach szybkobieżnych prowadnice kulkowe (rys. 459). Słup prowadzący wchodzi w koszyczek z kulkami z wciskiem 0,02 mm na średnicy. W przypadku stosowania czastego oleju i zabezpieczenia przed zanieczyszczeniem prowadnic (rys. 459a), tłocznik z prowadnicami kulkowymi pracuje na prasach o częstotliwości od 600 do 2000 skoków na minutę, bez znacznego nagrzewania i zużywania się słupów prowadzących.

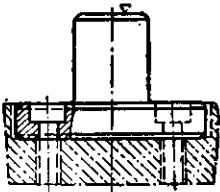
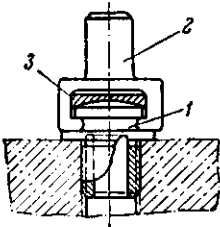
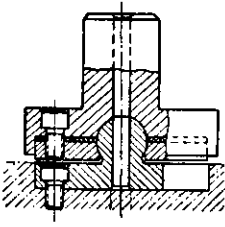
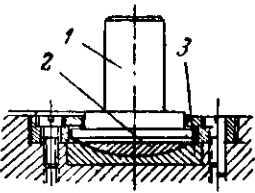
Tłoczniki z przewodnikami walcowymi (z tuleją babbitową) nie znalazły zastosowania w przemyśle ZSRR, wskutek złożonego ich wykonania i niedogodności w eksploatacji, mimo że zapewniają one wysoką dokładność tłoczenia (3 klasa dokładności).



Rys. 460. Czop do wygina-
ków

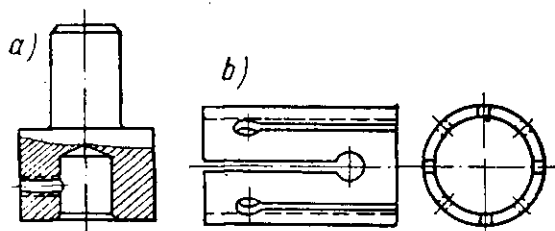
Tablica 206. Typy czopów tłoczników

Typ czopa	Szkic	Zastosowanie
Lany		Do małych tłoczników z przewodnikami słupowymi. Odlewa się wraz z płytą w postaci jednej części
Wytłaczany z kołnierzem		Do wszystkich typów tłoczników z oprawkami słupowymi i tłoczników skrzynkowych
Z gwintem		Do tłoczników ze słupami przewodzącymi, głównie do gięcia, ciągnięcia i innych operacji. Do operacji wykrawania stosować zderzak опорowy

Typ czopa	Szkic	Zastosowanie
Z kołnierzem		<p>Do dużych tłoczników ze słupami prowadzącymi, w których czop służy do środkowego ustawienia tłoczniaka lub w tłocznikach, w których ze względów konstrukcyjnych nie można zastosować innego czopa</p>
Samonastawny sprężelowy grzybkowy		<p>Do tłoczników ze słupami prowadzącymi, pracujących bez zsuwania z prowadnic, do tłoczenia małych dokładnych przedmiotów. Połączenie czopa sprężelowego 1 za pomocą zabieraka 2 i podkładki 3 zapewnia samonastawność połączenia tłoczniaka z suwakiem prasy i zabezpiecza tłocznik od niedokładności prasy</p>
Samonastawny sprężelowy kulowy		<p>Do tłoczników pracujących bez zsuwania ze słupów prowadzących. Przegubowe połączenie zewnętrznego czopa z kulistym łbem czopa wewnętrznego i zastosowanie gumowej przekładki zmniejsza zużycie tłoczniaka</p>
Samonastawny z kulistą wkładką		<p>Do wykrojników jednoczesnych i wielotaktowych ze stemplami i matrycami z węglików spiekanych. Nacisk czopa 1 przenoszony jest przez kulistą wkładkę 2 i gniazdo 3. Przy skośnym ustawieniu czopa środek nacisku praktycznie nie zmienia się</p>

W tabl. 206 przedstawione są najbardziej rozpowszechnione typy czopów tłoczników.

Oprócz przedstawionych w tabl. 206 stosuje się również mniej rozpowszechnione typy czopów, na przykład czopy zamocowywane kołkami stożkowymi lub czopy do uproszczonych tłoczników gnących (rys. 460).



Rys. 461. Czop pośredni (a) i tuleja pośrednia sprężynująca (b)

Do zamocowywania na prasach tłoczników, o wymiarach czopów różniących się od wymiarów gniazda w suwaku prasy, stosuje się albo czopy pośrednie, albo prościej, pośrednie tuleje sprężynujące (rys. 461).

Stosuje się również głowice pośrednie do zamocowywania tłoczników z czopami.

5. Typowe technologiczne zespoły i części tłoczników

Robocze części tłoczników

Stemple

W tłoczeniu na zimno stosuje się różnorodne typy stempli o różnym przeznaczeniu technologicznym. Znaczna ich część zalicza się do narzędzi nietypowych i zależy od kształtu oraz rodzaju tłoczonych przedmiotów, na przykład przedmioty gięte, wygniatane i inne.

Rozpatrzone tu będą najbardziej charakterystyczne konstrukcje stempli do wycinania i dziurkowania. Sposoby zamocowywania niektórych z nich stosowane są również do zamocowywania stempli przeznaczonych do innych operacji technologicznych (ciągnięcie, gięcie, wygniatanie).

W tabl. 207 przedstawione są najbardziej rozpowszechnione typy okrągłych stempli do wycinania (zewnętrznego zarysu) i do dziurkowania.

Oporowe powierzchnie wszystkich typów stempli należy szlifować wraz z płytą stemplową.

W tabl. 208 podane są rozpowszechnione typy szybkowymiennych stempli i matryc zamocowywanych kulką.

W tabl. 209 podane są szeroko rozpowszechnione typy wymiennych stempli do dziurkowania.

W tabl. 210 przedstawione są podstawowe typy stempli kształtowych i składanych.

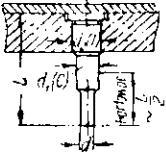
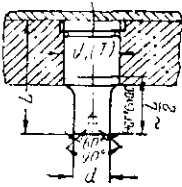
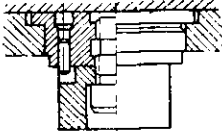
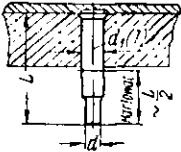
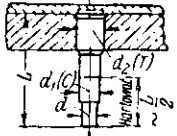
W tabl. 211 przedstawione są podstawowe typy półwyrobów spawanych elementów składanych stempli i matryc.

Na rys. 462 uwidocznione są elementy (sekcje) tnące tłoczników składanych oraz sposoby ich zamocowania [85].

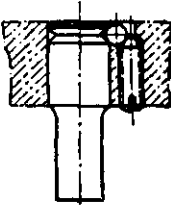
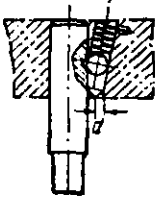
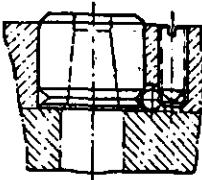
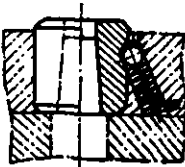
W tabl. 212 podane są rozpowszechnione typy wykrojników uproszczonych.

Tłoczniki pincetowe są proste i dogodnie do produkcji drobnoseryjnej, ponieważ można je ustawiać bez zamocowywania bezpośrednio na stole prasy.

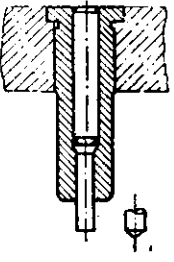
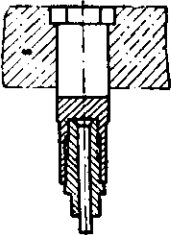
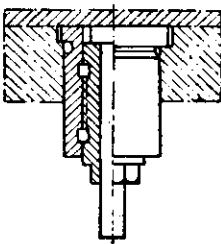
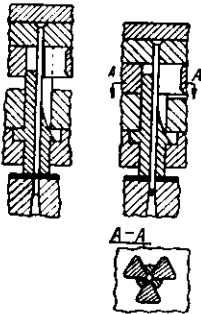
Tablica 207. Podstawowe typy okrągłych stempli

Typ stempla	Szkice	Zastosowanie
Typ I, z kołnierzem		<p>Do wykonywania otworów o średnicy od 3 do 12 mm przy $d \geq g$. Przy nacisku jednostkowym ponad 10 kG/mm^2 należy stosować przekładkę. W tłocznikach z płytą prowadzącą średnicę d wykonywać wg pasowania ślizgowego w 2 lub 3 klasie dokładności wg GOCT</p>
Typ II, z kołnierzem		<p>Do wykonywania otworów i wycinania zewnętrznych zarysów o średnicy od 12 do 70 mm. Przy średnicy stempla ponad 45 mm należy w czołowej powierzchni stempla wykonać wytoczenie w celu zmniejszenia szlifowanej powierzchni. W razie nacisku jednostkowego większego od 10 kG/mm^2 należy stosować przekładkę głowicową</p>
Typ III, składany		<p>Do wycinania przedmiotów o dużych wymiarach średnic od 50 do 250 mm. W celu zaoszczędzenia stali narzędziowej daje się wymienną część roboczą</p>
Typ IV, z roznitowaną stopą		<p>Stosuje się w tych samych przypadkach co typ I, szczególnie w razie gdy stemple dziurkujące rozstawione są w małych odległościach od siebie i niemożliwości ze względów konstrukcyjnych zastosowania stempli z kołnierzami. Wykonywane są zwykle ze stali srebrzanki. Stosować przekładkę</p>
Typ V, z roznitowaną stopą		<p>Stosuje się w tych samych przypadkach co typ IV tylko z płytą prowadzącą. Przyjmuje się pasowanie ślizgowe na średnicy d_1 w 2 lub 3 klasie dokładności. Stosować przekładkę</p>

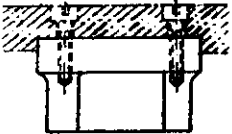
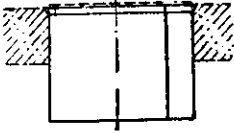
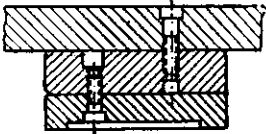

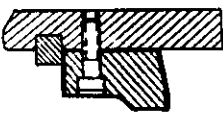
Tablica 208. Łatwowyminne stemple i matryce zamocowywane kulka

Typy stempli i matryc	Szkic	Zastosowanie
Łatwowyminny stempel. Typ I		<p>Zamocowuje się w płycie stemplowej kulka dociskaną wkrętem. Stempel wymienia się, nie zdejmując tłoczніка z prasy, za pomocą wykręcania wkrętu. Stosuje się do dziurkowania grubszych materiałów w dużych tłocznikach</p>
Łatwowyminny stempel. Typ II		<p>Zamocowuje się kulka dociskaną sprężyną. Stempel wymienia się, nie zdejmując tłoczніка z prasy, za pomocą naciśnięcia przez otwór o średnicy d na kulkę. Stosuje się do cienkich materiałów o grubości do 3 mm przy dziurkowaniu dużej liczby otworów. Średnica roboczej części stempla—od 3 do 30 mm</p>
Łatwowyminna matryca. Typ I		<p>Zamocowuje się w płycie matrycowej kulka dociskaną wkrętem. Przeznaczenie i zastosowanie takie samo jak szybkowyminnych stempli typu I</p>
Łatwowyminna matryca. Typ II		<p>Zamocowuje się kulka dociskaną sprężyną. Przeznaczenie i zastosowanie takie samo jak szybkowyminnych stempli typu II</p>

Tablica 209. Wymienne stemple do dziurkowania

Typ stempli	Szkic	Zastosowanie
<p>Typ I, stempel zamocowany w tulei</p>		<p>Stosuje się do wykonywania otworów o średnicy od 0,8 do 12 mm w trudnych warunkach dziurkowania:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) przy dziurkowaniu twardych materiałów, b) przy dziurkowaniu małych otworów o średnicy 0,7 do 1,3 mm <p>W razie stożkowego zaszlifowania końca stempla można wykonywać otwory o średnicy 0,5 ÷ 0,6 mm.</p> <p>W celu wymiany stempla konieczne jest rozebranie tłoczніка i zdjęcie płyty stemplowej</p>
<p>Typ II, stempel zamocowany króćcem</p>		<p>Stosuje się w tych przypadkach co stemple w tulejach, do wykonywania otworów o średnicy do 4 mm. Stempel wymienia się zdejmując tłoczніка z prasy za pomocą wykręcenia nagwintowanego króćca</p>
<p>Typ III, stempel zamocowany króćcem</p>		<p>Konstrukcja podobna do typu II. Stosuje się w trudnych warunkach do wykonywania otworów o średnicy od 4 do 24 mm w grubym materiale</p>
<p>Typ IV, stempel prowadzony na całej długości w ruchomej tulei</p>		<p>Stosuje się do wykonywania bardzo małych otworów</p> $d = 0,3 \div 0,5 \text{ mm}$ <p>Tuleja prowadząca z wycięciami (służąca również do dociskania materiału) zapewnia ciągle prowadzenie stempla na całej jego długości zabezpieczając go przed wybozczeniem</p>

Tablica 210. Podstawowe typy kształtowych stempeli do wycinania

Typ stempeli	Szkic	Zastosowanie
Stempel z kołnierzem wpuszczonym lub zamocowany wkrętami i kołkami		<p>Do wycinania małych i średnich przedmiotów o złożonym zarysie. Stempel wykonuje się za pomocą frezowania. Zamocowuje się go bezpośrednio w płycie głowicowej bez płyty stemplowej, stosuje się w tłocznikach z oprawami słupowymi</p>
Stempel zamocowany za pomocą roznitowania		<p>Do wycinania małych i średnich przedmiotów o złożonym zarysie. Stempel wykonuje się za pomocą strugania. Zamocowuje się go w płycie stemplowej. Stosuje się głównie w tłocznikach skrzynkowych</p>
Stempel z podkładką		<p>Do wycinania dużych przedmiotów o prostym zarysie, w celu zaoszczędzenia stali narzędziowej</p>
Stempel złożony z segmentów		<p>Do wycinania bardzo dużych przedmiotów o złożonych zarysach. Stempel składa się z oddzielnych segmentów tnących dosuniętych do siebie i zmontowanych na płycie głowicowej tłoczni. Segmenty zamocowuje się śrubami i kołkami</p>
Stempel odcinający jednostronny		<p>Stempel wykonany jest w postaci jednostronnego segmentu tnącego (noża) zamocowanego śrubami i kołkami oraz podpartego wpustem. Stosuje się do tłoczników odcinających (odcinaków)</p>

Tablica 211. Podstawowe typy spawanych półwyrobów segmentów tnących składanych stempli i matryc

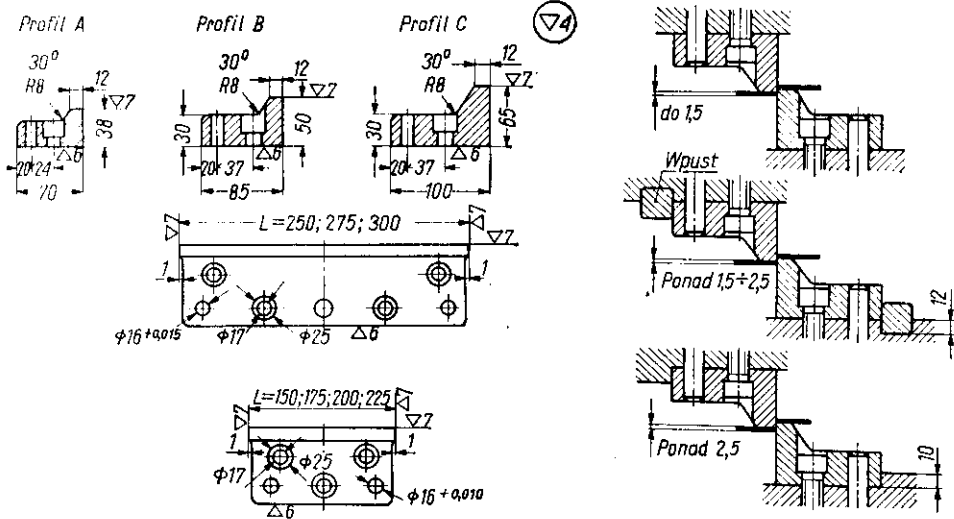
Typy segmentów	Szkice	Typy segmentów	Szkice
Prostoliniowe segmenty spawane	<p>Zgrzewanie elektryczne</p>	Krzywo liniowe (łukowe) wypukłe segmenty	
Kątowe segmenty spawane	<p>Zgrzewanie elektryczne</p>	Krzywo liniowe (łukowe) wklęsłe segmenty	<p>Zgrzewanie elektryczne</p>

Matryce

Ogólnym konstrukcyjno-technologicznym elementem matryc wycinających i dziurkujących jest kształt otworu roboczego.

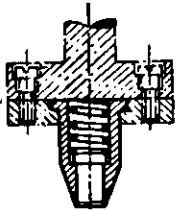
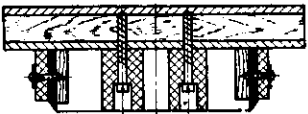
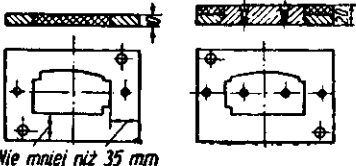
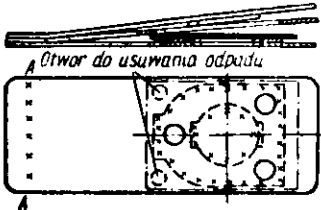
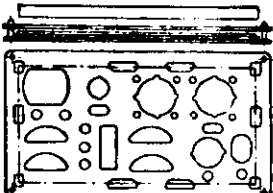
W tabl. 213 podane są typy roboczych otworów matryc ze wskazaniem ich zastosowania.

W razie wycinania i dziurkowania przedmiotów 5 klasy dokładności (wg ГОСТ) i wyższej należy zastosować dociskanie półwyrobu.

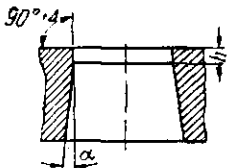
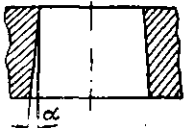
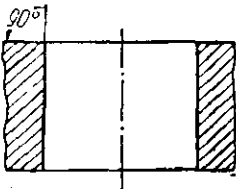
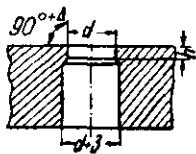


Rys. 462. Typy segmentów tnących i ich zamocowanie w tłocznikach

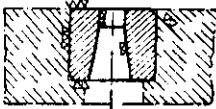

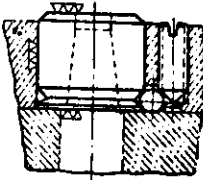
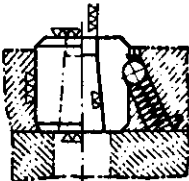
Tablica 212. Podstawowe typy wykrojników uproszczonych

Typy stempli wykrojników	Szkice	Zastosowanie
Wykrojenik nożowy kołowy		Do wykrawania podkładek (uszczerek) z materiałów niemetalowych: gumy, skóry, papieru, kartonu itp. Jako matryca służy płyta drewniana lub z fibry
Wykrojenik nożowy kształtowy		Do wykrawania podkładek o dużych wymiarach i złożonych zarysach z papieru, skóry i innych materiałów; nóż wykonuje się z taśmy stalowej
Wykrojenik płytowy	 <p>Nie mniej niż 35 mm</p>	Do wycinania przedmiotów z cienkich materiałów (do 3 mm) w produkcji drobnoseryjnej. Trwałość od 5000 do 10000 sztuk do przeszlifowania
Wykrojenik blaszany pincetowy	 <p>A Otwór do usuwania odpadu</p>	Do wykrawania i wygniatania przedmiotów o małych i średnich wymiarach z cienkiego materiału w produkcji drobnoseryjnej. Stempel przymocowany jest za pomocą nitowania lub zgrzewania elektrycznego punktowego do płaskiej sprężyny. Wykrojenik ustawia się na stole prasy bez zamocowywania
Wykrojenik blaszany		Do wykrawania dużych przedmiotów w produkcji drobnoseryjnej; zaopatrzone w kotki prowadzące


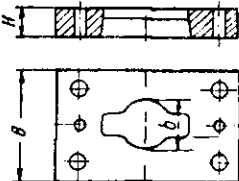
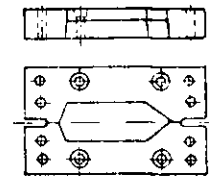
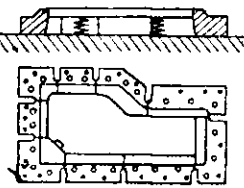
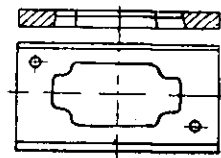
Tablica 213. Typy roboczych otworów matryc do wycinania i dziurkowania

Typ otworu roboczego	Szkic	Zastosowanie
Typ I, z szyjką		<p>Do wycinania przedmiotów o złożonych zarysach. Wysokość szyjki h i dopuszczalną odchyłkę Δ kąta prostego przyjmuje się w zależności od grubości materiału:</p> <p>przy g do 0,5 mm $h = 3 \div 5$ mm, $\Delta = 10'$ przy $g = 0,5 \div 5$ mm $h = 5 \div 10$ mm, $\Delta = 20'$ przy $g = 5 \div 10$ mm $h = 10 \div 15$ mm, $\Delta = 30'$ Kąt α od 3 do 5°</p>
Typ II, stożkowy		<p>Do wycinania małych przedmiotów o prostych zarysach. Kąt α przyjmuje się w zależności od grubości materiału:</p> <p>przy $g = 0,1 \div 0,5$ mm — $\alpha = 10 \div 15'$ przy $g = 0,5 \div 1$ mm — $\alpha = 15 \div 20'$ przy $g = 1 \div 2$ mm — $\alpha = 20 \div 30'$ przy $g = 2 \div 4$ mm — $\alpha = 30 \div 45'$ przy $g = 4 \div 6$ mm — $\alpha = 45' \div 1^\circ$</p>
Typ III, o tworzących równoległych do osi na całej długości		<p>Do wycinania przedmiotów z powrotnym wypychaniem ich na powierzchnię matrycy, w wykrojnیکach jednoczesnych i w przypadkach wycinania dużych przedmiotów</p>
Typ IV, z walcowym powiększeniem otworu		<p>W walcowych wstawianych matrycach do dziurkowania otworów (do 25 mm). Walcowe powiększenie dolnej części otworu stosuje się w celu ułatwienia wykonania matrycy. Wysokość roboczej części otworu h i dopuszczalną odchyłkę kąta prostego Δ przyjmuje się w zależności od grubości materiału (patrz typ I)</p>

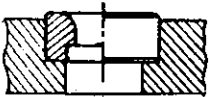
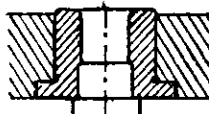
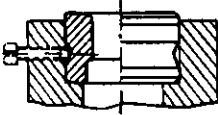
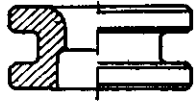


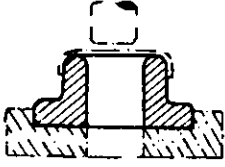
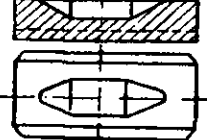
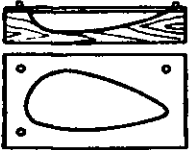
Tablica 214. Typy tulejek tnących

Typy matryc	Szkice	Zastosowanie
<p>Typ I, walcowa wymienna włączana</p>		<p>Do wykonywania małych otworów oraz do wycinania małych okrągłych przedmiotów o średnicy do 25 mm. Zamocowuje się za pomocą pasowania włączanego</p>
<p>Typ II, walcowa wymienna z kołnierzem</p>		<p>W tych samych przypadkach co poprzedni typ matryc. Największa średnica otworu — 50 mm. Zamocowuje się za pomocą pasowania wciskanego</p>
<p>Typ III, walcowa szybkowymienna (z wkrętem)</p>		<p>Do dziurkowania grubych materiałów, średnice otworów 3÷30 mm. Zamocowuje się w obsadzie matrycy stalową kulką dociskaną wkrętem</p>
<p>Typ IV, walcowa szybkowymienna (ze sprężyną)</p>		<p>Do wycinania otworów o średnicy od 3 do 30 mm w materiale o grubości do 3 mm. Zamocowuje się kulką dociskaną sprężyną</p>

Tablica 215. Podstawowe typy matryc do wycinania

Typy matryc	Szkice	Zastosowanie
Okrągłe		<p>Do wycinania krążków średniej wielkości z materiałów o grubości do 10 mm</p>
Prostokątne jednolite		<p>Do zwykłego wykrawania wielotaktowego i jednoczesnego przedmiotów średniej wielkości w wykrojnikach skrzynkowych i w wykrojnikach z oprawami słupowymi. Szerokość matrycy $B = b + (3 \div 4) H$. Jest to najbardziej rozpowszechniony typ matrycy</p>
Prostokątne dzielone		<p>Do wycinania przedmiotów o złożonych zarysach w celu ułatwienia wykonania matrycy. Do małych i średnich przedmiotów — przy małej ich szerokości i małych ostrych kątach zarysu; do dużych przedmiotów — w razie możliwości pacyenia się całej matrycy przy hartowaniu. W pierwszym przypadku stosuje się wycinanie przelotowe, w drugim — wycinanie z wypychaniem przedmiotów na powierzchnię matrycy</p>
Składane z segmentów		<p>Matryce składają się z oddzielnych segmentów dosuniętych do siebie i zmontowanych na dolnej płycie tłoczni. Stosuje się je do wycinania przedmiotów o bardzo dużych wymiarach i złożonych zarysach, w celu ułatwienia wykonania matrycy i oszczędnego wykorzystania stali narzędziowej. Wycinanie wykonuje się z powrotnym wypychaniem przedmiotów na powierzchnię matrycy. Sposoby zamocowywania patrz rys. 462.</p>
Płytowe		<p>Do wycinania przedmiotów (półwyrobów) w produkcji drobnoseryjnej z materiałów o grubości do 2,5—3 mm</p>

Tablica 216. Podstawowe typy matryc ciągowych

Typy matryc	Szkice	Zastosowanie
Zamocowywane wtlaczaniem		Do ciągnięcia małych przedmiotów (do 30 mm) z cienkiego materiału i wielotaktowego ciągnięcia w taśmie
Zamocowywane kołnierzem		Do ciągnięcia małych przedmiotów z cienkiego materiału i wielotaktowego ciągnięcia w taśmie
Zamocowywane śrubą		Do ciągnięcia walcowych przedmiotów o małych i średnich wymiarach (do 200 mm) z pojedynczych półwyrobów w postaci krążków
Zamocowywane na stole prasy		Do ciągnięcia walcowych przedmiotów o dużych wymiarach (od 100 do 1000 mm) z pojedynczych półwyrobów (krążków)
Do ciągnięcia bez dociskacza		Do pierwszego ciągnięcia (wytłaczania) miseczek z pojedynczych półwyrobów (krążków)
Do ciągnięcia ze ścienianiem ścianek (wyciągania)		Do przetłaczania z wyciąganiem bardzo głębokich przedmiotów z walcowych miseczek otrzymywanych w pierwszym ciągnięciu. Ścienienie ścianek wynosi od $\frac{1}{2}$ do $\frac{1}{20}$ początkowej grubości półwyrobu
Do ciągnięcia z przewijaniem		Do ciągnięcia z przewijaniem z cienkiego materiału przedmiotów walcowych, stożkowych i kulistych, w celu zwiększenia tarcia i uzyskania korzystniejszych warunków odkształcania
Jednolite (ze stopów cynku i z innych stopów)		Do kształtowego wytłaczania z cienkiego materiału (duraluminu, stali nierdzewnej) na młotach spadowych lub na prasach ciernych
Niemetalowe (drewniane, z tworzyw sztucznych)		Do kształtowego wytłaczania z cienkiego materiału (blachy) w produkcji drobnoseryjnej na prasach korbowych i hydraulicznych

Tablica 217. Podstawowe typy stempli-matryc

Typy stempli-matryc	Szkice	Typy stempli-matryc	Szkice
Do jednoczesnego wycinania i dziurkowania		Do ciągnięcia, dziurkowania i okrawania kołnierza	
Do ciągnięcia i dziurkowania		Do złożonego wykrawania gumą	
Do wycinania i ciągnięcia		Do złożonego wykrawania tłocznikami płytowymi	

W tabl. 214 podane są typowe konstrukcje tulejek tnących do wykrawania otworów, a w tabl. 215 — podstawowe typy matryc do wycinania (do wykrawania zewnętrznych zarysów).

Do wycinania (zewnętrznych zarysów) dokładnych przedmiotów (5 i wyższych klas dokładności) należy stosować tłoczники z wypychaczami i dociskaczami półwyrobów do matryc.

W tabl. 216 podane są podstawowe typy matryc ciągowych i matryc do wygniatania, oraz matryc do nadwozi samochodowych.

W tabl. 217 przedstawione są niektóre typy stempli-matryc stosowanych w tłocznikach złożonych.

Prócz podstawowych typów stempli-matryc stosuje się szereg typów łączących operacje wykrawania, ciągnięcia, wygniatania, wywijania itp. w odpowiednich tłocznikach przedstawionych w tabl. 200.

Ustalające części tłoczników

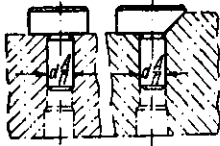
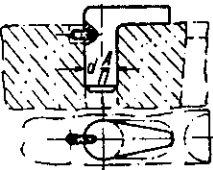
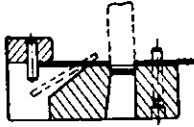
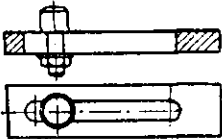
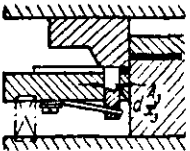
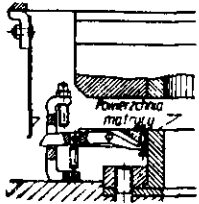
Sposób ustalania półwyrobu w roboczej strefie tłocznika jest bardzo ważnym czynnikiem eksploatacyjno-produkcyjnym, warunkującym zarówno wydajność, jak i bezpieczeństwo pracy.

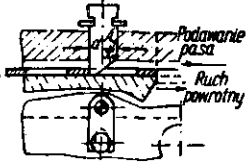
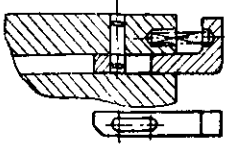
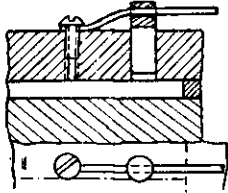
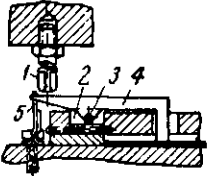
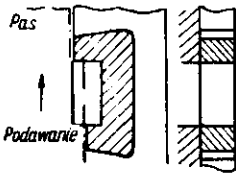
Zderzaki

Konstrukcja i typ zderzaka ma duże znaczenie w tłocznictwie, ponieważ od tego w znacznym stopniu zależy dokładność i wydajność tłoczenia.

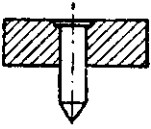
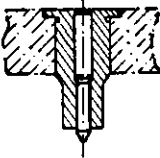
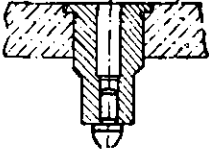
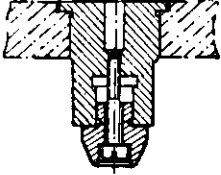
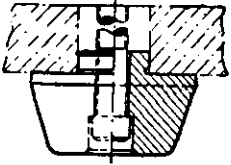
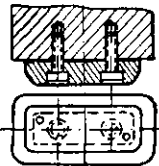
W tabl. 218 podane są najbardziej rozpowszechnione typy zderzaków.

Tablica 218. Najbardziej rozpowszechnione typy zderzaków

Typy zderzaków	Szkice	Zastosowanie
Nieruchomy kołek oporowy z okrągłym łbem		<p>W wycinakach i tłocznikach wielotaktowych przy tłoczeniu z pasa lub taśmy o szerokości ponad 20 mm i ręcznym podawaniu materiału. Drugi typ stosuje się tylko do matryc z uskokiem. Średnica łba od 10 do 30 mm</p>
Nieruchomy kołek oporowy wydłużony		<p>W wycinakach i tłocznikach wielotaktowych przy ręcznym podawaniu materiału i większych przedmiotach. Powinien być zabezpieczony przed obracaniem się podczas pracy</p>
Nieruchomy kołek oporowy walcowy (bez łba)		<p>W odcinkach przy odcinaniu przedmiotów z pasów o grubości nie mniejszej od 1 mm</p>
Przestawny kołek oporowy		<p>Zderzak, nastawiany w zależności od wielkości skoku podawania, stosowany w odcinakach uniwersalnych</p>
Zderzak chowany, typ I		<p>W wycinakach i tłocznikach jednoczesnych, w których matryca umieszczona jest w górnej części tłocznika, a stempel z ruchomym spychaczem — w dolnej części tłocznika</p>
Zderzak chowany, typ II		<p>W tłocznikach jednoczesnych i wielotaktowych przy automatycznym podawaniu taśmy za pomocą nawijania odpadu. W chwili schowania się zderzaka następuje przesuw taśmy</p>

Typy zderzaków	Szkice	Zastosowanie
<p>Zderzak ruchomy sprężynujący odwrotnego działania</p>		<p>W wycinakach do wycinania wąskich przedmiotów (od 6 do 20 mm) o grubości nie mniejszej od 0,5 mm w przypadku krótkich i nie mniej od 1 mm w przypadku długich przedmiotów, zapewnia wysoką wydajność pracy. Sposób działania: zaskakiwanie zderzaka za mostki (odstęp) przy podawaniu pasa i odwrotnym dociąganiu pasa</p>
<p>Zderzak wstępny boczny</p>		<p>W tłocznikach wielotaktowych do początkowego ustalania położenia pasa przy pierwszym zabiegu. Zderzak wprowadza się za pomocą naciśnięcia palcem</p>
<p>Zderzak wstępny górny</p>		<p>Zastosowanie i działanie takie samo jak zderzaka wstępnego bocznego, różni się tylko konstrukcją i sposobem wykonania. Bardziej prosty i dogodny</p>
<p>Automatyczny zderzak chowany</p>		<p>W wykrojnikach wielotaktowych zarówno z prowadnicami słupowymi jak i płytą prowadzącą do wycinania małych i średnich przedmiotów przy grubości materiału nie mniejszej od 0,5 mm. Sposób działania podany na str. 463</p>
<p>Zderzak z nożem bocznym</p>		<p>W wykrojnikach wielotaktowych przy wykrawaniu małych przedmiotów z materiału o grubości od 0,3 do 3 mm w przypadkach gdy inne zderzaki nie nadają się do zastosowania (np. w niektórych przypadkach wykrawania bezodpadowego) lub przy kształtowym wykrawaniu brzegu. Umieszcza się z jednej strony pasa. Umieszczanie noży bocznych z dwóch stron stosuje się tylko w razie, gdy nóż boczny wykonuje jednocześnie kształtowe wykrawanie brzegu przedmiotu</p>

Tablica 219. Podstawowe typy pilotów

Typy pilotów	Szkice	Zastosowanie
Typ I, jednolity		Do ustalania taśmy według uprzednio wykonanego otworu. Średnicę przyjmuje się od 5 do 10 mm
Typ II, wstawiany z trzpieniem oporowym		Do dokładnego ustalania położenia uprzednio wykonanego otworu w stosunku do zarysu stempla wycinającego. Stosuje się do otworów o średnicy do 10 mm
Typ III, wtlaczany		Przeznaczenie takie samo jak i typu II. Stosuje się do otworów o średnicy od 10 do 25 mm
Typ IV, wstawiany, zamocowywany wkrętem, mały		Przeznaczenie takie samo jak i typu II. Stosuje się do otworów o średnicy od 25 do 50 mm
Typ V, wstawiany, zamocowywany śrubą, duży		Przeznaczenie takie samo jak i typu II. Stosuje się do otworów o średnicy od 50 do 250 mm
Typ VI, nakładany, zamocowany wkrętami		W tłocznicach wielotaktowych do ustalania położenia otworów prostokątnych oraz do ustalania przedmiotów w tłocznicach do okrawania (w okrojnikach)

Automatyczny zderzak chowany (tabl. 218) działa w następujący sposób.

Śruba naciskowa 1 przy opuszczaniu się górnej części tłoczніка naciska na ramię 4 zderzaka zamocowanego sworzniem 3 w rozciętej tulei 2 i podnosi hak zderzaka ponad mostek taśmy. Sprężyna 5 obraca zderzak i dociska go do przedniej strony owalnego otworu. W czasie przesuwania taśmy mostek przechodzi pod zderzakiem, następnie zderzak pod działaniem sprężyny 5 zostaje dociśnięty do powierzchni matrycy i ogranicza przesuw materiału.

Pod naciskiem taśmy (lub pasa) zderzak dosuwa się do tylnej strony owalnego otworu

W tłocznikach wielotaktowych tak ustala się położenie zderzaka, aby przesunięcie materiału mogło być większe od potrzebnego przesuwu o $0,2 \div 0,3$ mm, i aby pilot, ustalający dokładne położenie materiału, zawsze cofał nieco taśmę, a nigdy nie pchał jej na zderzak.

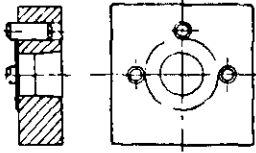
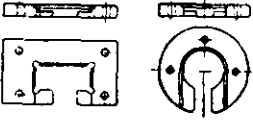
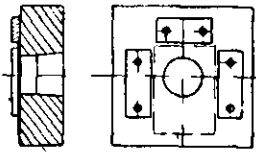
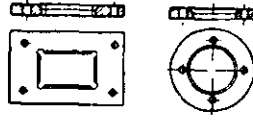
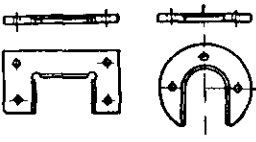
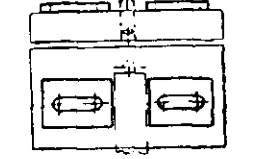
Piloty

W tłocznikach wielotaktowych nie wystarcza do dokładnego ustalania położenia materiału tylko zderzak niezależnie od jego rodzaju, ponieważ zderzaki nie zapewniają dokładności pokrywania się osi uprzednio wykrawanych otworów i zewnętrznych zarysów. W celu uzyskania bardziej dokładnych przedmiotów należy stosować piloty, usuwające błędy podawania materiału i zapewniające dokładność położenia otworów w stosunku do zewnętrznego zarysu przedmiotu w granicach $\pm 0,1$ (dla małych przedmiotów o grubości 2 mm).

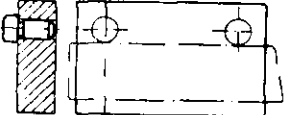
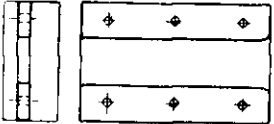
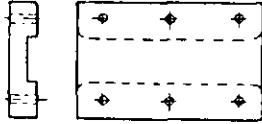
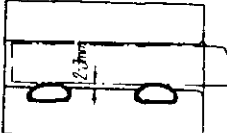
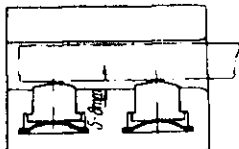
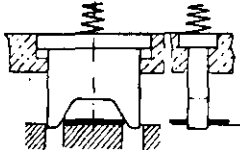
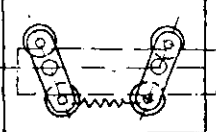
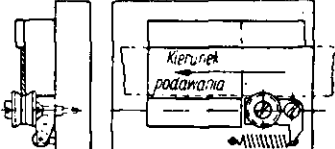
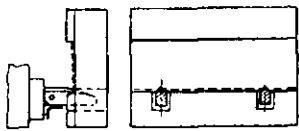
W tabl. 219 podane są podstawowe typy pilotów stosowanych w tłocznikach wielotaktowych.

Mimośrodowość pilota w stosunku do osi stempla powinna być zawarta w granicach 2 klasy dokładności.

Tablica 220. Podstawowe typy urządzeń ustalających

Typy urządzeń ustalających	Szkice	Typy urządzeń ustalających	Szkice
Kółkowe		Jednolite półzamknięte	
Płytkowe składowe		Jednolite zamknięte	
Jednolite otwarte		Przesuwne uniwersalne	

Tablica 221. Urządzenia prowadzące i dociskacze boczne

Typy prowadnic i dociskaczy bocznych	Szkice	Zastosowanie
Kółki prowadzące		<p>W tłocznikach otwartych z dociskaczem — spychaczem sprężynowym lub do pracy na prasach do dziurkowania ze spychaczem przymocowanym do korpusu prasy</p>
Listwy prowadzące		<p>W tłocznikach ze sztywnym spychaczem do pasów o średniej i dużej szerokości (ponad 60 mm)</p>
Spychacze z bruzdami prowadzącymi		<p>W tłocznikach ze sztywnym spychaczem do pasów wąskich o szerokości do 60 mm</p>
Boczny dociskacz sprężynowy		<p>W tłocznikach wielotaktowych do dokładnego ustalania położenia pasa lub taśmy. Odległość dociśniętej taśmy lub pasa od listwy z dociskaczem $2 \div 3$ mm. Grubość sprężyn od 0,5 do 1 mm</p>
Boczny dociskacz suwawkowy		<p>W tłocznikach wielotaktowych do grubszych pasów i taśm. Odległość dociśniętej taśmy od listwy z dociskaczami 5—8 mm. Grubość sprężyn od 0,5 ÷ 1,5 mm</p>
Stempel ustalający		<p>W tłocznikach wielotaktowych bez boczного dociskacza taśmy (przy automatycznym podawaniu walcowym)</p>
Rolki środkujące		<p>W tłocznikach wielotaktowych bez boczного dociskacza pasa. Tarcie pasa mniejsze, ponieważ rolki środkujące mogą się swobodnie obracać</p>
Boczny dociskacz rolkowy		<p>W tłocznikach wielotaktowych z podawaniem ręcznym. Konieczne stosowanie spychacza sprężynowego</p>
Boczny dociskacz zawiasowo klinowy		<p>W tłocznikach wielotaktowych zarówno z ręcznym jak i z automatycznym podawaniem</p>

Urządzenia ustalające położenie pojedynczych półwyrobów

Do dokładnego i szybkiego ustalania w osi stempla i matrycy pojedynczych półwyrobów (zarówno płaskich jak i przestrzennych) stosuje się urządzenia ustalające. Podstawowe typy urządzeń ustalających przedstawiono w tabl. 220.

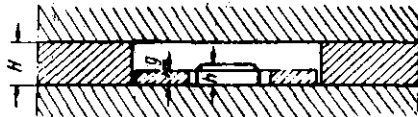
Urządzenia ustalające zamknięte i półzamknięte zapewniają lepsze ustalanie, lecz wymagają zastosowania urządzeń do automatycznego zrzucania wyrobów.

Listwy prowadzące i dociskacze boczne

Znaczenie listw prowadzących i dociskaczy bocznych było poprzednio omówione. W tabl. 221 podane są podstawowe typy listw prowadzących i dociskaczy bocznych.

Sposób określenia wielkości prześwitu między listwami prowadzącymi (rozsta-

Rys. 463. Prześwit między matrycą i spychaczem



wienie listw) był podany w rozdz. II (część II). W tabl. 222 podano wielkości prześwitu między matrycą i spychaczem w zależności od rodzaju zderzaka (rys. 463).

Części dociskające i usuwające wyroby

Spychacze

Sposób spychania i usuwania wyrobów ma duży wpływ na wydajność i bezpieczeństwo pracy.

Najbardziej wydajnym sposobem jest przelotowe usuwanie przedmiotów z tłoczniaka przez otwór w matrycy. Sposób powrotnego wypychania przedmiotów na powierzchnię matrycy należy stosować tylko w następujących przypadkach:

- 1) w razie tłoczenia „do oporu” (gięcie, dotłaczanie itp.),
- 2) w razie tłoczenia złożonego,
- 3) w razie wycinania i dziurkowania z dociskaczem półwyrobu,
- 4) w razie dużych wymiarów tłoczonych przedmiotów.

W tabl. 223 podane są podstawowe typy spychaczy oraz wskazania dotyczące zakresu ich zastosowania.

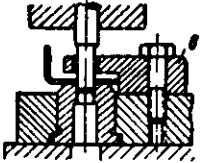
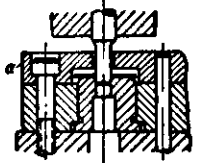
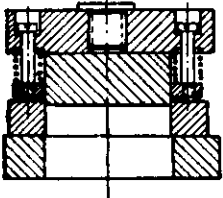
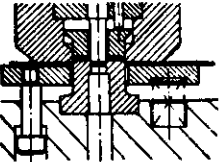
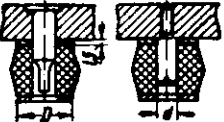
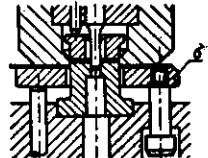
Wypychacze

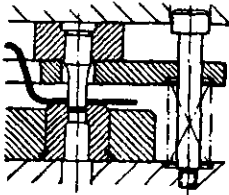
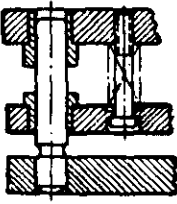
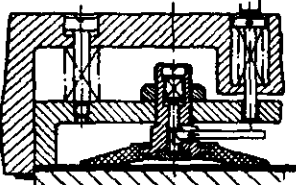
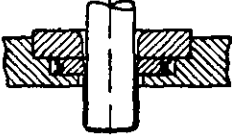
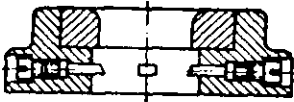
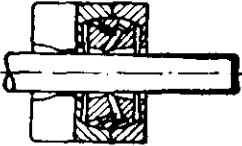
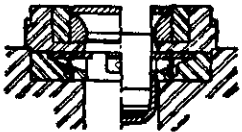
W tabl. 224 podane są podstawowe typy wypychaczy tłoczonych przedmiotów na powierzchnię tłoczniaka. Zakres zastosowania wypychaczy był już poprzednio omówiony.

Tablica 222. Odległość między matrycą i spychaczem

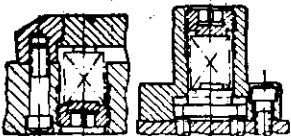
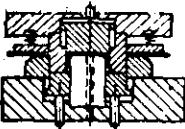
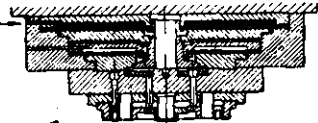
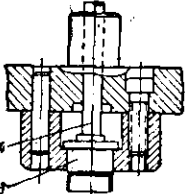
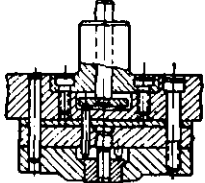
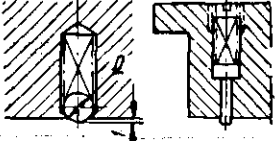
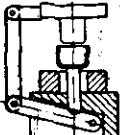
Grubość pasa w mm	Wysokość zderzaka w mm	Odległość H w mm	
		przy zderzaku kółkowym	przy zderzaku automatycznym lub nożu bocznym
0,3— 2,0	3	6— 8	4— 6
2,0— 3,0	4	8—10	6— 8
3,0— 4,0	4	10—12	6— 8
4,0— 6,0	5	12—15	8—10
6,0—10,0	8	15—25	10—15

Tablica 223. Podstawowe typy spychaczy

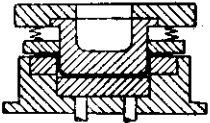
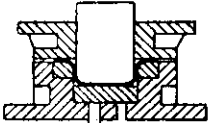
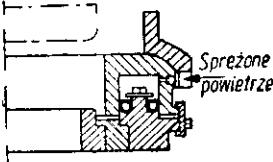
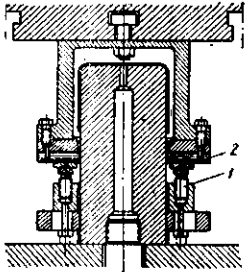
Typy spychaczy	Szkice	Zastosowanie
Nieruchomy (sztyw-ny) otwarty		<p>W produkcji drobnoseryjnej do głębokiego ciągnięcia z materiałów o grubości większej od 3 mm lub przy dziurkowaniu otworów w dużych przedmiotach. Niebezpieczny w pracy</p>
Nieruchomy (sztyw-ny) zamknięty		<p>W tłocznikach z prowadnicami słupowymi stosuje się je tylko jako spychacze. W tłocznikach skrzynkowych — jednocześnie jako płyta prowadząca i spychacz. Bezpieczny w pracy</p>
Ruchomy sprężyno-ny górny		<p>W tłocznikach z prowadnicami słupowymi:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) przy dziurkowaniu dużych przedmiotów z cienkiego materiału z dociskaniem go 2) w złożonych tłocznikach jednoczesnych. Niebezpieczny w pracy
Ruchomy sprężyno-ny lub gumowy dol-ny		<p>W tłocznikach z prowadnicami słupowymi:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) do wycinania z cienkiego materiału (do 0,2 mm), 2) do wycinania dużych przedmiotów, 3) do złożonego wycinania i dziurkowania zarówno dużych jak i małych przedmiotów w tłocznikach jednoczesnych <p>Zamiast sprężyny można stosować gumę</p>
Ruchomy gumowy górny		<p>W produkcji seryjnej do dziurkowników głównie wielostemplowych lub w otwartych (swobodnych) wycinakach do dużych przedmiotów. Nasa- dza się gumę na stempel lub kołek i uzyskuje się zamocowanie przez za- ciśnięcie się jej. Pierścienie osłaniające są nawulkanizowane. Wymiary: d od 5 do 30 mm D od 20 do 60 mm Nacisk jednego spychacza od 200 do 300 kG</p>
Ruchomy poduszko- wy		<p>W tłocznikach z prowadnicami słupowymi zaopatrzonych w dolną poduszkę lub w tłocznikach ustawianych na pasach z poduszką powietrzną. Zasto- sowanie technologiczne podobne jak dolnych spychaczy sprężynowych</p>

Typy spychaczy	Szkice	Zastosowanie
Ruchomy odpychający		<p>W tłocznikach do wykonywania otworów w przedmiotach wydrążonych oraz w tłocznikach do wyciskania przeciwbieżnego na zimno. Cel: możliwość zastosowania krótkich stempli i zwiększenie roboczej wysokości przestrzeni do swobodnego usuwania wyrobów</p>
Ruchomy prowadzący		<p>Służy jako spychacz i płyta prowadząca stempel. Stosuje się w tłocznikach z nieznormalizowanymi długimi i cienkimi stemplami, na przykład do dziurkowania wysokich przedmiotów ciągniętych, gdyż, ze względów konstrukcyjnych nie można zastosować stempli w tulejach. Przy bardzo dużym skoku suwaka prasy prowadzenie w górnej płycie jest niekonieczne</p>
Z przyssawką		<p>Do podnoszenia i utrzymania ciężaru wyciętego dużego przedmiotu i zepchnięcia go na urządzenie usuwające wyroby z tłocznika</p>
Segmentowo-pierścieniowy sprężynujący		<p>Do ciągników przeznaczonych do wylaczania przelotowego przedmiotów o średnicy do 100 mm</p>
Promieniowo-zaczepowy sprężynujący		<p>Do ciągników przeznaczonych do wylaczania przelotowego przedmiotów o średnicy ponad 100 mm. Zamiast wpuszczonych sprężyn śrubowych stosowane są niekiedy płaskie sprężyny zewnętrzne</p>
Promieniowo-zaczepowy samonastawny		<p>Do ciągników przeznaczonych do przetłaczania dużych wałcowych lusek</p>
Promieniowo-płytkowy		<p>Do ciągników przeznaczonych do wylaczania lub przetłaczania przelotowego. Płytki spychające typu obrotowo-przechylnego</p>

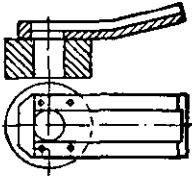
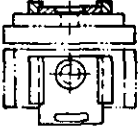
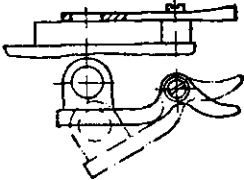

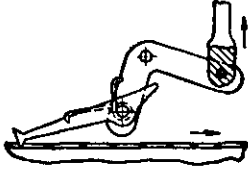

Tablica 224. Podstawowe typy wypychaczy

Typy wypychaczy	Szkice	Zastosowanie
Sprężynowy dolny i górny		<p>W wycinakach do cienkich materiałów i pracy z dociskaniem materiału oraz do wycinania dużych przedmiotów</p>
Poduszkowy dolny		<p>W tłocznikach złożonych (jednoczesnych): a) do wycinania i dziurkowania, b) do wycinania i wytłaczania itp. Powrotne wtlaczanie w pas przy wycinaniu stosuje się w celu usuwania przedmiotów z tłoczniaka</p>
Pneumatyczny górny i dolny		<p>W wycinakach i w złożonych tłocznikach jednoczesnych o średnich i dużych wymiarach przy pracy na prasach bez poduszki. Ciśnienie powietrza z sieci 5÷6 at. Uszczelnienie przeponą gumową. Konstrukcja tłoczników znacznie się upraszcza</p>
Sztynny, działający pod wpływem poprzecznej belki w suwaku prasy		<p>W złożonych tłocznikach jednoczesnych a) do wycinania i dziurkowania, b) do wycinania i wytłaczania, przy pracy na prasach przechyłnych oraz w tych przypadkach, gdy powrotne wtlaczanie w pas jest niezalecane</p>
Sztynny wypychacz-spychacz		<p>W tłocznikach jednoczesnych z zastosowaniem trzpieni przelotowych</p>
Odlepiacz		<p>W wycinakach i w tłocznikach jednoczesnych przy tłoczeniu z cienkich materiałów do odpychania przyklepionych przedmiotów lub odpadów. Przy automatycznej pracy stosowanie odlepiaczy jest konieczne</p>
Sztynny uderzeniowo-dźwigniowy dolny		<p>W dotłaczakach wygniatakach, wyginakach i innych tłocznikach pracujących z dotłaczaniem (do oporu)</p>

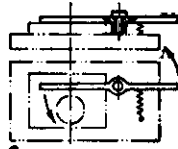
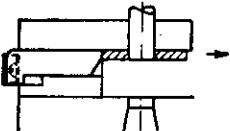
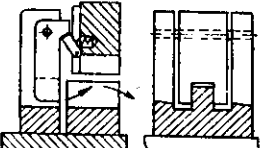
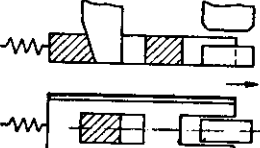
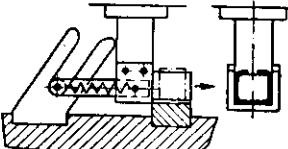
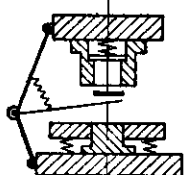
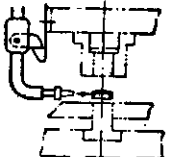
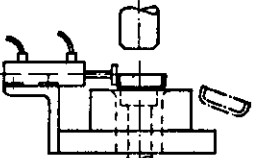
Tablica 225, Typ dociskaczy .

Typ dociskaczy	Szkic	Zastosowanie
Ruchomy		<p>Do ciągnięcia na prasach pojedynczego działania:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) do ciągnięcia dużych przedmiotów dociskacz umieszcza się u góry, b) do wytłaczania małych przedmiotów i powtórnego ciągnięcia średnich przedmiotów wykonuje się dociskacze u dołu, działające pod wpływem poduszki (odwrotne rozmieszczenie części roboczych)
Sztwywny		<p>Do ciągnięcia na prasach podwójnego działania. W dużych ciągownikach do złożonych lub niesymetrycznych wytłoczek (typu części nadwozi samochodowych) stosuje się żebra ciągowe</p>
Pneumatyczny samonastawny	 <p>Spreżone powietrze</p>	<p>Do ciągnięcia dużych przedmiotów na prasach podwójnego działania. Cel — kompensacja różnic grubości w różnych miejscach materiału</p>
Półsztywny regulowany		<p>Do ciągnięcia przedmiotów o złożonym kształcie w rzucie na płaszczyznę poziomą, wymagających różnych wartości docisku na obwodzie:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 — regulowane trzpienie 2 — rama ze sklejki wielowarstwowej

Tablica 226. Podstawowe typy podajników

Typy podajników	Szkice	Zastosowanie
Korytkowy		<p>Do ręcznego podawania miseczek do następnych operacji ciągnięcia itp.</p>
Suwakowy		<p>Do ręcznego podawania małych pojedynczych półwyrobów przy wygładzaniu, dziurkowaniu, wyciskaniu, wybijaniu itp.</p>
Obrotowy		<p>Do ręcznego podawania małych pojedynczych półwyrobów głównie w tłocznikach do wygładzania</p>
Automatyczny klinowy		<p>Do automatycznego podawania małych płaskich pojedynczych półwyrobów</p>
Automatyczny hakowy		<p>Do automatycznego podawania taśmy do tłoczników ustawianych na zwykłych prasach korbowych i mimośrodowych. Napędzany układem dźwigni</p>
Automatyczny hakowo-klinowy		<p>Przeznaczenie takie samo jak podajnika hakowego. Napędzany klinem przesuwanym suwak z hakiem</p>

Tablica 227. Typy urządzeń do usuwania wyrobów (wyrzutników)

Typy wyrzutników	Szkice	Zastosowanie
Ręczny dźwigniowy		Do ciągników, wygniataków i innych tłoczników z powrotnym wypychaniem przedmiotów na powierzchnię tłoczniaka
Automatyczny sprężynowy		Do dziurkowników małych przedmiotów
Automatyczny z dźwignią obrotową		Do wyginaków małych przedmiotów o kształcie korytek
Automatyczny sprężynowo-klinowy		Do wyginaków małych i średnich przedmiotów o kształcie korytek
Automatyczny przewodnicowy		Do wyginaków przedmiotów o zamkniętym zarysie przekroju
Obrotowy mechanizm odbierający		Do usuwania przedmiotów wypychanych z górnej części tłoczniaka
Pneumatyczny zdmuchujący		Do zdmuchiwania z powierzchni tłoczniaka małych, głównie wydłużonych przedmiotów
Pneumatyczny tłokowy		Do usuwania dużych i ciężkich przedmiotów

Dociskacze

W tabl. 225 podano niektóre typy dociskaczy stosowanych w ciągownikach (tłocznikach do ciągnięcia).

Urządzenia podające półwyroby

W tabl. 226 przedstawiono podstawowe typy urządzeń do podawania półwyrobów do strefy roboczej, będące często częścią konstrukcji tłocznika i zapewniające bezpieczną pracę.

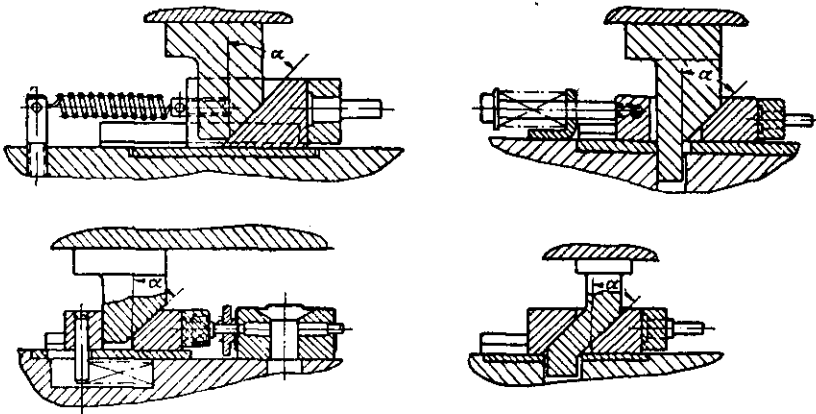
Szczególnie zalecane jest stosowanie urządzeń podających przy tłoczeniu małych pojedynczych półwyrobów, podawanych zwykle za pomocą szczypiec ręcznych.

Wyrzutniki

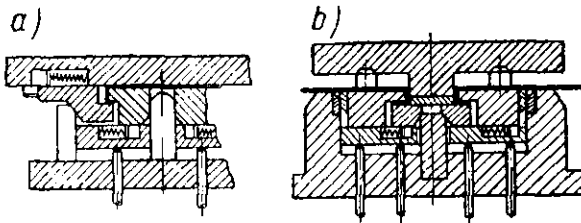
Do wyrzutników zalicza się urządzenia służące do usuwania wytłoczek z roboczych stref tłoczników. W tabl. 227 podane są główne typy wyrzutników. Automatyzacja usuwania wytłoczek (wyrobów) jest szczególnie konieczna przy tłoczeniu małych przedmiotów.

Urządzenia z klinami napędowymi

Do dziurkowania w bocznych ściankach przedmiotów ciągniętych lub giętych stosuje się tłoczniki ze stemplami bocznymi napędzanymi za pomocą klinów.



Rys. 464. Klina napędowe dziurkowników



Rys. 465. Tłoczniki z klinami do zaginania obrzeży: a) do zewnętrznego obrzeża, b) do wewnętrznego obrzeża

Na rys. 464 przedstawione są niektóre typy urządzeń z klinami napędowymi w tłocznikach do dziurkowania.

Na rys. 465 przedstawione są schematy tłoczników z klinami napędowymi przeznaczone do podginania zewnętrznych i wewnętrznych kołnierzy przedmiotów wywijanych.

Części łączące tłoczników

Częściami łączącymi tłoczników są śruby łączące między sobą różne części tłoczków i kołki służące do uniemożliwienia wzajemnych przesunięć części tłoczniaka przy montażu oraz do przeciwdziałania bocznym siłom ścinającym.

Stosuje się tylko śruby lub wkręty łączące z łbami walcowymi.

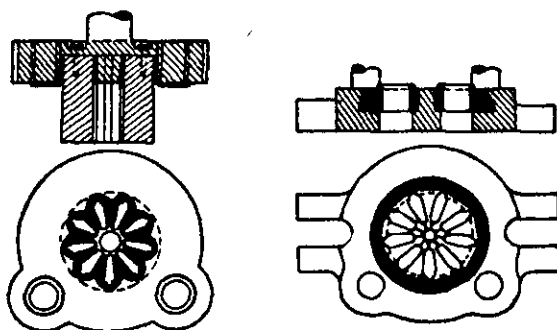
Śruby mają gniazda sześciokątne uniemożliwiające silne ich dokręcanie. Tylko w małych tłocznikach dopuszcza się stosowanie wkrętów. Śruby z łbami z gniazdam sześciokątnymi o wymiarach M6, M8, M10 i M12 objęte są normami ГОСТ 40188 (PN/M-82302). Do bardzo dużych tłoczników stosowane są śruby z gwintem do M24.

Wkręty objęte są normami i podane są w poradnikach ogólnych dla konstruktorów. W tłocznikach stosuje się zwykle wkręty od M3 do M10.

W tłocznikach stosuje się tylko walcowe kołki narzędziowe.

Do łączenia dwóch części konieczna jest wspólna obróbka otworów (wiercenie

Rys. 466. Montaż tłoczniaka segmentowego za pomocą zalewania stopem łatwotopliwym



i rozwiercanie) na kołki. W częściach hartowanych należy po zahartowaniu docierać lub szlifować otwory na kołki.

Niedopuszczalne jest wykonywanie ślepych otworów na kołki.

W tabl. 228 przedstawione są różne sposoby łączenia zespołów i części tłoczników śrubami.

W tabl. 229 podane są różne sposoby łączenia zespołów i części tłoczników kołkami.

W razie wykonywania małych tłoczników z matrycami składanymi wymiary ich zwykle uniemożliwiają łączenie śrubami i kołkami. W takich przypadkach można stosować łączenie i dokładne ustalenie położenia stempli i matryc za pomocą zalewania łatwo topliwych stopem (rys. 466).

Skład stopu: Bi — 48%, Pb — 32%, Sn — 15%, Sb — 5%.

Temperatura topnienia tego stopu wynosi $95 \pm 100^\circ\text{C}$.

Zaletą tego stopu jest to, że nie daje on skurczu, a przy krzepnięciu zwiększa swoją objętość, co zwiększa wytrzymałość połączenia.

Do zalewania stempli w gniazdach stosowane są również z powodzeniem w niektórych krajach żywice epoksydowe, odznaczające się wysoką wytrzymałością po zakrzepnięciu w temperaturze pokojowej.

Ostatnio w przemyśle ZSRR rozpowszechnił się nowy materiał syntetyczny — „stirakril”, stosowany do zalewania stempli w płytach stemplowych oraz do zalewania otworów prowadzących w spychaczach (w płytach prowadzących).

Stirakril jest szybko twardniejącym tworzywem sztucznym składającym się z proszku (kopolimer styrenu i metakrylenu metylu z dodatkiem katalizatora)

Tablica 228. Łączenie gwintowe części tłoczników

Typy połączeń	Szkice	Przeznaczenie
Typ I i Ia, do górnej części tłoczніка		<p>Połączenie płyty głowicowej 1 z płytą stemplową 3 z przekładką 2 lub bez niej. Otwór nagwintowany w płycie stemplowej</p>
Typ II i IIa, do górnej części tłoczніка		<p>Połączenie dużego i wysokiego stempla 4 z płytą głowicową 1. Otwór nagwintowany w górnej niehartowanej części stempla. Ślepy otwór wg typu IIa stosuje się tylko w razie, gdy niedopuszczalny jest wylot otworu na roboczej powierzchni stempla (ciągniki, wygniataki, wybijaki itp.)</p>
Typ III i IIIa, do dolnej części tłoczніка		<p>Połączenie dużego stempla 3 z płytą stemplową w tłocznikach złożonych i jednoczesnych. Gwint w niehartowanej górnej części stempla. Ślepe otwory wg typu IIIa stosuje się tylko w razie, gdy niedopuszczalne jest istnienie wylotu otworu na roboczej powierzchni stempla (ciągniki, wygniataki, wybijaki itp.)</p>
Typ IV, do dolnej części tłoczніка		<p>Połączenie wszystkich elementów górnej części tłoczніка: płyty 1, matrycy 2, listew prowadzących 3 i spychacza 4. Gwint w płycie podstawowej. W małych tłocznikach wystarcza tylko takie połączenie. W dużych tłocznikach stosuje się oprócz tego połączenie płyty podstawowej z matrycą oraz matrycy ze spychaczem</p>
Typ V i Va, do dolnej części tłoczніка		<p>Połączenie płyty podstawowej 1 z dużą wysoką matrycą 2. Gwint w niehartowanej dolnej części matrycy. Ślepe otwory wg typu Va stosuje się tylko w matrycach ciągowych, matrycach do wygniatań itp., w których niedopuszczalne jest istnienie wylotu otworu na roboczej powierzchni matrycy</p>
Typ VI, do dolnej części tłoczніка		<p>Zalecana lecz nieobowiązująca odmiana połączenia płyty podstawowej 1 z płytą matrycową 2 i płyty matrycowej z segmentami składanej matrycy 3. W razie zastosowania spychacza łączy się go z danym zespołem śrubą jak w typie I. Podobne połączenie może być stosowane do zamocowywania stempla składanego z płytą stemplową i głowicową</p>

Uwagi: 1. Przyjmować wymiary $a \geq 1,5 d$.

2. Rozwiercenie otworu na średnicę $d + 2$ stosować w przypadku gdy $c \geq 2 d$.

Tablica 229. Połączenia części tłoczników kulkami

Typy połączeń	Szkice	Przeznaczenie
Typ I, do górnej części tłoczніка		<p>Typ I — połączenie stempla 1 z płytą stemplową 3 i przekładką 2. Typ Ia — połączenie stempla 4 bezpośrednio z płytą głowicową 1. Typ I stosuje się do do stempli włączanych w płytę stemplową, typ Ia — do dużych stempli</p>
Typ II i IIa, do górnej części tłoczніка		<p>Połączenie płyty głowicowej I z płytą stemplową 3 i płyty stemplowej ze stemplem składanym 4. Oddzielne połączenie umożliwia odejmowanie w celu naprawy płyty stemplowej, wraz ze składanym z segmentów stemplem, bez naruszenia ich wzajemnego połączenia</p>
Typ III i IIIa, do górnej części tłoczніка		<p>Typ III — połączenie płyty podstawowej 2 z matrycą 1. Typ IIIa — połączenie płyty podstawowej z płytą matrycową 3. Stosuje się w dużych tłocznikach. W razie stosowania ramki ustalającej lub nieruchomego spychacza łączy się je z danym zespołem oddzielnie</p>
Typ IV i IVa do dolnej części tłoczніка		<p>Typ IV — połączenie matrycy 1 z ramką ustalającą 3. Typ IVa — połączenie matrycy 1 z listwą prowadzącą 2 i spychaczem 4. Stosuje się w dużych tłocznikach</p>
Typ V, do dolnej części tłoczніка		<p>Zalecany lecz nieobowiązuający wariant. Połączenie płyty podstawowej 1 z płytą matrycową 2 i płyty matrycowej 2 z segmentami 3 matrycy składanej. Oddzielne zamocowanie umożliwia odjęcie w celu naprawy płyty matrycowej wraz z segmentami składanej matrycy, bez naruszenia ich wzajemnego połączenia. W razie zastosowania ramki ustalającej lub spychacza łączy się je osobno</p>
Typ VI, do dolnej części tłoczніка		<p>Ogólne połączenie wszystkich elementów dolnej części tłoczніка: płyty 1, matrycy 2, listwy prowadzących 3 i spychacza 4 jednym lub dwoma kołkami. Stosuje się tylko w matrycach jednolitych. Połączenie jednym kołkiem stosuje się w małych tłocznikach typu skrzynkowego. Połączenie dwoma kołkami stosuje się w większych tłocznikach skrzynkowych i w tłocznikach z prowadnicami słupowymi, umożliwia ono wybite jednego kołka bez rozdzielania elementów tłoczніка (płyty prowadzącej 1 i matrycy 2)</p>

Uwaga. Rozwiercenie otworu na średnicę $d + 2$ stosować w przypadku gdy $c \geq 2d$.

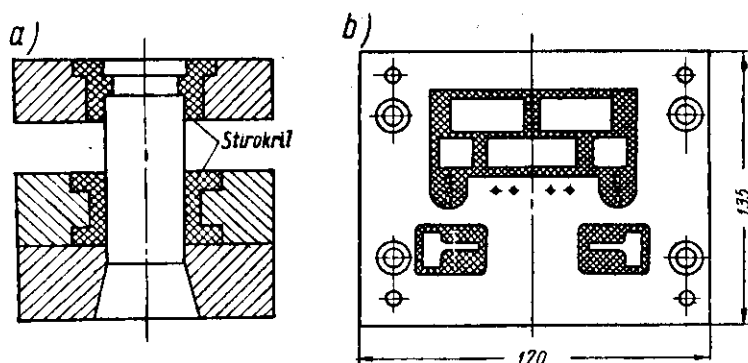
i cieczy (monomeru metakrylanu metylu z dodatkiem dwómetyloaniliny) [299]. Stirakril wytwarzany jest przez wytwórnie materiałów dentystycznych.

Proszek i ciecz miesza się w stosunku 2:1 lub 2:1,5 do stanu zbliżonego do gęstej śmietany, następnie zalewa się stempel w płycie stemplowej lub płytę prowadzącą. Otwór w płycie prowadzącej i stempel odtłuszcza się benzyną lub acetonem i następnie suszy się w powietrzu w ciągu 10÷15 min. Część stempla przechodzącą przez płytę prowadzącą pokrywa się cienką warstwą parafiny lub oleju silnikowego. Luz między stemplem i płytą prowadzącą wynosi kilka mikronów i zależy od grubości warstwy parafiny.

Wstępne utwardzanie stirakriłu następuje w czasie 25÷30 min. a ostateczne — w czasie 10÷12 godzin.

Stirakril jest odporny na ścieranie i zapewnia dobre prowadzenie stempla w płycie prowadzącej. Przed zalewaniem stempla w płycie stemplowej nie należy go smarować.

Na rys. 467a przedstawiony jest schemat płyty stemplowej i płyty prowadzącej zalanych stirakriłem. Zalewanie płyt wykonuje się zwykle oddzielnie.



Rys. 467. Zastosowanie stirakriłu do wykonania tłoczników: a) schemat zalania stirakriłem płyty stemplowej i spychacza, b) spychacz z otworami zalanymi stirakriłem

Na rys. 467b podana jest konstrukcja płyty prowadzącej z szeregiem otworów zalanych stirakriłem, otwory blisko siebie położone zalewa się we wspólnym oknie płyty.

Dzięki zalewaniu otworów płyty prowadzącej unika się szeregu operacji trasowania, wiercenia współrzednego i dopasowywania, co znacznie skraca czas wykonania tłoczników oraz zapewnia wysoką dokładność prowadzenia.

W niektórych zakładach zamiast stirakriłu stosuje się w tych samych celach samoutwardzalne tworzywo sztuczne ACT-T (akrylan samoutwardzalny do celów technicznych).

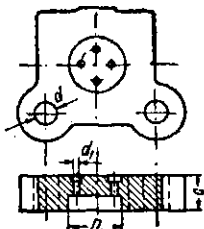
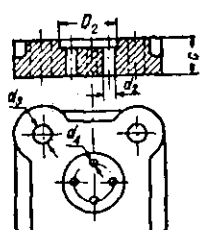
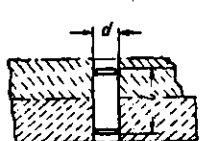
6. Dokładność wykonania i gładkość powierzchni części tłoczników. Tolerancje i pasowania

Dokładność obróbki i gładkość powierzchni głównych części wykrojników podano w tabl. 230. Dokładność obróbki podawana jest w postaci zaznaczenia klasy dokładności i rodzaju pasowania.

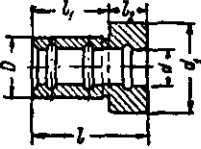
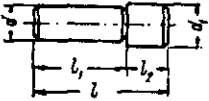
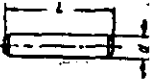
Najwyższej dokładności wykonania wymagają robocze części wykrojników — stemple i matryce oraz słupy i tuleje prowadzące.


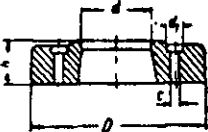
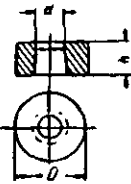
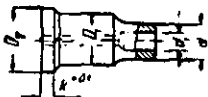
Tolerancje wykonania stempli i matryc wykrojników są ściśle związane z wielkością luzu między nimi, ponieważ tolerancje zwiększają wartość luzu. Mimo tego

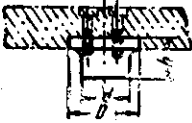
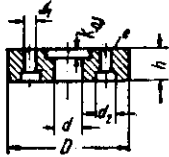
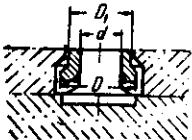
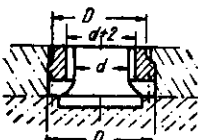
Tablica 230. Dokładność i gładkość powierzchni części tłoczników

Części tłoczników	Obrabiana powierzchnia	Szkic obrabianej części	Klasa dokładności, pasowanie, gładkość powierzchni wg ГОСТ 2789-51
Płyta głowicowa (głowica)	Otwór pod tuleją d		A OCT 1012 ▽7
	Średnica D_1 wybrana pod obsadę stempla		A ₃ OCT 1013 ▽6
	Równoległość (c)		Głowica i podstawa 0,07 mm na długości 300 mm ▽6
	Otwór d_1 na śruby		A ₃ OCT 1015 ▽3
Podstawa	Średnica D_2 wybrana na pod matrycę		A ₃ OCT 1013 ▽6
	Otwór d_2 pod nóżki wypychacza		A ₃ OCT 2013 ▽6
	Średnica d_3 otworu na słupy osadzone na wcisk		A OCT 1012 ▽7
	Otwory d_4 pod kołki narzędziowe		A OCT 1012 ▽7
Kołki narzędziowe	Średnica robocza d		Γ OCT 1012 ▽7
	Długość l		B ₇ OCT 1010 ▽3

Tablica 230 cd.

Części tłoczników	Obrabiana powierzchnia	Szkic obrabianej części	Klasa dokładności; pasowanie, gładkość powierzchni wg ГОСТ 2789-51
Tuleja prowadząca	Średnica wewnętrzna d		A_1, A_1 i A_2^1 OCT 1011, 1012, 1013 $\nabla 8$ (w razie odchyłek wymiarów wg A_1 gładkość powierzchni — nie niższa od $\nabla 10$)
	Zewnętrzna średnica D		Πp OCT 1043 $\nabla 7 - \nabla 8$
	Powierzchnia czołowa i powierzchnia boczna l, l_1, l_2		B_7 OCT 1010 $\nabla 6$
Słup prowadzący	Średnica części wciskanej d_1		Πp OCT 1043 $\nabla 7 - \nabla 8$
	Średnica d części roboczej		$C_1, C_1; X$ i X_3 , OCT 1011, 1012, 1013 $\nabla 8$ (w razie odchyłek wymiarów wg C_1 gładkość powierzchni — nie niższa od $\nabla 10$)
	Długość l, l_1, l_2		B_7 OCT 1010 $\nabla 4$
Kolki wypychacza	Średnica d		X_3 OCT 1013 $\nabla 6$
	Długość l		B_7 OCT 1010 $\nabla 4$

Części tloczników	Obrabiana powierzchnia	Szkic obrabianej części	Klasa dokładności, pasowanie, gładkość powierzchni wg ГОСТ 2789-51
Pilot	Czop d		T OCT 1012 ▽7
	Średnica D		C ₃ OCT 1013 ▽7
Matryca walcowa wpuszczana	Wymiar roboczy $d^{(1)}$		▽8
	Średnica zewnętrzna D		C ₃ OCT 1013 ▽6
	Otwory pod śruby d_1		A ₃ OCT 1015 ▽3
	Wysokość matrycy h		B ₇ OCT 1010 dół ▽7 górną ▽8
Tuleja tnąca włączana	Wymiar roboczy $d^{(2)}$		▽8
	Średnica zewnętrzna D		T OCT 1012 ▽7 - ▽8
	Wysokość h		B ₇ OCT 1010 dół ▽7 górną ▽8
Stempel	Wymiar roboczy $d^{(3)}$		▽8
	Trzon D_1		T OCT 1012 ▽7 - ▽8
	Kołnierz D_2		B ₇ OCT 1010 ▽4
	Otwór na pilot d_1		A OCT 1012 ▽6
	Powierzchnie czołowe		górną ▽7 dolną ▽8

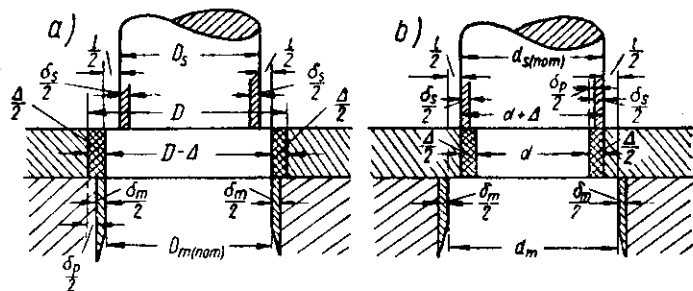
Części tłoczników	Obrabiana powierzchnia	Szkic obrabianej części	Klasa dokładności, pasowanie, gładkość powierzchni wg ГОСТ 2789-51
Stempel wpuszczany	Wymiar roboczy d^3)		▽8
	Średnica wybrania D		C ₃ OCT 1013 ▽6
	Wysokość h		B ₇ OCT 1010 ▽6—▽7
Płyta stemplowa	Otwór na stempel d		A OCT 1012 ▽6—▽7
	Średnica do wybrania D		C ₃ OCT 1013 ▽6
	Otwory na śruby d_1 i d_2		A ₃ OCT 1015 ▽3—▽4
	Wysokość h		B ₇ OCT 1010 ▽4
Dociskacze, wypychacze z wewnętrznym prowadzeniem	Średnica wewnętrzna d		A ₃ OCT 1013 ▽6 i ▽7
	Średnica zewnętrzna D		B ₇ OCT 1010 ▽3
	Średnica zewnętrzna D_1		B ₇ OCT 1010 ▽3
Dociskacze, wypychacze z zewnętrznym prowadzeniem	Średnica wewnętrzna d		A ₇ OCT 1010 ▽3
	Średnica zewnętrzna D		B ₇ OCT 1010 ▽3
	Średnica zewnętrzna D_1		X ₃ OCT 1013 ▽6

1) W zależności od grubości materiału i niezbędnej wielkości luzu.
 2) Robocze wymiary utrzymuje się w granicach tolerancji podanych w tabl. 232.
 3) Wymiary robocze wykonywać w granicach tolerancji podanych w tabl. 232.

błędy wykonania i pomiarów znajduje się w zależności od nominalnych wymiarów części roboczych.

Na rys. 468 przedstawione są schematy rozmieszczenia pól tolerancyjnych wykonania stempli i matrycy wykrojników.

Rys. 468. Schematy rozmieszczenia pól tolerancyjnych wymiarów wykonawczych stempli i matrycy do wycinania i dziurkowania: a) przy wycinaniu zewnętrznego zarysu, b) przy dziurkowaniu



Na rys. 468a przedstawiony jest schemat rozmieszczenia pól tolerancyjnych przy wycinaniu zewnętrznego zarysu z założoną tolerancją ($D_{-\Delta}$).

W danym przypadku nominalny wymiar matrycy przyjmuje się równy najmniejszemu granicznemu wymiarowi przedmiotu

$$D_{m(nom)} = D - \Delta$$

Wykonawcze wymiary matrycy i stempla wykrojników określa się ze wzorów podanych w tabl. 231.

Na rys. 468b przedstawiony jest schemat rozmieszczenia pól tolerancyjnych w przypadku wykrawania otworów o założonej tolerancji ($d^{+\Delta}$). W danym przypadku nominalny wymiar stempla przyjmuje się równy największemu granicznemu wymiarowi otworu.

Tablica 231. Wzory do obliczania wykonawczych wymiarów roboczych części wycinaków i dziurkowników

Rodzaj wykonywanej obróbki i charakter przedmiotu	Wykonawcze wymiary matrycy	Wykonawcze wymiary stempla	
Stykające się części o określonych odchyłkach	Wycinanie zewnętrznego zarysu $D_{-\Delta}$	$D_m = (D - \Delta) + \delta_m$	$D_s = (D - \Delta - l) - \delta_s$
	Dziurkowanie o wymiarze $d^{+\Delta}$	$d_m = (d + \Delta + l) + \delta_m$	$d_s = (d + \Delta) - \delta_s$
Niestykające się części o wymiarach nietolerowanych	Wycinanie zewnętrznego zarysu o wymiarze D	$D_{mn} = D + \delta'_m$	$D_{sn} = (D - l) - \delta'_s$
	Dziurkowanie o wymiarze d	$d_{mn} = (d + l) + \delta'_m$	$d_{sn} = d - \delta'_s$

We wzorach podanych w tabl. 231 przyjęto następujące oznaczenia:

D_m i D_s — wykonawcze wymiary matrycy i stempla przy wykrawaniu zewnętrznego zarysu z założoną tolerancją ($D_{-\Delta}$),

D — nominalny wymiar przedmiotu,

δ_m i δ_s — tolerancje wykonania matrycy i stempla do przedmiotów o założonych tolerancjach,

δ'_m i δ'_s — tolerancje wykonania matrycy i stempla do przedmiotów o wymiarach nietolerowanych (przyjmuje się wg 4 klasy dokładności).

- l — nominalny luz (najmniejszy),
 Δ — tolerancja przedmiotu i otworu,
 d_m i d_s — wykonawcze wymiary matrycy i stempla do wykrawania otworów o założonej tolerancji ($d^{+\Delta}$),
 d — nominalny wymiar otworu,
 D_{mn} i D_{sn} — wykonawcze wymiary matryc i stempli przeznaczonych do wykrawania przedmiotów (zewnętrznych zarysów) o wymiarach nietolerowanych,
 d_{mn} i d_{sn} — wykonawcze wymiary matryc i stempli do wykrawania otworów o wymiarach nietolerowanych.

Tolerancje na zużycie matrycy i stempla wynoszą: przy wykrawaniu zewnętrznego zarysu $\delta_{zm} = \Delta - \delta_m$, przy wykrawaniu otworu — $\delta_{zs} = \Delta - \delta_s$. Dlatego w razie określenia wykonawczych wymiarów matryc i stempli zaleca się wykorzystywać w pełni pole tolerancyjne przedmiotu Δ .

W tabl. 232 podane są tolerancje wykonania zewnętrznych zarysów i otworów oraz matryc o średnicach do 50 mm.

Należy przestrzec przed stosowaniem we wszystkich przypadkach tablic z obliczeniowymi wymiarami stempli i matryc, ponieważ wymaganie oddzielnego wykonywania stempli i matryc w zakresie granicznych wymiarów jest w szeregu przypadkach (szczególnie dla stempli o złożonym zarysie) nieuzasadnione i nie odpowiada rzeczywistym warunkom produkcji seryjnej, a tym bardziej jednostkowego wykonywania tłoczników.

Wymaganie takie często prowadzi do zbyt wysokiej dokładności i pracochłonności, a w wyniku tego do zbyt wysokiego kosztu tłoczników. Tolerancje i dokładność wykonania stempli i matryc zależą od rodzaju produkcji, seryjności i sposobu wykonania tłoczników (tabl. 233).

Najbardziej rozpowszechniony ze sposobów wyliczonych w tabl. 233 jest sposób trzeci.

Tablica 232. Tolerancje wykonania okrągłych zamiennych stempli i matryc do wycinania i dziurkowania, w mm

Grubość materiału w mm	Najmniejszy dwustronny początkowy luz l	Tolerancja wykonawcza średnicy	
		matrycy $+\delta_m$	stempla $-\delta_s$
0,3	0,02	0,015	0,01
0,5	0,03	0,02	0,01
0,8	0,05	0,02	0,012
1,0	0,06	0,025	0,015
1,5	0,10	0,03	0,02
2,0	0,14	0,04	0,02
2,5	0,20	0,05	0,03
3,0	0,24	0,06	0,03
4,0	0,40	0,08	0,04
5,0	0,60	0,10	0,05
6,0	0,80	0,12	0,06
8,0	1,30	0,16	0,08
10,0	1,80	0,20	0,10
12,0	2,40	0,24	0,12

Uwagi: 1. Wg podanych tolerancji wykonywać osobno tylko okrągłe zamienne stemple i matryce do wycinania i dziurkowania o wymiarach do 50 mm.

2. Do materiałów o grubości między podanymi w tablicy wartościami przyjmuje się pośrednie wartości.

Tablica 233. Sposoby wykonania i dopasowania roboczych części wycinaków i dziurkowników

Lp.	Sposoby wykonania i dopasowania	Zastosowanie
1	<p>Oddzielne wykonanie stempli i matryc wg granicznych wymiarów z zachowaniem początkowego luzu między nimi. Dokładne wymiary części roboczych uzyskuje się za pomocą szlifowania:</p> <p>a) okrągłych stempli i matryc na szlifierkach do wałków i szlifierkach do otworów,</p> <p>b) matryc dzielonych i stempli o złożonych zarysach krawędzi tnących — na szlifierkach kształtowych z urządzeniami optycznymi</p>	<p>1. Przy seryjnym wykonywaniu okrągłych zamiennych stempli i matryc o średnicy na ogół do 50 mm do wycinania i dziurkowania, w produkcji masowej i wielkoseryjnej</p> <p>2. Przy wykonywaniu dzielonych matryc i stempli o zarysie prostokątnym lub złożonym</p>
2	<p>Wykonanie roboczych części stempli i matryc za pomocą stempla wzorcowego lub matrycy wzorcowej, wykonanych z uwzględnieniem koniecznego luzu (tabl. 21)</p>	<p>Przy seryjnym wykonywaniu zamiennych stempli i matryc do wycinania zewnętrznych zarysów o niewielkich wymiarach lecz o złożonym kształcie, w produkcji masowej i wielkoseryjnej (drobne mechanizmy)</p>
3	<p>Dopasowanie stempli do matrycy (w wycinakach zewnętrznego zarysu) lub matrycy do stempla (w dziurkownikach) z wymaganym luzem początkowym (tabl. 21)</p>	<p>1. Przy seryjnym wykonywaniu wycinaków do przedmiotów o nieokrągłym zarysie oraz średnich i dużych wycinaków do przedmiotów o zarysie okrągłym w produkcji wielkoseryjnej</p> <p>2. Przy jednostkowym wykonywaniu tłoczniczków do wycinania i dziurkowania dowolnych zarysów w produkcji seryjnej</p>
4	<p>Przepchnięcie surowej matrycy hartowanym i obrobionym stemplem (do dziurkowania) lub przepchnięcie surowego stempla przez hartowaną i obrobioną na ostateczne wymiary matrycę (do wycinania zewnętrznego zarysu)</p>	<p>Przy jednostkowym wykonywaniu tłoczniczków do wycinania i dziurkowania złożonych zarysów w materiale o grubości do 0,5 mm z rozklepaniem krawędzi tnących w razie ich zużycia. Stosuje się w produkcji seryjnej i drobnoseryjnej</p>
5	<p>Wykonanie roboczych części stempli i matryc za pomocą obróbki elektroskrowej w stanie hartowanym i następnie docierania</p>	<p>Przy wykonywaniu stempli i matryc o złożonych zarysach w produkcji wielkoseryjnej i seryjnej oraz przy wykonywaniu jednolitych matryc z węglików spiekanych</p>

Z tabl. 233 wynika, że w zakresie granicznych wymiarów i tolerancji podanych w tabl. 232 można oddzielnie wykonywać tylko okrągłe wymienne stemple i matryce do wycinania i dziurkowania przede wszystkim o średnicach do 50 mm.

W razie wykonywania części roboczych wycinaków i dziurkowników wg trzeciego sposobu stosuje się następujące metody:

1. W przypadku wykonywania tłoczniczków do wycinania zewnętrznych zarysów przyjmuje się tolerancję matrycy równą $0,25 \div 0,30$ tolerancji wycinanych przedmiotów, a stempel dopasowuje się do matrycy z zachowaniem luzu niezbędnego do wycinania z materiału o danej grubości (tabl. 21).

2. W przypadku wykonywania tłoczniczków do wykrawania otworów przyjmuje się tolerancję stempla równą $0,25 \div 0,30$ tolerancji otworu, a matrycę dopasowuje się do stempla z zachowaniem luzu potrzebnego do wykrawania z materiału o danej grubości.

Wykonywanie stempli i matryc w tolerancji równej $0,25 \pm 0,30$ tolerancji przedmiotu daje następujące dokładności wyrobów i dokładności wykonania tłoczników.

Klasa dokładności wyrobów	2a	3a	4	5	7	8
Klasa dokładności tłoczniaka	1	2	2a	3a	4	5

3. W razie wykonywania tłoczników do wycinania (zewnętrznych zarysów) i dziurkowania przedmiotów o wymiarach nietolerowanych, w których nie wymaga się skierowania odchyłek w głąb materiału, przyjmuje się nominalny wymiar matrycy równy nominalnemu wymiarowi przedmiotu (otworu) i wykonuje się ją w 4 klasie dokładności. Niezbędny wymiar luzu uzyskuje się za pomocą odpowiedniego dopasowania stempla do matrycy lub na odwrót.

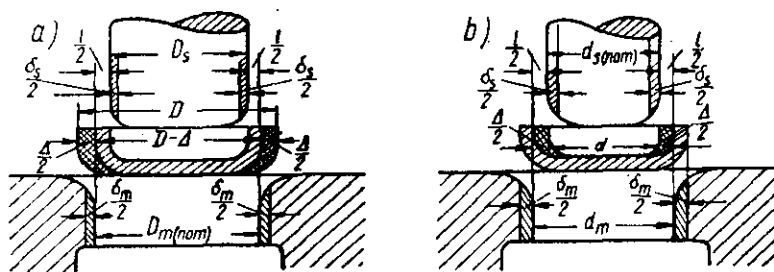
Tolerancje wykonania stempli i matryc ciągowych zależą od tolerancji grubości materiału i potrzebnej wielkości luzu.

Schematy rozmieszczenia pól tolerancyjnych dla stempli i matryc ciągowych są różne w następujących przypadkach:

- 1) gdy założony jest zewnętrzny wymiar przedmiotu (miseczki) z tolerancją,
- 2) gdy założony jest wewnętrzny wymiar przedmiotu (miseczki) z tolerancją.

Schematy odpowiadające tym przypadkom przedstawione są na rys. 469.

Na rys. 469a przedstawiony jest schemat rozmieszczenia pól tolerancyjnych przy ciągnięciu przedmiotów o założonym zewnętrznym wymiarze ($D^{-\Delta}$). W tym



Rys. 469. Schematy rozmieszczenia pól tolerancyjnych wymiarów stempli i matryc ciągowych: a) przy założonym zewnętrznym wymiarze wytłoczki, b) przy założonym zewnętrznym wymiarze.

przypadku przyjmuje się nominalny wymiar matrycy równy najmniejszemu granicznemu wymiarowi przedmiotu

$$D_{m(nom)} = D - \Delta$$

Na rys. 469b przedstawiony jest schemat rozmieszczenia pól tolerancyjnych w przypadku ciągnięcia przedmiotów o założonym wewnętrznym wymiarze ($d^{+\Delta}$). W tym przypadku przyjmuje się nominalny wymiar stempla równy nominalnemu wymiarowi przedmiotu

$$d_s(nom) = d$$

Wykonawcze wymiary stempli i matryc ciągowych oblicza się ze wzorów podanych w tabl. 234.

W tabl. 235 podane są tolerancje wykonania stempli i matryc do ciągnięcia przedmiotów z cienkiej blachy o nierównomiernej grubości.

Tablica 234. Wzory do obliczania wykonawczych wymiarów roboczych części ciągników

Warunki ciągnięcia	Wykonawcze wymiary matrycy	Wykonawcze wymiary stempla
Ciągnięcie przedmiotów z tolerancją zewnętrznego wymiaru $D - \Delta$	$D_m = (D - \Delta) + \delta_m$	$D_s = (D - \Delta - l) - \delta_s$
Ciągnięcie przedmiotów z tolerancją wewnętrznego wymiaru $d + \Delta$	$d_m = (d + \Delta) + \delta_m$	$d_s = d - \delta_s$

D_m i D_s — wykonawcze wymiary matrycy i stempla do ciągnięcia przedmiotów z tolerowanym zewnętrznym wymiarem,
 D — nominalny zewnętrzny wymiar wytłoczki,
 δ_m i δ_s — tolerancje wykonania matrycy i stempla,
 Δ — tolerancja przedmiotu,
 d_s i d_m — wykonawcze wymiary stempla i matrycy do ciągnięcia przedmiotów z tolerowanym wewnętrznym wymiarem,
 d — nominalny wewnętrzny wymiar wytłoczki
 l — nominalny luz między stemplem i matrycą.

Tablica 235. Tolerancje wykonania stempli i matryc do ciągnięcia cienkiej blachy stalowej o nierównomiernej grubości, w mm

Grubość materiału w mm	Nominalna średnica ciągnięcia w mm					
	10 ÷ 50		50 ÷ 200		200 ÷ 500	
	+ δ_m	- δ_s	+ δ_m	- δ_s	+ δ_m	- δ_s
0,25	0,02	0,01	0,03	0,015	0,03	0,015
0,35	0,03	0,02	0,04	0,02	0,04	0,025
0,5	0,04	0,03	0,05	0,03	0,05	0,035
0,6	0,05	0,035	0,06	0,04	0,06	0,04
0,8	0,07	0,04	0,08	0,05	0,08	0,06
1,0	0,08	0,05	0,09	0,06	0,10	0,07
1,2	0,09	0,06	0,10	0,07	0,12	0,08
1,5	0,11	0,07	0,12	0,08	0,14	0,09
2,0	0,13	0,085	0,15	0,10	0,17	0,12
2,5	0,15	0,10	0,18	0,12	0,20	0,14

W razie ciągnięcia przedmiotów z cienkiej blachy kalibrowanej przyjmuje się tolerancje stempli i matryc o 20 ÷ 25% mniejsze od podanych w tabl. 235.

Tolerancje wykonania stempli i matryc ciągowych, jak wynika z porównania wartości w podanych tablicach, są kilka razy większe od tolerancji wykonania stempli i matryc do wykrawiania.

Wskutek większego luzu między stemplem i matrycą ciągową oraz ze względu na prostotę zarysu większości przedmiotów ciągniętych dopuszczalne jest oddzielne wykonywanie okrągłych stempli i matryc ciągowych według wymiarów granicznych określonych na podstawie obliczenia.

7. Materiały na części tłoczników

Robocze części tłoczników (stemple i matryce) podlegają obciążeniom uderzeniowym z silną koncentracją naprężeń na krawędziach roboczych lub na powierzchni roboczej. Dlatego materiałom na stemple i matryce stawia się wymagania wysokiej lub podwyższonej twardości i odporności na zużycie, przy dostatecznej udarności.

W tabl. 236 podane są gatunki materiałów stosowanych na stemple i matryce. Stale stosowane na robocze części tłoczników do obróbki plastycznej na zimno można podzielić na następujące grupy:

1. Stale węglowe płytko hartujące się (o średnicy do 25 mm): Y8A, Y10A, Y8, Y10.
2. Stale stopowe głęboko hartujące się (o średnicy do 40—50 mm): X (X1115), X09 (11X9), 9X, 9XC, 9XΦ, XBГ, 9XBГ.
3. Stale o dużej zawartości chromu, głęboko hartujące się (o średnicach do 80 mm), o dużej odporności na zużycie, mało odkształcające się przy hartowaniu: X12Φ1, X12Φ, X12M, X12.
4. Stale stopowe o podwyższonej uduerności (przy twardości HRC = 56÷58): 4XC, 6XC, 4XB2C, 5XB2C, 5XBГ.

Stale o dużej zawartości chromu, odporne na zużycie różnią się między sobą własnościami mechanicznymi po hartowaniu.

Stal X12Φ1 jest nieco plastyczniejsza od stali X12Φ i X12M. Stal X12M ma nieco wyższą twardość (o jedną jednostkę Rockwella) i większą odporność na zużycie. Stal X12 przy wysokiej twardości wykazuje nieco mniejszą uduerność i stosowana jest na tłoczniiki o prostych kształtach narzędzi, które pracują bez znacznych obciążeń uderzeniowych, lecz wymagana jest od nich znaczna odporność na zużycie.

Stale należące do tej grupy poddawane hartowaniu z nagrzewaniem do wysokich temperatur X12M, X12Φ, X12—1020÷1040°C; X12Φ1—1070÷1090°C) i niskiemu odpuszczaniu (150÷170°C) do twardości 61÷63 HRC).

Stal grafityzowana gatunków ЭИ293 i ЭИ366 jest stosunkowo nowym materiałem odpornym na zużycie, stosowanym do wykonywania tłoczników. Jest to stal o dużej zawartości węgla i krzemu, odporna na ścieranie, nie dająca nale-

Tablica 236. Gatunki materiałów do wykonywania stempli i matryc

Części tłoczników	Gatunki materiałów	
	zalecane	dopuszczalne zastępcze
Stemple i matryce do wycinania i dziurkowania prostych zarysów Jak wyżej lecz o złożonym zarysie	Y8A, Y10A	Y10, 11X15
	X12M, X12Φ1	9XBГ, 5XB2C
Stemple i matryce do gięcia o prostym kształcie Jak wyżej lecz o złożonym kształcie	Y8A	Y8, żeliwo modyfikowane МСЧ 32—52,
	Y10A	X12Φ, 11X15
Stemple i matryce do ciągnięcia i wgniatania o prostym kształcie Jak wyżej lecz o złożonym kształcie	Y10A, X12, BK8, żeliwo modyfikowane МСЧ 32-52	X12Φ, BK15, stal grafitowana ЭИ293 lub ЭИ366
	X12M, specjalnie obrobione cieplnie żeliwo, tworzywo sztuczne	XB5, X12Φ1, stal grafitowana ЭИ293 lub ЭИ366
Stemple i matryce do wybijania o prostym kształcie Jak wyżej lecz o złożonym kształcie	X12Φ	X12Φ1
	X12M	9XC, XBГ, 9XBГ
Stemple do wyciskania na zimno aluminium Jak wyżej lecz miedzi i mosiądzu Matryce do wyciskania na zimno aluminium Jak wyżej lecz miedzi i mosiądzu	Y10A, X12M	X12Φ1, 5XB2C
	P18	P9
	X12M, 11X15	X12Φ1, 9XC
	X12M, P18	X12Φ1, P9

Tablica 237. Stopy używane na tłoczniaki odlewane

Typy tłoczników	Skład i własności stopów
Odlewane tłoczniaki do wygniatania i gięcia duraluminu i stali (do 2 mm), a w postaci walcowanej do wykrawania z cienkiego duraluminu i stali (do 0,25 mm)	Stop o składzie: Zn-93,17%, Al-4,1%, Cu-2,7%, Mg-0,03%. Temperatura topnienia 480°C, twardość 100 HB, wydłużenie jednostkowe δ odlewu 3%, walcowanego — 30%, $R_p = 43$ kG/mm ² (walcowanego)
Odlewane tłoczniaki średnich wymiarów do ciągnięcia i wygniatania oraz szczególnie odpowiedzialne płyty dużych tłoczników	1) Żeliwo modyfikowane MC4 32—52, HB = 230—260; 2) specjalne żeliwo: C—3, 0—3,3%; Si—0,8—1,5%; Ni—1,2—1,8%; Cr—0,4—0,8%; Mn—0,5—1,0%; HB = — 220; $R_p = 18—22$ kG/mm ²
Odlewane stemple i matryce o dużych wymiarach do ciągnięcia, wygniatania i gięcia o zwiększonej odporności na zużycie	Specjalne żeliwo: C—2,9—3,2%; Si—1,0—1,5%; Ni—2,5—4,0%; Cr—0,6—1,0%; Mn—0,5—1,0% Obróbka cieplna: hartowanie w oleju przy 850°C; odpuszczanie przy 350°C, HB = 350; $R_p = 25$ kG/mm ²
Odlewane matryce do tłoczenia stopów aluminium na młotach spadowych	1) Stopy cynku marki Ц1; Ц2; Ц3; Ц4 Temperatura topnienia 420°C. Nagrzewanie do 470—490°C 2) Stopy aluminiumocynkowe ЦАМ53 (4—5% Al, 2—3% Cu), $R_p = 20—24$ kG/mm ² , HB = 110 Temperatura topnienia 380° АЦ13—2 (7—9% Al, 1,8—2,2% Cu), $R_p = 21—27$ kG/mm ² , HB = 120°C Temperatura topnienia 410°C
Odlewane stemple do tłoczenia stopów aluminium na młotach spadowych	1) Ołów (z dodatkiem 10% antymonu) Temperatura topnienia 326°C Nagrzewanie do 370—400°C 2) Stopy aluminiumowe cynkowe ЦАМ53, АЦ13—2 i inne
Uwaga. Ostatnio do tłoczenia na młotach spadowych zdobyły zastosowanie stemple wykonane z termoplastycznej tanej kompozycji etylocelulozy ТКЛ-Э lub z drzewno klejonej masy ДКМ1).	
1) Патер А.А. Дубрасов: Стампы из синтетических материалов. Кузнечноштамповочное производство, 1959, № 7.	

piania się cząstek materiału na narzędzia i zapobiegająca powstawaniu zadziorów i zadrapań na wytwarzanych przedmiotach.

Duża zawartość węgla i krzemu powoduje grafityzację stali przy obróbce cieplnej. Grafit nadaje stali odporność na zużycie i wysokie własności przeciwcierne.

Stal grafityzowana daje dobre wyniki w zastosowaniu na narzędzia do ciągnięcia stali nierdzewnej i stopów tytanu.

Obróbka cieplna grafityzowanej stali składa się z wyżarzania i hartowania [271]. Twardość stali ЭИ366 wynosi 58 ÷ 62 HRC, a stali ЭИ293 — 60 ÷ 65 HRC.

W tabl. 237 podane są stopy stosowane na stemple i matryce odlewane.

Obecnie ciągniki do części nadwozi samochodów zaczęto wykonywać z różnego rodzaju tworzyw sztucznych.

Przede wszystkim stosowane są tworzywa sztuczne na podstawie żywic fenolowych, polisterynowych, epoksydowych, zbrojonych włóknem szklanym lub innymi napelniającami.

W ZSRR stosowane są tworzywa sztuczne na podstawie epoksydowej ЗД-6

(BTY 646—55) odznaczające się wysoką adhezją do różnych materiałów, minimalnym skurczem i współczynnikiem rozszerzalności cieplnej zbliżonym do stali.

Zastosowanie tworzyw sztucznych zmniejsza pracochłonność wykonania tłoczników o 75% i ciężar tłoczników w przybliżeniu o 80%.

W tabl. 238 podano składy tworzyw sztucznych stosowanych do wykonywania lanych tłoczników ciągowych i nadwoziowych. Tworzywa te są żywicami epoksydowymi z różnymi napelniającami.

W tabl. 239 podane są normy twardości roboczych części tłoczników po obróbce cieplnej.

W tabl. 240 podano gatunki stali stosowanych na inne części tłoczników.

Gumę stosuje się w tłocznikach w następujących przypadkach:

1) jako narzędzie do wykrawania na prasach hydraulicznych — do wygniatania i gięcia na prasach hydraulicznych — do tłoczenia z nakładkami gumowymi na młotach spadowych;

2) jako amortyzator — poduszki do tłoczenia na prasach (do spychaczy, wypychaczy, dociskaczy itp.).

Do wykrawania stosuje się gumę o dużej twardości (70 wg Shore'a).

Do wygniatania i gięcia stosuje się gumę o średniej twardości (45 ÷ 65 wg Shore'a).

Do ciągnięcia matrycą gumową stosuje się najbardziej elastyczne gatunki gumy dopuszczające duże odkształcenia.

Tablica 238. Skład tworzyw sztucznych na tłoczniki ciągowe i do nadwozi samochodów

Rodzaje tworzyw	Skład
Wypełniające „A”	1) Piasek kwarcowy, (30—40 oczek na 1”) 100 części 2) Żywica epoksydowa z katalizatorem 20 części
Okladzinowe „B”	1) Metakrzemian glinowy 100 części 2) Grafit 7 części 3) Żywica epoksydowa z katalizatorem 100 części
Okladzinowe „C”	1) Puder alumiiniowy 200 części 2) Żywica epoksydowa z katalizatorem 100 części
Okladzinowe „D”	1) Puder żelazny, (300 oczek na 1”) 200 części 2) Grafit 7 części 3) Żywica epoksydowa z katalizatorem 100 części

Uwaga. Utwardzanie następuje przy temperaturze pokojowej bez nacisku

Tablica 239. Twardość roboczych części tłoczników

Nazwa części	Twardość HRC	Nazwa części	Twardość HRC
Stemple do wycinania prostych zarysów	56—58	Stemple i matryce do gięcia	58—60
Stemple do wycinania złożonych zarysów	54—56	Stemple i matryce ciągowe	58—60
Matryce do wycinania prostych zarysów	58—60	Stemple i matryce do wyciskania na zimno	60—62
Matryce do wycinania złożonych zarysów	56—58		

Tablica 240. Materiał i stal stosowane do wykonywania różnych części tłoczników

Części tłoczników	Rodzaj materiału		Obróbka cieplna
	podstawowy	zastępczy	
Lane płyty tłoczników	Zeliwo C4 21—40 lub C4 22—44	Staliwo 30Л, 40Л	—
Stalowe płyty tłoczników	Stal 40—50	Ст. 5	—
Czopy	Stal 35—40	Ст. 4 i Ст. 5	—
Stupy prowadzące	Stal 20	Ст. 2	Nawęgląc na głębokość 0,5 mm, hartować HRC = = 58—62
Tuleje prowadzące	Stal 20	Ст. 2	Nawęgląc na głębokość 0,5 mm, hartować HRC = = 58—62
Płyty stempowe	Stal 45—50	Ст. 5	—
Przekładki głowicowe	Stal 10, Y82	Ст. 2, Y10A	Nawęgląc, hartować HRC = 50—54
Spychacze	Stal 25	Stal 40	—
Dociskacze, listwy pro- wadzące, wypychacze	Y10A Stal 40—45	Y8A, Ст. 5	Hartować, HRC = 50—54
Zderzaki	Y10A	Y8A, Stal 45	Hartować, HRC = 50—54
Piloty	Y10A	Y7A—Y8A	Hartować, HRC = 54—58
Kołki	Y8A (stal srebrzana)	Ст. 6	HRC = 45—50
Śruby	Stal 30—40	Ст. 2	Nawęgląc i hartować lub HRC = 35—40
Sprężyny	65Г	Drut fortepiano- nowy	Hartować, HRC = 40—45

Do tłoczenia na młotach spadowych w zależności od grubości i gatunku materiału tłoczonego stosuje się: do tłoczenia stali — twardą gumę, do tłoczenia duraluminu — gumę o średniej twardości.

W tabl. 241 podano techniczną charakterystykę gatunków gumy wykonywanej przez wytwórnię „Kauczuk” [17].

8. Trwałość tłoczników

Trwałość tłoczników określa się liczbą przedmiotów wykonanych do pełnego zużycia roboczych części, charakteryzującego się niemożnością ich naprawy i otrzymywania różnych braków pod względem wymiarów.

Jednak znacznie wcześniej od tego rodzaju braków powstaje obniżenie jakości tłoczonych przedmiotów (zadziory przy wykrawaniu, rysy, i zadziory przy ciągnięciu, gięciu, wyciskaniu na zimno itp.). Ten rodzaj wad łatwo jest usunąć za pomocą przeszlifowania narzędzi do wykrawania, oczyszczenia narzędzi do ciągnięcia lub gięcia z nalepionych części materiału itp.

Należy więc rozróżniać:

- 1) pełną (wymiarową) trwałość tłoczników,
- 2) trwałość między dwoma naprawami (jakościową),

Pełna trwałość tłoczników jest w większości w prostej zależności od trwałości jakościowej, ponieważ liczba dopuszczalnych przeszlifowań lub wygładzań (oczyszczeń) jest ograniczona pełnym wykorzystaniem roboczych części tłoczników lub przekroczeniem założonych wymiarów i powstawaniem braków wymiarowych wytwarzanych przedmiotów.

Trwałość tłoczników zależy od następujących czynników:

- 1) gatunek i własności tłoczonego materiału,

Tablica 241. Gatunki gumy

Marka gumy	Własności fizyczno-mechaniczne				Warunki pracy
	wytrzymałość na rozciąganie w kG/cm ²	wydłużenie przy zerwaniu w %	wydłużenie trwałe w %	ciężar właściwy	
2671 2790 56	50 50 100	220 200 450	15 15 25	1,25 1,26 1,46	Guma amortyzująca; pracuje na ściskanie do 150 kG/cm ² przy temperaturze 45–80°C, twardość średnia
1995 2522	45 55	350 350	35 30	1,25	Guma średniej twardości; pracuje w warunkach niewielkiego ściskania (różne przekładki) przy temperaturze 30–60°C
922	45	350	35	1,25	Guma o podwyższonej twardości
1432 340	45 45	400 400	25 25	1,08 1,08	Guma miękka; pracuje w warunkach niewielkiego ściskania przy 30–60°C
1847	160	500	25	1,05	Guma o zwiększonej miękkości, w połączeniu z metalem pracuje jako amortyzator przy temp. 30–140°C
2462	100	380	3	1,43	Guma amortyzująca; pracuje na ściskanie do 150 kG/cm ² , przy temperaturze 45–80°C
2005	30	400	25	1,09	Guma miękka; pracuje w warunkach niewielkiego ściskania przy 30–140°C Odporna na wysoką temperaturę
1652B 1631 2961 3019 3009	80 80 80 80 80	350 350 350 350 350	12 12 20 25 25	1,38 1,37 1,38 1,38 1,38	Guma pracująca w warunkach znacznego ściskania przy temperaturze 30–60°C

- 2) kształt przedmiotów,
- 3) grubość materiału,
- 4) rodzaj tłoczniaka i wykonywanej operacji,
- 5) materiał i obróbka cieplna roboczych części tłoczniaka,
- 6) stan prasy.

Trwałość tłoczniaka jest pojęciem umownym, ponieważ różne jego części różnie się zużywają.

W tabl. 242 podano (na podstawie materiałów biur projektowych) orientacyjne trwałości roboczych części tłoczniaków do pełnego zużycia, określone dla miękkiej i średnio twardej blachy stalowej, przy założeniu, że narzędzia wykrojników są przeszlifowywane 20÷25 razy. Jednak w określonych gałęziach przemysłu spotyka się znaczne odchylenia od średnich norm trwałości.

Trwałość wykrojników zależy w znacznym stopniu od konstrukcji i sposobu wykonania roboczych części. W celu uproszczenia wykonania wykrojników i zmniejszenia pracochłonności robót ślusarskich oraz w celu usunięcia wad powstających

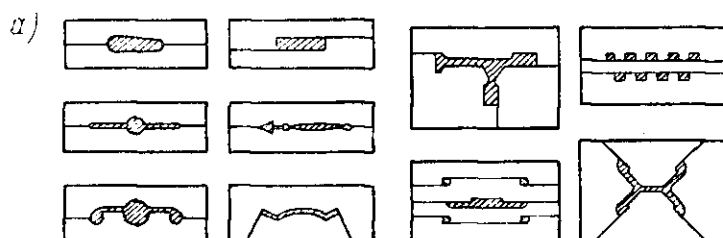
Tablica 242. Orientacyjna trwałość roboczych części tłoczników (w tys. uderzeń) do całkowitego zużycia

Typ tłocznika	Grubość materiału w mm	Materiał części roboczych	
		stal węglowa (Y8R, Y10R)	stal stopowa (X12M, X12Φ1)
Wycinak (z prowadzeniem słupowym)	0,25—0,5	700—1000	1100—1400
	1,0	500—700	700—1000
	1,5	350—550	550—800
	2,0	250—450	400—680
	3,0	250—400	400—600
	6,0	150—300	250—450
Dziurkownik	do 4	150—250	250—400
Wyginak prosty	do 3	900—1100	1400—1700
Wyginak złożony	do 3	450—600	700—900
Ciągownik prosty	do 3	1200—1600	1800—2400
Wygniatak	do 3	250—400	400—600
Wybijak	—	100—150	150—250

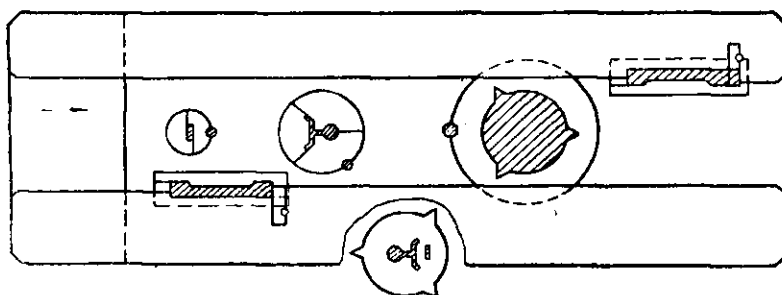
Uwaga. Najmniejsze wartości trwałości odnoszą się do tłoczenia twardych materiałów (stal 40-50), a największe — do tłoczenia miększych materiałów (stal 10-20, Cr. 2)

przy obróbce cieplnej, zwiększenia dokładności wykonania i zwiększenia trwałości wykojników stosuje się matryce składane, obrabiane na szlifierkach kształtowych.

Na rys. 470a przedstawione są różne rodzaje matryc składanych do wykrawania



b)



Rys. 470. Różne typy matryc składanych: a) typy matryc składanych, b) wykojnik wielotaktowy z wstawianymi matrycami składanymi

przedmiotów wąskich i o ostrych załamaniach krawędzi, a na rys. 470b — schemat wielotaktowego tłocznika ze składanymi matrycami.

W ostatnim przypadku uzyskuje się nie tylko uproszczenie wykonania i zwiększe-

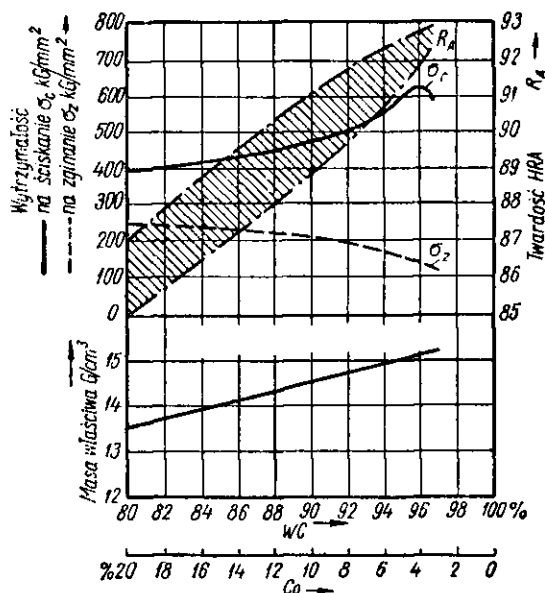
nie trwałości wykrojnika, lecz również zwiększenie dokładności skoku, ponieważ obsada matryc (płyta matrycowa) jest niehartowana.

Znaczne zwiększenie trwałości wykrojników i ciągowników uzyskuje się przez zastosowanie stopów twardych i węglików spiekanych.

Stopy twarde odznaczają się wysoką twardością (60÷65 HRC) i odpornością na zużycie. Są one napawane za pomocą spawania elektrycznego lub gazowego na uprzednio przygotowane krawędzie robocze stempli i matryc. Dlatego stopy twarde stosowane są głównie do dużych tłoczników.

Małe i średnie tłoczniiki do wykrawania i do ciągnięcia zaopatrywane są we wkładki z węglików spiekanych.

Na rys. 471 przedstawiony jest wykres z charakterystykami wytrzymałości, twar-



Rys. 471. Wykres własności węglików spiekanych w zależności od zawartości węgla wolframu i kobaltu

dości i masy właściwej węglików spiekanych w zależności od procentowej zawartości węgla wolframu i kobaltu.

W tabl. 243 podane są gatunki i charakterystyki węglików spiekanych wg ВНИИТС stosowanych w ZSRR do wykonywania wkładek do tłoczników pracujących na zimno.

Najszerze zastosowanie do wykonywania wkładek zdobyły gatunki BK15 i BK20 zapewniające trwałość tłoczników.

Naukowo-badawczy instytut spieków opracował i wprowadził w wytwórniach zegarów nową technologię wykonania stempli z tak zwanych „plastikowanych” spieków i matryc składanych do wykrawania, obrabianych na szlifierkach po wstępnym spiekaniu i docieranych po wykańczającym spiekaniu w wysokiej temperaturze. Umożliwia to uniknięcie złożonej i mało wydajnej obróbki elektroiskrowej. Tłoczniiki z wstawkami z węglików spiekanych zaczynają być stosowane w produkcji masowej małych przedmiotów typu płytek transformatorów, wirników i stojanów maszyn elektrycznych itp., wykonywanych ze stali elektrotechnicznej o dużej zawartości krzemu.

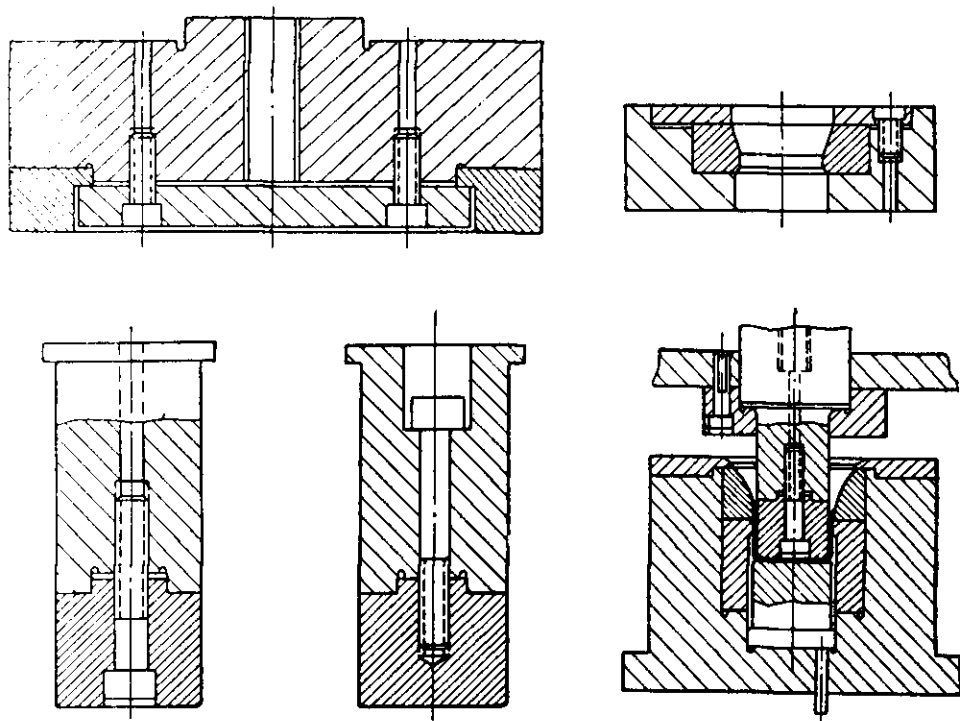
Trwałość wykrojników z częściami wykonanymi z węglików spiekanych jest 30÷50 razy większa od trwałości zwykłych tłoczników i osiąga 500000 do 1000000 sztuk przedmiotów do pierwszego ostrzenia, przy pełnej trwałości wynoszącej

Tablica 243. Gatunki i mechaniczne własności węglików spiekanych stosowanych w tłocznikach

Gatunek spieku	Skład chemiczny		Ciężar właściwy w G/cm^3	Twardość HRA	Wytrzymałość na zgięcie w kG/cm^2	Udarowość w kGm/cm^2
	WC	Co				
BK8BK	92	8	14,5	87	171	0,34
BK12BK	88	12	14,1	87	191	0,4
BK15BK	85	15	13,9	86	216	0,9
BK12BC	88	12	14,1	88,5	190	—
BK15BC	85	15	13,9	88	200	—
BK20BC	80	20	13,5	85,6	230	1,26
BK15YC	85	15	13,9	87,2	198	0,7
BK20YC	80	20	13,4	85,4	224	0,76

Uwaga: Pierwsze litery oznaczenia gatunku podają skład spieku (wolfram i kobalt), cyfry podają procentową zawartość kobaltu, następną za cyfrą litera oznacza sposób redukcji tlenku wolframu (wodorem lub węglem), ostatnia litera charakteryzuje wielkość ziaren spieku (C — średnioziarnisty, K — gruboziarnisty)

20 do 60 milionów sztuk. Koszt małych wykrojników z częściami z węglików spiekanych jest 3 do 5 razy większy od kosztu wykrojników stalowych wskutek dużej pracochłonności wykonania i docierania roboczych części z węglików spiekanych.

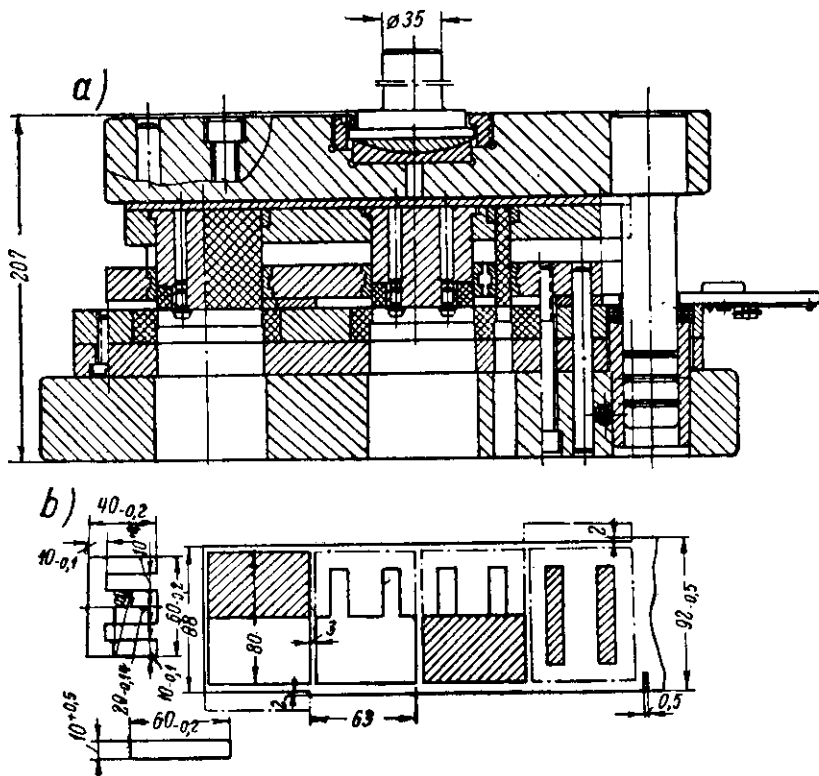


Rys. 472. Typowe sposoby zamocowywania roboczych części tłoczników z węglików spiekanych

Tłoczniki z częściami z węglików spiekanych wykonuje się bardziej sztywnie, stosując masywne oprawy z czopami sprzęgłowymi, z czterema słupami prowadzącymi i przedłużonymi tulejami prowadzącymi.

Na rys. 472 przedstawione są różne sposoby zamocowywania wkładek w wykrojnikach i w ciągownikach. Oprócz mechanicznego zamocowania wkładek stosuje się włączanie lub przylutowanie stopem НИАТ-23.

Na rys. 473 przedstawiony jest ogólny widok tłoczniaka wielotaktowego z wkładkami z węglików spiekanych do wykrawania płytek transformatora [335]. Wkładki



Rys. 473. Tłocznik wielotaktowy z wkładkami z węglików spiekanych do wykrawania płytek transformatora: a) przekrój tłoczniaka, b) płytka transformatora i kolejność tłoczenia

z węglików spiekanych są przylutowane. Matryce w postaci wkładek z węglików spiekanych są z powodzeniem stosowane w małych tłocznikach do tłoczenia i spęczania oraz w tłocznikach do wyciskania na zimno. W tych przypadkach są one mocno wtlaczone w obsadę, co daje naprężenia własne o odwrotnym znaku w stosunku do naprężeń roboczych.

Trwałość małych tłoczników ciągowych z węglików spiekanych przy ciągnięciu przedmiotów z cienkiej blachy osiąga wartości dziesiątek milionów sztuk bez naprawy.

W tabl. 244 podana jest orientacyjna trwałość szybkowymiennych tłoczników płytowych zamocowywanych w uniwersalnych oprawach słupowych [127].

Trwałość uproszczonych wykrojników „pincetowych” wykonywanych z blachy ze stali 60 i У7А bez obróbki cieplnej wynosi:

przy wycinaniu z metali nieżelaznych 800 ÷ 1000 szt.
przy wycinaniu z miękkiej stali 400 ÷ 500 szt.

W tabl. 245 są podane orientacyjne normy trwałości tłoczników do prasowania na zimno (do pełnego zużycia) [133].

W tabl. 246 podane są orientacyjne normy trwałości tłoczników do wyciskania na zimno (do pełnego zużycia) [152].

Zagadnienie zwiększenia trwałości „jakościowej” tłoczników ma znaczenie nie tylko przy wykrawaniu, lecz również przy ciągnięciu, ponieważ w szeregu przypadkach zadrapania i zadziory pojawiają się po wykonaniu 500 ÷ 1000 przedmiotów, wskutek czego zachodzi potrzeba zatrzymania prasy i naprawy (przeszlifowania) tłocznika.

W celu zwiększenia odporności na zużycie i uniknięcia powstawania zadrapań i zadziorów stosuje się do głębokiego ciągnięcia następujące materiały na robocze części ciągowników:

1) do dużych ciągowników specjalne żeliwo chromowo-niklowe, podane w tabl 237;

2) do ciągowników o średnich wymiarach oraz dla tłoczników do wygniatania i do gięcia — stal grafityzowana w gatunku 3И 293 i 3И 366. Wtrącenia grafitowe powstające w procesie wyżarzania tej stali zwiększają jej własności przeciwierne i odporność na zużycie;

3) do małych matryc ciagowych — węgliki spiekane (BK8, BK15), odznaczające się dużą odpornością na zużycie (dziesiątki razy większą od stali węglowej) i niepodatnością do nalepiania się cząstek metalu.

Tablica 244. Orientacyjna trwałość szybkowymiennych płytkowych tłoczników (w tys. uderzeń)

Tłoczony materiał	Grubość materiału w mm	Wycinany zarys		
		prosty	średnio złożony	złożony
Aluminium Mosiądz	do 1	40	30	20
	1—2	25	20	15
Miękka stal (C < 0,2%)	do 1,5	40	30	20
	1,5—3	25	20	10
Stal średniej twardości (C = 0,3—0,5%)	do 1,5	25	20	15
	1,5—3	20	10	5

Tablica 245. Orientacyjna trwałość tłoczników do prasowania na zimno (w tys. uderzeń)

Rodzaje operacji	Obrabiany materiał				Rodzaje operacji	Obrabiany materiał			
	stal miękka	mosiądz	miedź	aluminium		stal miękka	mosiądz	miedź	aluminium
Dogniatanie płaskie	1000	1300	1600	2500	Matrycowanie prostego kształtu Jak wyżej lecz kształtu średnio złożonego Jak wyżej lecz złożonego kształtu	100	130	170	280
Wybijanie	100	130	170	280					
Spęczanie miejscowe	80	100	140	180					
						80	100	150	280
						50	70	100	150

Uwaga. Gatunki stali stosowanej na tłoczniki, patrz tabl. 236.

Tablica 246. Orientacyjna trwałość tłoczników do wyciskania na zimno (w tys. uderzeń)

Wyciskanie współbieżne				Wyciskanie przeciwbieżne i złożone			
Grubość ścianki w mm	Materiał			Grubość ścianki w mm	Materiał		
	cynk i aluminium	miedź i duralumin	mosiądz		cynk i aluminium	miedź i duralumin	mosiądz
0,5	40	—	—	0,5	30	—	—
0,75	60	30	—	0,75	50	20	—
1,0	80	45	25	1,0	60	35	15
1,5	100	65	45	1,5	70	45	25
2,0	120	90	60	2,0	80	60	35

Uwaga. Gatunki stali stosowane na stemple i matryce, patrz tabl. 236.

Dobrymi sposobami zwiększenia odporności na zużycie są chromowanie i azotowanie stempli i matryc do ciągnięcia, do gięcia i innych oraz elektroiskrowy sposób umocnienia powierzchni roboczych części wykończonych.

Chromowanie elektrolityczne stosuje się w celu zwiększenia twardości warstwy powierzchniowej oraz odporności na zużycie stempli i matryc.

W szeregu przypadkach stosuje się chromowanie wymiarowe małych stempli i matryc ciągowych mające na celu regenerację ich wymiarów po zużyciu.

Części tłoczników poddawane chromowaniu uprzednio obrabia się cieplnie do wymaganej twardości, następnie obrabia się je mechanicznie (szlifowanie i polerowanie). Wymiary po obróbce powinny być takie, aby uwzględniona była warstwa nanoszonego chromu.

Grubość warstwy chromu dobiera się w zależności od warunków eksploatacyjnych, w zakresie od 0,01 do 0,06 mm. Powłokę chromową nanosi się zwykle bezpośrednio na stal, bez stosowania pośredniej warstwy miedzi i niklu.

Azotowanie matryc i stempli do ciągnięcia i do gięcia zwiększa ich twardość powierzchniową i odporność na zużycie.

Proces azotowania polega na powierzchniowym nasyceniu stali azotem, przy czym tworzą się azotki mające bardzo dużą twardość.

Twardość powierzchniowa po azotowaniu wynosi 800 ÷ 1150 jednostek Vickersa. Proces azotowania przebiega szybko w przypadku wykonania tłoczników ze stali w gatunku X12M.

Azotowanie przeprowadza się w specjalnych piecach elektrycznych lub gazowych mufłowych w temperaturze 500 ÷ 600°C w ośrodku zdysocjowanego amoniaku, dopływającego do pieca ze zbiornika.

Czas przetrzymywania przedmiotów w piecu zależy od wymaganej grubości azotowanej warstwy (przy grubości 0,2 ÷ 0,3 mm czas przetrzymywania wynosi 42 ÷ 45 godz.). Po zakończeniu procesu przedmioty powoli ochładza się wraz z piecem.

Elektroiskrowy sposób utwardzania powierzchni tłoczników oparty jest na wykorzystaniu procesu elektrycznej erozji metali polegającego na wyrzucaniu materiału elektrody pod wpływem wyładowań elektrycznych i osadzaniu się go na umacnianej powierzchni.

W wyniku obróbki elektroiskrowej następuje zmiana struktury, zwiększenie twardości i odporności na zużycie warstwy powierzchniowej przedmiotu.

Fizyka procesu elektroiskrowego umocnienia nie jest jeszcze dostatecznie zbadana. Ustalono, że przy umacnianiu stali węglakami spiekаныmi T15 K6 powstaje

na umacnianej powierzchni biała warstwa, w której znajdują się węgliki wolframu, węgliki tytanu i azotki żelaza. Mikrotwardość tej warstwy jest kilka razy większa niż stali wyjściowej. Grubość warstwy wynosi od 0,05 do 0,1 mm.

Wadami tego sposobu są chropowatość powierzchni i nierównomierność grubości warstwy powierzchniowej, niedopuszczalne w przypadku tłoczników do ciągnięcia. Wady te usuwa się docieraniem żeliwnymi docierkami z zastosowaniem 40 procentowej pasty z węglikiem boru.

Jako materiał наносzony (materiał elektrody) stosuje się znormalizowane płytki z węglików spiekanych T15 K6 i T30 K4 oraz elektrody grafitowe gatunku ЗГ2 i ЗГ4.

Proces umacniania prowadzi się w różnych warunkach w zależności od wymaganej grubości warstwy i gładkości powierzchni.

Do umacniania elektroiskrowego stosuje się urządzenia o różnych konstrukcjach składające się z dwóch części:

1) urządzenia zasilającego, skonstruowanego zwykle w postaci przenośnego aparatu;

2) wibratora o działaniu elektromagnetycznym, powodującego drgania elektrody niezbędne do uzyskania częstych przerywań i zwarć obwodu elektrycznego.

PROJEKTOWANIE I OBLICZANIE WYTRZYMAŁOŚCIOWE TŁOCZNIKÓW

9. Przebieg i etapy projektowania

Projektowanie tłoczniaka składa się z następujących etapów:

- 1) wybór typu tłoczniaka i jego zespołów (podawanie, usuwanie itp.) odpowiedni do zaplanowanej technologii wytwarzania;
- 2) wykonanie niezbędnych obliczeń;
- 3) konstruowanie tłoczniaka w zestawieniu (widok i przekrój) oraz zestawienie wyszczególnienia części;
- 4) wykonanie rysunków części tłoczniaka.

Etapy i przebieg projektowania zależą od wielkości produkcji, stopnia organizacji przygotowania produkcji, istnienia rysunków typowych konstrukcji tłoczniaków itp.

Istnienie opracowanych typowych konstrukcji tłoczniaków i ich zespołów oraz rysunków wykonawczych znormalizowanych części znacznie przyspiesza i ułatwia zarówno projektowanie, jak i wykonanie tłoczniaków. W szeregu przypadkach projektowanie typowych tłoczniaków sprowadza się do wypełnienia tak zwanych „ślepych rysunków” — rysunków typowych konstrukcji, w których wstawia się tylko wymiary.

W niektórych zakładach mających wysoki stopień organizacji przygotowania produkcji, tłoczniaki wykonuje się według rysunków zestawieniowych (z niezbędnymi wymiarami), bez wykonywania rysunków poszczególnych części, co znacznie zmniejsza liczbę rysunków i skraca terminy wykonania projektów tłoczniaków.

10. Określanie położenia wypadkowej siły nacisku tłoczniaka

W celu umożliwienia prawidłowej pracy tłoczniaka należy wycinany zarys przedmiotu tak rozmieścić w matrycy, aby środek nacisku pokrywał się z osią czopa. W przeciwnym przypadku w tłoczniaku nastąpi skośne ustawienie górnej jego części w stosunku do dolnej, niesymetryczność luzu, zużycie prowadnic, szybkie stępienie krawędzi tnących, a wskutek tego i zniszczenie tłoczniaka. Określenie środka ma głównie znaczenie w przypadku tłoczniaków do wycinania przedmiotów o złożonych zarysach, dziurkowników wielostemplowych i tłoczniaków złożonych wielotaktowych.

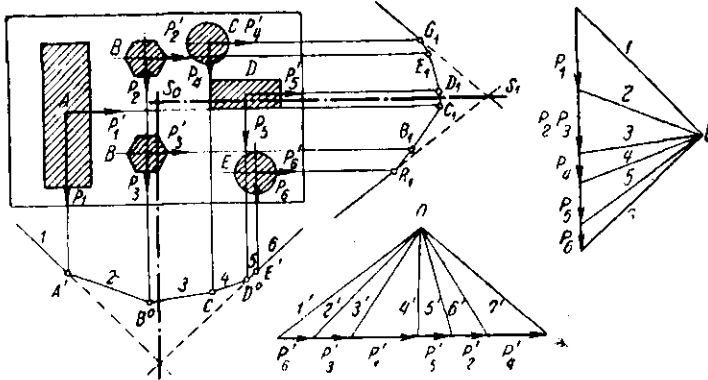
Istnieją dwa sposoby określania środka nacisku tłoczniaka:

- 1) wykreślny i 2) analityczny.

Wykreślny sposób określenia środka nacisku przedstawiony jest na rys. 474.

Objasnienie wykresłonego sposobu określania środka nacisku

Na rys. 474 przedstawiona jest górna część tłoczніка z sześcioma stemplami. Siły wycinania są proporcjonalne do obwodów stempli. Ze środków ciężkości figur A, B, C, D i E prowadzi się w dowolnej skali odcinki P_1, P'_1, P_2, P'_2 itd., których długości są proporcjonalne do obwodów. Następnie buduje się wielobok sznurowy, w tym celu z boku rysunku równoległe do odcinków P_1, P_2, P_3, P_4 ,



Rys. 474. Wykresłany sposób znajdowania środka nacisku tłoczніка

P_5 i P_6 odmierzają się na jednej linii prostej odcinek P_1 , dalej P_2 itd. do P_6 . Obiera się dowolny punkt O , z którym łączy się końce odcinków P_1, P_2 itd. Otrzymane w ten sposób linie (promienie) oznaczają się cyframi $1, 2$ itd.

Na przedłużeniu odcinka P_1 (pod figurą) przyjmuje się dowolny punkt A' i prowadzi się przez niego linię prostą równoległą do promienia 1 . Z punktu A' do przecięcia z przedłużeniem odcinka P_2 prowadzi się prostą równoległą do promienia 2 itd. aż do promienia 6 . Punkt S przecięcia się prostej równoległej do promienia 1 z prostą równoległą do promienia 6 wyznacza położenie osi przechodzącej przez środek nacisku. Ponieważ stemple rozmieszczone są niesymetrycznie, to należy znaleźć osi przechodzącą przez środek nacisku, prostopadłą do poprzednio wyznaczonej. W tym celu, powtarzając wykreslenie wieloboku sznurowego, znajduje się punkt S_1 (druga oś przechodząca przez środek nacisku). Przecięcie linii przechodzących przez punkty S i S_1 daje punkt S_0 będący środkiem nacisku danego tłoczніка.

Analityczny sposób określenia środka nacisku

Sposób ten oparty jest na równości momentu wypadkowej kilku sił sumie momentów tych sił w odniesieniu do jednej i tej samej osi.

Oś współrzędnych przyjmuje się wzdłuż boków płyty stemplowej (rys. 475). Ze względu na niesymetryczność rozmieszczenia stempli układa się równania momentów względem obu osi.

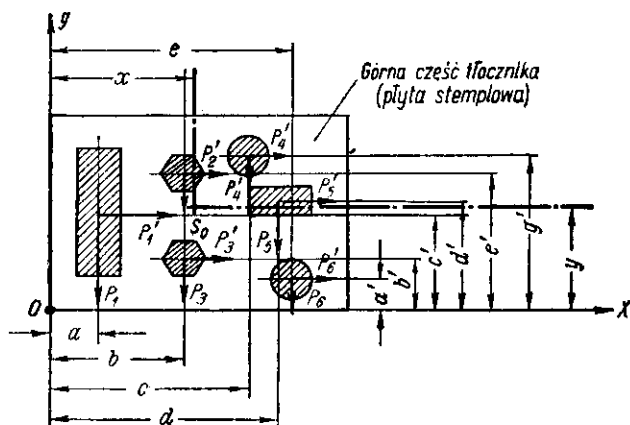
Równanie momentów względem osi Y daje

$$X = \frac{P_1 a + P_2 b + P_3 b + P_4 c + P_5 d + P_6 c}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6}$$

Równanie momentów względem osi X daje

$$Y = \frac{P'_1 c' + P'_2 c' + P'_3 b' + P'_4 g' + P'_5 d' + P'_6 a'}{P'_1 + P'_2 + P'_3 + P'_4 + P'_5 + P'_6}$$

gdzie: X — szukana odległość od osi OY do środka ciężkości,
 Y — szukana odległość od osi OX do środka ciężkości,
 u, b, c itd. — odległość środka ciężkości zarysu od osi OY ,
 a', b', c' itd. — jak wyżej, lecz od osi OX ,
 P_1, P_2 itd. — siła wycinania każdego zarysu.



Rys. 475. Analityczny sposób znajdowania położenia środka nacisku tłoczniaka

Przy obliczaniu należy zamiast siły wycinania (P_1, P_2 itd.) podstawić długość odpowiedniego zarysu.

11. Obliczenia wytrzymałościowe części tłoczników

W praktyce produkcyjnej konstruktor posługując się normami na części tłoczników nie wykonuje zwykle obliczeń wytrzymałości tych części, ponieważ odpowiednie obliczenia dopuszczalnych naprężeń wykonuje się przy opracowywaniu norm. W tych przypadkach, gdy niemożliwe jest posługiwanie się normami lub gdy trzeba opracować specjalne konstrukcje tłoczników, można się posługiwać podanym w tabl. 247 sposobem i wzorami do przybliżonych obliczeń wytrzymałościowych dolnych płyt.

W tabl. 247 przyjęto następujące oznaczenia:

M_{max} — maksymalny moment gnący w kGm,

W — wskaźnik przekroju w mm^3 ,

w przekroju AB

$$W = \frac{(K - C)H^2}{6}$$

w przekroju CD

$$W = \frac{(S + R - b)H^2}{6}$$

l — odległość od wypadkowej do ścianki otworu w stole prasy w mm,

L_0 — wymiar otworu w stole prasy w przekroju AB w mm,

m — odległość między rogami otworu w płycie w przekroju EF w mm,

n — odległość między rogami otworu przelotowego w mm,

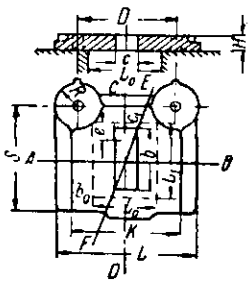
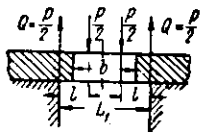
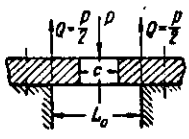
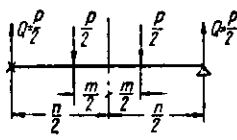
R — promień otworu w stole prasy w mm,

r — promień otworu w płycie tłoczniaka w mm,

k_g — dopuszczalne naprężenie zginające w kG/mm^2 .

Zwykle nie wykonuje się obliczenia matrycy na wytrzymałość i określa się jej wymiary na podstawie wzorów empirycznych i ustalonych stosunków wymiarów.

Tablica 247. Przybliżone obliczenie wytrzymałościowe płyt podstawowych [51]

Element i sposób obliczania	Schemat	Wzory
<p>Dane wyjściowe:</p> <ol style="list-style-type: none"> Otwór w płycie i otwór w matrycy jednakowe Otwór przelotowy $L_0 \times L_1$ w stoprasy położony symetrycznie w stosunku do osi płyty Matryca nakładana nie uczestniczy w przenoszeniu obciążenia. Obciążenie przenoszone jest przez płytę podstawową 		<p>Patrz niżej</p>
<p>Obliczenie przekroju AB (jak belki położonej swobodnie na dwóch podporach)</p>		$M_{max} = W k_g = \frac{Pl}{2}$
<p>Obliczenie przekroju CD (jak belki na dwóch podporach z półzamocowanymi końcami)</p>		$M_{max} = W k_g = \frac{3}{16} PL_0$
<p>Obliczenie przekroju EF.</p>		<p>Otworki prostokątne</p> $M_{max} = \frac{P}{4} (n - m) = W k_g$ <p>Otworki okrągłe</p> $M_{max} = \frac{0,64 (R - r) P}{2} = W k_g$

Szerokość płyty tnącej wykrojnika znajduje się ze wzoru

$$B = b + (3 \div 4) H$$

gdzie: b — największa szerokość otworu roboczego w płycie, w mm,
 H — grubość płyty tnącej (matrycy) w mm dobrana z tabl. 248.

W szeregu przypadkach grubość płyty tnącej określa się nie na podstawie wymagań wytrzymałościowych, lecz na podstawie wymagań eksploatacyjnych. Na przykład w praktyce zakładów elektrotechnicznych dopuszcza się przeszlifowywanie płyty tnącej w okresie eksploatacji o 2/3 jej pierwotnej grubości, co znacznie przedłuża trwałość płyty (okres pracy).

Z drugiej strony dążenie do zmniejszenia zużycia stali narzędziowej doprowadziło do stosowania cienkich matryc (~ 3 mm) zamocowywanych na płytach podstawowych [213].

W tabl. 249 podano odległości osi otworów na śruby i na kołki od zewnętrznych krawędzi oraz roboczego zarysu płyty tnącej [85].

Tablica 248. Grubość matrycy do wycinania

Największa szerokość otworu tnącego b w mm	Grubość matrycy H przy grubości ciętego materiału		
	do 1 mm	1—3 mm	3—6 mm
do 50	$(0,3—0,4) b$	$(0,35—0,5) b$	$(0,45—0,6) b$
50—100	$(0,2—0,3) b$	$(0,22—0,35) b$	$(0,30—0,45) b$
100—200	$(0,15—0,2) b$	$(0,18—0,22) b$	$(0,22—0,30) b$
ponad 200	$(0,10—0,15) b$	$(0,12—0,18) b$	$(0,15—0,22) b$

Tablica 249. Rozmieszczenie zamocowujących śrub i kołków

I. Odległości osi otworów na śruby, w mm									
Wymiary śrub w mm									
M8	M10	M12	M16	M20	M22				
$\frac{12}{9}$	$\frac{14}{11}$	$\frac{16}{13}$	$\frac{20}{16}$	$\frac{25}{20}$	$\frac{27}{22}$				
II. Odległości osi otworów na kołki, w mm									
Średnice kołków w mm									
3	4	5	6	8	10	13	16	20	25
$\frac{6}{4}$	$\frac{7}{4,5}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{9}{6}$	$\frac{11}{7}$	$\frac{12}{8}$	$\frac{15}{10}$	$\frac{16}{13}$	$\frac{20}{16}$	$\frac{25}{20}$
III. Odległości osi otworów na łby śrub z gniazdami sześciokątnymi									
Wymiary śrub w mm									
M8	M10	M12	M16	M20	M22				
14	17	19	24	28	32				
W liczniku podano wymiary w hartowanych, a w mianowniku — w niehartowanych częściach.									

W tabl. 250 podano najmniejsze dopuszczalne grubości ścianek stempli — matryc wykrojników jednoczesnych w zależności od grubości wykrawanego materiału.

Matryce silnie obciążone oraz matryce o złożonym (z ostrymi załamaniem) zarysie roboczego otworu należy obliczać na rozciąganie pod działaniem siły rozpierającej powstającej wskutek wciskania materiału w otwór matrycy.

Największa wartość siły rozpierającej wynosi około 40% siły wycinania. Działa ona prostopadle do krawędzi tnących i rozkłada się równomiernie na obwodzie otworu. Przy obliczaniu należy uwzględnić koncentrację naprężeń w ostrych kątach matrycy.

Tablica 250. Najmniejsza grubość ścianek stempli-matryc tłoczników jednoczesnych w mm

Grubość materiału w mm	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6
Grubość ścianki w mm	1,6	2,0	2,5	3,0	3,5	3,9	4,4	4,9	5,3	5,8	6,3	6,7
Grubość materiału w mm	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0
Grubość ścianki w mm	7,2	7,6	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,2	11,8	12,4	13,0

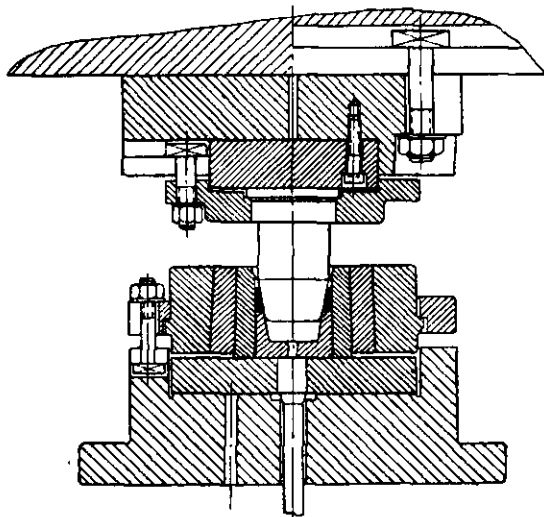
W celu uniknięcia dużych koncentracji naprężeń, oraz w celu ułatwienia wykonania matryc z ostrąknymi zarysami otworów roboczych, zaleca się wykonywać je składane, sekeyjne.

W ostatnim przypadku należy obliczyć wytrzymałość części zamocowujących poszczególne sekcje matryc i stempli [27].

Znaczne zwiększenie wytrzymałości silnie obciążonych, małych matryc stalowych, a szczególnie matryc z węglików spiekanych, można osiągnąć przez wtłoczenie ich w oprawy. Wskutek tego powstają w matrycy naprężenia ściskające przeciwdziałające sile rozprężającej i wywoływanej przez nią naprężeniom rozciągającym.

Należy więc pamiętać, że wytrzymałość można zwiększyć nie tylko za pomocą zwiększenia wymiarów lub zmiany składu chemicznego i struktury materiału, lecz i za pomocą sposobu mechanicznego, polegającego na wytworzeniu wstępnego stanu naprężeń.

Sposób ten może być zastosowany do wymiennych matryc do dziurkowania, ciągnięcia, przeciągania drutu, obciskania, wyciskania itp.



Rys. 476. Przyrząd do prasowania na zimno zewnętrznych pierścieni łożyska wałeczkowego

Na przestrzeni szeregu lat sposób ten jest z dobrymi wynikami stosowany w produkcji łożysk tocznych przy wykonywaniu za pomocą prasowania na zimno zewnętrznych i wewnętrznych pierścieni łożysk wałeczkowych i innych części (rys. 476).

W danym przypadku stosuje się wielopierścieniowe zamocowywanie cienkościennej matrycy wytrzymaujących bez uszkodzenia ciśnienie robocze 250 kG/mm² (25000 atm) dzięki wytworzeniu w nich wstępnego naprężenia ściskającego.

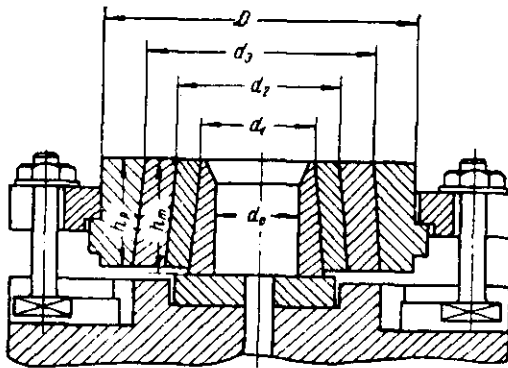
Przy czym wewnętrzny pierścień i matryca są w znacznym stopniu odkształcone plastycznie. Osiąga się to przez silne wtlóczenie na zimno kilku stożkowych pierścieni umacniających (bandaży). Stożkowość tych pierścieni wynosi 1°30'.

Przy prasowaniu dużych pierścieni łożysk (o średnicy 90 mm) stosuje się 4 pierścienie stożkowe umacniające matrycę, a przy prasowaniu mniejszych pierścieni — 2 ÷ 3 pierścienie umacniające.

Wartość wcisku pierścieni umacniających zwiększa się licząc od zewnętrznego do wewnętrznego pierścienia i dla dużych pierścieni wynosi $\Delta_3 = 0,004 d_3$; $\Delta_2 = 0,008 d_2$; $\Delta_1 = 0,025 d_1$ (rys. 477) [101].

Przy wtlączaniu wymiary wewnętrznych pierścieni zmniejszają się i rzeczywiste wciski są większe w stosunku do wyżej podanych.

Wcisk matrycy jest największy, przy czym zmniejsza się jej średnica wewnętrzna



Rys. 477. Schemat trzypierścieniowego zamocowania matrycy cienkościennej

Tablica 251. Przybliżone obliczenia wytrzymałościowe stempli

Sposób obliczania	Wzory
Obliczenie powierzchni oporowej łba stempla na nacisk	$p_s = \frac{P}{F}$
Obliczenie stempla na ściskanie w najmniejszym przekroju	$\sigma_c = \frac{P}{f} \leq k_c$
Obliczenie swobodnej długości stempla na wyboczenie	$l = 4,43 \sqrt{\frac{EJ}{nP}}$

Ostateczny roboczy wymiar matrycy uzyskuje się po szlifowaniu jej w stanie wtlóczonym w obsadę.

W tabl. 251 podane są przybliżone wzory do obliczania wytrzymałości stempli.

W tabl. 251 przyjęto następujące oznaczenia:

p_s — nacisk powierzchniowy stopy stempla w kG/mm²,

- F — powierzchnia oporowa stopy stempla w mm^2 , jeżeli $p_c > 10 \text{ kG/mm}^2$, konieczna jest stalowa przekładka hartowana (przekładka taka jest również konieczna, gdy stopa stempla opiera się o czop);
- σ_c — naprężenie ściskające w kG/mm^2 ;
- k_c — dopuszczalne naprężenie przy ściskaniu; dla zwykłych stempli z hartowanej stali narzędziowej $k_c = 160 \text{ kG/mm}^2$; dla stempli prowadzonych do dziurkowania otworów o małych średnicach (wg rys. 16) $k_c = 200 \div 300 \text{ kG/mm}^2$;
- l — długość swobodnej części stempla w cm ;
- E — moduł sprężystości w kG/cm^2 ($2,2 \cdot 10^6$);
- J — moment bezwładności przekroju w cm^4 ;
- n — współczynnik bezpieczeństwa, wynoszący dla stali niehartowanej $4 \div 5$, a dla stali hartowanej $2 \div 3$.

Tablica 252. Największe dopuszczalne naprężenia w częściach tłoczników [27]

Nazwy części tłoczników	Nazwa* i gatunek materiału	Dopuszczalne naprężenia w kG/cm^2			
		rociągnięcie	ściskanie	zginanie	ścinięcie
Spychacze, płyty, obsady matryc, śruby, trzpienie poduszek, płyty stemplowe, ciągną	Cr.2, Cr.3, stal 25	1100—1500	1200—1600	1300—1600	1000—1400
Wspornikowe obsady matryc, ciągną, wyrzutniki, części ustalające, zderzaki, poprzeczki	Cr.5, stal 40—50	1300—1600	1400—1700	1700—1800	1200—1500
Główce i podstawy, wsporniki	staliwo 30Л 40Л	—	1100—1500	1200—1500	900—1200
Główce i podstawy, wsporniki	Żeliwo C421-40, C422-44	—	900—1400	350—450	250—350
Kołki, piloty, kliny napędowe o prostym kształcie	stal Y7A przy twardości HRC=52—56	—	5500—8000	3600—5000	—
Części tnące o prostym kształcie: stemple matryc, noże boczne, segmenty matryc, wkładki	stal Y8A; Y10A; X12M; WJX15 przy twardości HRC=56—60	2500	10000—16000	3000—5000	—
Kliny napędowe kształtowe, zderzaki, piloty, części ustalające, suwaczki	Cr.5, Cr.7, przy twardości HRC=50—58	—	3000—4000	2000—2800	—
Przekładki pod stemple (nawęglane)	stal 20 przy twardości Shore'a 86—92	—	2500—3000	—	—
Sprężyny płaskie i śrubowe	stal 65 Г przy twardości HRC=40—45	—	—	5000—8000	—

W tabl. 252 podane są wartości największych dopuszczalnych naprężeń przy obliczaniu różnych części tłoczników.

Mniejsze wartości zaleca się dla tłoczników zwykłej konstrukcji, większe — w razie konieczności maksymalnego zmniejszenia wymiarów i ciężaru części.

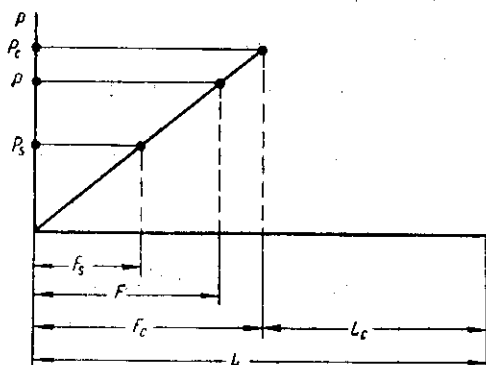
Sprężyny są tak rozpowszechnionymi częściami tłoczników, że zaleca się wykonywać je jako części znormalizowane, a konstruktor zamiast obliczać powinien je dobrać z tablic.

W tabl. 253 podane są niezbędne dane potrzebne przy doborze sprężyn o średnicach zewnętrznych od 10 do 60 mm, o największym dopuszczalnym obciążeniu od 1,9 do 170 kG [85].

Wytyczne doboru sprężyn:

1) Sprężyny wbudowuje się ze wstępnym obciążeniem P_w , którego wartość zależy od charakteru pracy spychacza lub dociskacza;

2) Wartość wstępnego ugięcia f_w znajduje się, na podstawie wymaganego obciążenia wstępnego P_w w położeniu wyjściowym, z wykresu na rys. 478.



Rys. 478. Wykres ściskania sprężyny (obciążenie-skrócenie)

3) Sprężyna po wstępnym ugięciu powinna zapewniać możliwość dalszego ugięcia ($F - F_w$) dostatecznego do wykonania roboczego przesuwu spychacza lub wypychacza i mieć pewien zapas na zmniejszenie wysokości wskutek przeszlifowania tłocznika lub w razie niedokładnego nastawienia korbowodu prasy.

W razie niemożności dobrania znormalizowanej sprężyny oblicza się sprężyny śrubowe z następujących wzorów:

$$P = \frac{d^3}{8D} k_s; \quad F = \frac{nD^2}{dG} k_s$$

$$L = (n + 1,5)d + nf; \quad L_u = (n + 1,6)d$$

gdzie: P — największe dopuszczalne obciążenie sprężyny w kG,

d — średnica drutu w mm,

D — średnica sprężyny w mm,

k_s — naprężenie dopuszczalne przy skręcaniu w kG/mm^2 ($k_s = 50 \div 60 \text{ kG/mm}^2$),

F — największe dopuszczalne ugięcie sprężyny w mm,

f — całkowite ugięcie jednego zwoju w mm,

L — długość sprężyny w stanie swobodnym w mm,

L_u — długość sprężyny przy całkowitym ugięciu w mm,

n — liczba zwojów sprężyny,

G — moduł sprężystości postaciowej poprzecznej w kG/mm^2 ($G = 7500 \div 8000 \text{ kG/mm}^2$).

Tablica 253. Sprężyny śrubowe

Nr sprężyny	Średnica drutu w mm	Zewnętrzna średnica sprężyny w mm	Długość sprężyny w stanie swobodnym w mm	Skok w mm	Największe dopuszczalne ugięcie z uwzględnieniem ustalonego luzu między zwojami w mm		Obciążenie przy największym dopuszczalnym ugięciu P w kG	Średnica w mm
					całej sprężyny F	jednego zwoju f		
1 2 3 3a	1	10	15 25 35 ponad 35	2,7	12 17	1,4	1,9	12
4 5 6 7	1	15	20 25 35 45	5	13,5 17 24,5 32	3,7	1,3	17
8 9 10 11	1,5	18	25 35 45 55 ponad 55	5,2	14,5 21 27,5 34	3,4	3,7	20
12 13 14 15	2	20	30 40 50 60	5,3	15 20,5 26 31,5	3,0	7,9	22
16 17 18 19	3	20	30 45 55 65	5	8 12,5 15,5 19	1,6	26	23
20 21 22 23 24	3	25	25 35 45 55 65	6,3	8,5 13,5 18 22,5 27	2,9	21,4	28
25 26 27 28 29	4	26	40 50 60 70 80	6,5	10,5 13,5 16,5 19,5 22,5	2	47,8	28
30 31 32 33 34	4	30	40 50 60 70 80	7,5	12,5 16,5 20,5 24 28	2,9	40	33
35 36 37 38 39	5	32	60 70 80 90 100	8	15,5 18,5 21,5 24,5 27,5	2,4	74	35

Nr sprężyny	Średnica drutu w mm	Zewnętrzna średnica sprężyny w mm	Długość sprężyny w stanie swobodnym w mm	Skok w mm	Największe dopuszczalne ugięcie z uwzględnieniem ustalonego luzu między zwojami w mm		Obciążenie przy największym dopuszczalnym ugięciu P w kG	Średnica w mm
					całej sprężyny F	jednego zwoju f		
40 41 42 43 44	5	35	60 70 80 90 100	8,6	18,5 22 25,5 29,5 33	3,1	70	38
45 46 47 48 49	6	35	50 60 70 80 100	8,8	9,5 12 14 16,5 21	2,1	108	38
50 51 52 53 54	6	38	70 80 100 120 140	9,4	17,5 20 26 31,5 37	2,7	105	42
55 56 57 58	8	42	70 80 100 120	11	11,5 13 17 21	2,2	226	46
59 60 61 62 63	8	45	80 100 120 140 160	11,5	15,5 20,5 25 30 34,5	2,7	210	50
64 65 66 67 68 69	8	52	175 200 225 250 275 300	12,8	52,1 60,3 68,1 76,3 84 92,2	4,1	195	56
70 71 72 73 74 75	8	60	175 200 225 250 275 300	14,7	66,6 76,8 87 97,2 107,4 117,6	6	170	65

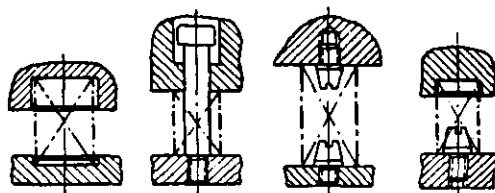
Material: drut o średnicy do 3 mm — stal ПЛЛ, drut o średnicy ponad 3 mm — stal 65 ..
 Obróbka cieplna: hartować; HRC = 40—45.
 Końce sprężyny podgiąć z obu stron na długości $3/4 \pm 1/8$ zwoju i zeszlifować w płaszczyźnie prostopadłej do osi.

Tablica 254. Dopuszczalne obciążenia i ugięcia sprężyn śrubowych

Zewnętrzna średnica sprężyny D w mm	Średnica drutu d w mm											
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8
	$\frac{P}{f} = \frac{\text{dopuszczalne obciążenie w kG}}{\text{ugięcie jednego zwoju sprężyny}}$											
10	$\frac{2,2}{1,7}$	$\frac{7,7}{1,0}$	$\frac{19}{0,48}$	$\frac{40}{0,44}$	$\frac{75}{0,35}$	—	—	—	—	—	—	—
12	$\frac{1,7}{2,5}$	$\frac{6,2}{1,5}$	$\frac{15}{1,1}$	$\frac{31}{0,75}$	$\frac{59}{0,56}$	$\frac{100}{0,44}$	—	—	—	—	—	—
15	$\frac{1,4}{4,1}$	$\frac{4,9}{2,6}$	$\frac{12}{1,7}$	$\frac{24}{1,3}$	$\frac{44}{1,0}$	$\frac{72}{0,80}$	$\frac{112}{0,65}$	$\frac{170}{0,51}$	—	—	—	—
20	$\frac{1,0}{7,5}$	$\frac{3,5}{4,7}$	$\frac{8,5}{3,4}$	$\frac{17}{2,6}$	$\frac{31}{2,0}$	$\frac{51}{1,6}$	$\frac{77}{1,3}$	$\frac{115}{1,1}$	$\frac{160}{0,94}$	$\frac{300}{0,69}$	—	—
25	—	$\frac{2,3}{7,8}$	$\frac{6,6}{5,5}$	$\frac{12,5}{4,4}$	$\frac{24}{3,4}$	$\frac{39}{2,7}$	$\frac{57}{2,3}$	$\frac{85}{2,0}$	$\frac{120}{1,7}$	$\frac{225}{1,4}$	$\frac{370}{0,98}$	—
30	—	—	$\frac{5,5}{8,2}$	$\frac{10,6}{6,2}$	$\frac{19,4}{5,0}$	$\frac{32}{4,1}$	$\frac{47}{3,5}$	$\frac{67}{3,1}$	$\frac{97}{2,6}$	$\frac{175}{2,0}$	$\frac{285}{1,6}$	—
35	—	—	$\frac{4,6}{11,2}$	$\frac{9,4}{8,7}$	$\frac{16,2}{7,2}$	$\frac{26}{6,0}$	$\frac{40}{5,1}$	$\frac{56}{4,4}$	$\frac{81}{3,7}$	$\frac{194}{2,9}$	$\frac{235}{2,4}$	$\frac{370}{1,9}$
40	—	—	—	$\frac{8,1}{11,9}$	$\frac{14,4}{9,6}$	$\frac{23}{8,0}$	$\frac{3,4}{6,9}$	$\frac{50}{5,9}$	$\frac{70}{5,1}$	$\frac{125}{4,1}$	$\frac{200}{3,3}$	$\frac{310}{2,2}$
45	—	—	—	—	$\frac{12,5}{12,2}$	$\frac{20}{10,2}$	$\frac{30}{8,7}$	$\frac{44}{7,9}$	$\frac{61}{6,7}$	$\frac{110}{5,3}$	$\frac{175}{4,4}$	$\frac{270}{3,6}$
50	—	—	—	—	—	$\frac{18}{13,0}$	$\frac{27}{11,2}$	$\frac{39}{9,7}$	$\frac{54}{8,5}$	$\frac{96}{6,7}$	$\frac{155}{5,6}$	$\frac{240}{4,6}$

W tabl. 254 podane są dopuszczalne obciążenia i odpowiednie ugięcia jednego zwoju sprężyny, obliczone dla wartości $k_s = 50 \text{ kG/mm}^2$ i $G = 7500 \text{ kG/mm}^2$. Na rys. 479 podane są różne sposoby umieszczania sprężyn w tłocznikach. W tłocznikach do tłoczenia na zimno szerokie zastosowanie znalazły sprężyny

Rys. 479. Sposoby wbudowywania sprężyn w tłocznikach



krążkowe, umożliwiające stosowanie dużych obciążeń przy małych ich wymiarach (rys. 480a).

Wymiary sprężyn krążkowych najbardziej nadających się do tłoczników podane są w tabl. 255 (wg ГOCT 3057-54).

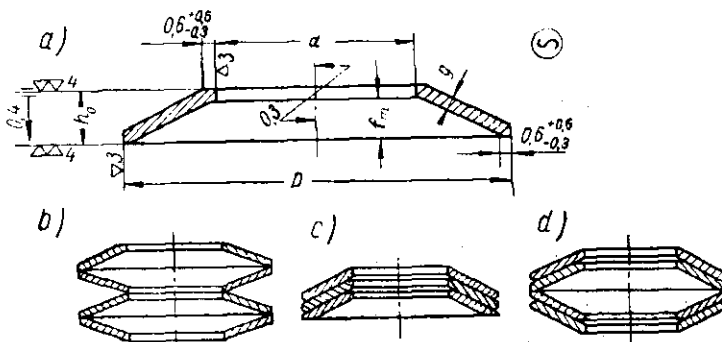
Na rys. 480 przedstawione są różne układy sprężyn krążkowych.

Tablica 255. Wymiary najczęściej stosowanych sprężyn krążkowych (ГОСТ 3057-54)

Nr	D		d		g		f _m		h ₀		Dopuszczalne napięcie 0,65 f _m		Siła P w kG	
	nom.	odchyl.	nom.	odchyl.	nom.	odchyl.	nom.	odchyl.	nom.	odchyl.	nom.	odchyl.	nom.	odchyl.
1	30		15				0,6		2,6		0,39		550	
2	32		10	+0,43	2		0,9		2,9		0,58		610	
3	35		15		1,5		1,0		2,5		0,65		280	
4	40				2,5	+0,1	0,8	+0,4	3,3	+0,5	0,52	+0,26	990	±0,2P
5		-0,62	25		1,5	-0,03	1,5	-0,2	3,0	-0,25	0,97	-0,13	320	
6	45			+0,52	3,0		1,0		4,0		0,65		1450	
7			20		2,0		1,5		3,5		0,97		460	
8	50		30		3,0		1,0		4,0		0,65		1250	

Uwagi: 1. Materiały na sprężyny: stal 60C2A lub inna podobna stal sprężynowa; obróbka cieplna — hartowanie i odpuszczanie do twardości HRC = 46—50.
2. Wykonanie sprężyn za pomocą wytaczania jest niedopuszczalne.

- 1) Przeciwległy układ krążków (rys. 480b). Ogólne ugięcie równe jest sumie ugięć krążków.
- 2) Równoległy układ krążków (rys. 480c). Ogólna siła uginająca jest równa sumie sił poszczególnych krążków wchodzących w skład sprężyny.
- 3) Przeciwległo-równoległy układ krążków (rys. 480d). Siła uginająca jest równa sumie sił uginania krążków ułożonych równolegle, a ugięcie równe jest sumie ugięć krążków ułożonych przeciwległe.



Rys. 480. Sprężyny krążkowe i sposoby ich składania

Tablica 256. Wzory do obliczania sprężyn krążkowych [365]

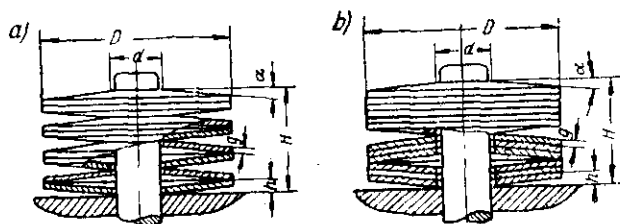
Obliczane wielkości	Ułożenie pojedyncze (rys. 481a)	Ułożenie wielowarstwowe (rys. 481b)
Dopuszczalne obciążenie w kG (sprężyn o śr. $D = 30-50$ mm)	$P = \frac{10000 \text{ tg}^2 a f g^2}{n \left(1 - \frac{d}{1,5D} \right)}$	$P = \frac{10000 \text{ tg}^2 a z f g^2}{n \left(1 - \frac{d}{1,5D} \right)}$
Ugięcie całej sprężyny w mm	$f = nW$	$f = \frac{nW}{z}$
Wysokość całej sprężyny w stanie swobodnym w mm	$H = nh$	$H = \frac{n}{z} [h + g(z - 1)]$
Liczba krążków	$n = \frac{H}{h} = \frac{f}{W}$	$n = \frac{Hz}{h + g(z - 1)} = \frac{fz}{W}$
Stozkowość sprężyn krążkowych	$\text{tg } \alpha = \frac{2(h - g)}{D - d}$	
<p>W — dopuszczalne osiowe ugięcie jednego krążka sprężyny w mm ($0,65 f_m$, wg rys. 180a) z — liczba warstw w pakiecie Pozostałe oznaczenia wg rys. 481</p>		

W tabl. 256 podane są wzory do obliczeń sprężyn krążkowych dla dwóch typów sprężyn przedstawionych na rys. 481.

Sprężyny krążkowe stosuje się do wypychaczy, spychaczy, dociskaczy i poduszek (rys. 482).

Wadą sprężyn krążkowych jest stosunkowo szybkie zużywanie się środkowego trzpienia, który należy wykonywać nawęglany i hartowany. Sprężyny krążkowe umożliwiają wykonywanie tłoczników jednoczesnych ze sprężycie podpartymi

Rys. 481. Dwa typy sprężyn krążkowych



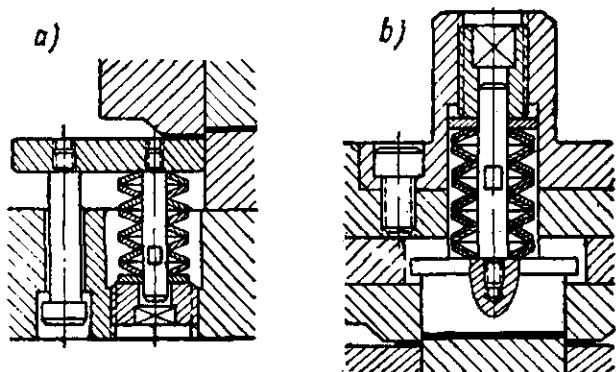
matrycami, dzięki czemu podczas jednego skoku suwaka prasy można wykonywać kolejno kilka zabiegów wykonywanych zwykle w kilku operacjach [180].

Duże wykojniki jednoczesne wymagają, szczególnie w przypadku wytłoczek o złożonym kształcie, dużej liczby sprężyn do spychaczy i wypychaczy, co znacznie komplikuje konstrukcję i regulację wykojnika, ponieważ bardzo trudno jest uzyskać jednakowe napięcie wszystkich sprężyn.

Wskutek tego niektóre zakłady elektrotechniczne stosują pneumatyczne urządze-

nia do spychania i usuwania wykrawanych przedmiotów, składające się z zamocowanych na stałe do pras poduszek powietrznych (rys. 453), połączonych z siecią przewodów sprężonego powietrza. Za pomocą zaworu można wykonywać usuwanie wyrobów w określonym położeniu suwaka prasy.

Do obliczeń części tłoczników należą również obliczenia związane z określeniem nacisku gumowych spychaczy, wypychaczy, dociskaczy i poduszek.



Rys. 482. Zastosowanie sprężyn krążkowych w tłocznikach: a) do spychacza, b) do wypychacza

Wymiary walca gumowego dobiera się w zależności od wymaganej siły i wielkości ściśnięcia poduszki, przy czym zależność między wysokością H walca i jego średnicą powinna być zawarta w granicach

$$0,5d < H < 1,5d$$

Wartość dopuszczalnego ściśnięcia N gumy przyjmuje się zwykle równą $35 \div 45\%$ początkowej wysokości.

Siłę wywieraną przez gumę określa się ze wzoru

$$P = qF$$

gdzie: F — powierzchnia poprzecznego przekroju w cm^2 ,
 q — nacisk jednostkowy ($20 \div 35 \text{ kG/cm}^2$).

Siła jaką może wywierać poduszka przedstawiona na rys. 456b może być określona z wykresu podanego na rys. 483.

W tłocznikach do tłoczenia na zimno istnieje w szeregu przypadkach konieczność zastosowania sprężystych elementów wywierających duże naciski, które nie mogą być zrealizowane ani sprężynami śrubowymi lub krążkowymi, ani poduszkami powietrznymi.

W tych przypadkach stosuje się sprężyny pierścieniowe, sztywne i tłumiące drgania oraz najbardziej podatne do pochłaniania energii przyjmowanych uderzeń. Sprężyny pierścieniowe (rys. 484) składają się ze stalowych, obrobionych cieplnie zewnętrznych pierścieni 1, mających stożkowe powierzchnie wewnętrzne i z wewnętrznych pierścieni 2, mających stożkowe powierzchnie zewnętrzne. Pierścienie są tak złożone, że ich stożkowe powierzchnie stykają się ze sobą. Z obu czołowych stron sprężyny umieszczone są oporowe półpierścienie 3.

Nacisk osiowy, przyjmowany przez sprężynę pierścieniową, wytwarza na przylegających stożkowych powierzchniach duże siły, pod których działaniem zewnętrzne pierścienie rozciągają się, a wewnętrzne — kurczą się. Wskutek tego pierścienie wewnętrzne wsuwają się w pierścienie zewnętrzne, a wymiar h i ogólna wysokość sprężyny zmniejsza się (prawa strona rys. 484).

Wzory do obliczania konstrukcyjnych elementów sprężyn pierścieniowych podane są w tabl. 257.

Tablica 257. Elementy konstrukcyjne sprężyn pierścieniowych

Elementy konstrukcyjne	Przybliżone wartości
Wysokość pierścieni	$b = (0,16 \div 0,20) D$
Średnia grubość pierścieni	$a + c = (0,25 \div 0,35) b$
Kąt stożka	$\beta = 12 \div 15^\circ$
Najmniejszy luz między pierścieniami w stanie ściśniętym	$z_{min} = 1 \text{ mm}$
Skok sprężyny w stanie swobodnym	$h = 0,5 (b + z) \leq 0,5 (b + W_{max})$
Największe osiowe ugięcie całej sprężyny	$f_{max} = nW_{max}$
Wysokość zmontowanej sprężyny pierścieniowej w stanie swobodnym (z czółowymi półpierścieniami)	$H = nh = 0,5n (b + z)$

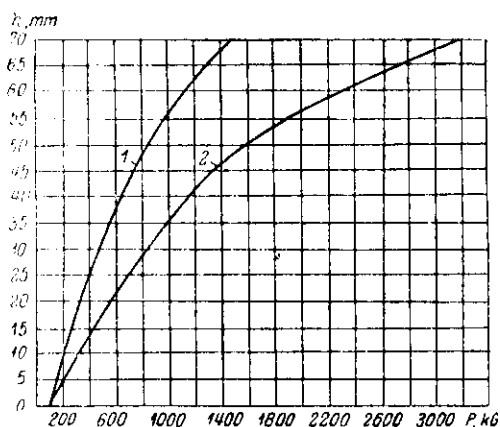
W tabl. 257 przyjęto następujące oznaczenia:

n — liczba stykających się powierzchni stożkowych,

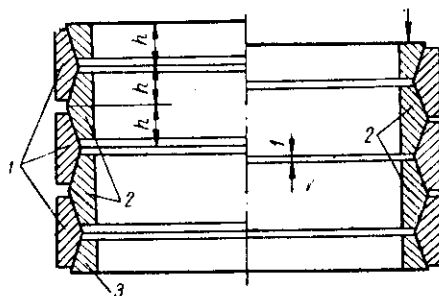
z — luz między pierścieniami w stanie nieobciążonym,

W_{max} — największe dopuszczalne osiowe przemieszczenie jednej pary powierzchni stożkowych.

Ze schematu działających sił (rys. 485) wynika, że siły N , prostopadłe do po-



Rys. 483. Wykres ściskania poduszki gumowej (rys. 456): 1 — poduszka $D = 75 \text{ mm}$, $H = 150 \text{ mm}$,
2 — poduszka $D = 100 \text{ mm}$, $H = 150 \text{ mm}$



Rys. 484. Przekrój sprężyny pierścieniowej

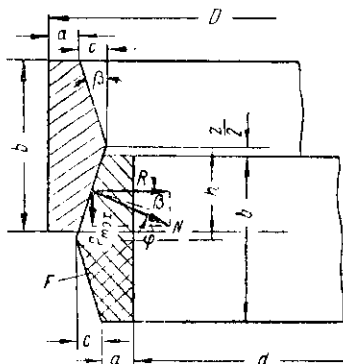
wierzchni stożkowej, wytwarzają duże siły promieniowe R , powodujące sprężyste odkształcenie pierścieni.

Po usunięciu obciążenia wymiary pierścieni i całej sprężyny odzyskują swoje początkowe wartości.

Największa siła ściskająca pierścieniową sprężynę może być obliczona ze wzoru [281, 365]:

$$P_{max} = 2\pi Fk_c \operatorname{tg}(\beta + \varphi) \text{ kG}$$

gdzie: F — połowa przekroju pierścienia wewnętrznego w mm^2 (rys. 485),
 k_c — dopuszczalne naprężenie ściskające, równe $100 \div 110 \text{ kG/mm}^2$,
 β — kąt pochylenia tworzącej stożka,
 φ — kąt tarcia (powierzchni smarowanych $\varphi = 6 \div 9^\circ$).



Rys. 485. Schemat działających sił i elementy przekroju sprężyny pierścieniowej

Przy $\beta = 12 \div 14^\circ$, $\varphi = 6 \div 8^\circ$, $k_c = 100 \text{ kG/mm}^2$ siła ściskająca wynosi

$$P_{max} \approx (200 \div 250) F \text{ kG}$$

Największe wzajemne przesunięcie jednej pary powierzchni stożkowych znajduje się z przybliżonego wzoru

$$W_{max} = \frac{r_z k_r + r_w k_c}{E \operatorname{tg} \beta} \frac{D + d}{400 \operatorname{tg} \beta}$$

gdzie: E — moduł sprężystości równy 20000 kG/mm^2 ,
 r_z i r_w — promienie środków ciężkości zewnętrznego i wewnętrznego pierścienia.

Obliczeniowa (robocza) siła ściskania pierścieniowej sprężyny wynosi

$$P = \frac{W}{W_{max}} P_{max}$$

gdzie W — obliczeniowe (robocze) wzajemne przesunięcie jednej pary powierzchni stożkowych.

Pierścienie wykonywane są ze stali sprężynowo-resorowej gatunku 60C2A obrabianej cieplnie (hartowane w oleju i odpuszczane w tem. $400 \div 450^\circ\text{C}$).

Dzięki swojej zwartości i możliwości wywierania znacznych nacisków sprężyny pierścieniowe stosowane są do amortyzatorów zabezpieczających prasy przed przeciążeniem, do tłoczników do gięcia, wybijania, dotłaczania i dogniatania oraz do matrycy do prasowania.

Amortyzatory te zabezpieczają przed zniszczeniem lub zaklinowaniem prasy w razie przeciążenia przy dodatnich odchyleniach grubości półwyrobów lub przy zwykłym podaniu dwóch stopionych półwyrobów.

Na rys. 486a przedstawione jest urządzenie amortyzujące ze sprężyną pierścieniową przeznaczone do prasy do wybijania. Wstępne ugięcie uzyskuje się za pomocą środkowej śruby.

W urządzeniu zabezpieczające przed przeciążeniem zaopatrzone są niekiedy tłoczniki do wybijania i dotłaczania lub dogniatania (rys. 486b).

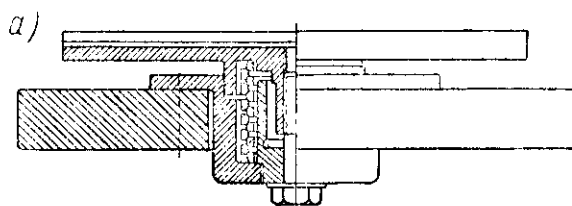
Sprężyny pierścieniowe są również stosowane do tłoczników jednoczesnych z podpartymi sprężyscie elementami roboczymi.

Tablica 258. Charakterystyka niektórych typowymiarów sprężyn pierścieniowych

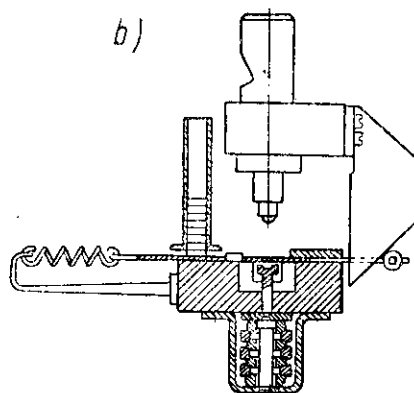
Największe obciążenie w T	Średnica w mm		Skok sprężyny h w mm	Wysokość pierścieni b w mm	Przemieszczenie na 1 element w mm
	zewnętrzna	wewnętrzna			
5,5	82	72	9	14	1,35
8,5	102	89,5	11	17	1,65
14,2	128	111,6	13,5	21	2,1
22,2	160	140,5	17	26	2,4
32,2	200	173,8	21	32	3,3
52,8	250	218,6	26	40	3,9

W tabl. 258 podano charakterystyki sprężyn pierścieniowych.

We wszystkich przypadkach zastosowania sprężyn pierścieniowych powinny być one umieszczane w zamkniętych komorach wypełnionych smarem. Brak smaru powoduje nagrzewanie się pierścieni wskutek tarcia i szybkie ich zużywanie się.



Rys. 486 Ochronne urządzenia amortyzujące ze sprężynami pierścieniowymi: a) do prasy do wybijania, b) do tłoczniaka do wybijania



Konieczne jest sprawdzenie przez odpowiedni otwór nie tylko zawartości smaru, lecz również i jego temperatury.

Wadą sprężyn pierścieniowych jest trudniejsze ich wykonanie i wyższy koszt w porównaniu z tanimi sprężynami krążkowymi.

12. Zamknięta wysokość tłoczniaka i roboczej przestrzeni prasy

Tłoczniak projektuje się w jego dolnym (zamkniętym) roboczym położeniu.

W tym położeniu najłatwiej jest przedstawić współdziałanie zarówno części roboczych, jak i dociskowych, oraz usuwających części tłoczniaka. Przy czym wyeliminowana jest możliwość omyłek dotyczących zgodności górnej i dolnej części tłoczniaka,

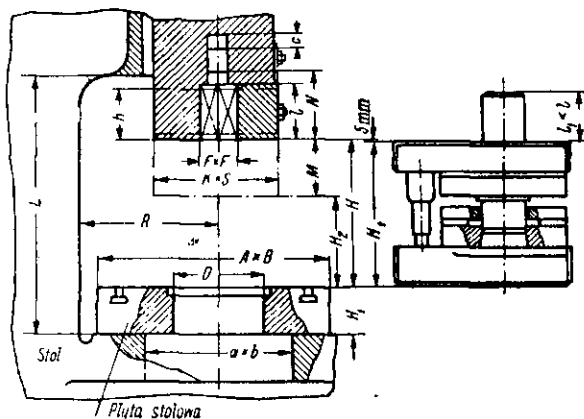
jak na przykład: za długie słupy prowadzące i za krótkie stemple, wskutek czego tłocznik nie może pracować, ponieważ słupy będą przechodziły przez górną płytę i będą się opierały o czołową powierzchnię suwaka itp.

Wysokość tłocznika w dolnym roboczym położeniu górnej części nazywa się „zamkniętą wysokością tłocznika” (wysokością w stanie zamkniętym). Powinna ona być uzgodniona z zamkniętą wysokością roboczej przestrzeni prasy.

Zamkniętą wysokością roboczej przestrzeni prasy nazywa się odległość od płyty stołowej do suwaka w jego dolnym położeniu, przy największym skoku i najmniejszej długości korbowodu.

Zamknięta wysokość roboczej przestrzeni prasy wskazuje graniczną wysokość tłocznika, który może być ustawiony na danej prasie¹⁾.

Tłocznik, mający zamkniętą wysokość większą niż zamknięta wysokość roboczej przestrzeni prasy, nie może być ustawiony na tej prasie, a jeżeli będzie on ustawiony,



Rys. 487. Zamknięta wysokość roboczej przestrzeni prasy

gdy suwak znajduje się w górnym położeniu, to po uruchomieniu prasy może nastąpić jego zniszczenie.

Należy przestrzegać następującej podstawowej zasady projektowania tłoczników: tłoczniki należy projektować do określonych pras zgodnie z ich techniczną charakterystyką lub do określonych grup pras o zbliżonej mocy i o podobnej charakterystyce technicznej.

Na rys. 487 przedstawiony jest schemat roboczej przestrzeni prasy i ustawianego na niej tłocznika.

W tabl. 259 wymienione są podstawowe dane wchodzące w skład technicznej charakterystyki prasy, potrzebne konstruktorowi tłoczników.

Zamknięta wysokość tłocznika (H_1) powinna być zawarta w granicach największej (H) i najmniejszej (H_2) zamkniętej wysokości roboczej przestrzeni prasy.

Zwykle przyjmuje się

$$H - 5 \text{ mm} \geq H_1 \geq H_2 + 10 \text{ mm}$$

Tłoczniki konstruuje się zwykle tak, aby wysokość H_1 była bliższa największej zamkniętej wysokości roboczej przestrzeni prasy uwzględniając możliwość pracy

1) W przypadku pras z nastawnym skokiem warunek ten obowiązuje w razie pracy z największym skokiem w razie zaś pracy ze zmniejszonym skokiem zamknięta wysokość przestrzeni roboczej zwiększa się o wartość $\frac{h_{\max} - h}{2}$.

Tablica 259. Techniczna charakterystyka prasy

Oznaczenia (rys. 487)	Podstawowe dane	Jednostki miar
P	Największy nacisk roboczy	T
h	Skok suwaka	mm
n	Liczba skoków suwaka	$\frac{1}{\text{min}}$
M	Regulacja długości korbowodu	mm
H	Największa zamknięta wysokość roboczej przestrzeni prasy (odległość od płyty do suwaka w jego dolnym położeniu przy największym skoku i najmniejszej długości korbowodu) ¹⁾	mm
L	Odległość od stołu do prowadnic	"
R	Wysięg od osi suwaka do korpusu	"
A_1, B_1	Wymiary stołu	"
a, b	Wymiary otworu w stole	"
A, B	Wymiary płyty stołowej	"
H_1	Grubość płyty stołowej	"
D	Średnica otworu w płycie stołowej	"
k, S	Wymiary dolnej powierzchni suwaka	"
F	Wymiary kwadratowego otworu w suwaku	"
l	Głębokość kwadratowego otworu w suwaku	"
N	Odległość od wypychacza do dolnej powierzchni	"
"	Skok wypychacza	"
H_2	Najmniejsza zamknięta wysokość roboczej przestrzeni prasy ($H-M$)	"

I. Patrz uwaga do str. 516

przy skróconym korbowodzie oraz zmniejszonej wysokości tłoczniaka wskutek przeszlifowania w czasie jego eksploatacji.

W razie gdyby zamknięta wysokość tłoczniaka H_1 była mniejsza od H_2 konieczne jest podkładanie pośrednich płyt lub specjalnych belek.

PRASY DO TŁOCZENIA NA ZIMNO

ROZDZIAŁ I

KLASYFIKACJA I GŁÓWNE TYPY PRAS

1. Klasyfikacja pras do tłoczenia

Do tłoczenia na zimno stosuje się różne typy pras przeznaczonych do określonych warunków obróbki.

Na rys. 488 podana jest klasyfikacja głównych typów pras. Klasyfikacja obejmuje tylko prasy, a nie obejmuje młotów spadowych do tłoczenia, mających ograniczone zastosowanie, oraz specjalnych maszyn (maszyny do obciągania, giętarek, rowkarki i inne).

W zależności od rodzaju napędu prasy dzieli się na mechaniczne, elektromagnetyczne, pneumatyczne i hydrauliczne.

Najbardziej rozpowszechnione w tłocznictwie są prasy mechaniczne z napędem silnikowym, które dzielą się na korbowe¹⁾ i śrubowe.

W zależności od sposobu oddziaływania na materiał prasy mechaniczne i hydrauliczne dzielą się na prasy pojedynczego działania, podwójnego działania i potrójnego działania.

Prasy pojedynczego działania mają jeden suwak i stosowane są do różnego rodzaju robót tłocznich (rys. 489a).

Prasy podwójnego działania mają dwa suwaki o niezależnym ruchu i stosowane są do ciągnięcia (rys. 489b).

Prasy potrójnego działania mają albo dwa górne i jeden dolny suwak, wykonujący ciągnięcie w przeciwnym kierunku (rys. 489c), albo dwa suwaki i poruszający się naprzeciw stół. Pierwsze stosuje się do wytwarzania przedmiotów ciągniętych o złożonym kształcie typu części nadwozia samochodu, a drugie do wykonywania podwójnego lub potrójnego głębokiego ciągnięcia.

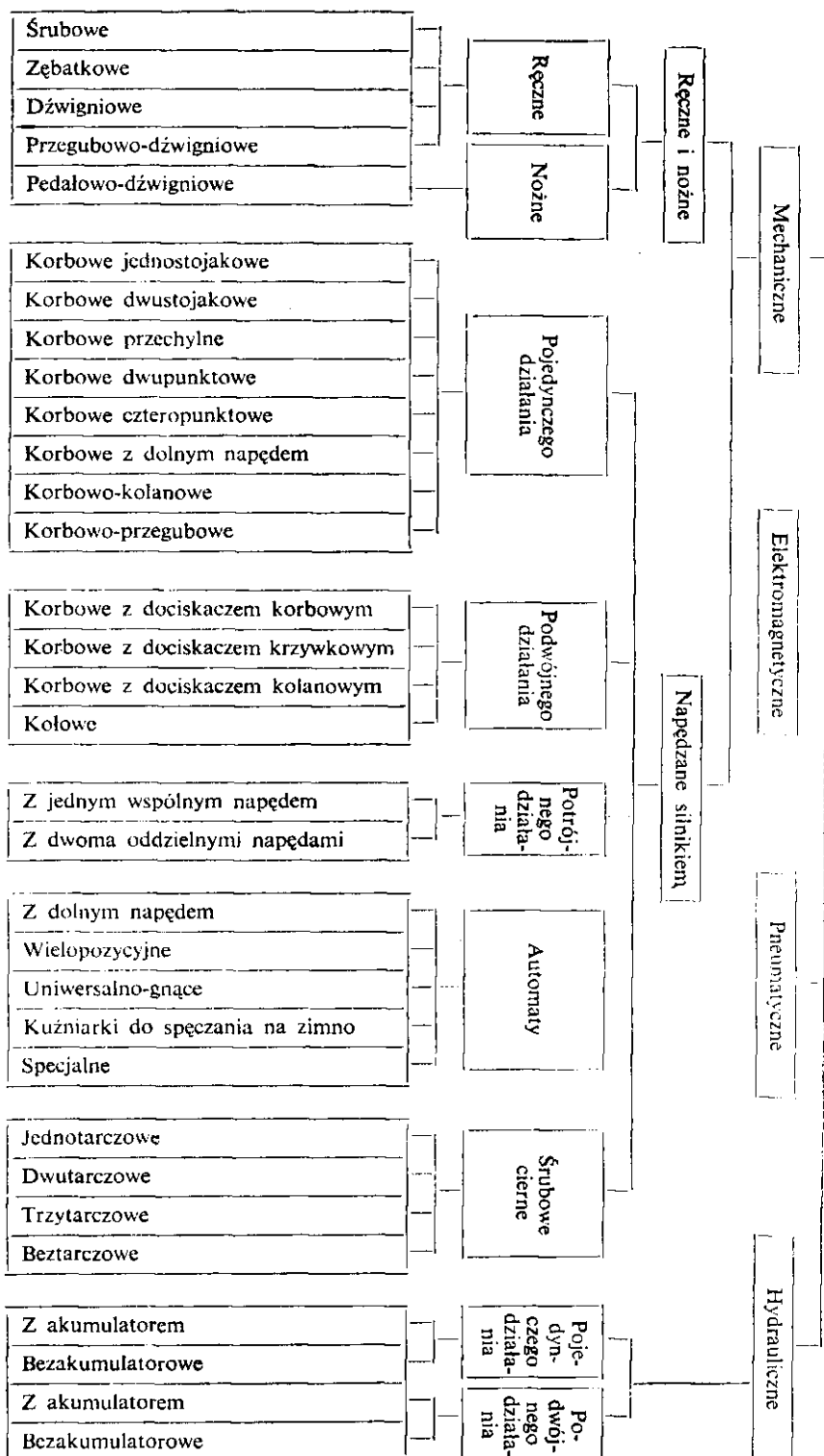
W zależności od liczby korbówków prasy korbowe dzieli się na jednopunktowe, dwupunktowe i czteropunktowe.

Prasy czteropunktowe przeznaczone są do tłoczenia bardzo dużych przedmiotów i celem ich konstrukcji jest zapobieżenie możliwości skośnego ustawiania się suwaka w przypadku mimośrodowego obciążenia go.

W zależności od warunków pracy i postaci materiału wyjściowego stosowane są prasy o różnych kształtach i położeniach korpusów: pionowe, poziome, przechyłne, jednostojakowe i dwustojakowe.

Prasy jednostojakowe mają korbówód umieszczony na końcu wału jednostronnie łożyskowanego. Prasy te mają przestrzeń roboczą odkrytą z przodu i z boków, są one przeznaczone do wytwarzania przedmiotów z pasów, jak również z pojedynczych półwyrobów.

1) Do grupy pras korbowych zalicza się tu również prasy mimośrodowe (przyp. tł.).



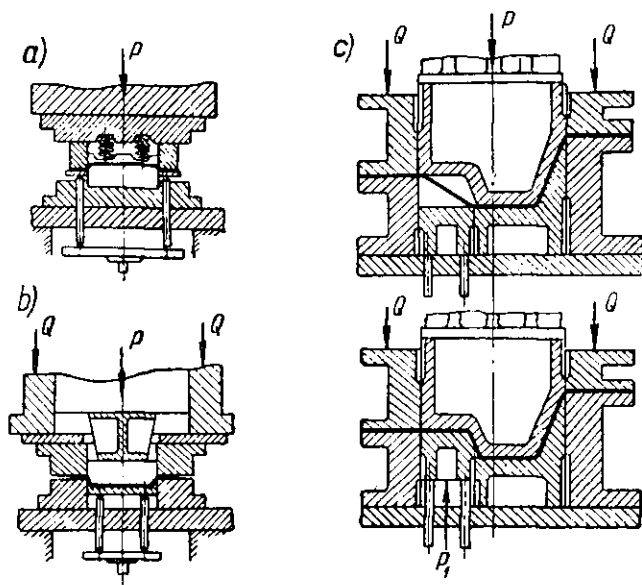
Rys. 488. Klasyfikacja pras

Prasy korbowe (i mimośrodowe) jednostojakowe wykonywane są ze stołem stałym (nieprzesuwnym), ze stołem obrotowym (rewolwerowym) lub ze stołem przesuwnym.

Dwustojakowe prasy mają korbówód umieszczony między dwoma łożyskami wału.

Prasy korbowe dwustojakowe dzieli się w zależności od kształtu korpusu na następujące typy:

1) wysięgowe (z korpusem w postaci litery C), z przestrzenią roboczą odkrytą, tak jak w prasach jednostojakowych, z przodu i z boków, lecz oprócz tego umożli-



Rys. 489. Schematy tłoczenia na prasach różnych typów: a) na prasie pojedynczego działania, b) na prasie podwójnego działania, c) na prasie potrójnego działania

wiają one podawanie półwyrobów od przodu i usuwanie przedmiotów do tyłu prasy. Prasy takie są wykonywane jako pionowe, poziome i przechylne;

2) ramowe, z przestrzenią roboczą zakrytą z boków — prasy te przeznaczone są do tłoczenia z pojedynczych półwyrobów;

3) ramowe, mające przelotowe otwory w stojakach — prasy te przeznaczone są do automatycznego tłoczenia z taśmy.

Konstrukcja różnych typów pras opisana jest dokładnie w literaturze poświęconej specjalnie temu zagadnieniu [patrz 164, 222, 281].

2. Współczesne typy pras

Ciągły rozwój metod tłoczenia na zimno i rozszerzanie zakresu jego zastosowania oparte jest na dalszym rozwoju i doskonaleniu konstrukcji pras.

Rozwój ten idzie w kierunku zwiększenia siły nacisku, roboczych gabarytów pras, wydajności i bezpieczeństwa pracy oraz polepszenia warunków eksploatacyjnych.

Współczesne konstrukcje pras do tłoczenia charakteryzują się:

1) zwiększeniem nacisku i wymiarów pras: korbowych jednostojakowych — do 300 T, korbowych dwustojakowych — do 1600 T, korbowych z mechanizmem kołowo-mimośrodowym — do 4500 T, pras do wybijania — powyżej 3000 T, pras Maksi — do 600 T, pras wielostopniowych — do 4000 T, pras automatów z dolnym napędem — do 550 T, pras podwójnego i potrójnego działania — do 2500 T, pras

hydraulicznych do tłoczenia gumy — do 6500 T, pras hydraulicznych do głębokiego tłoczenia blach — do 7000 T;

2) zwiększeniem liczby skoków dużych pras do $16 \div 18$ zamiast $8 \div 10$ na minutę;

3) zwiększeniem szybkobieżności pras-automatów i półautomatów; ostatnie modele pras-automatów mają następujące największe liczby skoków: małe prasy — do $1200 \div 2000$ na min, duże prasy — do 260 na min;

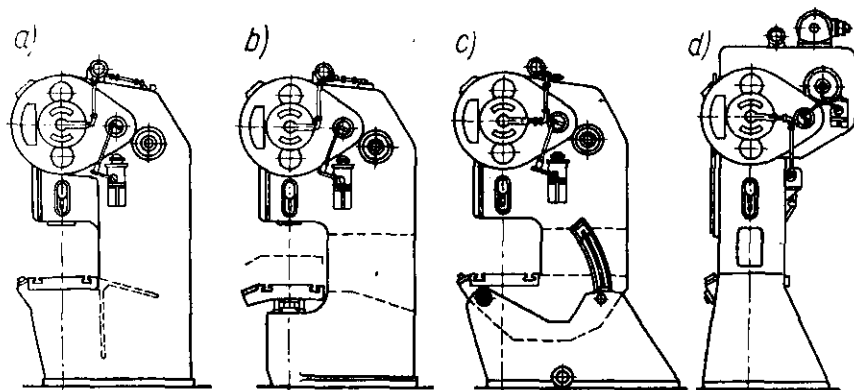
4) rozwojem pras z automatycznym podawaniem półwyrobów;

5) unowocześnieniem sposobów sterowania pras przez zastosowanie: przyciskowego (guzikowego) włączania zamiast dźwigniowego lub pedałowego sterowania elektromechanicznego, elektropneumatycznego lub elektrohydraulicznego;

6) modernizacją ogólnej konstrukcji i zewnętrznej postaci pras, tworzeniem korpusów o prostokątnym zarysie.

W wyniku zastosowania centralnego smarowania wszystkich przesuwowych i obrotowych części prasy są one schowane wewnątrz korpusu.

Współczesne kierunki budowy pras ogólnego przeznaczenia zmierzają w kierunku stworzenia typo-wielkości pras według szeregu geometrycznego (na przykład



Rys. 490. Różne typy pras ze znormalizowanymi zespołami (NRD)

małych pras o naciskach nominalnych 10, 16, 25, 40, 63, i 100 T). Przy czym w maksymalny sposób stosuje się unifikację i normalizację poszczególnych zespołów, umożliwiającą łatwe pod względem produkcyjnym tworzenie różnych typów pras.

Niżej podane są przykłady unifikacji i normalizacji pras w zakładach budowy pras w NRD [327].

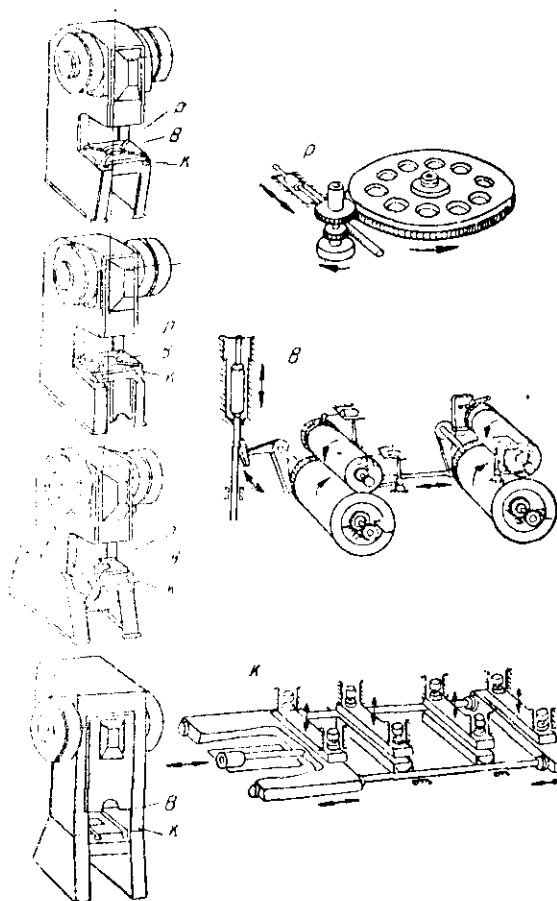
Na rys. 490 przedstawione są cztery typy pras o nominalnym nacisku 40 T: a) prasa korbowa wysięgowa ze stołem stałym, b) prasa korbowa wysięgowa z przesuwnym stołem, c) prasa korbowa wysięgowa przechylna, d) prasa korbowa ramowa.

W konstrukcjach tych stosuje się dużą ilość jednakowych znormalizowanych zespołów.

Na rys. 491 przedstawiona jest możliwość przemiany podanych typów pras na prasy-automaty lub półautomaty za pomocą wyposażenia ich w podajniki rewolwerowe, walcowe lub zaciskowe.

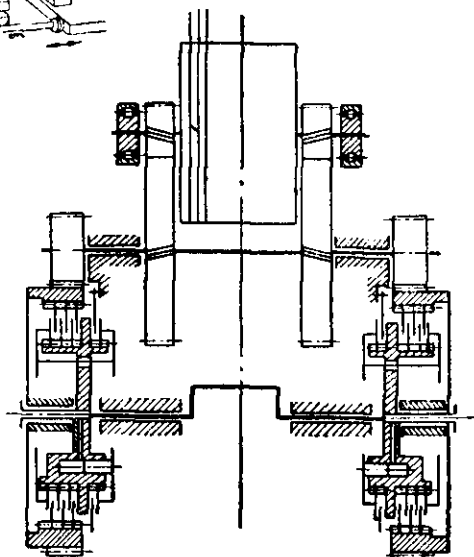
Znormalizowane prasy mają szereg udoskonaleń konstrukcyjnych: prasa wyposażona jest w dwustronny napęd, co daje zmniejszenie naprężeń w czopie wału i umożliwia zmniejszenie wymiarów kół zębatach, umieszczonych w zamkniętej skrzyni; zamiast niedostatecznie sztywnego sprzęgła (z wpustem obrotowym) zastosowano dwa sprzęgła cierne wielopłytowe umieszczone z obu stron wału mimośrodkowego; są one zblokowane z hamulcem i włączane za pomocą elektrohydraulicznego układu sterowania (rys. 492); nawrotny silnik elektryczny umożliwia łatwe odciążenie prasy w razie zaklinowania.

Na rys. 493 podano dwa typy znormalizowanych (standartowych) pras zbudowanych ze zunifikowanych zespołów: a) prasa korbowa z podajnikiem rewolwerowym, b) korbowa prasa-automat przechylny z walcowym podajnikiem taśmy.



Rys. 491. Wyposażenie znormalizowanych pras w urządzenia do automatycznego podawania materiału: *P* — podajnik rewolwerowy, *B* — podajnik walcowy, *K* — podajnik zaciskowy

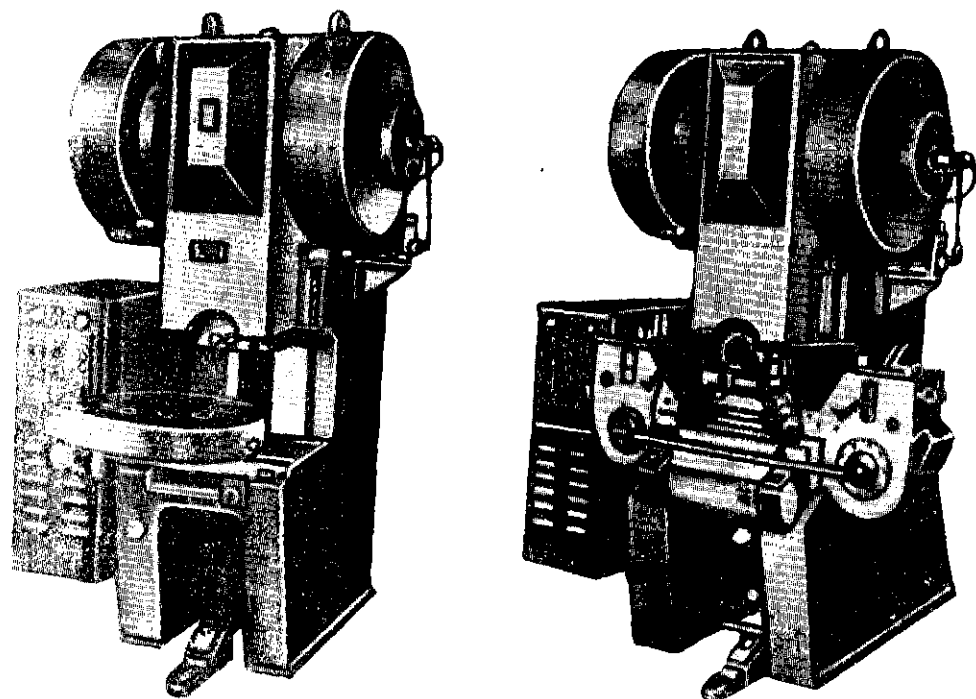
Rys. 492. Schemat napędu i sprzęgieł ciernych znormalizowanych pras (NRD)



Po lewej stronie prasy znajduje się elektryczna skrzynka sterownicza (pulpit), w której umieszczone są aparaty elektrycznego sterowania z selekcyjnym przełączaniem i elektrohydrauliczny układ sterowania z włączaniem sprzęgieł i hamulca.

Selekcyjne (wybierakowe) przełączniki mogą być nastawiane na różne sposoby pracy (pojedynczymi skokami, pracą ciągłą), a także na różne sposoby włączania (jedną ręką, dwoma rękami, pedałem).

Dźwignie ręcznego i pedałowego włączania oraz tablica przycisków (guzików) umieszczone są na korpusie prasy. Prasę można włączyć i wyłączyć w dowolnym położeniu suwaka, nawet pod obciążeniem.



Rys. 493. Znormalizowane prasy korbowe (NRD): a) z rewolwerowym podajnikiem półwyrobów, b) z walcowym podajnikiem materiału

Niżej podane są inne typy zmodernizowanych pras.

Na rys. 494 przedstawiona jest prasa przechyłna. Podstawa ma zwartą, sztywną konstrukcję zabezpiecza pedał od przypadkowych uderzeń. Specyficzną cechą prasy nowej konstrukcji jest ręczny przełącznik 1 służący do nastawiania prasy na pracę pojedynczymi skokami lub ciągłą. Łeb korbowodu porusza się w skrzynce olejowej. Przez wziernik 2 widoczny jest poziom oleju. W odchylniej osłonie wbudowany jest licznik 3 skoków suwaka prasy.

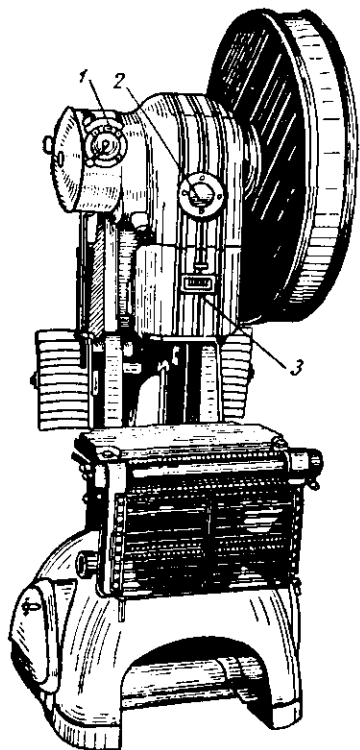
Konstrukcje dużych pras uległy również dużym zmianom. Zamiast konstrukcji z długim wałem o dwóch wykorbieniach powstały konstrukcje pras z mechanizmem kołowo-mimośrodowym bez wału korbowego. Zamiast wału korbowego zastosowane są dwa krótkie proste wały umieszczone prostopadłe do czola prasy, na które nasadzone są jednolite koła zębate z dużymi mimośrodami, które wprawiają w ruch kute korbowody (rys. 495).

Na rys. 496 przedstawiona jest prasa z mechanizmem napędowym kołowo-mimośrodowym, o dużej mocy. Kołowo-mimośrodkowy mechanizm napędowy umieszczony jest w górnej części prasy w skrzyni olejowej.

Prasa ma tzw. czteropunktowe zawieszenie suwaka (na czterech korbowodach)

usuwające możliwość skośnego ustawienia suwaka w razie niesymetrycznego obciążenia go.

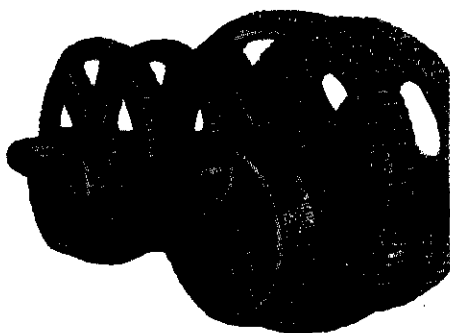
Suwak ma podwójne prowadzenie — po prowadnicach korpusu prasy i za pośrednictwem czterech trzpieni prowadzonych w tulejach.



Rys. 494. Prasa korbowa przechylna

Na rys. 497 przedstawiona jest prasa potrójnego działania do głębokiego ciągnięcia o ogólnym nacisku 1600 T, o odległości między stojakami 4550 mm. W górnej części prasy umieszczony jest suwak zewnętrzny (dociskacza) o czteropunktowym podwieszeniu i suwak wewnętrzny do zamocowania stempla ciągowego.

Rys. 495. Mechanizm napędowy kołowo-mimośrodkowy



W dolnej części (poniżej powierzchni podłogi) umieszczony jest napęd i suwak o ruchu przeciwbieżnym.

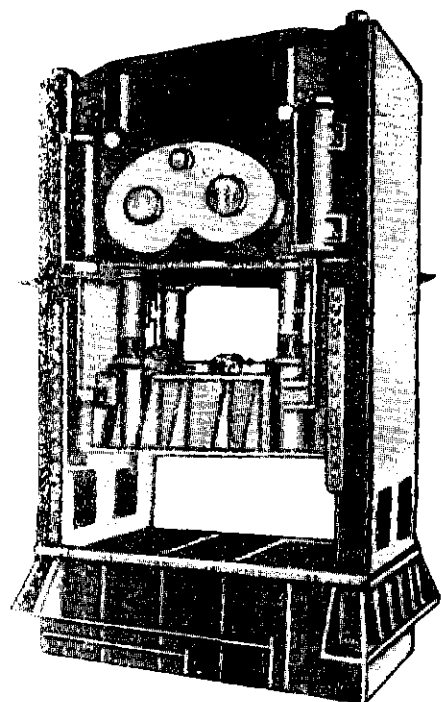
W celu zwiększenia liczby skoków dużych pras ciągowych stosowane są specjalne sprzęgła planetarne (obiegowe) lub elektryczne o dwóch stopniach prędkości, dające

prędkie opuszczanie suwaka, aż do początku ciągnięcia, zmniejszoną prędkość ruchu suwaka w czasie procesu ciągnięcia i prędkość powrotny suwaka. Trzykrotne zwiększenie prędkości ruchu jałowego daje dwukrotne zwiększenie wydajności.

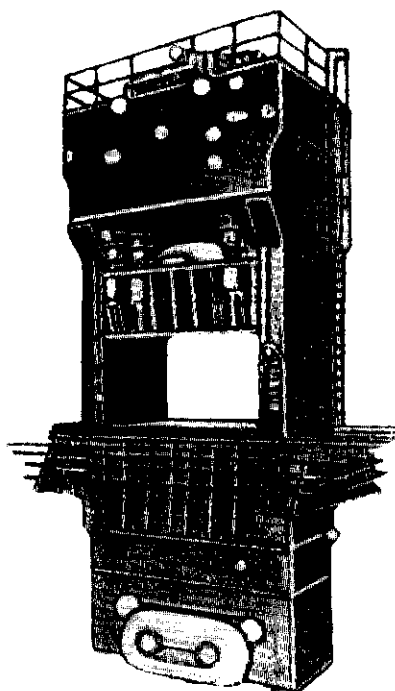
Współczesne konstrukcje pras do tłoczenia mają szereg ulepszeń polegających na mechanizacji obsługi i przyspieszeniu nastawiania prasy.

Do tych ulepszeń zalicza się:

1) mechanizację regulacji odległości suwaka zewnętrznego od stołu prasy w jego dolnym zwrotnym położeniu;



Rys. 496. Prasa czterostojakowa z mechanizmem kołowo-łukowym



Rys. 497. Prasa potrójnego działania o nacisku 1600 T

2) pneumatyczne lub hydrauliczne urządzenie zabezpieczające zewnętrzny suwak przed przeciążeniem, stosowane zwykle w średnich i dużych prasach;

3) oddzielny wolnobieżny napęd (1 skok na minutę) w celu ułatwienia nastawiania prasy i zakładania tłoczników, stosowany głównie w prasach podwójnego działania;

4) wózki z płytami do ustawiania tłoczników służące do szybkiej wymiany tłoczników, umożliwiające dokonanie wymiany na prasach podwójnego działania o nacisku 450 T w ciągu 5 minut.

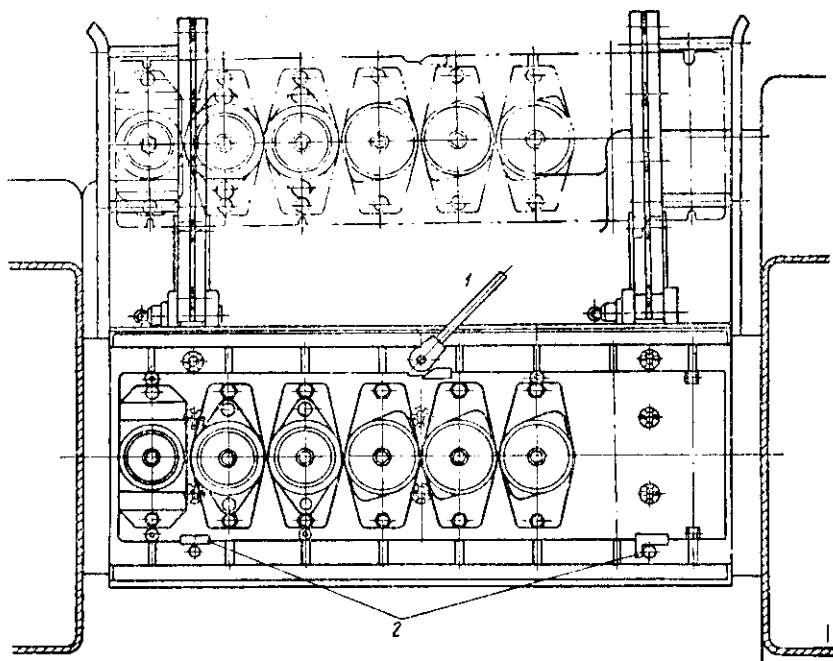
Duży rozwój osiągnęły prasy automaty wielostopniowe do ciągnięcia wielotaktowego.

Obecnie wraz z poprzednio już produkowanymi prasami wielostopniowymi wytwarza się prasy wielostopniowe o nacisku od 400 do 4000 T.

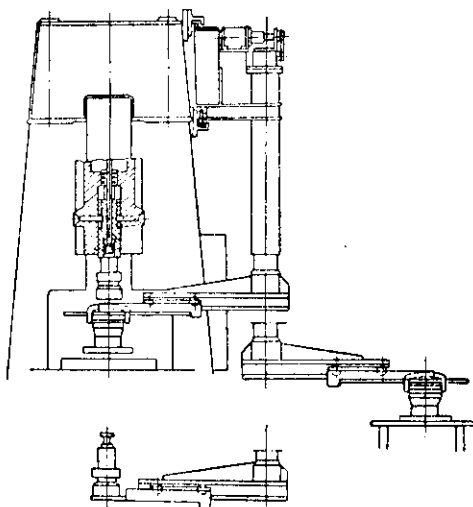
Prasy te przedstawiają w pełni automatyczną linię tłoczniczną, która może być łatwo przebrojona na produkcję różnych przedmiotów.

Wielostopniowe prasy-automaty o małych rozmiarach znajdują zastosowanie

nie tylko w produkcji masowej, lecz i w drobnoseryjnej, wymagającej częstej zmiany tłoczników. Zastosowanie wielostopniowych pras do serii 10000 ÷ 20000 szt. przedmiotów uważane jest za ekonomicznie uzasadnione. W celu zmniejszenia czasu na



Rys. 498. Układ kompletu wymiennych tłoczników na prasie wielostopniowej: 1 — dźwignia zaciskowa, 2 — zderzaki



Rys. 499. Przesuwana „mechaniczna ręka” do ustawiania ciężkich tłoczników

przebrojenie wielostopniowe prasy-automaty wyposaża się w urządzenia i przyrządy służące do ułatwienia i przyspieszenia wymiany tłoczników (rys. 498).

Komplet wymiennych tłoczników montuje się na wspólnej płycie wymiennej umieszczonej na wspornikach znajdujących się z tyłu prasy.

Do ustawiania i zdejmowania ciężkich tłoczników duże prasy zaopatrzone są w obrotowe chwytaki (mechaniczne ręce) (rys. 499).

Na rys. 500 przedstawiona jest czternastostopniowa prasa-automat firmy Schuler, zaopatrzona w urządzenia do dwustronnego podawania taśmy i czternaście oddzielnie regulowanych poduszek powietrznych. Prasa ta stosowana jest do wykonywania

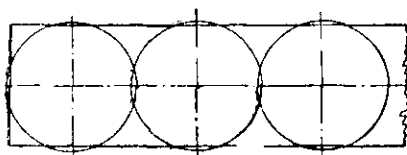
Rys. 500. Czternastostopniowa prasa-automat



zespołów składających się z dwóch części — wytłaczanych na prasie i wycinanych na przedostatniej lub ostatniej pozycji, na której wykonywany jest również montaż zespołu.

W niektórych zakładach wielostopniowe prasy o dużej liczbie pozycji (7÷9) stosowane są do wykonywania różnych części, z których każda wymaga wykonania kilku zabiegów (trzech, czterech).

Drugiego mechanizm podający taśmę do drugiego przedmiotu umieszcza się w środkowej części prasy. Podawanie półwyrobów z jednego zabiegu do drugiego wykonywane jest wspólnym mechanizmem podającym. Jeden z zakładów wytwarzają-



Rys. 501. Schemat wycinania krążków bez odstępów

cych lampy elektryczne zastosował przy tym oryginalną metodę wycinania z rozcina-riem (rys. 501), nie powodującą strat materiału na mostki i umożliwiającą łatwe usuwanie odpadów.

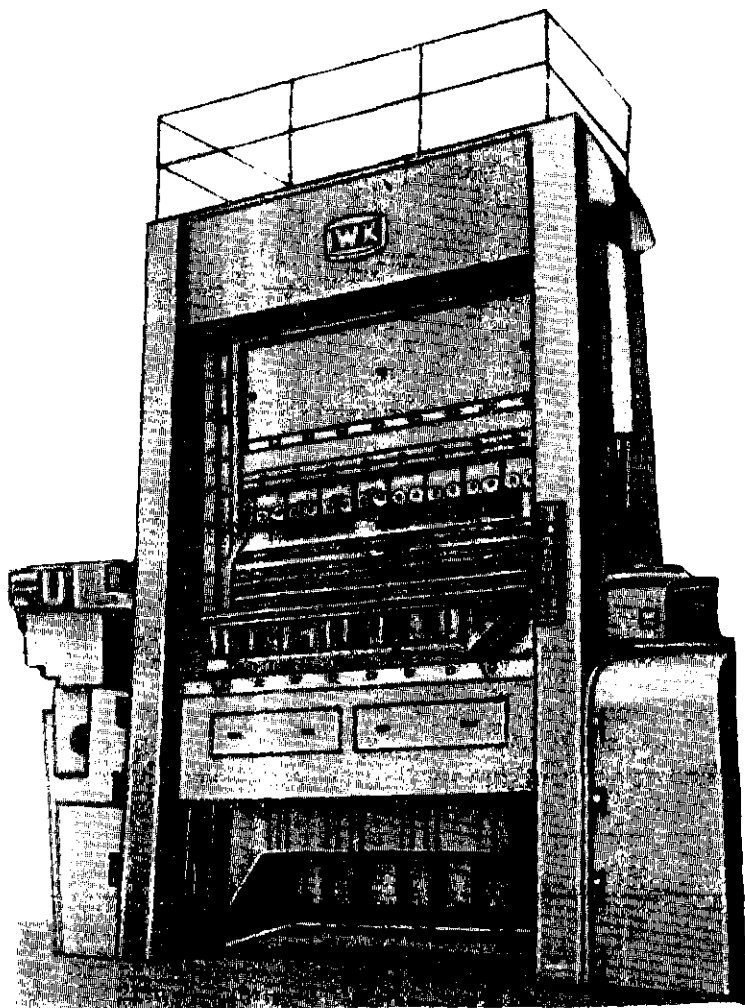
Niewielkie ścięcia z trzech stron półwyrobu wynoszące około 0,5 mm nie mają żadnego wpływu na dalszy proces wielozabiegowego ciągnięcia i nie zakłócają pracy mechanizmu podającego.

Do wielozabiegowego ciągnięcia małych przedmiotów w jednym z zakładów o zautomatyzowanej produkcji tłocznicej zastosowano wielostopniowe prasy-automaty z pionowym przemieszczaniem pojedynczych półwyrobów. Automat taki jest poziomą prasą mimośrodową, w suwaku której zamocowano sześć lub siedem stempli. Automaty zaopatrzone są w urządzenia zasobnikowe i pionowe mechanizmy szeregowe.

Na rys. 502 przedstawiona jest dziewiętnastostopniowa prasa automatyczna firmy IWK o nacisku 200 T przeznaczona do wielozabiegowego ciągnięcia dużych przed-

miotów. Podawanie półwyrobów z jednego zabiegu do drugiego wykonywane jest za pomocą automatycznego mechanizmu szczękowego.

W przemyśle samochodowym w USA stosowane jest wielozabiegowe wielotaktowe tłoczenie dużych części samochodowych z szerokiej taśmy. Do takich części należą: pokrywy kół, obudowy reflektorów, tarcze hamulców, obudowy filtrów, miski



Rys. 502. Dziewięćstopniowa prasa automatyczna o nacisku 200 T

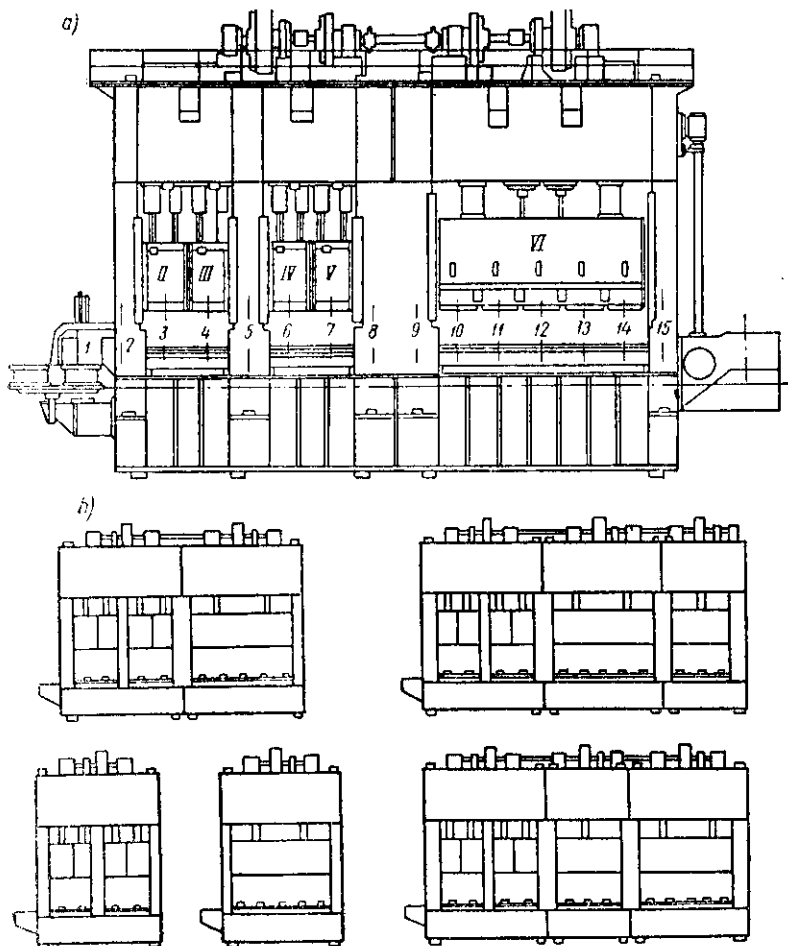
olejowe, osłony zaworów itp. Do tłoczenia takich części budowane są duże prasy-automaty wielostopniowe o nacisku od 400 do 4000 T, o konstrukcji złożonej z oddzielnych sekcji (rys. 503a). Sekcje mogą być zmontowane w różnych układach (rys. 503b).

Sekcyjna konstrukcja pras wielotaktowych umożliwia zastosowanie krótkich niezależnych od siebie suwaków, co zapobiega skośnemu ustawianiu się ich.

Przedstawiona na rys. 503a wielostopniowa prasa o konstrukcji firmy Clearing ma kilka oddzielnych suwaków: II i III o nacisku każdego z nich po 350 T, IV i V o nacisku po 150 T, suwak VI o nacisku 600 T. Ogólny nacisk prasy przy jednoczesnej pracy wszystkich suwaków wynosi 1600 T.

Liczba roboczych skoków wynosi 12 na min. Skok suwaka jest równy 508 mm. Prasa ma automatyczną regulację suwaków.

Prasa ta ma 15 pozycji roboczych (oznaczone na rys. 503a numerami 1÷15): przeznaczona jest do wykonywania dwóch różnych części — płyty pralki i kadłuba



Rys. 503. Wielostopniowa prasa-automat o złożonej konstrukcji sekcyjnej firmy Clearing: a) ogólny widok prasy, b) różne warianty łączenia sekcji

suszarki. Pierwsze części tłoczy się w czasie czterech godzin, następnie po dziesięciominutowym przebrojeniu prasy tłoczy się drugie części. Wydajność prasy wynosi 700 części na godzinę.

Duże prasy-automaty wielostopniowe są w szeregu przypadkach dogodniejsze i bardziej zwarte od wielkich linii automatycznych.

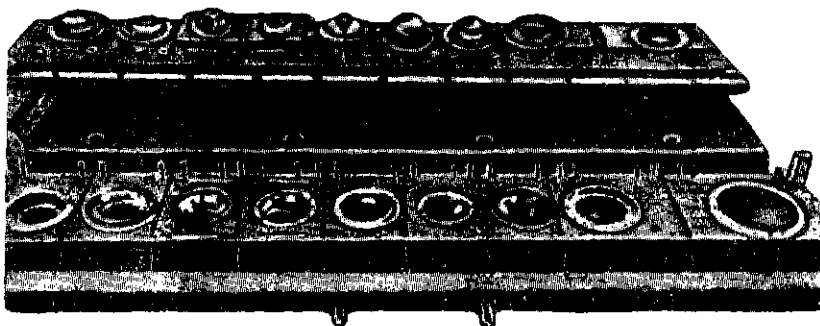
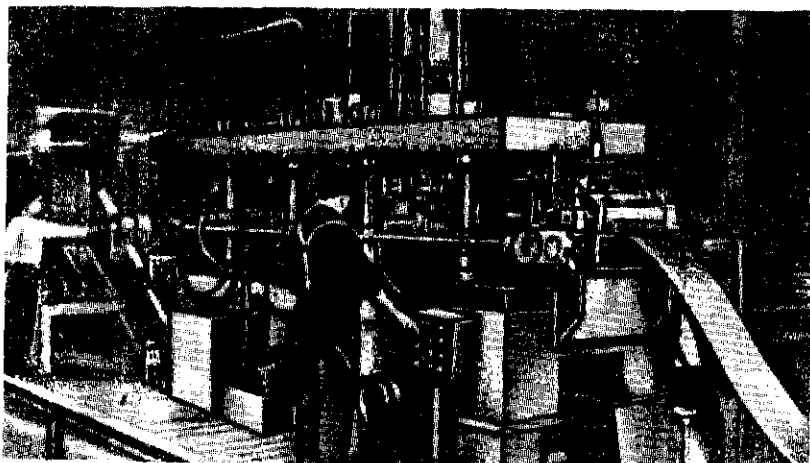
Rozwój wielozabiegowego wielotaktowego tłoczenia spowodował budowę dużych mocnych pras-automatów z dolnym napędem.

Na rys. 504a przedstawiona jest duża prasa o nacisku 350 T, z dolnym napędem, o liczbie skoków wynoszącej 25 na minutę i długości stołu ponad 4000 mm.

Prasa ta stosowana jest do wielotaktowego tłoczenia o głębokości 140 mm, z ta-

śmy stalowej o grubości 1 mm i szerokości 330 mm. Wydajność prasy wynosi 5300 części na jedną zmianę.

Na rys. 504b przedstawiony jest składany dziewięciozabiegowy tłocznic wielozabiegowy do tłoczenia obudowy reflektora. Długość tłocznic wynosi ~ 3800 mm.



Rys. 504. Prasa automatyczna z dolnym napędem o nacisku 350 T: a) ogólny widok prasy, b) wielozabiegowy tłocznic do wykonywania kadłubów lamp samochodowych

Duże znaczenie ma automatyzacja tłoczenia z pasów. W tym celu stosuje się prasy z automatycznym zasilaniem podajnika walcowego pasami z zasobnika lub ze stosu za pomocą gumowych przyssawek (rys. 505).

Dostarczanie taśm do podajnika walcowego odbywa się w następujący sposób. Automatycznie włączany cylinder powietrzny 1 opuszcza ramkę z przyssawkami 3 na stos pasów i wraz z górnym pasem unosi ją. Następnie włącza się automatycznie poziomy cylinder powietrzny 2, który przesuwając w lewo cylinder wraz z przyssanym pasem i kieruje go do pierwszej pary walców. Następnie cylinder powietrzny 4 powoduje obracanie się walców podajnika, a gdy przedni koniec pasa zajmie położenie odpowiadające pierwszemu wycinaniu, — włącza się sprzęgło prasy, która zaczyna pracować automatycznie. Po zakończeniu tłoczenia z pasa sprzęgło automatycznie wyłącza się, a włączają się cylindry powietrzne dostarczające do podajnika walcowego następny pas.

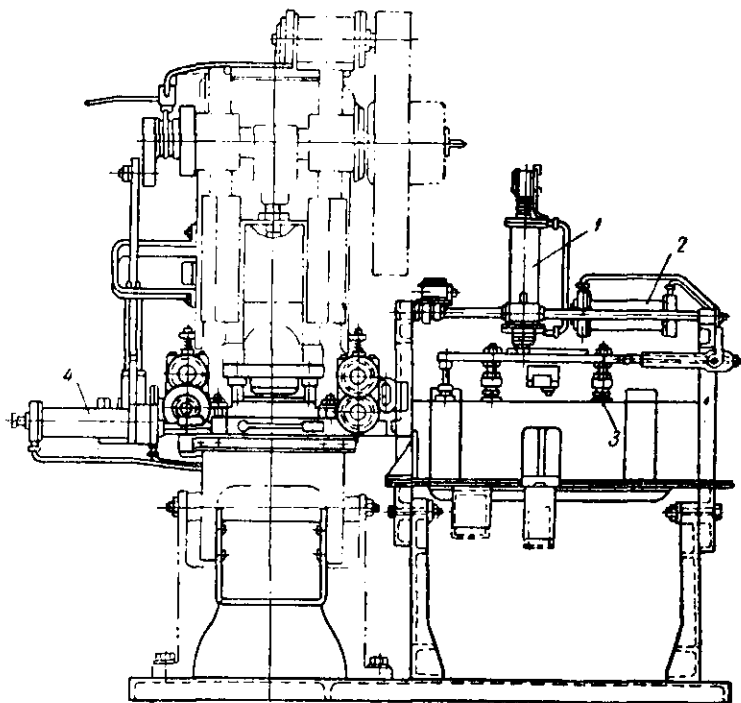
Opisane urządzenie umożliwia podawanie pasów o szerokości od 40 do 140 mm, grubości od 0,5 do 4 mm i długości 600 do 1500 mm.

Skok podawania można zmieniać w granicach od 5 do 200 mm. Dokładność skoku podawania zależy od grubości pasa i wynosi:

przy grubości 0,5÷1,0 mm	±1,0 mm
przy grubości 1,0÷1,5 mm	±0,5 mm
przy grubości 1,5÷4,0 mm	±0,2 mm

W ciągu ostatnich 25 lat zbudowano szereg ultra-szybkobieźnych pras-automatów wykrawających 1200÷2000 skoków na minutę i przeznaczonych głównie do wykrawania małych przedmiotów.

Tłoczenie z taką szybkością odbywa się podczas ciągłego przesuwania się taśmy i jednoczesnego przesuwania się tłoczniaka wraz z taśmą. Tłocznik wykonuje zło-



Rys. 505. Prasa z automatycznym podawaniem pasów (ГАЗ)

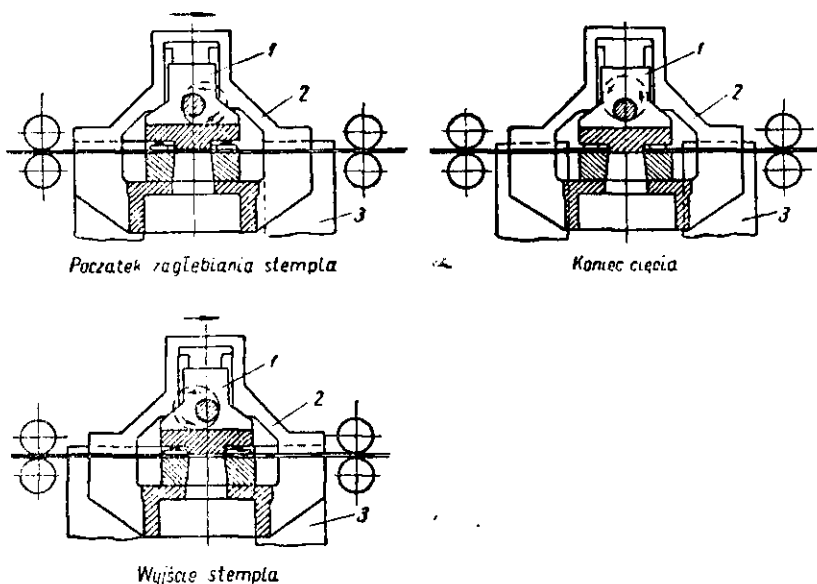
żony ruch składający się z pionowego ruchu roboczego i poziomego przemieszczenia równoległego do kierunku podawania taśmy. Po wysunięciu się stempli z przesuwającej się taśmy tłocznik wraca do pozycji wyjściowej i zaczyna się nowy cykl ruchu.

Na rys. 506 przedstawiony jest schemat pracy takiego automatu firmy Ferrakut. Tłocznik umieszczony jest w przesuwnej oprawie 2 wykonującej ruch posuwistozwrotny w stosunku do nieruchomego kadłuba prasy 3.

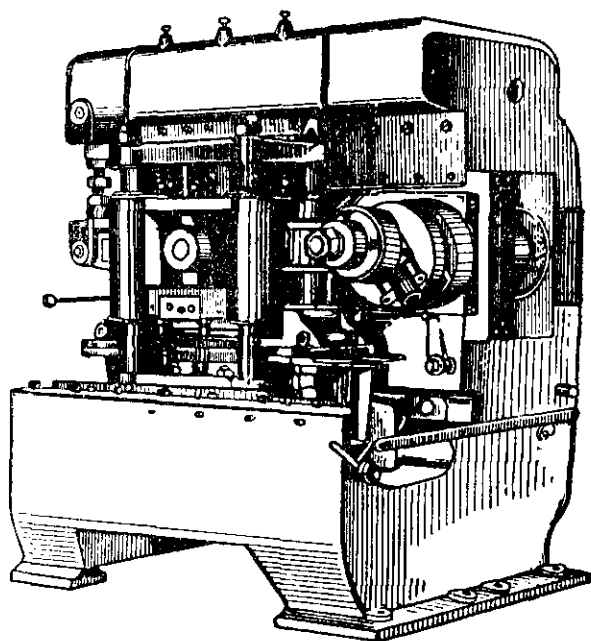
Suwak 1, do którego przymocowana jest górna część tłoczniaka, nasadzony jest bezpośrednio na wał korbowy prasy. Obrotowy ruch korby przekształca się na elementarne przemieszczenia w kierunku pionowym (suwaka) i poziomym (oprawy). Prasa ta o nacisku 10 T ma regulację liczby skoków od 600 do 1000 na minutę.

Na tej samej zasadzie lecz inaczej konstrukcyjnie rozwiązana jest ultra-szybkobieźna prasa firmy Raskin (rys. 507). Mechanizm ruchu składa się z wahacza nasadzonego jednym końcem na wał korbowy, a drugim — przymocowanego prze-

gubowo do wahliwego regulowanego podwieszenia. Środkowy przegub wahacza połączony jest z obsadą tłoczніка. Eliptyczny ruch środkowego przegubu przekształca się w pionowe i poziome ruchy postępowo-zwrotne obsady tłoczніка.



Rys. 506. Schemat pracy ultra-szybkobieżnej prasy automatycznej



Rys. 507. Ultra-szybkobieżna prasa Raskin (ogólny widok)

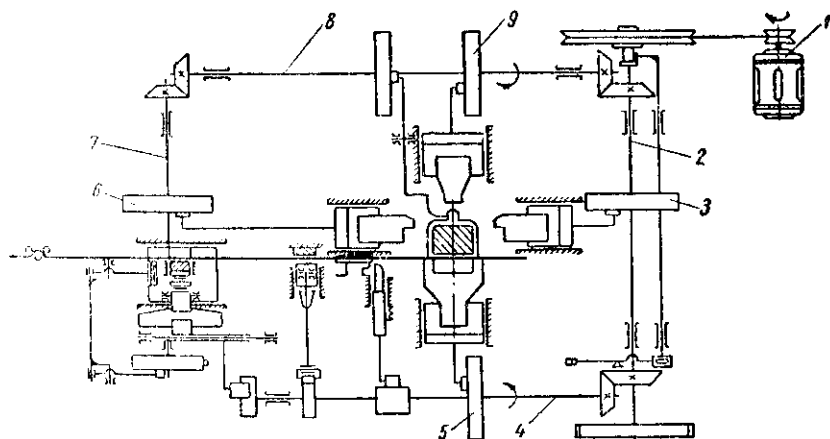
Automaty Raskin budowane są o nacisku od 10 do 50 T, mają regulację liczby skoków, do 1000 na minutę i regulację skoku taśmy od 75 do 200 mm. Większe automaty szybkobieżne budowane są przez firmę UIN o nacisku od 40 do 200 T,

lecz o mniejszej liczbie skoków — od 450 do 200 na minutę. Automaty te przeznaczone są do wykrawania i do płytkiego ciągnięcia.

Należy zaznaczyć, że wysoko szybkobieżne automaty do tłoczenia nie zdobyły szerokiego zastosowania.

W szeregu gałęziach przemysłu dobre wyniki dały poziome automaty do gięcia (wielosuwakowe) stosowane do tłoczenia przedmiotów o złożonym kształcie wykonywanych z taśmy lub z drutu.

Na rys. 508 przedstawiony jest schemat kinetyczny automatu do gięcia. Napęd od silnika 1 przenoszony jest na cztery wały 2, 4, 7 i 8, na które nasadzone są mimośrodowo (krzywki) 3, 5, 6 i 9 powodujące ruch suwaków z narzędziami gnącymi.



Rys. 508. Schemat kinetyczny wielozabiegowego automatu do gięcia

Oprócz głównych krzywek do gięcia automat ma kilka krzywek pomocniczych służących do obróbki zarysu, dziurkowania i odcinania półwyrobów. Zaletą tych automatów jest prostota narzędzi roboczych.

Wydajność wielosuwakowych automatów do gięcia — od 100 do 350 przedmiotów na minutę.

Do tej samej kategorii automatów tłocznich zalicza się automaty B.P. Busza mające tylko jeden wał roboczy z krzywkami napędzającymi dźwignie połączone przegubowo z tłocznikami. Tłoczniki do tych automatów są jednak bardziej złożone.

Zupełnie nowym typem maszyn są wirnikowe maszyny tłocznice [45]. Szczególną ich cechą jest to, że obróbka odbywa się nie podczas nieruchomego położenia półwyrobu, lecz podczas ciągłego jednoczesnego ruchu narzędzi i półwyrobu.

Na rys. 509 przedstawiony jest schemat prasy wirnikowej [45]. Składa się ona z wirnika obracającego się dookoła osi 1. W rowkach wirnika umieszczone są obłady 2 z narzędziami roboczymi wykonujące ruch obrotowy.

Podczas tego ruchu każde narzędzie za pomocą suwaków 5 i 13, współpracujących z nieruchomymi krzywkami bębnowymi 4 i 12, uzyskuje odpowiedni ruch roboczy.

Podawanie półwyrobów do wirnika roboczego i usuwanie z niego wyrobów wykonywane jest za pomocą wirników podającego i odbierającego 10 i 11, skonstruowanych w postaci tarcz zaopatrzonych w chwytaki 3 i 9.

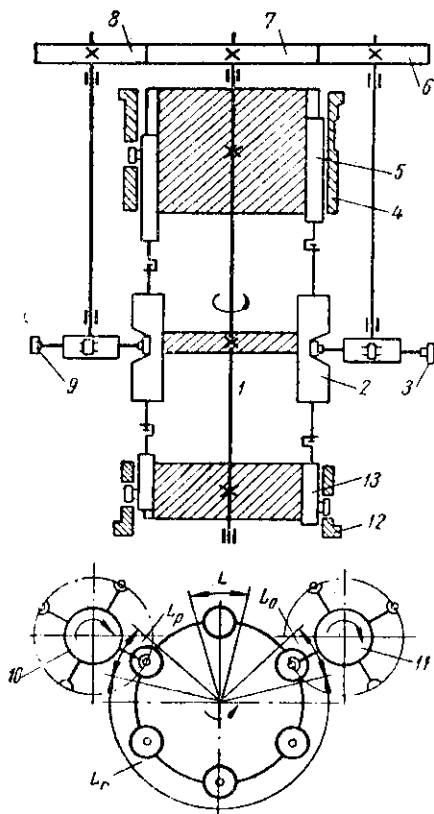
Wirniki podający i odbierający związane są z wałem wirnika roboczego 1 kołami zębatymi 8, 7 i 6, przy czym prędkość obwodowa wirników podającego i odbierającego jest równa prędkości narzędzi wirnika roboczego.

Cykl roboczy tłocznich maszyn wirnikowych określa się długością roboczego

odcinka wirnika L_r i jego prędkością obwodową. Tempo tłoczenia na maszynie wirnikowej zależy od obwodowej prędkości wirnika i od podziałki między narzędziami w wirniku.

Szczególną więc cechą maszyny wirnikowej jest to, że wydajność nie zależy od czasu trwania operacji. Przy dowolnym czasie wykonywania operacji maszyna wirnikowa może zapewnić dowolną wydajność. W tym celu należy w wirniku przewidzieć odpowiednio dużą liczbę narzędzi.

Maszyny wirnikowe umożliwiają budowę wysoko wydajnych kompleksowych linii automatycznych o jednakowej wydajności w różnych operacjach.



Rys. 509. Schemat wirnikowej maszyny tłoczącej [45]

Na rys. 510 przedstawiony jest w rozwinięciu schemat bębnowych krzywkowych i ruchy narzędzi maszyny wirnikowej.

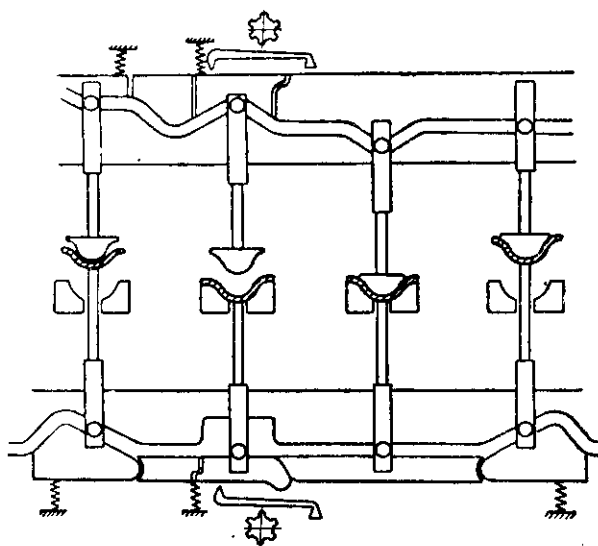
Wraz z rozwojem i modernizacją pras mechanicznych nastąpiło znaczne unowocześnienie pras hydraulicznych stosowanych do tłoczenia na zimno.

Na rys. 511 przedstawiona jest bezakumulatorowa prasa do głębokiego ciągnięcia. Zamiast dużego urządzenia składającego się z pomp i akumulatora, prasy tego typu mają pompę napędową z wirującymi tłokami, napędzaną silnikiem elektrycznym, i zbiornik z olejem umieszczone w górnej części prasy.

Cieczą roboczą jest olej przepływający w obiegu zamkniętym ze zbiornika do cylindra roboczego i z powrotem. Pompa może być nastawiona na automatyczne przełączanie według założonego cyklu za pomocą elektromagnetycznego urządzenia i przekaźnika czasowego. Prasy podobnego typu budowane są o sile nacisku do 200 T i mają dwie prędkości — mniejszą roboczą prędkość ciągnięcia (do 375 m/sek) i większą prędkość ruchu jałowego (do 1000 m/sek).

W ten sposób pod względem szybkobieżności prasy te różnią się od zwykłych pras hydraulicznych i osiągają prędkości dużych pras mechanicznych.

Rys. 510. Rozwinięty schemat wników krzywkowych i ruchu narzędzi



Bezakumulatorowe prasy hydrauliczne mają następujące zalety w stosunku do pras mechanicznych:

- 1) stała prędkość ciągnięcia na całej drodze skoku roboczego,
- 2) niezależność siły nacisku prasy od położenia punktu początku ciągnięcia w stosunku do najwyższego punktu zwrotnego (od kąta obrotu korby w prasach mechanicznych),
- 3) brak uderzenia na początku ruchu roboczego (w chwili zetknięcia się z półwycobem),
- 4) płynność i cichość pracy,
- 5) prosta budowa i obsługa prasy.

Dzięki temu prasy bezakumulatorowe zdobyły szerokie zastosowanie do głębokiego ciągnięcia.

Bezakumulatorowe prasy pojedynczego działania zaopatrywane są w poduszki powietrzne i stosowane są do głębokiego ciągnięcia przedmiotów o prostych symetrycznych kształtach.

Bezakumulatorowe prasy podwójnego działania zaopatrzone w poduszki ciągowo zmieniane są na prasy potrójnego działania i stosowane są do głębokiego ciągnięcia złożonych przedmiotów.

Bezakumulatorowe prasy hydrauliczne powinny obecnie znaleźć jeszcze szersze zastosowanie w produkcji tłoczniczej. Wadą ich jest duża wysokość wymagająca wysokiego pomieszczenia.

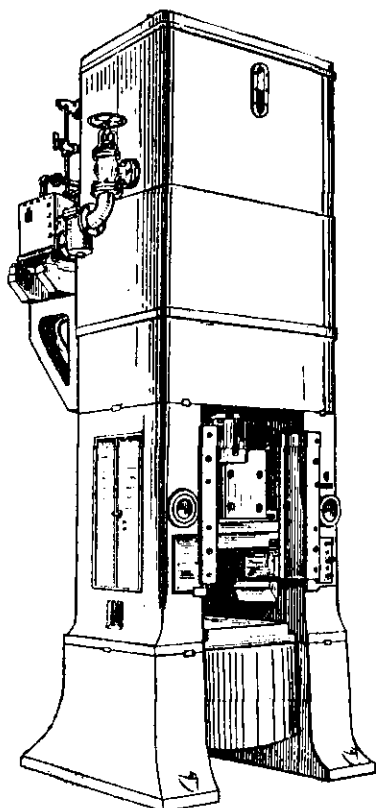
Prasy powietrzne stosowane są w tłocznictwie głównie do następujących celów:

- 1) jako prasy stołowe do montażu, wtlaczania i do drobnych robót tłoczniczych;
- 2) jako specjalne technologiczne agregaty zaopatrzone w cylindry powietrzne i przeznaczone do wykonywania określonych operacji.

Agregaty takie zastępują skutecznie złożone drogie tłoczniki i umożliwiają uniknięcie konieczności zastosowania dużych pras.

Prasy elektromagnetyczne są nowym rodzajem pras. Nie mają one silnika napędowego ani mechanizmu korbowego, a ruch roboczy jest wykonywany wskutek wciągania rdzenia elektromagnesu bezpośrednio połączonego z suwakiem prasy.

Rdzeń elektromagnesu wraca do górnego położenia wyjściowego pod wpływem sprężyny.



Rys. 511. Hydrauliczna prasa bezakumulatorowa do głębokiego ciągnięcia

Na rys. 512 przedstawiony jest schemat prasy elektromagnetycznej składającej się z kadłuba 1, nieruchomej części elektromagnesu — stojana 2, ruchomej części — rdzenia 4, uzwojenia 3, suwaka 5, prostownika i układu sterowania 6 [131].

Prasy elektromagnetyczne są zasilane impulsami prądu stałego z prostownika.

W zależności od charakteru przeprowadzonej operacji w prasach o działaniu elektromagnetycznym mogą być stosowane różne konstrukcje elektromagnesów o różnych charakterystykach (nacisk — wielkość skoku).

Na rys. 514 przedstawiono prasę stołową elektromagnetyczną o nacisku 500 kG w widoku zewnętrznym i w przekroju. Prasa ta jest przeznaczona do operacji wykrawania, gięcia i montażu małych przedmiotów¹⁾.

Konstruktorzy tej prasy opracowali i wprowadzili do produkcji kilka typów pras elektromagnetycznych o naciskach do 3000 kG. Niektóre z nich zastąpiły prasy korbowe, inne — prasy z ręcznym napędem. W pierwszym przypadku prasy elektromagnetyczne dają większą ekonomię energii elektrycznej (10–20 razy).

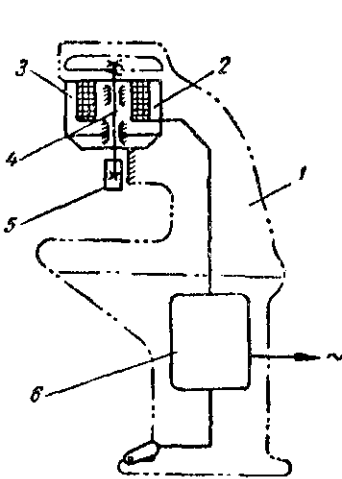
Elektromagnesy mogą być wbudowywane bezpośrednio w tłoczniach, bez stosowania jakichkolwiek pras.

Bardzo korzystnie jest zastosowanie tłoczni elektromagnetycznych do przebijania otworów w dużych arkuszach blach i w dużych półwyrobach. W danym przypadku przebijanie dużej liczby otworów nie wymaga stosowania pras o dużych

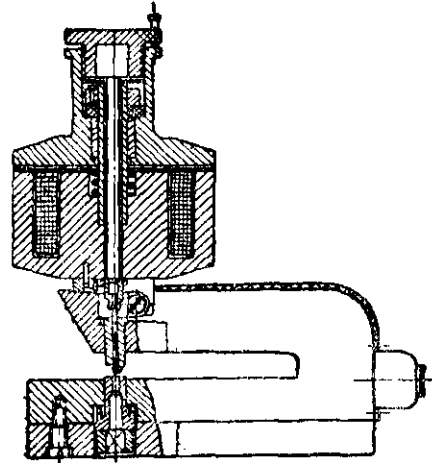
1) Konstrukcja M. E. Sluckiego, O. N. Jakowliewa i L. N. Andrejewa — Rybakowa (Zakłady Wytwarzania Metalowych, Leningrad).

wymiarach i może być wykonywane na płycie z rowkami do zamocowywania tłoczników elektromagnetycznych (rys. 513).

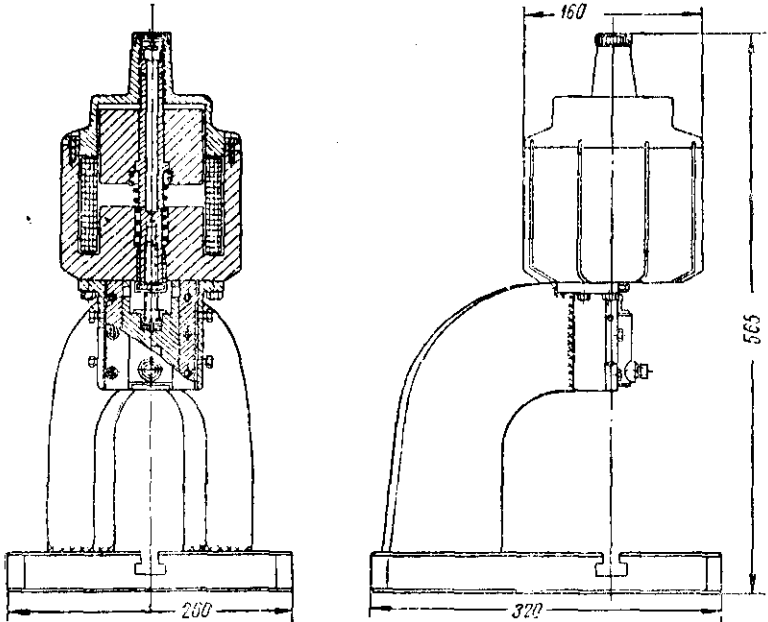
W celu zwiększenia wydajności tłoczenia nowatorzy modernizują stare prasy i za



Rys. 512. Schemat prasy elektromagnetycznej



Rys. 513. Dziurkownik elektromagnetyczny



Rys. 514. Ogólny widok i przekrój elektromagnetycznej prasy stołowej

pomocą wprowadzenia małych zmian zwiększają liczbę skoków z 120 na 200 ÷ 400 na minutę, przy zastosowaniu automatycznego podawania taśmy [20].

Zwiększenie liczby skoków jest celowe tylko w przypadku zastosowania automatycznego lub półautomatycznego podawania materiału (lub pojedynczych półwyrobów), gdy można wykorzystać każdy skok prasy.

MECHANIZACJA I AUTOMATYZACJA PROCESÓW TŁOCZENIA NA ZIMNO

3. Drogi i sposoby automatyzacji tłoczenia na zimno

Automatyzacja tłoczenia umożliwia kilkukrotne zwiększenie wydajności tłoczenia oraz zapewnienie zupełnego bezpieczeństwa pracy na prasach.

W razie ręcznego podawania i usuwania przedmiotów i odpadów wykorzystuje się tylko 25÷30% skoków, a w szeregu przypadkach nawet mniej.

W przypadku pełnej mechanizacji wykorzystanie liczby skoków prasy osiąga 100%, chociaż rzeczywista liczba wykorzystanych skoków w ciągu jednej zmiany jest nieco niższa od liczby możliwej do wykonania, ze względu na przerwy spowodowane przestawianiem tłoczników, wprowadzaniem nowej taśmy itp., wskutek czego wykorzystanie liczby skoków wynosi od 80 do 95%. Oprócz tego automatyzacja procesu tłoczenia pozwala na zwiększenie nominalnej liczby skoków prasy: bez tej modernizacji — o 20 do 30%, a z modernizacją — 2÷3-krotnie.

W przypadkach, gdy pełna automatyzacja procesu jest utrudniona, ze względu na złożoność i długotrwałość jej wprowadzania lub ze względu na ekonomiczną niecelowość, należy stosować prostszą mechanizację robót pomocniczych — podawanie półwyrobów i usuwanie wytłoczek i opadów.

Automatyzacja tłoczenia na zimno realizowana jest za pomocą jednego z następujących sposobów:

- 1) automatyzacji tłoczenia na uniwersalnych prasach korbowych;
- 2) tłoczenia na uniwersalnych automatach tłocznicych, umożliwiających przeobrażenie w celu tłoczenia różnych przedmiotów;
- 3) tłoczenia na specjalnych automatach tłocznicych, przeznaczonych do wykonywania jednego określonego przedmiotu;
- 4) kompleksowej automatyzacji z zastosowaniem automatycznej lub zautomatyzowanej linii.

Stopień możliwej automatyzacji pras do tłoczenia na zimno zależy przede wszystkim od typu i skali produkcji oraz od ekonomicznej celowości jej zastosowania.

W produkcji masowej małych przedmiotów jednego typu stosuje się automatyzację kompleksową wszystkich ogniw procesu wytwarzania. Przy czym szeroko wykorzystywane są specjalne prasy automaty.

W produkcji masowej dużych przedmiotów szeroko stosowane są automatyczne linie pras.

W produkcji seryjnej i drobnoseryjnej zwykle stosuje się uniwersalne automaty do tłoczenia oraz automatyzację tłoczenia na uniwersalnych prasach korbowych i mimośrodowych. W razie tłoczenia dużych przedmiotów z ciężkich arkuszy sto-

suje się mechanizację podawania materiału i usuwania wytłoczek za pomocą mechanicznych rąk, a również buduje się automatyczne linie tłocznice.

W produkcji seryjnej i wielkoseryjnej stosuje się pełną lub częściową automatyzację (mechanizację) tłoczenia na uniwersalnych prasach korbowych i mimośrodowych. W danym przypadku wykorzystuje się uniwersalne środki mechanizacji nadające się do różnych wyrobów produkcji seryjnej.

W zasadzie celowość stosowania tego lub innego stopnia mechanizacji jest zwykle oczywista; w poszczególnych przypadkach ustala się ekonomiczną jej celowość na podstawie obliczeń (rozdział II, część druga). Jednak nawet w razie braku odczuwalnej korzyści ekonomicznej należy dać pierwszeństwo produkcji zmechanizowanej, ponieważ oprócz wyraźnej oszczędności kosztów robocizny, mechanizacja procesów daje korzyści wynikające ze skrócenia cyklu produkcyjnego, zmniejszenia czasu półwyrobów, skrócenia rotacji środków obrotowych, zmniejszenia powierzchni składowania itp.

Sz szczególnie dużą zaletą mechanizacji i automatyzacji procesów tłoczenia jest pełne bezpieczeństwo pracy, ponieważ odpadają ręczne czynności w roboczej przesłuzni tłoczniaka.

W przypadku najbardziej niebezpiecznych robót, na przykład w razie stosowania materiału wyjściowego w postaci małych półwyrobów, należy przewidzieć pełną lub częściową mechanizację (choćby w postaci automatycznego spychania i usuwania wytłoczek) niezależnie od ekonomicznej celowości jej zastosowania.

Rozróżnia się następujące główne kierunki automatyzacji tłoczenia na zimno.

Automatyzacja tłoczenia na uniwersalnych prasach korbowych i mimośrodowych wykonywana jest dwoma sposobami:

1) za pomocą zastosowania automatycznych i półautomatycznych tłoczników wyposażonych w mechanizmy do podawania półwyrobów,

2) przez zaopatrzenie pras korbowych lub mimośrodowych w uniwersalne mechanizmy do podawania półwyrobów.

Zastosowanie automatycznych i półautomatycznych tłoczników umożliwia prawie całkowite wykorzystanie skoków prasy i zwiększenie wydajności 3÷4 razy. Niekiedy błędnie się uważa, że tłoczniki z indywidualnym mechanizmem podawania są mniej celowe i mniej ekonomiczne niż mechanizmy podawania przymocowane bezpośrednio do prasy. Jeżeli jest to słuszne w przypadkach podajników szerokich pasów i przy dużym skoku podawania (powyżej 50 mm), to zupełnie niesłuszne w stosunku do podajników wąskich pasów przy małym skoku (do 50 mm).

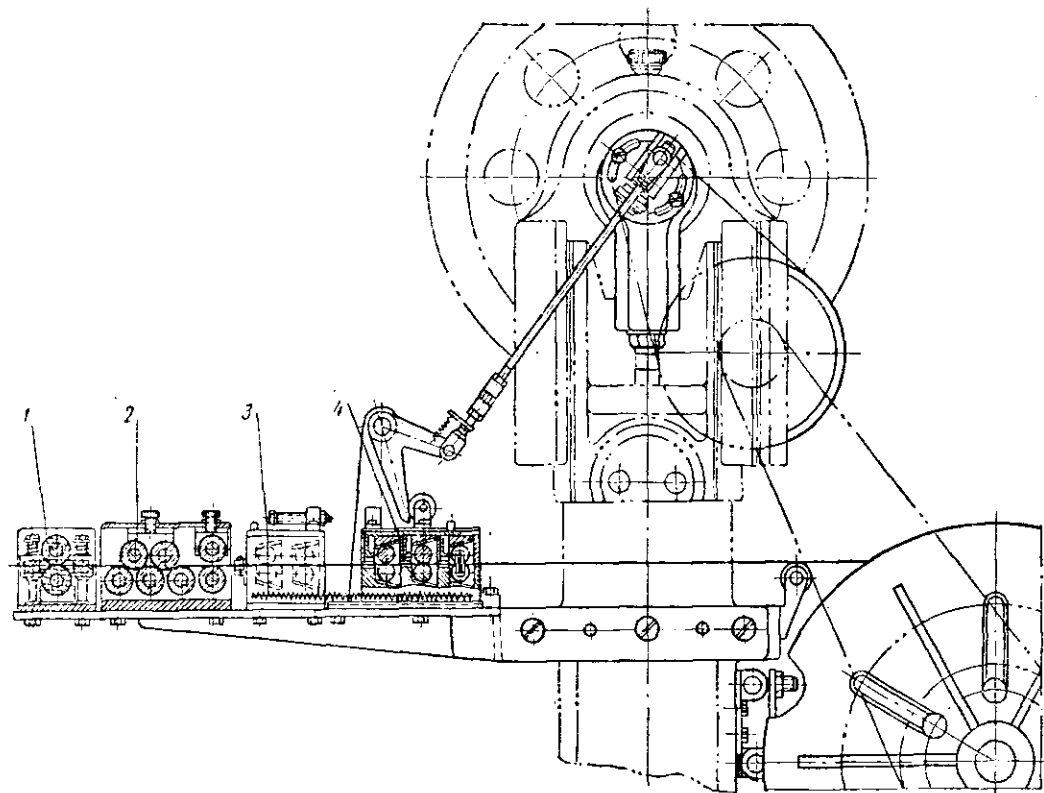
W ostatnim przypadku zaleca się stosowanie mechanizmów o uniwersalnym regulowanym podawaniu typu zaciskowego lub hakowego, które mogą być dołączone do dowolnego tłoczniaka.

Inne rodzaje urządzeń stosowanych w automatycznych lub półautomatycznych tłocznikach podane są dalej — w tabl. 260.

Do automatyzacji pracy na zwykłych prasach korbowych i mimośrodowych stosowane są następujące rodzaje mechanizmów automatycznego podawania materiału:

Walcowy	}	do materiału w postaci pasów i taśm
Zaciskowy		
Zaciskowo-rolkowy		
Hakowy		
Magazynkowy	}	do materiału w postaci pojedynczych półwyrobów
Bębnowy		
Mechaniczna ręka		

Na rys. 515 podano przykład automatyzacji małej prasy mimośrodowej za pomocą zaopatrzenia jej w mechanizm zaciskowo-rolkowy do podawania taśmy.



Rys. 515. Schemat sposobu zainstalowania podajnika zaciskowo-rolkowego na prasie mimośrodowej: 1 — rolki do czyszczenia i smarowania taśmy, 2 — walce prostujące, 3 — zacisk nieruchomy, 4 — zacisk przesuwny

Tłoczenie na uniwersalnych automatach tłoczniczych zdobywa coraz szersze zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu.

Do takich automatów zalicza się:

- 1) pionowe prasy automatyczne z podajnikiem walcowym, zaciskowym lub rewolwerowym,
- 2) poziome prasy automatyczne z bębnowym podajnikiem pojedynczych półwyrobów,
- 3) prasy wielostopniowe,
- 4) prasy-automaty z dolnym napędem,
- 5) automatyczne prasy do tłoczenia z pasów (większość z nich już poprzednio omówiono).

Specjalne automaty tłocznicze przeznaczone do wykonywania jakiegokolwiek określonego przedmiotu zdobyły zastosowanie w masowej produkcji zarówno ma-

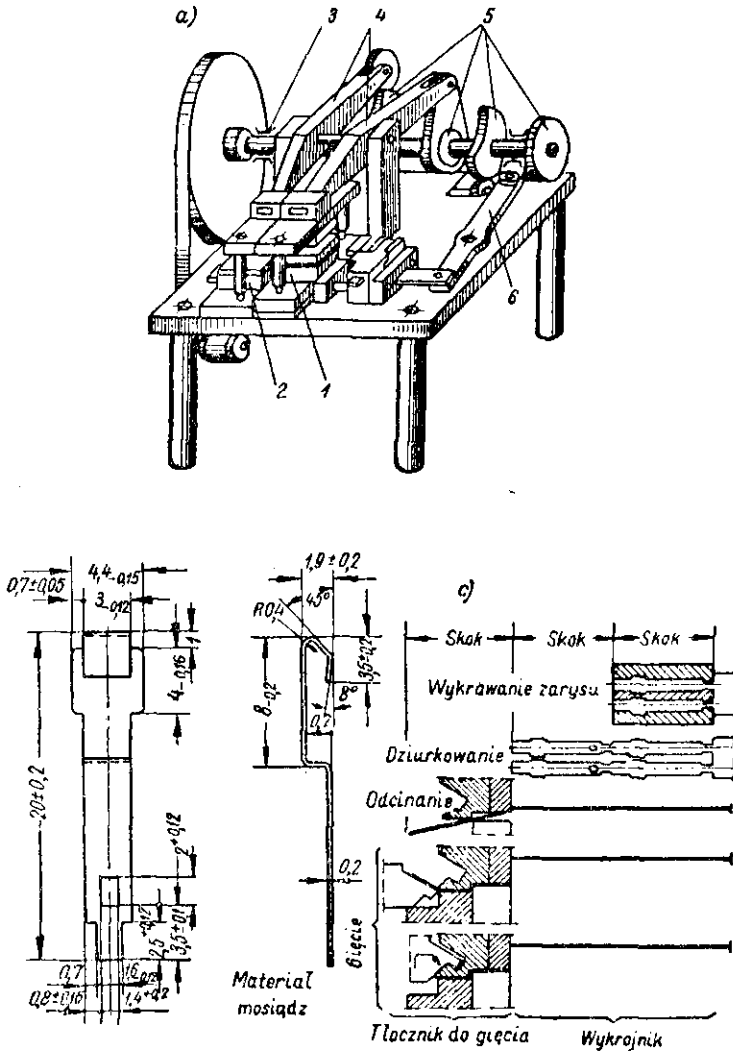


Fig. 516. Specjalny automat do tłoczenia: a) schemat automatu, b) przykład tłoczonego przedmiotu, c) przebieg tłoczenia

łych przedmiotów, jak i o średniej wielkości. Na przykład specjalne automaty W.P. Busza stosowane są do tłoczenia małych części elektronicznych (rys. 516).

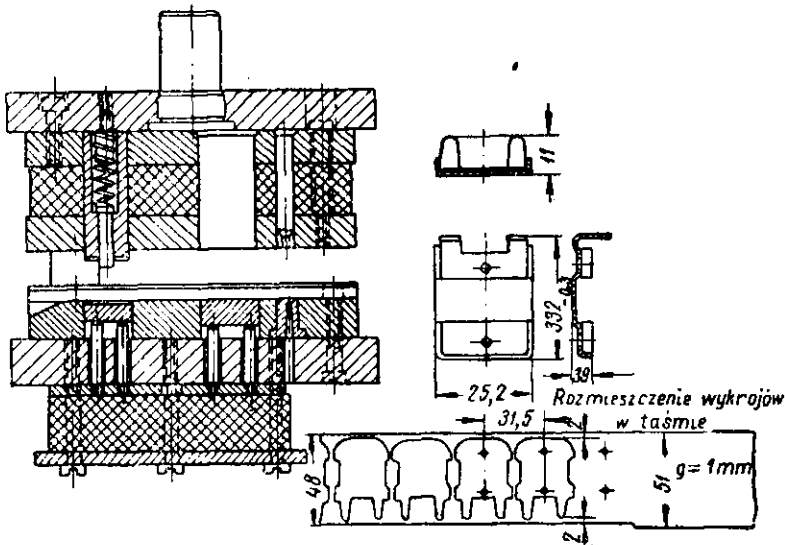
Automat Busza składa się z wykrojnika 1 i tłoczni do gięcia 2, które uruchamiają się dźwigniami 4 napędzanymi krzywkami 5, osadzonymi na wale roboczym 3. Automatyczne podawanie taśmy wykonywane jest pod działaniem krzywki 6.

Prawidłowe rozwiązanie zagadnienia mechanizacji i automatyzacji tłoczenia na zimno może być uzyskane tylko w warunkach właściwego opracowania procesów technologicznych i w szczególności przy prawidłowym łączeniu operacji w jednym tłoczniku.

Przed przystąpieniem do opracowania urządzenia do mechanizacji, należy w maksymalnym stopniu połączyć poszczególne zabiegi i zmniejszyć liczbę operacji.

Należy w pełni w największym możliwym stopniu wyeliminować operacje z ręcznym podawaniem pojedynczych półwyrobów do tłoczni.

Na rys. 517 podany jest przykład wielotaktowego tłoczenia z powrotnym wtlaczaniem wytłoczek w taśmie i podawaniem ich pod stempel gnący.



Rys. 517. Tłocznik wielotaktowy z powrotnym wtlaczaniem w taśmę wyciętych przedmiotów

Zastosowanie takich tłoczników umożliwia uniknięcie drugiej operacji z ręcznym podawaniem półwyrobów i zmniejszenie pracochłonności wykonania wytłoczek o 40 ÷ 60%. Sposób ten stosuje się przy grubości materiału od 0,3 do 1,5 mm.

Należy pamiętać, że zastosowanie wielotaktowych tłoczników jest najprostszym sposobem mechanizacji procesu tłoczenia.

Tłoczniki typu jednoczesnego umożliwiają zmniejszenie liczby operacji (z odpowiednim ustaleniem położenia materiału i usuwaniem wytłoczek) i są najbardziej celowe w przypadku tłoczenia przedmiotów o wymaganej wysokiej dokładności lub o dużych wymiarach. Jednak tłoczniki te w pełni rozwiązują zadanie mechanizacji procesu tłoczenia tylko w razie zastosowania automatycznego podawania półwyrobów i usuwania wytłoczek.

Tłoczniki wielotaktowe są najbardziej nowoczesne z punktu widzenia mechanizacji procesów, ponieważ w nich jest całkowicie zmechanizowane międzyzabiegowe podawanie półwyrobów i usuwanie gotowych wytłoczek.

W razie zastosowania automatycznego podawania taśmy wielotaktowy tłocznik tworzy pełny automat, wymagający tylko założenia nowego kręgu taśmy i okresowego obserwowania zużycia narzędzi i jakości przedmiotów.

Wielotaktowe tłoczenie w taśmie z automatycznym podawaniem taśmy przedstawia sobą maksymalnie skoncentrowaną linię automatyczną. To, że ta linia automatyczna utworzona jest w jednym tłoczniku wielozabiegowym i wymaga tylko jednej prasy, jest dużą zaletą danej linii.

Bardzo korzystne jest stosowanie w masowej produkcji małych przedmiotów wielotaktowego tłoczenia wielorzędowego. W danym przypadku osiągana jest najwyższa wydajność i ekonomiczne wykorzystanie materiału.

Sposób wielotaktowego tłoczenia małych przedmiotów ma wyraźne pierwszeństwo w stosunku do tłoczenia na jednozabiegowych prasach-automatach. Wielozabiegowe tłoczники wielotaktowe do ciągnięcia w taśmie nie wymagają zwykle dużej dokładności i wykonywane są z samonastawnymi stemplami ciągowymi, co umożliwia wykonywanie ich w stosunkowo małych zakładach, nie rozporządzających dobrze wyposażoną narzędziownią.

Konstrukcje urządzeń do automatyzacji i mechanizacji procesów tłoczenia są szczegółowo opisane w literaturze poświęconej specjalnie temu zagadnieniu [38, 53, 55, 57, 103, 105, 106].

W książce tej podany jest tylko krótki przegląd podstawowych typów urządzeń oraz podane są ogólne wytyczne ich zastosowania.

W tłoczeniu na zimno mechanizuje się i automatyzuje następujące elementy procesu wytwarzania:

- 1) podawanie pasów, taśm i pojedynczych półwyrobów w procesie tłoczenia;
- 2) usuwanie wytłoczek i odpadów z tłoczника;
- 3) liczenie i układanie wytłoczek;
- 4) automatyczne sterowanie procesem tłoczenia, sortowanie i usuwanie braków lub automatyczne wyłączanie prasy w razie pojawienia się braków;
- 5) międzyoperacyjny transport półwyrobów;
- 6) usuwanie odpadów z oddziału.

4. Mechanizacja i automatyzacja podawania materiału i półwyrobów

W zależności od postaci materiału wyjściowego stosuje się następujące sposoby mechanizacji podawania:

1) do materiału w postaci taśm (w kręgach) i pasów — automatyzacja podawania za pomocą podajników walcowych, zaciskowych i hakowych;

2) do materiału w postaci arkusza — zwykle automatyzacja podnoszenia i ustalenia położenia arkusza, rzadko — automatyzacja podawania podczas tłoczenia (podawanie zakosowe);

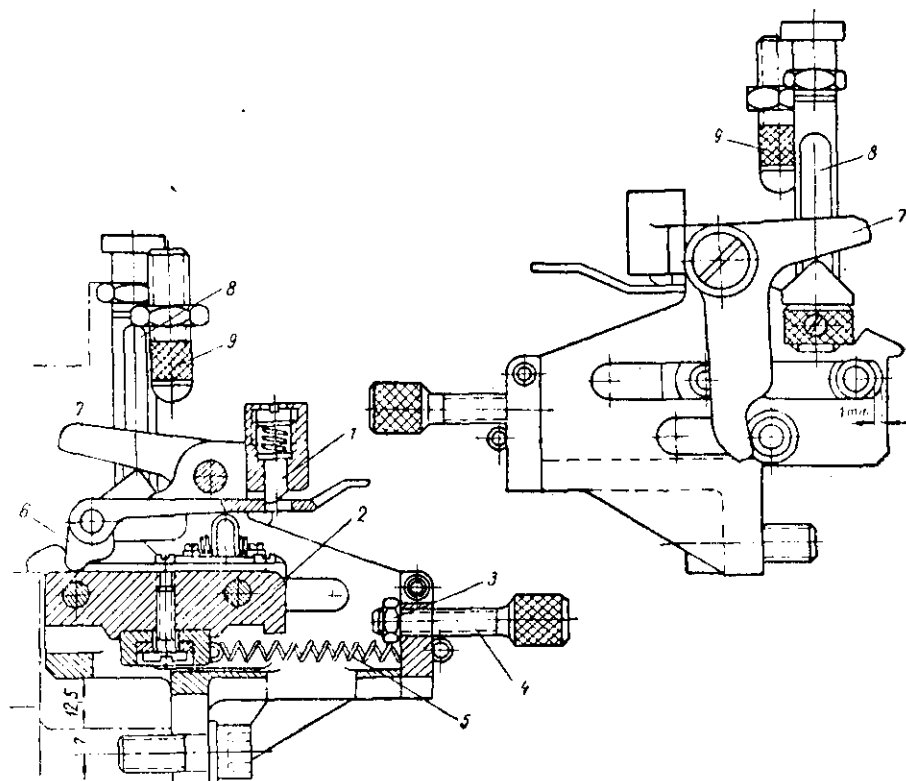
3) do materiału w postaci pojedynczych półwyrobów — automatyzacja podawania za pomocą urządzeń bębnowych i mechanizmów chwytakowych, a w szeregu przypadkach — mechanizacja za pomocą urządzeń korytkowych, rewolwerowych, ciernych i mechanizmów magazynkowych, wymagających ręcznego układania półwyrobów w określonym położeniu.

Urządzenia do mechanicznego podawania materiału w zwojach i pasach są w większości przypadków zespołem należącym do prasy i są mechanizmami uniwersalnymi, umożliwiającymi regulację skoku podawania. Znacznie rzadziej stosuje się mechanizmy do podawania pasów materiału, wchodzące w skład tłoczника.

Z mechanizmów podajnikowych wchodzących w skład tłoczника najbardziej celowe są podajniki hakowe oraz regulowane uniwersalnie urządzenia ze względu na prostą ich konstrukcję i łatwość wykonania.

Na rys. 518 przedstawiony jest odejmowany uniwersalny mechanizm¹⁾ do automatycznego podawania pasów i taśm o szerokości do 45 mm, z nastawnym skokiem podawania od 2 do 40 mm, który może być dobudowany do dowolnego wykrojnika jedno- lub wielotaktowego.

Mechanizm ten jest bardzo prosty, tani i dogodny w pracy. Zasadniczą jego częścią jest suwak 2, przesuwany sprężynami 5 w położenie wyjściowe do podawa-



Rys. 518. Uniwersalny mechanizm do automatycznego podawania pasów i taśm

nia (z prawej strony), podający taśmę przy przesuwaniu się w lewą stronę (do tłoczni-
nika).

Przesuw ten uzyskuje się za pomocą cięgna 8 obracającego dźwignię 7, która drugim końcem przesuwą wzdłuż wycięcia tulejkę osadzoną na sworzniu zamocowanym w suwaku podajnika.

Podczas roboczego ruchu suwaka podajnika, wykonywanego w czasie jałowego ruchu suwaka prasy, zacisk 6 zaklinowuje taśmę i podaje ją do roboczej strefy tłoczniaka.

Wielkość skoku podawania określona jest wielkością odsunięcia suwaka 2 podajnika do położenia wyjściowego i reguluje się śrubą nastawczą 4.

Suwak wraz z taśmą ustalany jest w położeniu roboczym zatrząskiem 1 zaskakującym w otwór w ramieniu zacisku.

¹⁾ Konstrukcji B.S.Litwinienki.

Podczas roboczego ruchu suwaka prasy zderzak 9 naciska na dźwignię zatrasku, podnosi go i zwalnia suwak podajnika, który pod działaniem sprężyn 5 wraca do położenia wyjściowego.

Taśma jest w tym czasie unieruchomiona stemplami.

Mechanizm ten jest wypróbowany przy częstości skoków do 400 na minutę i przy małych skokach dokładność podawania wynosi $\pm 0,2$ mm.

W tabl. 260 podane są podstawowe typy urządzeń do automatycznego podawania materiału w postaci pasów i taśm.

Oprócz podanych uniwersalnych typów urządzeń stosuje się w szczególnych przypadkach prasy-automaty z przysawkami do automatycznego podawania pasów uprzednio ułożonych w stosy.

Podstawowe typy urządzeń do podawania ręcznego pojedynczych półwyrobów (kostkowe, suwakowe i obrotowe) były już poprzednio przedstawione w tabl. 226.

W tabl. 261 przedstawione są podstawowe półautomatyczne urządzenia typu suwakowego, rewolwerowego, ciernego i próżniowego przeznaczone do mechanizacji podawania pojedynczych półwyrobów wymagające uprzedniego ułożenia półwyrobów w określonym położeniu.

Bębnowe urządzenia podajnikowe zaopatrzone są w zbiornik (bębn), do których wspływa się półwyroby. Bęben zaopatrzony jest w mechanizm do chwytania i kierunkowego ustawiania półwyrobów. Mechanizmy te nie mają sztywnego kinematycznego powiązania z prasą.

Bębnowe urządzenia podajnikowe składają się z następujących mechanizmów: bęben, mechanizm chwytający i ustawiający, magazynek, mechanizm pojedynczego oddzielania, zasilacz.

Konstrukcja bębnowych urządzeń podajnikowych zależy od kształtu i wymiarów półwyrobów.

Bębnowe urządzenia podajnikowe stosowane są w produkcji masowej do automatyzacji podawania małych półwyrobów o prostym kształcie geometrycznym.

Średnia wydajność mechanizmu chwytakowego i ustawiającego powinna być większa od wydajności obsługiwanej prasy.

Zrędné półwyroby są umieszczane w magazynku albo usuwane specjalnym spychaczem. Bliższe dane dotyczące urządzeń bębnowych i magazynkowych można znaleźć w książkach poświęconych tym zagadnieniom [55, 282].

W tabl. 262 przedstawione są podstawowe typy urządzeń bębnowych do chwytania i ustawiania półwyrobów wsypywanych do bębna. Urządzenia te są zaopatrzone w przyrządy do obracania i nadawania jednakowego położenia półwyrobom.

Przedstawione urządzenia bębnowe powinny być zaopatrzone w mechanizmy do oddzielania każdego półwyrobu i przemieszczania go do roboczej strefy tłoczniaka.

Wzrost szerokiego zastosowanie zdobyły bębny wibracyjne, zamiast bardziej złożonych bębnowych mechanicznych. Bęben wibracyjny składa się z przyrządu wywołującego drgania i samego bębna ze śrubowo ukształtowaną bieżnią, po której poruszają się półwyroby (rys. 519) [340].

Urządzenie napędowe składa się z elektromagnetycznych wibratorów 6, zasilanych z sieci prądu zmiennego za pośrednictwem prostownika selenowego (usuwanego dolną część sinusoidy).

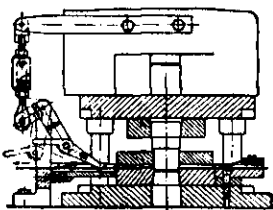
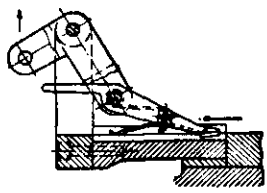
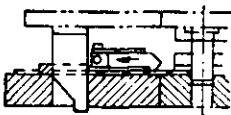
Zwora elektromagnesu wykonuje 3000 drgań na minutę (przy częstotliwości prądu 50 okr./sek) o amplitudzie regulowanej w granicach od 0,05 do 1 mm.

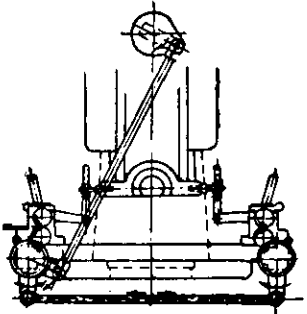
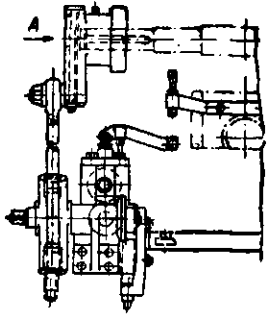
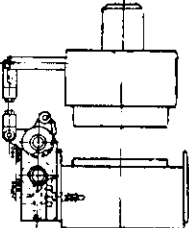
Zwory elektromagnesów 5 przymocowane są do kątowników 3, osadzonych na resorach 4 z płaskiej lub okrągłej stali sprężynowej.

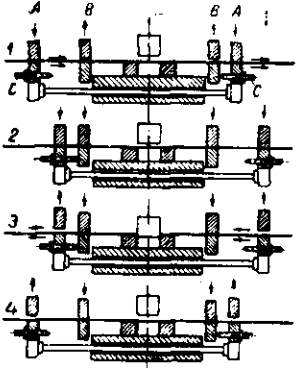
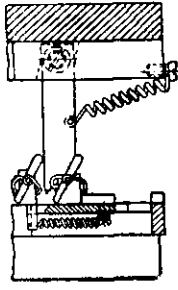
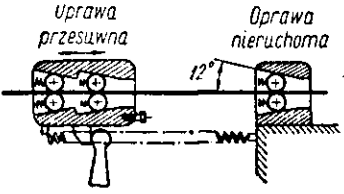
Na górnych kątownikach umieszczony jest krążek 2, który jest podstawą bębna 1.

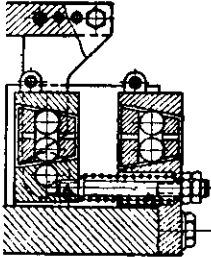
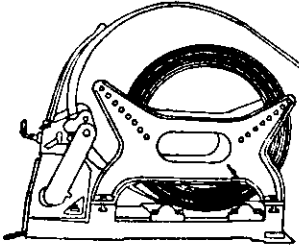
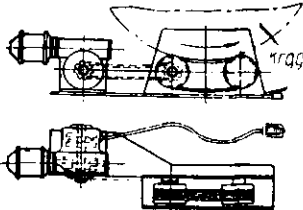
Funkcja działania bębna wibracyjnego polega na tym, że w czasie przechodzenia przez elektromagnes maksymalnego prądu następuje przyciąganie zwory 5 i rap-

Tablica 260. Podstawowe rodzaje urządzeń do automatycznego podawania taśm i pasów

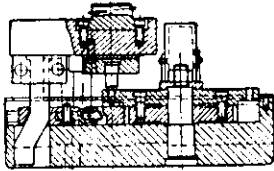
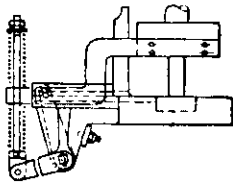
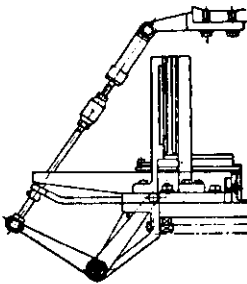
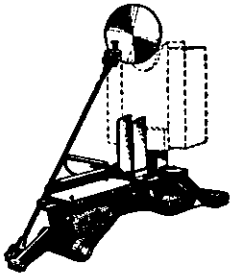
Typy urządzeń	Szkice	Zastosowanie
<p>Podajnik hakowy związany z konstrukcją prasy</p>		<p>Do podawania pasów materiału o grubości od 1 do 5 mm. Dokładność podawania od $\pm 0,2$ mm (przy skoku do 50 mm) do $\pm 0,5$ (przy skoku 100 mm). Konieczne stosowanie pilotów. Liczba skoków do 120 na min.</p>
<p>Podajnik hakowy związany z konstrukcją tłoczni</p>		<p>Zastosowanie takie samo jak poprzedniego urządzenia lecz przy mniejszym skoku podawania (do 40 mm)</p>
<p>Podajnik hakowo-klinowy związany z konstrukcją tłoczni</p>		<p>Zastosowanie jak wyżej. Uruchamiany klinem przesuwającym suwak z hakiem</p>

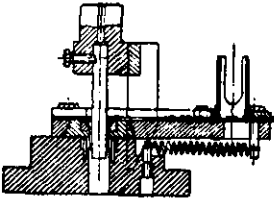
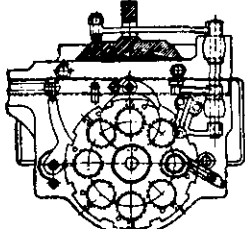
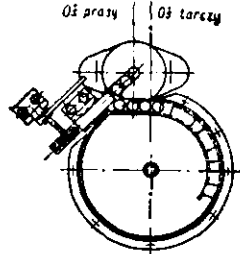
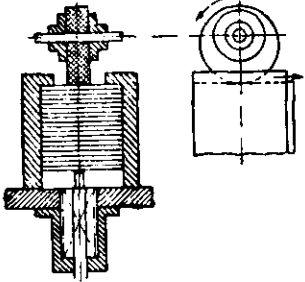
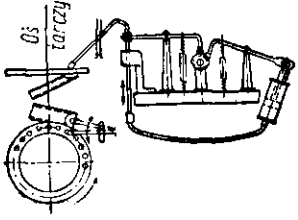
Typy urządzeń	Szkice	Zastosowanie
<p>Podajnik walcowy dwustronny związany z prasą</p>		<p>Do podawania taśmy i pasów o grubości do 2 mm. Wielkość skoku podawania w prasach średniej wielkości do 250 mm. Prędkość podawania w przypadku konstrukcji z mechanizmem zapadkowym od 10 do 15 m/min, w przypadku konstrukcji ze sprężem jednokierunkowym od 17 do 30 m/min, w automatach, tłoczniczych do 50 m/min Dokładność podawania od $\pm 0,05$ mm (przy skoku do 50 mm) do $\pm 0,1$ (przy skoku 200 mm). Zalecane stosowanie pilotów Możliwość samoczynnego regulowania kątów obrotu wejściowej i wyjściowej pary walców pozwala uwzględnić zwiększanie się długości taśmy odpadowej przy wycinaniu</p>
<p>Podajnik walcowy jednostronny związany z prasą</p>		<p>Zastosowanie jak wyżej. Częściej stosuje się jako podajnik ciągnący (przy grubości materiału od 0,1 do 1,0 mm), rzadziej — jako pchający (przy grubości materiału ponad 1 mm)</p>
<p>Podajnik walcowy jednostronny związany z tłocznikiem</p>		<p>Przeznaczenie jak wyżej, dokładność podawania nieco mniejsza. Zastosowanie powinno być ograniczone do pewnych przypadków — w razie braku pras z automatycznym podawaniem. Najodpowiedniejszy podajnik typu ciągnąceg</p>

Typy urządzeń	Szkice	Zastosowanie
<p>Podajnik zaciskowy związany z prasą</p>		<p>Stosuje się zarówno do cienkiego jak i do grubego materiału w postaci pasów i taśm (do 5 mm). Nie znajduje zastosowania do szybkobieżnych pras—automatów. Wskutek znacznych sił bezwładności, oraz do ciągnięcia wskutek skracania się długości taśmy. Największa dokładność podawania od $\pm 0,02$ mm (przy skoku do 50 mm) do $\pm 0,06$ (przy skoku 200 mm). Możliwa praca bez pilotów</p>
<p>Podajnik zaciskowy jednostronny związany z konstrukcją tłoczni</p>		<p>Do podawania cienkich materiałów w postaci pasów i zwojów przy małej wielkości skoku (do 30 mm)</p>
<p>Podajnik zaciskowy związany z prasą</p>		<p>Do podawania materiału w postaci zwojów o grubości do 3 mm, przy szerokich granicach wielkości skoku</p>

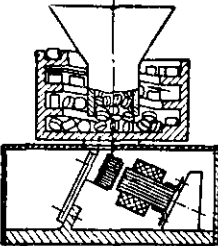
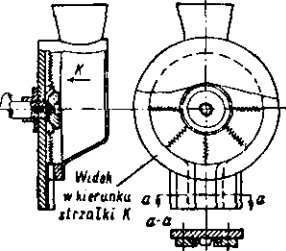
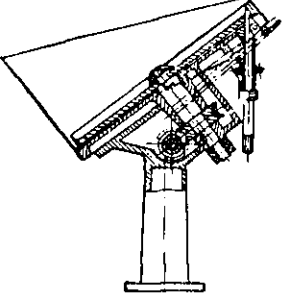
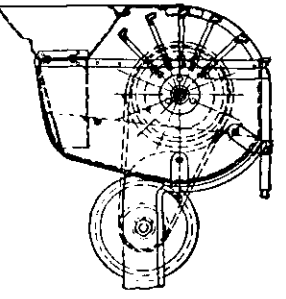
Typy urządzeń	Szkice	Zastosowanie
<p>Podajnik zaciskowy napędzany klinem przymocowanym do tłoczni-ka</p>	 <p>A technical cross-section drawing of a wedge-driven clamping feeder. It shows a wedge-shaped component being pushed into a slot by a horizontal force from the left. This action causes two vertical rollers to move towards each other, clamping a material between them. The mechanism is mounted on a base with a handle on the right side.</p>	<p>Zastosowanie jak wyżej, lecz przy niewielkim skoku podawania (do 50 mm)</p>
<p>Bęben odwijająco-podający walcowy typu przenośnego</p>	 <p>A technical drawing of a portable roller. It features a large central roller supported by a sturdy metal frame. A handle is attached to the side for manual operation. The roller is designed to unwind and feed material from a coil.</p>	<p>Do odwijania, prostowania i podawania materiału w zwojach (od 0,6 mm i więcej)</p>
<p>Urządzenie napędowe do odwijania taśmy</p>	 <p>Technical drawings of a motor-driven roller. The top drawing shows a roller mounted on a frame with a motor and drive mechanism. The bottom drawing shows a similar roller connected to a power source via a cable, with a control unit or motor housing.</p>	<p>Do odwijania ciężkich zwojów materiału</p>

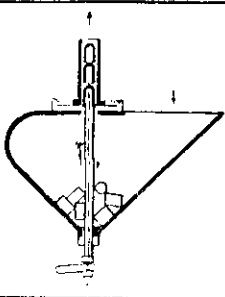
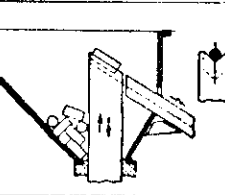
Tablica 261. Podstawowe typy półautomatycznych urządzeń do podawania pojedynczych półwyrobów

Typy urządzeń	Szkice	Zastosowanie
<p>Podajnik suwakowy (magazynowy) z klinowym napędem od tłoczniaka</p>		<p>Do automatycznego podawania płaskich pojedynczych półwyrobów z ręcznym układaniem ich do magazynków. Grubość półwyrobów zwykle $>0,5$ mm. Bezpieczne w pracy</p>
<p>Podajnik suwakowy (magazynkowy) z dźwigniowym napędem od tłoczniaka</p>		<p>Zastosowanie jak wyżej</p>
<p>Podajnik suwakowy (magazynkowy) z napędem od suwaka prasy</p>		<p>Zastosowanie jak wyżej</p>
<p>Podajnik suwakowy (magazynowy) z napędem od wału prasy</p>		<p>Zastosowanie jak wyżej</p>

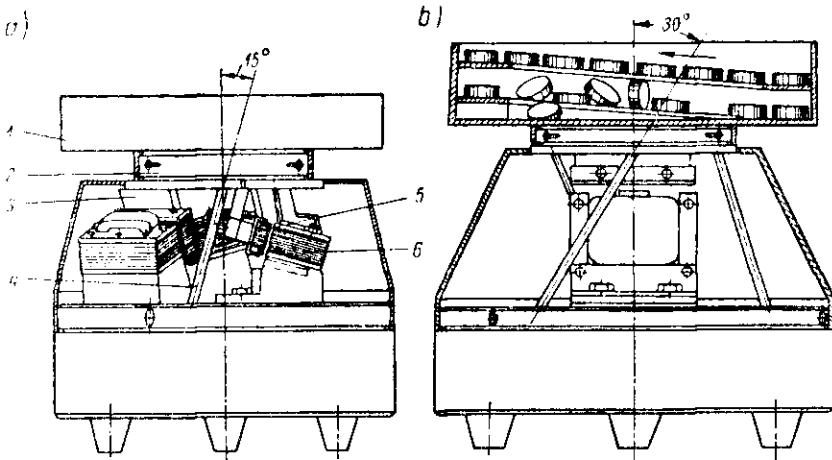
Typy urządzeń	Szkice	Zastosowanie
<p>Podajnik rewolwerowy z napędem od tłoczniaka</p>		<p>Do podawania płaskich, zgiętych, wydrążonych i objętościowych (pełnych) półwyrobów z ręcznym układaniem ich do gniazd tarczy rewolwerowej</p>
<p>Podajnik rewolwerowy z napędem od prasy</p>		<p>Zastosowanie jak wyżej</p>
<p>Podajnik ciernotarczowy</p>		<p>Do podawania okrągłych płaskich, wydrążonych i objętościowych (pełnych) półwyrobów (o jednakowym przekroju) z ręcznym ich układaniem na powierzchni obracającej się tarczy</p>
<p>Podajnik cierny z krążkiem gumowym</p>		<p>Do podawania cienkich płaskich półwyrobów ręcznie ułożonych w magazynku</p>
<p>Podajnik próżniowy (z przyssawką)</p>		<p>Do podawania cienkich (<math><0,5\text{ mm}</math>) płaskich półwyrobów o małych wymiarach z magazynku lub spod stempla wycinającego. Rozrzedzanie i wciąganie powietrza wykonywane jest za pomocą pompy tłokowej. Rurka z przyssawką wykonuje ruch pionowy i obrotowy</p>

Tablica 262. Podstawowe typy bębnowych urządzeń zasobnikowych do chwytania i ustawiania pojedynczych półwyrobów

Typy bębnowych urządzeń zasobnikowych	Szkice	Zastosowanie
Wibracyjne		<p>Do automatycznego podawania półwyrobów o różnych kształtach, płaskich, walcowych, przestrzennie złożonych, symetrycznych i niesymetrycznych</p>
Z obracającymi się szczotkami lub sprężynami		<p>Do automatycznego podawania płaskich okrągłych półwyrobów o grubości ponad 1 mm, średnicy do 30—40 mm oraz do wydrążonych walcowych przedmiotów z kołnierzem przy $h \leq 0,8 d$. Liczba obrotów pierścienia ze szczotkami od 10 do 30 na min. Wydajność 100 ÷ 150 szt./min</p>
Z wirującą tarczą		<p>Do automatycznego podawania niskich statecznych w pozycji pionowej, walcowych miseczek bez kołnierza ($h \leq 0,8 \div 1,2 d$ przy $d < 30$ mm) z obracaniem ich dnem do dołu, oraz do płaskich lub prętowych półwyrobów. Wydajność 60 ÷ 100 szt./min</p>
Z hakami		<p>Do automatycznego podawania wysokich, niestatecznych w pozycji pionowej, walcowych miseczek bez kołnierza ($h \geq 1,2 \div 1,5 d$ przy $d < 30$ mm)</p>

Typy bębnowych urządzeń zasobnikowych	Szkice	Zastosowanie
Z trzpieniowym wybierakiem		Do automatycznego podawania wysokich, niestatecznych w pozycji pionowej, walcowych muszkek bez kołnierza ($h \geq 1,2 \cdot d$ przy $d < 30 \text{ mm}$)
Z suwakiem		Do automatycznego podawania prostopadłych lub rurowych półwyrobów

tewny obrót bębna w stronę przeciwną do ruchu półwyrobów, z niewielkim opuszczeniem się podstawy 2 i bieżni. Półwyrobry pod działaniem sił bezwładności poruszają się stale w jednym kierunku (kierunek ruchu zaznaczony jest na rysunku



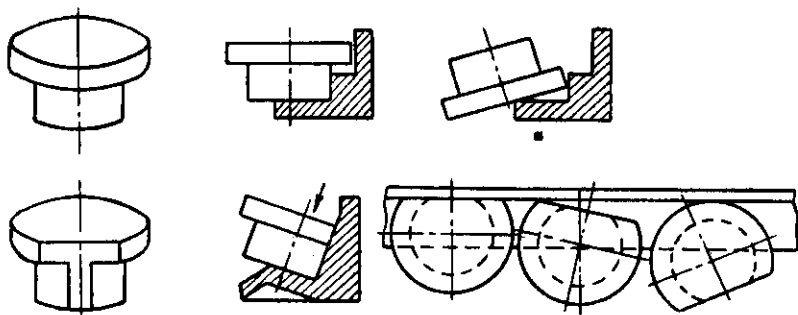
Rys. 519. Schematy bębnowych urządzeń: a) z trzema wibratorami, b) z jednym wibratorem

strzałką), odrywając się od bieżni i spadając w nowe miejsce położone wyżej na bieżni od poprzedniego. W wyniku takich ruchów o częstości powtarzania się ich wynoszącej 3000 na minutę półwyrobry przemieszczają się ciągle do góry po śrubowej bieżni.

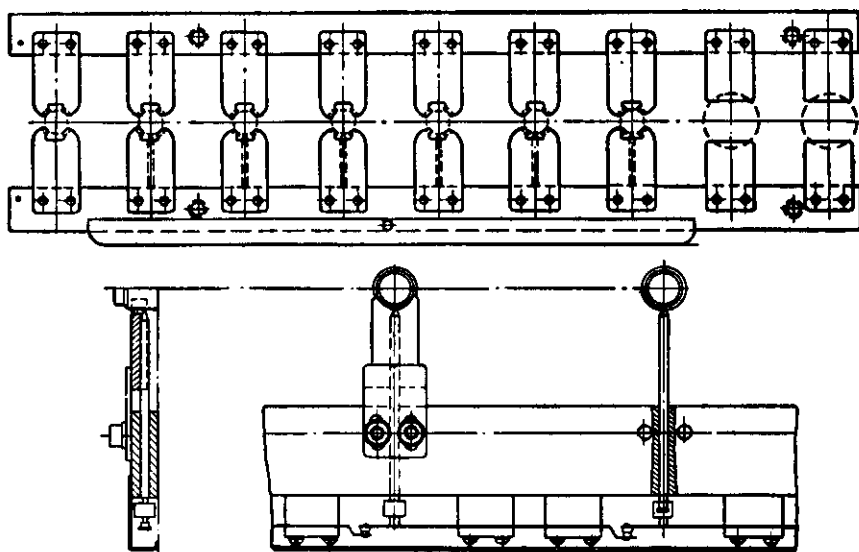
Usytuowanie półwyrobów w wymaganym położeniu odbywa się automatycznie wskutek zastosowania w śrubowych bieżniach wycięć, odsadzeń itp., jak przedstawiono na rys. 520.

Wszystkie półwyroby nie mające wymaganego położenia spadają z bieżni pod wpływem własnego ciężaru.

Do automatycznych podajników zalicza się również podajniki szczękowe wielostopniowych pras-automatów. Na rys. 521 przedstawione są listwy podajnika prasy



Rys. 520. Schemat usytuowania półwyrobów w wymaganym położeniu przy ruchu po bieżni bębna wibracyjnego



Rys. 521. Schemat podajnika szczękowego prasy

wielostopniowej, wykonujące ruch postępowo-zwrotny, ze szczękami przenoszącymi półwyroby kolejno z jednego zabiegu do drugiego, i z urządzeniem do samoczynnego blokowania.

5. Mechanizacja i automatyzacja usuwania wytłoczek i odpadów

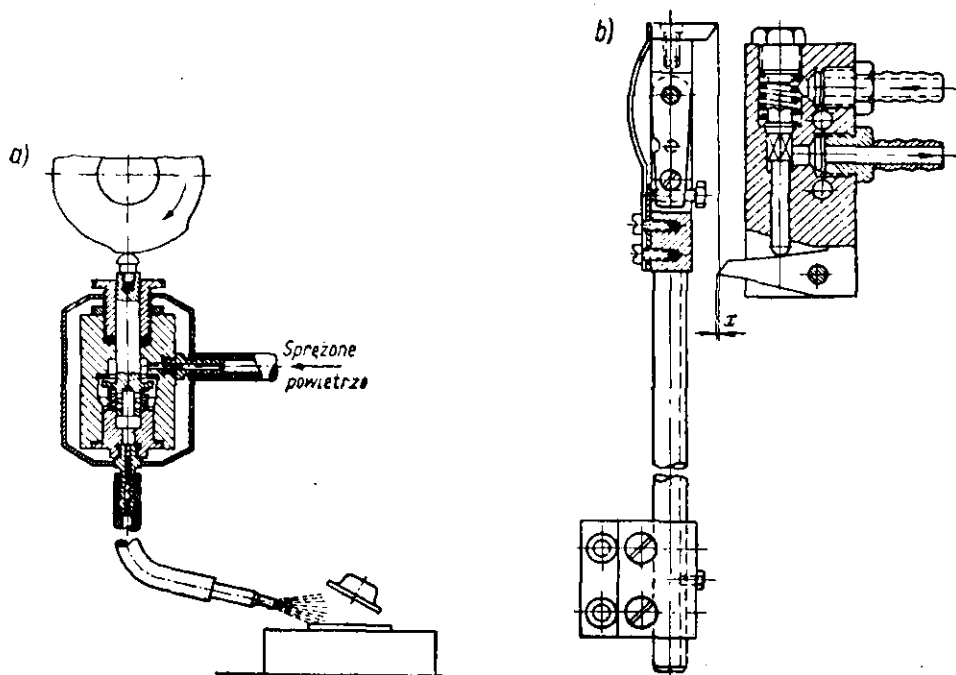
Automatyzacja usuwania wytłoczek ma bardzo poważny wpływ na zwiększanie wydajności, a szczególnie na bezpieczeństwo pracy, ponieważ większość nieszczęśliwych wypadków w oddziałach tłoczniczych zdarza się przy ręcznym usuwaniu wytłoczek z tłoczniaka.

Dlatego mechanizacja spychania i usuwania wytłoczek powinna być stosowana również w przypadku zwykłego tłoczenia bez automatycznego podawania.

Najprostszym sposobem automatycznego usuwania wytłoczek jest tłoczenie przelotowe, przy którym wytłoczki spadają do odpowiedniej skrzynki albo układają się w stosy.

W tabl. 223 i 224 przedstawione są różne typy spychaczy i wypychaczy, w tablicy 227 — niektóre typy urządzeń do usuwania wyrobów z przestrzeni roboczej tłoczni: sprężynowe, dźwigniowe, klinowe, obrotowe i powietrzne.

Na rys. 522 przedstawione jest urządzenie do sterowania wypływem sprężonego powietrza z dyszy, zdmuchującego wyroby. Urządzenie to napędzane jest krzywką



Rys. 522. Urządzenie do sterowania strumieniem sprężonego powietrza: a) krzywką na wale prasy, b) dźwignią umieszczoną na suwaku prasy

osadzoną na końcu wału korbowego (rys. 522a) lub dźwignią przegubową umocowaną do suwaka prasy (rys. 522b).

Bardzo prostym i dogodnym sposobem usuwania wyrobów z przestrzeni roboczej tłoczni jest zastosowanie prasy przechylnej. Praca na prasach tego typu jest najbardziej wydajna i bezpieczna.

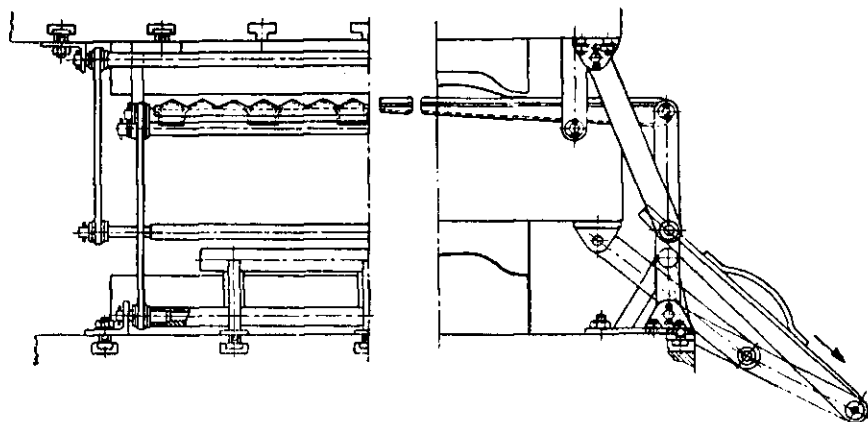
Bardzo korzystne jest mechanizowanie usuwania dużych i ciężkich przedmiotów wykonywanych na prasach o dużej mocy, ponieważ do ręcznego ich obsługiwania trzeba zatrudnić dwóch do trzech ludzi.

Na rys. 523 przedstawione jest urządzenie do automatycznego usuwania dużych przedmiotów spadających z górnej części tłoczni na półkę odbierającą, wprowadzaną podczas ruchu jałowego do przestrzeni roboczej tłoczni i usuwanie jej stamtąd podczas roboczego ruchu suwaka prasy. W celu zmniejszenia tarcia wykonuje się falistą powierzchnię półki odbierającej.

Na rys. 524 przedstawione jest podobne urządzenie do automatycznego usuwania bardzo dużych przedmiotów. Półka odbierająca wykonana jest w tym przypadku w postaci przenośnika wałkowego w celu ułatwienia usuwania ciężkich przedmiotów.

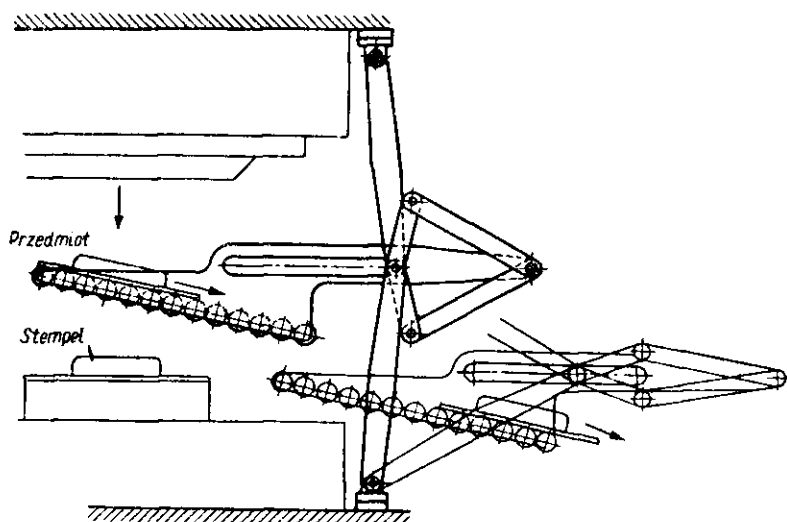
Do usuwania z tłoczni ciężkich przedmiotów ciągniętych, w rodzaju wytłoczek nadwozia samochodu, szeroko stosuje się automatyczne urządzenia nazywane „mechaniczną ręką” (rys. 525).

Urządzenie to przymocowane jest zawiasowo do kadłuba prasy. Podczas podnoszenia się zewnętrznego suwaka prasy podwójnego działania podnosi się wraz z nim



Rys. 523. Urządzenie do automatycznego usuwania dużych przedmiotów

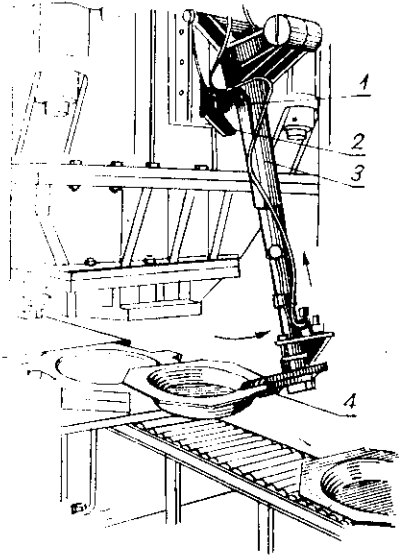
występ 2, po którym toczy się rolka 1 i obraca ramię ręki dookoła zawiasy. Przed tym sprężone powietrze dostaje się do małego cylindra 4, a podczas obrotu ramienia do dużego cylindra 3. Tłok pierwszego cylindra zaciska szczęki chwytające za brzeg przedmiotu. Tłok drugiego cylindra podnosi urządzenie chwytające, co w połą-



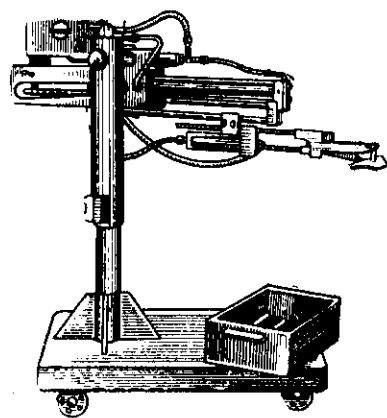
Rys. 524. Urządzenie do automatycznego usuwania bardzo dużych przedmiotów

czeniu z obrotowym ruchem ramienia mechanicznej ręki powoduje usunięcie przedmiotu z przestrzeni roboczej tłoczni. W skrajnym górnym położeniu suwaka prasy zacisk szczęk zostaje zwolniony i przedmiot spada na przenośnik wałkowy.

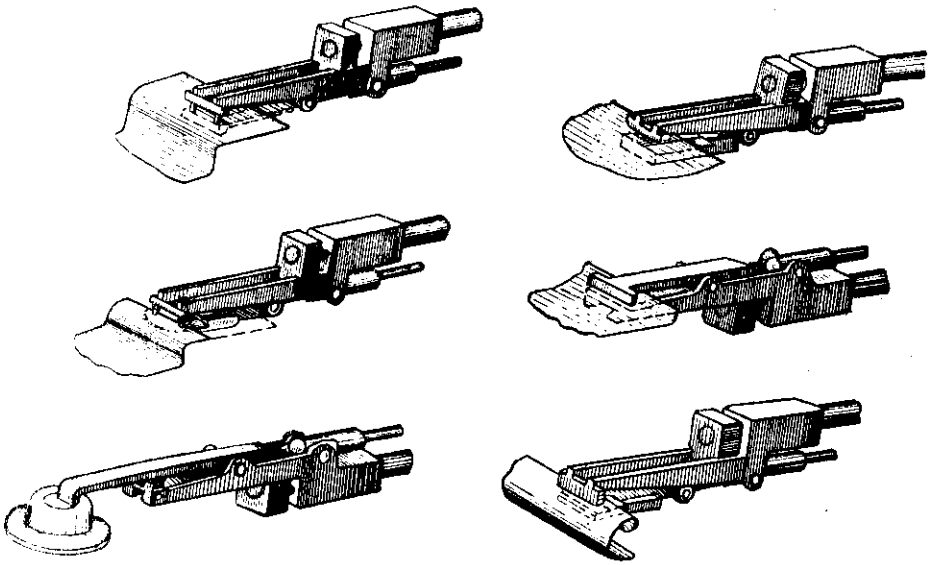
Urządzenia pneumatyczne sterowane są elektrycznie za pomocą solenoidu lub elektropneumatycznego zaworu. W celu zapewnienia niezawodnego działania mechanicznej ręki usuwany przedmiot powinien być podniesiony wypychaczami do odpowiedniej wysokości.



Rys. 525. „Mechaniczna ręka” do usuwania długich przedmiotów z tłoczniaka



Rys. 526. Przewoźna mechaniczna ręka



Rys. 527. Różne typy chwytaków przewoźnej mechanicznej ręki

Podobne urządzenia są szeroko stosowane w automatycznych liniach pras do tłoczenia części nadwozi samochodowych. Oprócz podwieszonych stosowane są również wspornikowe przewoźne mechaniczne ręce (rys. 526).

Tablica 263. Koszt niektórych urządzeń mechanizujących i dane dotyczące zwiększenia wydajności i zmniejszenia pracochłonności

Urządzenie mechanizujące	Orientacyjny koszt w rub.	Zwiększenie wydajności prasy	Zmniejszenie pracochłonności
Podajnik walcowy	3000—6000	1,5 raza	3 razy
Magazynek z podajnikiem suwakowym	2000	2,5 „	3 „
Urządzenie do automatycznego podawania pasów	30000	1,5 „	3 „
Mechaniczna ręka do usuwania dużych wytłoczek	17000	—	2 „

Na rys. 527 przedstawione są różne typy chwytaków przewoźnej mechanicznej ręki, stosowanych do przedmiotów o różnych kształtach,

Podczas pracy na prasach z automatycznym podawaniem taśmy, taśma odpadowa zwykle tworzy kłęby, przeszkadza w obsłudze pras i zajmuje przejścia

Taśmę odpadową należy nawijać na bębny napędzane silnikiem elektrycznym lub od prasy.

Grubą i szeroką taśmę odpadową oraz pasy odpadowe rozcina się niekiedy na małe odcinki specjalnymi urządzeniami w przypadkach, gdy jest to dopuszczalne i dogodne do dalszego wykorzystania odpadów.

W tabl. 263 podany jest orientacyjny koszt niektórych urządzeń do mechanizacji tłoczenia na zimno oraz dane dotyczące zwiększenia pracochłonności w przypadku wprowadzenia tych urządzeń do produkcji [318].

Koszty tych urządzeń w warunkach indywidualnego ich projektowania i wykonania podano na podstawie danych zaczerpniętych z kilku zakładów. W seryjnej produkcji urządzeń mechanizujących koszty te mogą być 2÷3 razy obniżone.

6. Automatyczne linie pras i automatyzacja transportu międzyoperacyjnego

Najbardziej nowoczesną formą automatyzacji jest automatyzacja kompleksowa i linie automatyczne.

Obecnie w ZSRR jest czynnych i dających dobre wyniki kilkadziesiąt automatycznych linii pras pracujących w różnych gałęziach przemysłu, zarówno w produkcji małych, jak i dużych przedmiotów: części urządzeń elektrycznych, części radiowych, opakowań blaszanych, opakowań na wyroby perfumeryjne, części samochodowych itp.

Przy budowie automatycznych linii pras powinny być rozwiązane następujące zagadnienia mechanizacji:

- 1) podawanie materiału do tłoczników,
- 2) ustalanie materiału we właściwym położeniu,
- 3) usuwanie wytłoczek z tłoczniaka,
- 4) przenoszenie (transport) półwyrobów z jednej operacji do drugiej,
- 5) automatyczna kontrola wyrobów,
- 6) automatyczne blokowanie zapewniające bezawaryjną pracę całej linii.

Obecnie brak jest jeszcze ustalonej klasyfikacji linii automatycznych. Z istniejących klasyfikacji (ЗНИМС, G. A. Szaumian, A. N. Rabinowicz, L. N. Koszkin) najbardziej przydatna jest klasyfikacja L. N. Koszkinia przyjmująca jako kryterium podziału nie zewnętrzne cechy, lecz charakter wzajemnego powiązania technologicznych i transportowych ruchów oraz ich wpływ na wydajność linii.

Linie automatyczne a także obrabiarki tłocznice dzieli się na trzy klasy:

1. Linie i obrabiarki, w których technologiczne i transportowe ruchy są wzajemnie powiązane, lecz przeciwnie skierowane. Są one jednocześnie wykonywane i tworzą przerwy: w czasie obróbki półwyrob jest nieruchomy i odwrotnie w czasie transportu półwyrobu nie ma obróbki. Do takiej klasy zalicza się większość istniejących obrabiarek. Jest to niska klasa obrabiarek i linii.

2. Linie i obrabiarki, w których technologiczne i transportowe ruchy są połączone i wzajemnie powiązane, a technologiczna i transportowa prędkość są sobie równe. Do tej przejściowej klasy zalicza się giętarki rolkowe i przeciagarki.

3. Maszyny wirnikowe i linie, w których technologiczne i transportowe ruchy nie są wzajemnie powiązane, ale nie występuje między nimi przeciwbieżność. Ruch transportowy odbywa się jednocześnie z ruchem technologicznym, i odwrotnie. Jest to wyższa klasa linii i obrabiarek zapewniająca najwyższą wydajność.

W zależności od stopnia mechanizacji i automatyzacji przekazywania półwyrobów z jednej operacji do drugiej rozróżnia się linie pras: zwykle przepływowe, pół-automatyczne i automatyczne.

W tabl. 264 przedstawione są różne typy linii pras w zależności od sposobu przenoszenia półwyrobów z jednej operacji do drugiej [106].

W produkcji masowej przedmiotów jednego typu opracowane są układy kompleksowej automatyzacji z programowym sterowaniem pras, z mechanizmami pomocniczymi i urządzeniami transportowymi.

Zadanie, stojące przed przemysłem, polega na szerokim rozwinięciu automatyzacji produkcji i przejściu od automatycznych obrabiarek (pras) do linii automatycznych i dalej — do automatycznych oddziałów i zakładów.

Automatyzacja taka możliwa jest tylko przy kompleksowym projektowaniu pras, tłoczników, przenośników i urządzeń do automatycznego sterowania.

Automatyzacja tłoczenia na zimno wymaga szczegółowego opracowania procesów technologicznych oraz powoduje zwiększenie wymagań dotyczących jednorodności blachy pod względem jej jakości i wymiarów.

Sz szczególnie ważnym problemem jest prawidłowe ustalenie w tłoczniku automatycznie podawanych półwyrobów.

W szeregu przypadkach w konstrukcję tłocznika wbudowuje się specjalne chowane elementy ustalające, zaopatrzone w kołki i przyciski elektryczne, blokujące włączenie prasy w razie niewłaściwego położenia materiału (półwyrobu).

Linie automatyczne stosowane do tłoczenia dużych i średnich przedmiotów dzieli się na trzy rodzaje.

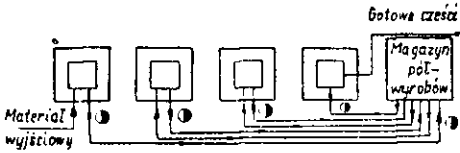
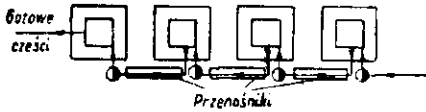
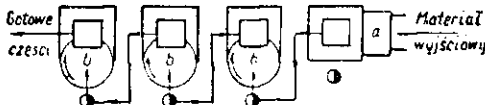
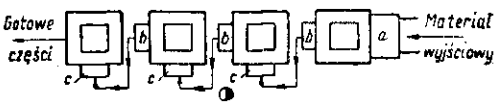
Do pierwszego rodzaju zalicza się linie sztywno powiązane, w których urządzenia transportujące są sztywno połączone między sobą, podobnie jak urządzenia do przenoszenia półwyrobów w prasach wielostopniowych. Osie pras ustawianych w takich liniach automatycznych powinny być umieszczone ściśle w jednej linii, a odległości środków pras powinny być jednakowe lub równe krotkości wymiarów przedmiotów.

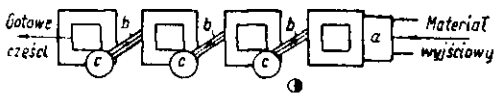
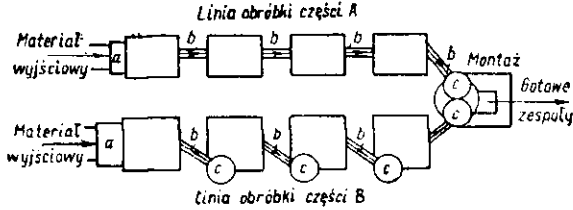
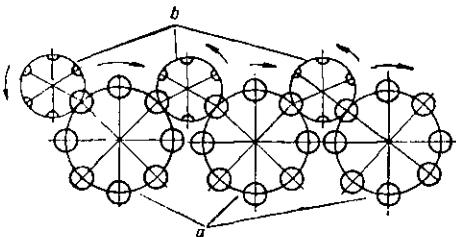
Do drugiego rodzaju zalicza się linie z elastycznym powiązaniem, w których mechanizmy transportujące, przenoszące półwyroby z jednej prasy na drugą, są włączane przez półwyroby, gdy podawany półwyrob jest prawidłowo usytuowany w stosunku do tłocznika.

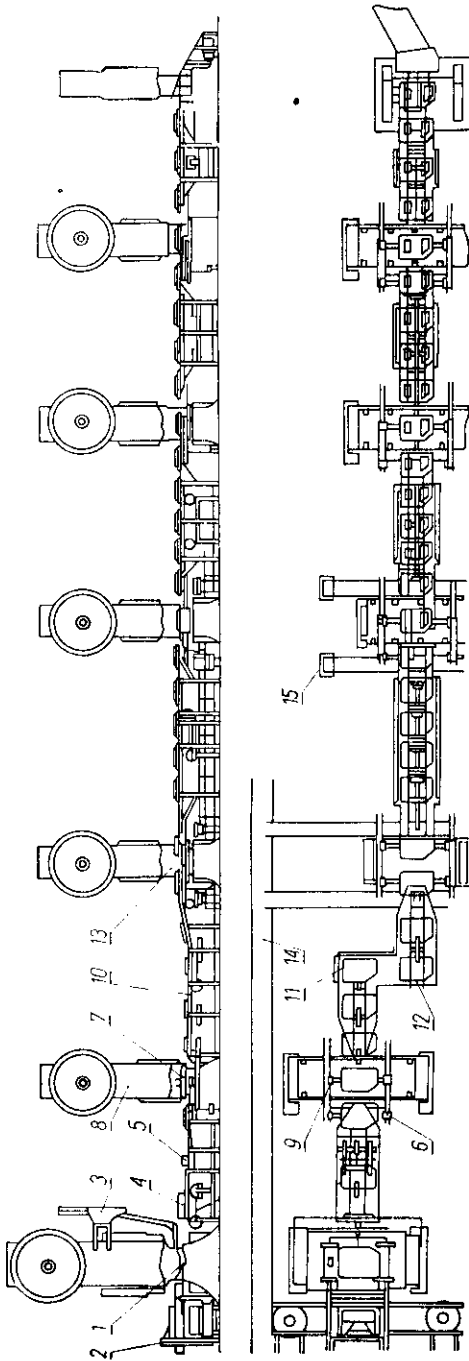
Do trzeciego rodzaju zalicza się złożone lub mieszane linie, w których między jednymi prasami istnieje powiązanie sztywne, a między drugimi — powiązanie elastyczne.

Linie automatyczne zaopatruje się w samoczynne urządzenia blokujące, zapewniające bezawaryjną pracę pras, mechanizmów transportujących i innych urządzeń wchodzących w skład linii.

Tablica 264. Różne typy linii pras

Typ linii	Schematy i objaśnienia
Linia niezmechanizowana	 <p>Ręczna obsługa każdej prasy. Praca na skład wyrobów półwyrobów. Małowydajna metoda pracy</p>
Przepływowa linia półmechanizowana	 <p>Przenoszenie półwyrobów od prasy do prasy za pomocą rynien (korytek) lub przenośników walcowych. Skracą się czas cyklu produkcyjnego</p>
Przepływowa linia zmechanizowana	 <p>Prasy, z półautomatycznym rewolwerowym lub tarczowym podajnikiem (b) umożliwiają wykorzystanie każdego skoku suwaka. Pierwsza prasa ma automatyczny podajnik walcowy taśmy (a), w pozostałych załadunek ręczny</p>
Półautomatyczna linia przepływowa	 <p>Prasy wyposażone w automatyczne zasobniki półwyrobów (c) i urządzenie układające (b). Możliwa wielostanowiskowa obsługa pras.</p>

Typ linii	Schematy i objaśnienia
<p>Automatyczna linia przepływowa</p>	 <p>Prasy wyposażone są w automatyczne zasobniki bębnowe (c) i przenośniki (b). Robotnik obsługuje kilka linii</p>
<p>Kompleksowa automatyczna linia przepływowa</p>	 <p>Całkowita automatyzacja oddziału toczniczego, składającego się z dwóch lub kilku linii automatycznych, wyposażonych w przenośniki (b) i zasobniki bębnowe (c)</p>
<p>Kompleksowa linia automatyczna obrótowych maszyn toczniczych</p>	 <p>Kompleksowa automatyzacja operacji toczniczych, kontrolnych, obróbki cieplnej, wykończeniowych i innych. Linia składa się z wirmików roboczych (a) i przenośnikowych (b) (rys. 509)</p>



Rys. 528. Automatyczna linia pras przeznaczona do tłoczenia drzwi samochodu ЗИЛ-150В

Na rys. 528 przedstawiona jest automatyczna linia pras do tłoczenia płyt drzwi samochodu ciężarowego, zbudowana w zakładach w Moskwie [318]. Linia ta ma elastyczne połączenia.

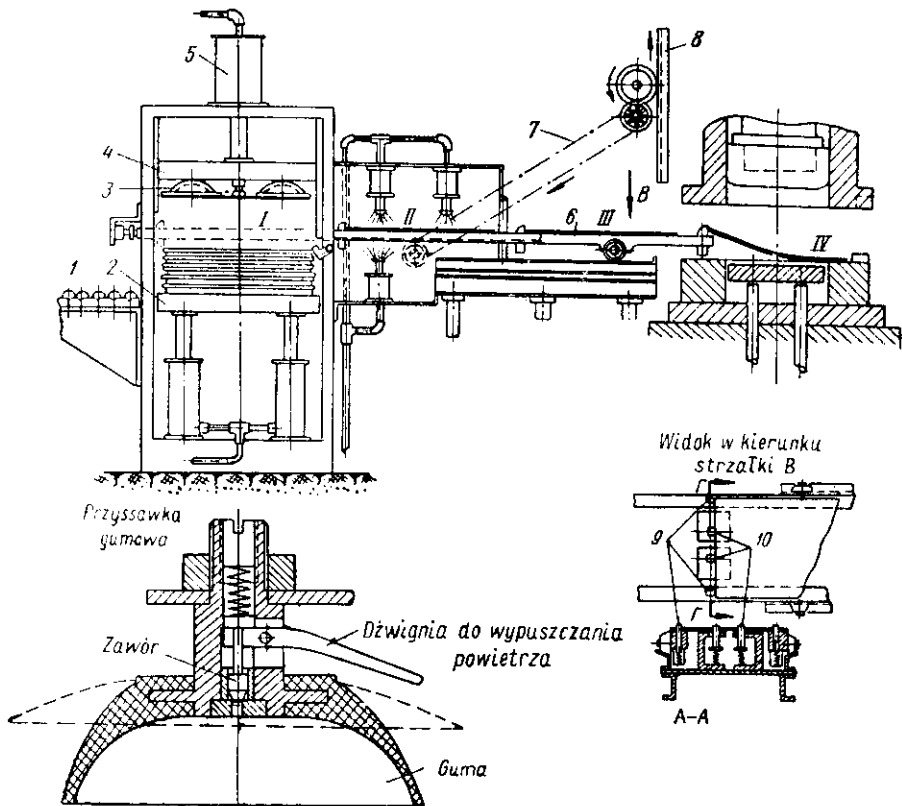
Materiał wyjściowy w postaci arkuszy blachy podawany jest z układacza 2 do prasy ciągnącej 1. Wytłoczone półwyroby zdejmowane są z prasy mechaniczną ręką 3, układającą je w korycie pneumatycznego popychacza 4. Popychacz podaje wytłoczki do obrotnicy 5, która obraca je o 180°. Następnie płytę chwyta para mechanicznych rąk 6 i podaje ją do okrojnika 7 na prasie 8. Druga para mechanicznych rąk 9 zdejmuje przedmiot z okrojnika i układa go na przenośnik skokowy 10. Boczne popychacze 11 i 12 spychają płytę w kierunku poprzecznym do prasy 13.

Podawanie płyt na następne prasy wykonywane jest mechanizmami podobnymi do opisanych, a transport międzyoperacyjny — przenośnikami skokowymi.

Odpady niewykorzystane do wyrobu innych przedmiotów dostarczane są przenośnikiem taśmowym do prasy pakietującej. Cykl pracy linii automatycznej trwa 10 sek. wydajność wynosi 342 płyt na godzinę.

W Gorkowskich Zakładach Samochodowych zbudowano sztywno powiązaną linię automatyczną do tłoczenia płyt drzwi samochodu.

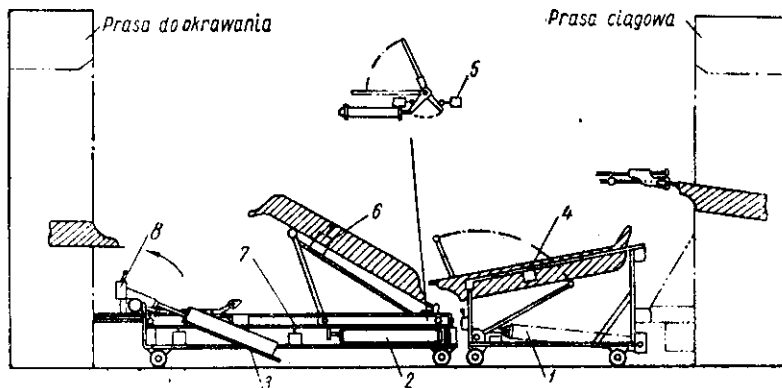
Na rys. 529 podany jest schemat urządzenia do automatycznego podawania arkuszy blachy na prasę automatycznej linii. Przenośnikiem 1 stos arkuszy dostarczany jest na stół podnośnika 2, automatycznie przesuwaną się w górę po każdym skoku suwaka prasy o grubość arkusza. Zsynchronizowany z ruchem suwaka prasy cylinder 5 opuszcza płytę 4 z przyssawkami 3 podnoszącymi górny arkusz i upuszczającą



Rys. 529. Schemat urządzenia do automatycznego podawania arkuszy na prasę linii automatycznej

cymi go na okresowo podjeżdżający wózek 6. Wózek o ruchu postępowo-zwrotnym sterowany jest poprzez przekładnię łańcuchową 7, zębatkę 8 zamocowaną na suwaku prasy. Przy okresowym przesuwaniu wózka 6 w lewo leżący na nim arkusz trzymany jest zderzakami 10 i kołkami wózka 9, przy czym zajmuje on kolejno położenia II-III-IV. W położeniu II arkusz natryskiwany jest smarem.

Na rys. 530 przedstawiony jest schemat urządzenia do usuwania wytłoczek z tłocz-



Rys. 530. Automatyczne obracanie wytłoczki podczas przenoszenia i podawania jej na następną operację

nika ciągowego oraz transportu i załadowania do tłoczni ustawionego na następnej prasie.

Mechanizmy przenoszące umieszczone są na wózkach i mogą być szybko usunięte. Podczas pracy mechanizmy te są sztywno połączone z prasami.

Przedstawione mechanizmy napędzane są pneumatycznymi cylindrami 1-3, sterowanymi wyłącznikami krańcowymi 4-8.

Na rys. 531a przedstawiona jest sztywno powiązana automatyczna linia pras do tłoczenia tarcz kół samochodów osobowych.

Linia składa się z czterech czołowo rozmieszczonych pras (pierwsza o nacisku 275 T, a pozostałe — po 600 T), przez których boczne okna przechodzi mechanizm chwytakowy. Mechanizm ten składa się z trzech części pracujących w sposób zsynchronizowany i napędzanych od cylindrów hydraulicznych. Synchronizacja pracy zabezpieczona jest samoczynnym urządzeniem blokującym.

W celu zmniejszenia sił bezwładności linia składa się z 19 pozycji, z małymi odległościami między nimi.

Półwyroby układu się w stosy po 100 szt. do kasety na pierwszej pozycji.

Kolejność tłoczenia tarcz przedstawiona jest na rys. 531b.

Na rys. 532 przedstawiona jest część linii automatycznej sztywno powiązanej, zbudowanej przez firmę Kircheis-Krupp. Linia ta, przeznaczona do tłoczenia dachu samochodu osobowego, wyposażona jest na każdym stanowisku w dwie prasy przechyłne, między którymi umieszczone są przenośniki.

Największy rozwój uzyskały linie automatyczne i zautomatyzowane w przemyśle samochodowym w USA.

Jednym z największych zautomatyzowanych zakładów jest prasownia firmy Ford w Buffalo, wykonująca części i zespoły nadwozi samochodowych produkowanych przez różne firmy, przerabiająca dziennie ponad 2400 T blachy stalowej [116].

Zakład ten ma 19 automatycznych linii pras składających się z 96 wysokowydajnych pras o dużej mocy, wyposażonych w pneumatyczne ręce mechaniczne i elek-

tryczne urządzenia kontrolne, oraz przenośniki do przekazywania półwyrobów z jednej prasy do drugiej.

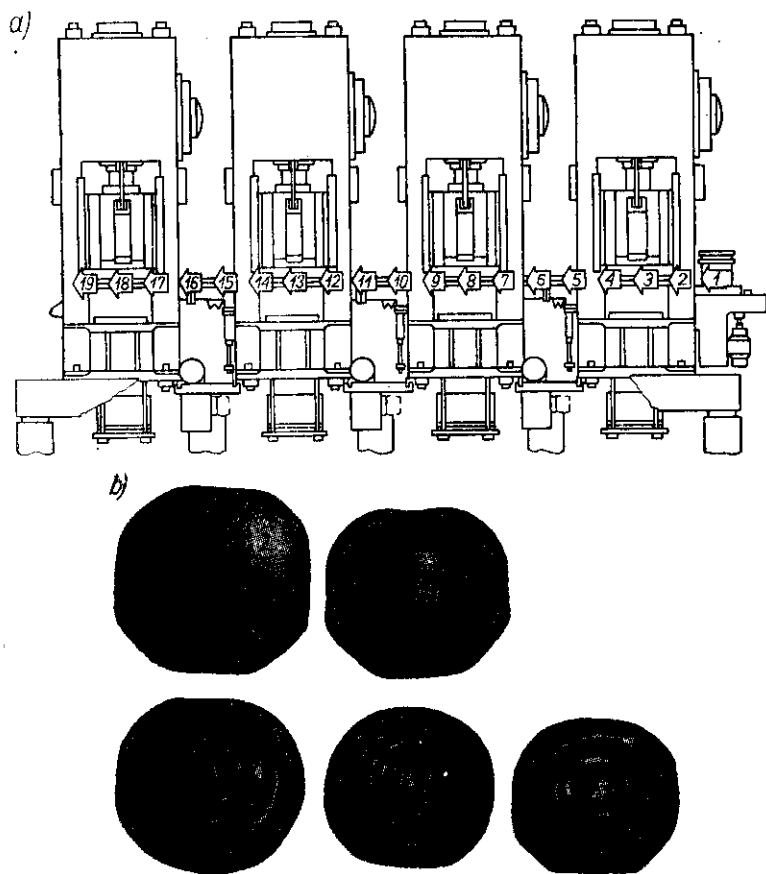
Zakłady Kraislera (USA) mają 28 linii składających się z 260 pras wykonujących około 300 różnych części.

Automatyczne linie pras stosowane są nie tylko w produkcji masowej lecz i w seryjnej do wykonywania przedmiotów o różnych typowymiarach.

Przykładem tego jest automatyczna linia zbudowana w zakładach „Czerwona Zorza” do wykonywania 52 typowymiarów płaskich sprężyn przekątnika¹⁾ [133].

Linia automatyczna składa się z głównej prasy do wykrawania o nacisku 8 T i dwunastu pras korbowych o nacisku po 1,5 T, ustawionych na wspólnej podstawie i kinematycznie powiązanych między sobą (rys. 533).

Przeniesienie półwyrobu z jednej operacji do drugiej wykonywane jest za pomocą okresowych przesuwów przenośnika łańcuchowego zaopatrzonego w zabieraki pół-



Rys. 531. Automatyczna linia pras do tłoczenia tarcz kół samochodu

wyrobów. Przenośnik napędzany jest za pośrednictwem wału z krzyżem maltańskim. Jest to więc automatyczna linia typu kolejno-prostoprzepływowego sztywno powiązana, bez międzyoperacyjnych zapasów półwyrobów.

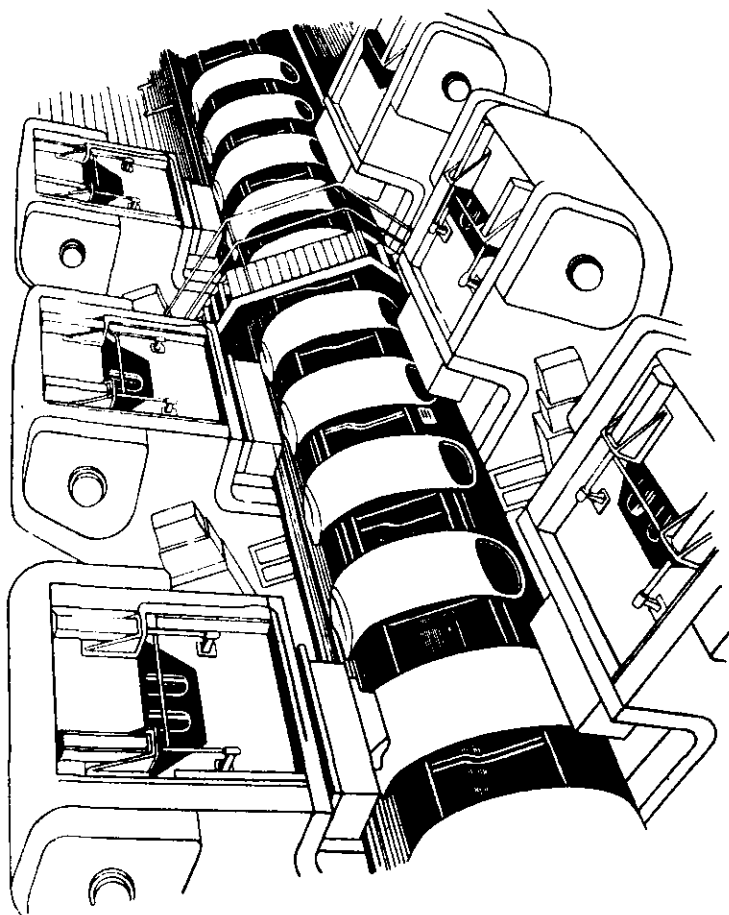
1) Konstruktorzy J.P.Możenko i S.G.Czyżow.

Nastawianie linii na określony typowymiar sprężyn wykonuje się za pomocą wyłączania lub włączania tych lub innych tłoczników.

Jednocześnie pracuje od czterech do sześciu tłoczników z dwunastu istniejących. Pozostałe przeznaczone są do innych typowymiarów sprężyn.

Skok podawania wynosi 114 mm, takt pracy linii — 0,77 sek, obliczeniowa wydajność na jedną zmianę — 33000 szt.

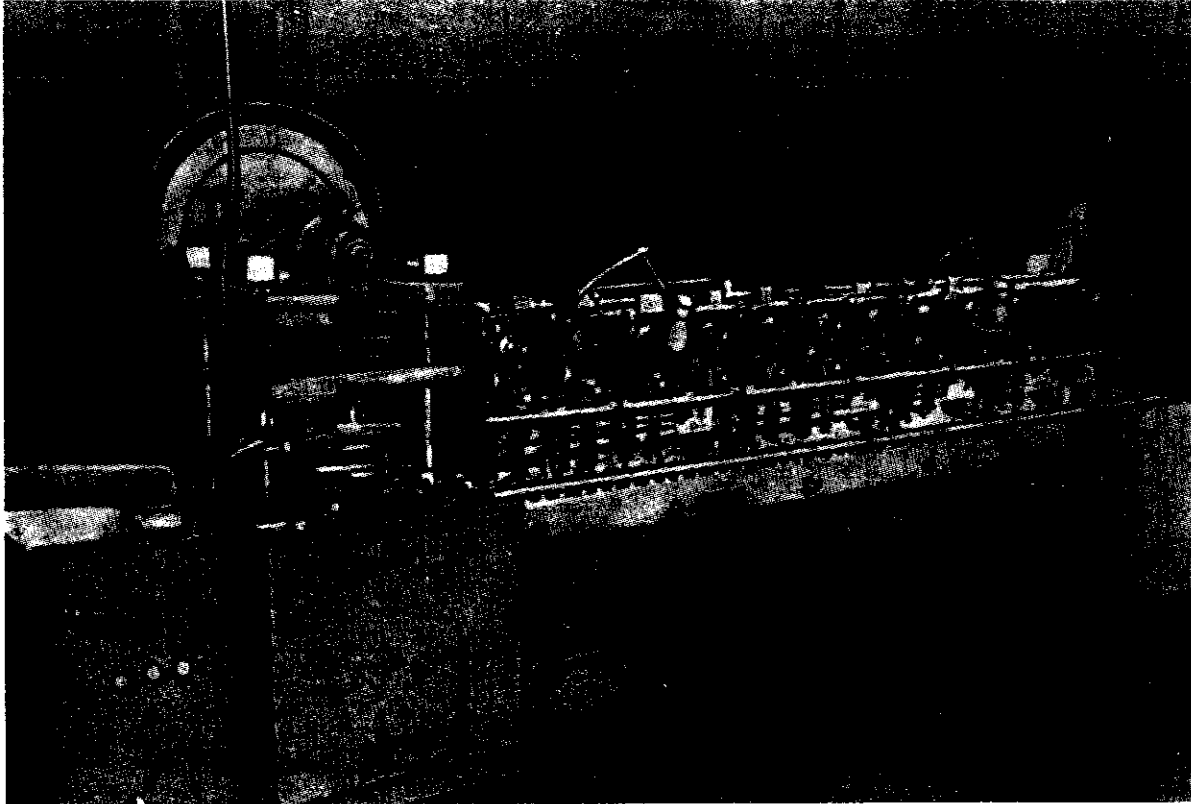
Największe możliwości budowy linii automatycznych dają wirnikowe maszyny tłocznice (rys. 509) odznaczające się niezależnością cyklu roboczego od czasu



Rys. 532. Automatyka linia do wykonywania dachu samochodu

trwania operacji (zabiegu). Maszyny te umożliwiają uzyskanie jednakowej wydajności we wszystkich operacjach, niezależnie od czasu trwania poszczególnych zabiegów. Uzyskuje się to za pomocą obliczenia liczby pozycji roboczych w każdym wirniku — większej w wirnikach z dłuższymi zabiegami, i odwrotnie.

Przy tłoczeniu przedmiotów wydrążonych, poddawanych dalszej obróbce na maszynach rolkowych, przenoszenie półwyrobów z jednej operacji do drugiej wykonywane jest za pomocą kombinacji pochylego korytka, po którym usuwa się wytłoczek i z prasy, z podnośnikiem łopatkowym podającym półwyroby do bębna lub na korytko doprowadzające półwyroby do następnej prasy albo innej maszyny.



Rys. 533. Automatyczna linia do wykonywania sprężyn przekaźnika

Mechanizacja międzyoperacyjnego transportu półwyrobów stosowana jest nie tylko w automatycznych liniach, lecz również w produkcji drobnoseryjnej, na przykład przy tłoczeniu dużych, ciężkich przedmiotów.

Duże półwyroby i gotowe wyroby typu tarcz, pierścieni, kół itp. przenosi się z operacji na operacje pod działaniem ich ciężaru po pochyłych korytkach.

Półwyroby i wyroby o kształcie nieokrągłym przenosi się za pomocą przenośników wałkowych, ustawionych pochyło i zaopatrzonych w boczne listwy.

Transport międzyoperacyjny i międzyoddziałowy dużych przedmiotów w zakładach budowy traktorów i w innych zakładach wykonywany jest za pomocą przenośników łańcuchowych podwieszonych, nie zajmujących powierzchni produkcyjnej oddziału, z wyjątkiem miejsc zawieszania przedmiotów i ich zdejmowania.

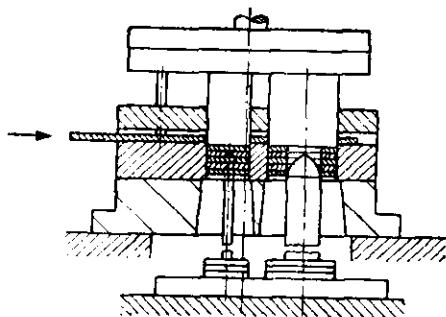
W szeregu przypadkach przenośniki podwieszane służą jako urządzenia zapewniające niewielki zapas półwyrobów i gotowych części. W tym celu poszczególne ogniwa przenośników mogą być włączane lub wyłączane w miarę potrzeby.

7. Automatyzacja układania wytłoczek

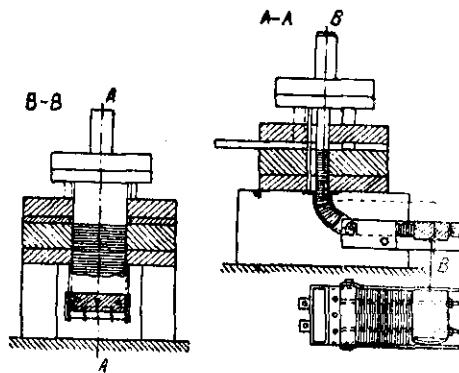
Przy zwykłym tłoczeniu przelotowym, jak również przy tłoczeniu z powrotnym wypychaniem wytłoczek na powierzchnię tłoczniaka i usuwaniem ich do skrzynek, wytłoczki są chaotycznie wrzucane do tych skrzynek, gniotą się i kaleczą się o siebie, mieszają się z odpadami i wymagają segregowania, co bywa nieraz droższe niż tłoczenie.

W szeregu przypadkach (tłoczenie płytek stojanów, wirników i innych części) jest to zupełnie niedopuszczalne.

W celu uniknięcia wymienionych wad stosuje się automatyczne układanie wytłoczek w pakiety lub w odejmowane magazynki umieszczone pod tłoczniakiem. Roz-



Rys. 534. Urządzenie do układania w stosy dwóch różnych przedmiotów



Rys. 535. Urządzenie do układania przedmiotów w magazynku

wiązania konstrukcyjne urządzeń do układania zależą od kształtu, wymiarów i właściwości wytłoczek.

Na rys. 534 przedstawione jest urządzenie do układania w stosy dwóch różnych przedmiotów z otworami, tłoczonych w wielotaktowym tłoczniaku. Urządzenie to przesuwa się w dół i następnie wysuwa się go spod tłoczniaka w kierunku poziomym.

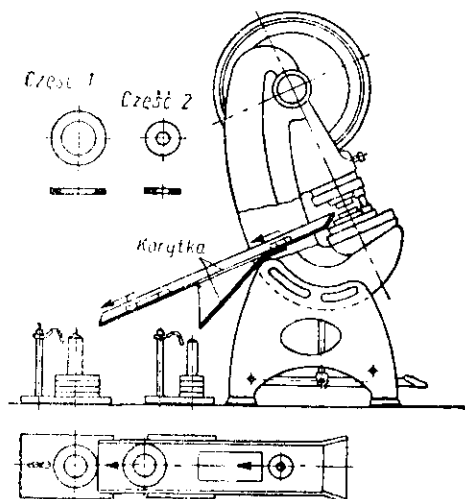
Na rys. 535 przedstawione jest urządzenie do układania przedmiotów w zdejmowane magazynki umieszczone pod tłoczniakiem.

Na rys. 536 przedstawiony jest sposób automatycznego układania w stosy dwóch

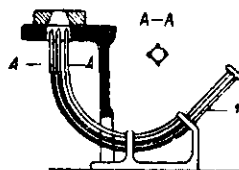
podkładek o różnych wymiarach, wykonywanych w tłoczniku jednoczesnym. Wytwarzane przedmioty ześlizgują się korytkiem i nadziewają się na trzpienie.

Na rys. 537 podany jest schemat urządzenia do układania w stosy przedmiotów przeważnie o przekroju okrągłym, a także kwadratowym, lub prostokątnym, tłoczonych przelotowo.

Niektóre części typu płytek transformatorowych wymagają usunięcia zadziorów, a nie można ich polerować w bębnoch. W tym przypadku stosuje się automatyczne



Rys. 536. Automatyczne urządzenie do sortowania i układania podkładek różnych wielkości



Rys. 537. Urządzenie do układania w stosy przedmiotów tłoczonych umieszczone pod stołem prasy

urządzenie do zagniatania zadziorów za pomocą przepuszczania płytek między dwoma walcami i układania w stosy (rys. 262).

Większe przedmioty ze stali elektrotechnicznej poddawane są obróbce polegającej na usuwaniu zadziorów w automatach z tarczami ściernymi ($n = 4000$ obr./min) i gumowymi ($n = 80$ obr./min).

8. Automatyzacja sterowania i kontroli procesu tłoczenia

W celu zapewnienia ciągłej pracy pras z automatycznym podawaniem materiału i specjalnych pras-automatów należy zabezpieczyć prasy i tłoczniki przed uszkodzeniami, powstającymi z różnych przyczyn, za pomocą automatycznego zatrzymania w razie pojawienia się brakowej wytłoczki, zakłócenia regularności podawania lub podania zlepionych półwyrobów itp.

Osiąga się to stosując wyłączniki, przerywające lub zamykające obwód elektryczny, wskutek czego powoduje się działanie urządzenia sterującego uruchamianiem i zatrzymywaniem silnika elektrycznego prasy.

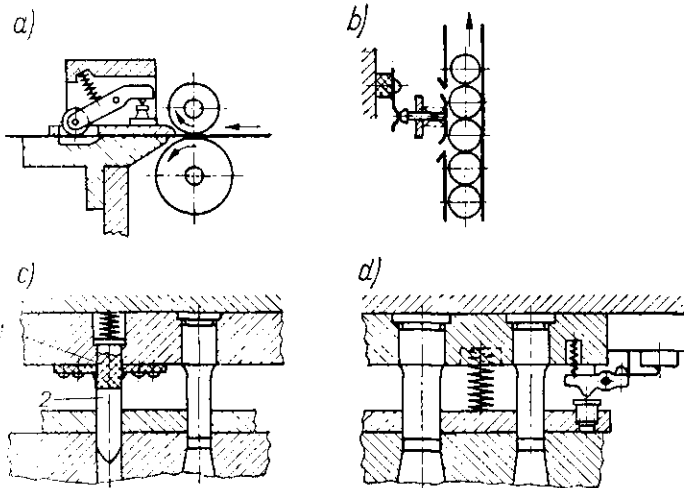
Na rys. 538 przedstawione są różne typy wyłączników (przerywaczy) stosowanych do automatycznego zatrzymywania prasy w razie przerwania lub zakłócenia automatycznego podawania materiału [170]:

1) wyłącznik przerywający obwód elektryczny urządzenia napędowego w razie zakończenia podawania taśmy, ponieważ rolka pod działaniem sprężyny opuszcza się (rys. 538a);

2) wyłącznik przerywający obwód w razie przerwy w podawaniu półwyrobów (rys. 538b);

3) wyłącznik zamykający obwód elektryczny (w normalnym stanie rozdzielony tulejką 1 z dielektryka), w razie zakłócenia skoku podawania i nie trafiaania pilota 2 w otwór uprzednio przebity stemplem (rys. 538c);

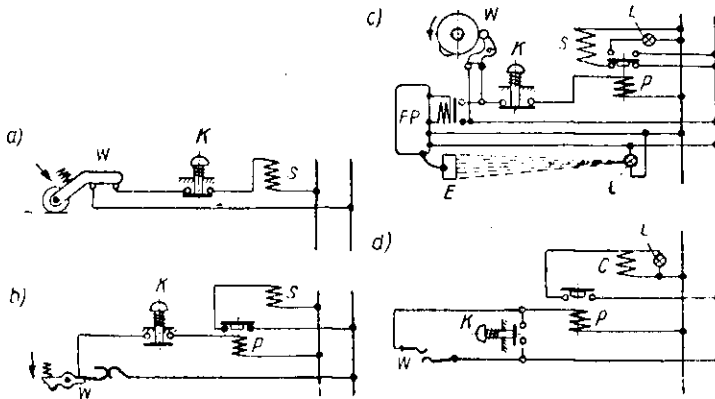
4) wyłącznik przerywający obwód urządzenia napędowego w razie podania do tłoczніка dwóch sklejonych lub szczepionych zadziórami półwyrobów (rys. 538d).



Rys. 538. Wyłączniki do automatycznego zatrzymywania prasy

Na rys. 539 przedstawione są typowe schematy elektryczne urządzeń do zatrzymywania pras w razie zakłócenia ich normalnej pracy [170]:

1) najprostszy schemat elektrycznego układu automatycznego sterowania prasy (rys. 539a), odpowiadający wyłącznikowi według rys. 538a; w razie zakłócenia nor-



Rys. 539. Typowe schematy elektryczne układów do automatycznego zatrzymywania pras: W — wyłącznik, P — przekaźnik, S — solenoid, L — lampka, K — przycisk, FP — przekaźnik fotoelektryczny, E — ekran

malnej pracy prasy wyłącznik przerywa obwód i wyłącza solenoid utrzymujący sprzęgło napędowe prasy w położeniu roboczym, wskutek czego prasa zatrzymuje się automatycznie;

2) schemat elektrycznego układu automatycznego sterowania (rys. 539b) odpowiadający wyłącznikowi przedstawionemu na rys. 538d; podczas normalnej pracy wyłącznik zamyka pierwotny obwód elektryczny, przekaźnik utrzymuje obwód

wtórny w stanie zamkniętym, a solenoid utrzymuje sprzęgło napędowe prasy w położeniu roboczym; w razie przerwania wyłącznikiem obwodu pierwotnego przekaźnik wyłącza się, wtórny obwód przerywa się i następuje zatrzymanie prasy;

3) schemat układu elektrycznego (rys. 539c) zawierający przekaźnik fotoelektryczny, z ekranem przyjmującym strumień światła z lampy, i zwykły przekaźnik sterujący solenoidu związany z mechanizmem napędowym prasy; w razie przerwania strumienia światła jakimkolwiek przedmiotem lub ręką pracownika przekaźnik fotoelektryczny przerywa obwód pierwotny, przekaźnik zwykły przestaje działać, przerywa się wskutek tego obwód wtórny, prasa zatrzymuje się i zapala się lampa sygnalizacyjna;

4) schemat układu o obwodach przerywanych (rys. 539d) odznaczający się tym, że przy normalnej automatycznej pracy prasy pierwotny i wtórny obwód są przerywane; w razie zamknięcia obwodu pierwotnego wyłącznikiem (podobnie jak na rys. 538c) lub guzikiem ręcznym przekaźnik zamyka obwód wtórny, włącza solenoid wyłączający prasę i zapala lampę sygnalizacyjną.

Obecnie opracowane są zasady wyższej formy automatyzacji sterowania procesem tłoczenia — sterowanie programowe prasy, mechanizmów pomocniczych i urządzeń transportowych za pomocą elektronowych maszyn matematycznych.

ORGANIZACJA I ROZPLANOWYWANIE MIEJSCA ROBOCZEGO

Wysoka wydajność i postępowe metody pracy możliwe są do osiągnięcia tylko wtedy, gdy istnieje właściwa organizacja pracy i miejsca roboczego.

Do właściwej organizacji pracy tólarza zalicza się:

- 1) prawidłowy podział pracy obsługiwanego prasy i miejsca roboczego;
- 2) zaopatrywanie tólarza we właściwym czasie w niezbędne materiały, półwyroby i narzędzia,
- 3) szczegółowy instruktaż przed pracą i przestrzeganie instrukcji w czasie pracy;
- 4) kontrolowanie produkcji we właściwym czasie i zapobieganie powstawaniu braków itp.

Do właściwej organizacji miejsca roboczego zalicza się:

- 1) prawidłowe i najbardziej dogodnie rozplanowanie miejsca roboczego, włączając w to sposoby i miejsca układania półwyrobów, gotowych przedmiotów i odpadów;
- 2) przygotowanie niezbędnych materiałów i półwyrobów;
- 3) zaopatrzenie miejsca roboczego w niezbędne narzędzia pomocnicze;
- 4) utrzymywanie w dobrym stanie i roboczej gotowości prasy i tólnika;
- 5) utrzymanie w czystości i porządku miejsca roboczego.

Rozplanowanie i organizacja miejsca roboczego zależy od następujących warunków:

- 1) postaci i wymiarów materiału wyjściowego (pas, taśma, arkusz, pojedyncze półwyroby);
- 2) stopień mechanizacji robót i sposoby podawania półwyrobów (ręczne, automatyczne);
- 3) sposoby usuwania wyrobów (przelotowe, z powrotnym wypychaniem i ręcznym usuwaniem, z automatycznym usuwaniem);
- 4) typ prasy (pionowa, przechylna, jednostojakowa, dwustojakowa wysięgowa, dwustojakowa ramowa itd.);
- 5) wielkości (nacisku) prasy i wymiarów tłoczonych przedmiotów.

W tabl. 265 podane są schematy rozplanowania i organizacji miejsc roboczych dla podstawowych typów pras i różnych postaci materiału wyjściowego.

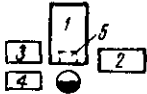


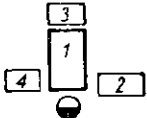
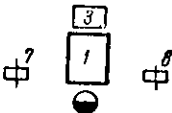

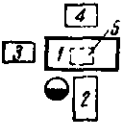


W rozplanowaniu maszyn i urządzeń oddziałów tłoczniczych należy przewidzieć powierzchnię koło prasy na układanie materiału wyjściowego, wyrobów i odpadów oraz niezbędne przejścia i przejazdy do transportu wewnętrznego.

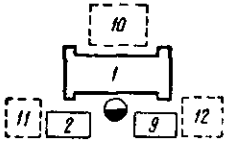
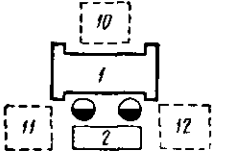
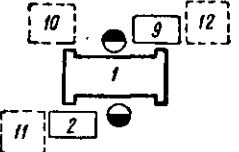
Rozplanowywanie typowych oddziałów tłoczniczych opisane jest bliżej w specjalnych poradnikach dla projektantów [85].

W tabl. 266 podana jest orientacyjna ogólna powierzchnia przypadająca na jedną prasę (wg danych biur projektowych).

Należy zaznaczyć, że jednostkowe powierzchnie w większości istniejących zakładów są mniejsze od przewidzianych normami biur projektowych.

Tablica 265. Schematy rozplanowania i organizacji miejsca roboczego dla podstawowych typów pras

Typ prasy	Postać materiału	Sposób podawania i tłoczenia	Schematy miejsca roboczego
Pionowa jedno- stojakowa (lub dwustojakowa wysięgowa)	Pasy	Ręczne podawanie (tłoczenie przelotowe)	
	Taśmy	Automatyczne podawanie (tłoczenie przelotowe)	
	Pojedyncze półwyroby	Ręczne podawanie	
Przechylna (wysięgowa)	Pasy	Ręczne podawanie (tłoczenie z powrotnym wypychaniem)	
	Taśmy	Automatyczne podawanie (tłoczenie z powrotnym wypychaniem)	
	Pojedyncze półwyroby	Ręczne podawanie (tłoczenie z powrotnym wypychaniem)	
Dwustojakowa jednopunktowa	Pasy	Ręczne podawanie (poprzeczne)	
	Pojedyncze półwyroby	Ręczne podawanie (tłoczenie przelotowe)	
	Pojedyncze półwyroby	Ręczne podawanie (tłoczenie z powrotnym wypychaniem)	

Typ prasy	Postać materiału	Sposób podawania i tłoczenia	Schematy miejsca roboczego
Dwustojakowa dwu- lub czteropunktowa	Arkusze i duże pojedyncze półwyroby	Ręczne podawanie (tłoczenie z powrotnym wypychaniem)	
	Arkusze i duże pojedyncze półwyroby	Ręczne podawanie (tłoczenie z powrotnym wypychaniem)	
	Arkusze i duże pojedyncze półwyroby	Ręczne podawanie (tłoczenie z powrotnym wypychaniem)	
<p>Oznaczenia do schematów:</p> <p>1 - prasa, 2 - stół na półwyroby, 3 - skrzynka na wytłoczki, 4 - skrzynka na odpady, 5 - skrzynka w stole prasy, 6 - skrzynka na pojedyncze półwyroby, 7 - bęben z taśmą, 8 - bęben z taśmą odpadową, 9 - stół na wytłoczki, 10 - miejsce składowania odpadów, 11 - miejsce składowania materiału wyjściowego, 12 - miejsce składowania wytłoczek</p>			

Tablica 266. Ogólna powierzchnia produkcyjna (z przejściami i przejazdami) na jedną prasę

Nacisk prasy w T	Ogólna powierzchnia w m ² na prasę	
	jednopunktowa	dwu- i czteropunktową
5—10	3—5	—
15—50	5—7	—
60—100	8—10	15—18
120—200	12—15	20—25
220—450	18—20	30—35
500—1000	25—30	40—45
1200—2500	—	50—60

MATERIAŁY STOSOWANE DO TŁOCZENIA NA ZIMNO

ROZDZIAŁ I

CHARAKTERYSTYKA MATERIAŁÓW

1. Podstawowe materiały stosowane do tłoczenia na zimno

W tłocznictwie stosuje się różne materiały metalowe i niemetalowe.

Najbardziej rozpowszechnionymi metalami i ich stopami obrabianymi tłoczeniem na zimno są:

- 1) stal różnych gatunków,
- 2) miedź i jej stopy (mosiądz, brąz, melchior i inne),
- 3) aluminium, magnez i ich stopy (duralumin, stopy aluminium — magnezu inne);
- 4) cynk i stal ocynkowana,
- 5) nikiel i stopy niklu,
- 6) tytan i jego stopy.

Oprócz tego tłoczeniem na zimno obrabia się następujące mniej rozpowszechnione metale i stopy:

- 1) molibden i jego stopy,
- 2) tantal i jego stopy,
- 3) specjalne stopy niklu i kobaltu (inwar, platynit, kowar i inne),
- 4) beryl, cyrkon i ich stopy,
- 5) metale szlachetne (złoto, srebro).

Materiały niemetalowe stosowane do tłoczenia na zimno podane są w rozdz. VIII (część pierwsza).

Nowym materiałem zastosowanym w ostatnich latach jest blacha stalowa pokryta kolorowym tworzywem sztucznym typu polichlorku winylu. Powłoka o grubości 0,36 mm odznacza się wysoką odpornością na zużycie, na korozję, na działanie kwasów i olejów oraz własnościami dielektrycznymi.

Materiał ten tłoczy się w zwykłych tłocznikach bez uszkodzenia powłoki.

Nazwy i oznaczenia gatunków metali i stopów, wytwarzany asortyment i warunki techniczne, podane są w odpowiednich normach.

Szczegółowe dane dotyczące materiałów można znaleźć w obszernych poradnikach specjalistycznych.

Tu podane są tylko podstawowe wiadomości o ważniejszych materiałach stosowanych do tłoczenia na zimno.

Najbardziej rozpowszechnionymi materiałami w tłocznictwie są różne gatunki blachy, pasów i taśm ze stali węglowej i stopowej, własności mechaniczne tych stali podane są w tabl. 9.

W zależności od jakości materiału rozróżnia się różne gatunki blachy i pasów stalowych:

1) blacha ze stali węglowej zwykłej i wyższej jakości wg ГОСТ 380-57 (grupa I i II);

2) blacha ze stali węglowej jakościowej, wykonywana z gatunków stali wg ГОСТ 1050-57;

3) blacha ze stali niskostopowej, wykonywana z gatunków stali wg ГОСТ 5058-57;

4) blacha ze stali stopowej wysoko jakościowej, wykonywana z gatunków stali wg ГОСТ 1542-54 i innych.

Podstawowymi gatunkami blach i pasów stalowych stosowanych do tłoczenia na zimno są:

1) blacha cienka ze stali węglowej zwykłej i wyższej jakości, wykonywana z gatunków stali wg ГОСТ 380-57 (grupa I i II);

2) blacha cienka z jakościowej stali węglowej konstrukcyjnej wykonywana z gatunków stali wg ГОСТ 1050-57;

3) blacha cienka ze stali niskostopowej różnych gatunków wg ГОСТ 5058-57;

4) blacha cienka ze stali stopowej wg ГОСТ 1542-57;

5) blacha stalowa konstrukcyjna wg ГОСТ 2672-52;

6) taśma stalowa zimnowalcowana wg ГОСТ 380-57 i ГОСТ 1050-57;

7) blacha stalowa trawiona wg ГОСТ 1386-47/57;

8) blacha cienka (o grubości $\leq 0,5$ mm, ocynowana i czarna) wg ГОСТ 5343-54 i ГОСТ 1127-57;

9) taśma ze stali nierdzewnej (chromowej i chromowo-niklowej wg ГОСТ 4986-54;

10) stal elektrotechniczna wg ГОСТ 802-58.

Niżej podane są własności mechaniczne i niektóre charakterystyki techniczne podstawowych gatunków blachy stalowej.

Cienka blacha ze stali zwykłej jakości (wg ГОСТ 380-57 i ГОСТ 501-58) dostarczana jest albo o określonych własnościach mechanicznych (grupa I), albo o określonych własnościach chemicznych (grupa II).

Stal o określonych własnościach mechanicznych wykonywana jest w ZSRR w następujących gatunkach: stal martenowska Ст.0, Ст.1, Ст.2, Ст.3кп, Ст.3, Ст.4, Ст.4а, Ст.5, Ст.6, Ст.7; stal besemerowska — БСт.0, БСт.3кп, БСт.3, БСт.4кп, БСт.4, БСт.5, БСт.6.

Stal o określonym składzie chemicznym wykonywana jest w ZSRR w gatunkach: stal martenowska — М09кп, М12кп, М18кп, М18, М21, М26, М31, М44, М56; stal besemerowska — Б09кп, Б09, Б16кп, Б23, Б33.

Blacha cienka ze stali węglowej wyższej jakości (ГОСТ 380-57, grupa III) ma gwarantowane zarówno skład chemiczny jak i własności mechaniczne, wykonywana jest sposobem martenowskim w gatunkach: М09, М12, М16, М18а, М21а, М26а, М31а, М44а, М56а.

Własności mechaniczne blachy cenniejszej ze stali węglowej zwykłej jakości i wyższej jakości podane są w tabl. 9.

Wyroby walcowane ze stali zwykłej jakości i wyższej jakości charakteryzowane są następującymi własnościami: granica plastyczności, wytrzymałość na rozciąganie i wydłużenie względne, określane na podstawie próby na rozciąganie po walcowaniu na gorąco.

Blacha cienka ze stali zwykłej jakości i wyższej jakości, zgodnie z warunkami technicznymi (ГОСТ 501-58) poddawana jest tylko próbie na zginanie na zimno o 180°, na trzpieniach o następujących średnicach:

Gatunek stali		Średnica trzpienia <i>d</i>
grupa I	grupa II	
Ст.1, Ст.2	М09, М12	0
Ст.3кп, Ст.3	М16, М18а	0
Ст.4	М21а	<i>g</i>
Ст.4а	М26а	2 <i>g</i>
Ст.5	М31а	3 <i>g</i>

Blacha cienka ze stali zwykłej jakości i wyższej jakości o grubości od 2 do 4 mm, oprócz próby na zginanie, powinna być na żądanie zamawiającego poddana próbie na rozciąganie, przy czym nie określa się granicy plastyczności i przewężenia. Normy wytrzymałości na rozciąganie i wydłużenia powinny być zgodne z wymaganiami

Tablica 267. Własności mechaniczne blachy stalowej jakościowej

Znak stali	Kategorie blachy							
	BГ	Г i H	BГ	Г	H	BГ	Г	H
	wytrzymałość na rozciąganie R_p w kG/mm ²		Wydłużenie względne a_{10} , nie mniejsze					
blachy zimnowalco- wane			blachy gorącowa- lowane					
05кп	26—36	26—38	33	32	30	30	29	27
08кп	28—37	28—39	34	32	30	30	29	27
08пс	28—40	28—42	32	30	28	28	27	25
10кп								
10	30—42	30—44	30	29	28	27	26	24
15кп	32—44	32—46	29	28	27	27	26	24
15, 20кп	34—46	34—48	27	26	25	26	25	24
20	36—50	36—51	26	25	24	25	24	24
25	—	40—55	—	24	23	—	23	22
30	—	45—60	—	22	21	—	21	20
35	—	50—65	—	20	19	—	19	18
40	—	52—67	—	—	18	—	—	17
45	—	55—70	—	—	16	—	—	15
50	—	55—73	—	—	14	—	—	13

Tablica 268. Najmniejsza głębokość wytłaczania blach cienkich stalowych do tłoczenia (określana na podstawie próby metodą Erichsena) w mm

Grubość blachy w mm	Znak stali i kategorie blach								
	05 кп } 08 кп } 08 пс } 10 кп } BГ		05 кп } 08 кп } 08 пс } 10 кп } Г		05 кп } 08 кп } 08 пс } 10 кп } H		10 } 15 кп } 25 } 20 кп } BГ		10 } 15 кп } 15 } 20 кп } Г
0,5	9,0	8,4	8,0	8,0	8,0	7,6			
0,6	9,4	8,9	8,5	8,4	8,4	7,8			
0,7	9,7	9,2	8,9	8,6	8,6	8,0			
0,8	10,0	9,5	9,3	8,8	8,8	8,2			
0,9	10,3	9,9	9,6	9,0	9,0	8,4			
1,0	10,5	10,1	9,9	9,2	9,2	8,6			
1,1	10,8	10,4	10,2	Nie bada się					
1,2	11,0	10,6	10,4	—	—	—			
1,3	11,2	10,8	10,6	—	—	—			
1,4	11,3	11,0	10,8	—	—	—			
1,5	11,5	11,2	11,0	—	—	—			
1,6	11,6	11,4	11,2	—	—	—			
1,7	11,8	11,6	11,4	—	—	—			
1,8	11,9	11,7	11,5	—	—	—			
1,9	12,0	11,8	11,7	—	—	—			
2,0	12,1	11,9	11,8	—	—	—			

Uwaga: Stal w gatunkach 15кп, 15, 20кп, 20 i 25 poddaje się próbie zginania o 180° do styku ramion przy grubości blachy do 2 mm i na wkładce o grubości $d = g$ (grubość blachy) przy grubości ponad 2 mm.

Tablica 269. Klasyfikacja zimnowalcowanej taśmy stalowej niskowęglowej w zależności od własności mechanicznych wg (ГОСТ 503-41)

Stan utwardzenia	Umowne oznaczenie wg ГОСТ	Wytrzymałość na rozciąganie w kG/mm ²	Wydłużenie względne α % (nie mniejsze)
Głęboko tłoczona	OM	28—40	30
Miękka	M	33—45	20
Ćwierćtwarda	ПМ	38—50	10
Półtwarda	ПТ	42—55	4
Twarda	T	50—80	—

Tablica 270. Najmniejsza głębokość wytłaczania zimnowalcowanej taśmy stalowej niskowęglowej w mm

Grubość taśmy w mm	Stan utwardzenia taśmy				Grubość taśmy w mm	Stan utwardzenia taśmy			
	OM		M			OM		M	
	szerokość taśmy		szerokość taśmy			szerokość taśmy		szerokość taśmy	
	ponad 70 mm	30—70 mm	ponad 70 mm	30—70 mm		ponad 70 mm	30—70 mm	ponad 70 mm	30—70 mm
0,20	7,5	5,2	6,8	4,2	0,80	9,6	6,9	8,7	5,9
0,25	7,7	5,3	7,0	4,3	0,90	9,8	7,1	9,0	6,1
0,30	8,0	5,5	7,2	4,5	1,00	10,0	7,3	9,2	6,2
0,35	8,2	5,7	7,4	4,7	1,20	10,5	7,7	9,6	6,7
0,40	8,5	5,9	7,7	4,8	1,40	10,9	8,1	10,0	7,1
0,45	8,6	6,1	7,8	5,0	1,60	11,1	8,5	10,4	7,4
0,50	8,8	6,2	7,9	5,1	1,80	11,5	8,9	10,7	7,8
0,60	9,1	6,4	8,2	5,4	2,00	11,7	9,2	10,9	8,1
0,70	9,4	6,6	8,5	5,6					

Uwaga. Taśma o grubości mniejszej od 0,2 mm i większej od 2 mm, szerokości mniejszej od 30 mm oraz taśmy ПМ, ПТ i T nie poddaje się próbie wytłaczania.

Tablica 271. Szerokość zimnowalcowanej taśmy stalowej niskowęglowej, w mm

4	11	18	30	46	60	93	125	160	195	230	280
5	12	19	32	50	73	96	130	165	200	235	290
6	13	20	34	53	76	100	135	170	205	240	300
7	14	22	36	56	80	105	140	175	210	245	
8	15	24	38	60	83	110	145	180	215	250	
9	16	26	40	63	86	115	150	185	220	260	
10	17	28	43	66	90	120	155	190	225	270	

ГОСТ 380-57. Takie same wymagania dotyczą blachy cienkiej ze stali niskowęglowej według ГОСТ 5058-57.

Blacha stalowa cienka jakościowa konstrukcyjna dostarczana jest w ZSRR zgodnie z warunkami technicznymi, według ГОСТ 914-56.

Oprócz gatunków stali (zgodnych z ГОСТ 1050-57) stal ta w zależności od podatności do ciągnięcia dzieli się na następujące trzy gatunki:

- ВГ — blachy do bardzo głębokiego tłoczenia,
- Г — blachy do głębokiego tłoczenia,
- Н — blachy do normalnego tłoczenia.

Tablica 272. Dopuszczalne odchyłki szerokości taśmy zimnowalcowanej ze stali niskowęglowej o obciętych brzegach, w mm

Grubość w mm	Taśma o normalnej dokładności H		Taśma o zwiększonej dokładności B11 i B	
	szerokość do 100 mm	szerokość ponad 100 mm	szerokość do 100 mm	szerokość ponad 100 mm
0,05—0,50	—0,3	—0,5	—0,15	—0,25
0,55—1,0	—0,4	—0,6	—0,3	—0,4
ponad 1,0	—0,6	—0,8	—0,4	—0,6

Na żądanie zamawiającego taśmę o obciętych brzegach sprawdza się jej krzywiznę (szablowność), przy czym dopuszcza się:
w przypadku taśmy o szerokości do 50 mm — nie więcej niż 3 mm na 1 m długości,
w przypadku taśmy o szerokości ponad 50 mm — nie więcej niż 2 mm na 1 m długości

Tablica 273. Dopuszczalne odchyłki szerokości taśmy zimnowalcowanej ze stali niskowęglowej o nieobciętych brzegach, w mm

Szerokość taśmy			
do 50 mm	50—100 mm	100—200 mm	ponad 200 mm
+2	+3	+4	+6
—1	—2	—3	—5

Taśmy o brzegach nieobciętych nie sprawdza się na szablowność:

Minimalny ciężar kęgów taśmy:

o szerokości ponad 80 mm nie mniejszy od 40 kG

o szerokości poniżej 80 mm z obliczenia 0,5 kG na 1 mm szerokości

Minimalną wewnętrzną średnicę kęgów taśmy ustala się:

w przypadku taśmy o grubości do 0,2 mm 150 mm

w przypadku taśmy o grubości ponad 0,2 mm 200 mm

Na żądanie zamawiającego taśma o grubości ponad 2 mm może być dostarczona w pasach

Tablica 274. Grubość taśmy zimnowalcowanej ze stali niskowęglowej, w mm

0,05	0,25	0,65	1,10	1,55	2,0	2,9
0,06	0,28	0,70	1,15	1,60	2,1	3,0
0,08	0,30	0,75	1,20	1,65	2,2	3,1
0,10	0,35	0,80	1,25	1,70	2,3	3,2
0,12	0,40	0,85	1,30	1,75	2,4	3,3
0,15	0,45	0,90	1,35	1,80	2,5	3,4
0,18	0,50	0,95	1,40	1,85	2,6	3,5
0,20	0,55	1,00	1,45	1,90	2,7	3,6
0,22	0,60	1,05	1,50	1,95	2,8	

Taśmy o grubości mniejszej od 0,2 mm wykonuje się tylko OM i T. Taśmy o grubości ponad 2 mm na żądanie zamawiającego mogą być również wykonane o grubościach pośrednich co 0,05 mm

Podatność stali do ciągnięcia oceniana jest według wartości w wydłużenia względnego i na podstawie próby tłoczności metodą Erichsena.

Oprócz tego w zależności od jakości powierzchni rozróżnia się cztery rodzaje cienkich blach stalowych jakościowych:

- I — o szczególnie wysokiej jakości powierzchni,
 II — o wysokiej jakości powierzchni,
 III — o podwyższonej jakości powierzchni,
 IV — o normalnej jakości powierzchni.

W tabl. 267 podane są własności mechaniczne cienkich blach stalowych jakościowych według ГОСТ 914-56.

W tabl. 268 podane są znormalizowane najmniejsze głębokości wytłaczania blach cienkich stalowych jakościowych.

Tablica 275. Dopuszczalne odchyłki grubości taśmy zinnawalcowanej ze stali niskowęglowej, w mm

Grubość taśmy	Taśmy o zwykłej dokładności	Taśmy o podwyższonej dokładności	Grubość taśmy	Taśmy o zwykłej dokładności	Taśmy o podwyższonej dokładności
0,05—0,08	—0,015	—0,01	1,00—1,35	—0,09	—0,06
0,10—0,15	—0,02	—0,015	1,40—1,75	—0,11	—0,08
0,18—0,25	—0,03	—0,02	1,80—2,30	—0,13	—0,10
0,28—0,40	—0,04	—0,03	2,35—3,00	—0,16	—0,12
0,45—0,70	—0,05	—0,04	ponad 3,00	—0,20	—0,16
0,75—0,95	—0,07	—0,05			

Tablica 276. Własności mechaniczne taśmy zinnawalcowanej ze stali konstrukcyjnej jakościowej

Znak stali	Taśma utwardzona		Taśma wyżarzona	
	wytrzymałość na rozciąganie R_t w kg/mm ²	wydłużenie względne a_{10} w % (nie mniejsze)	wytrzymałość na rozciąganie R_t w kg/mm ²	wydłużenie względne a_{10} w % (nie mniejsze)
15	45—80	3	32—50	22
20	50—85	2	32—55	20
25	55—90	2	35—60	18
30	65—95	2	40—60	16
35	65—95	2	40—65	16
40	65—100	2	45—70	15
45	70—105	1,5	45—70	15
50	75—110	1,5	45—75	13
55	75—110	1,5	45—75	12
60	75—115	1,0	45—75	12
65	75—115	1,0	45—75	10
70	75—115	1,0	45—75	10

Tablica 277. Dopuszczalne odchyłki szerokości taśmy ze stali konstrukcyjnej o brzegach obciętych, w mm

Grubość taśmy w mm	Dokładność wykonywania taśmy	
	zwykła	podwyższona
0,1—0,5	—0,3	—0,2
0,55—1,0	—0,4	—0,3
ponad 1,0	—0,6	—0,4

Dopuszczalne odchyłki szerokości taśmy o nieobciętych brzegach i o szerokości do $50 \pm 2,0$ mm, ponad $50 \pm 2,0$ mm

Tablica 278. Dopuszczalne odchyłki grubości taśmy ze stali konstrukcyjnej w mm (—)

Grubość taśmy w mm	Dokładność wykonania taśmy	
	zwykła	podwyższona
0,10—0,15	0,02	0,015
0,18—0,25	0,03	0,02
0,28—0,40	0,04	0,03
0,45—0,70	0,05	0,04
0,75—0,95	0,07	0,05
1,00—1,35	0,09	0,06
1,40—1,75	0,11	0,08
1,80—2,30	0,13	0,10
2,40—3,00	0,16	0,12

Tablica 279. Własności mechaniczne taśmy odpornej na korozję i żaroodpornej (ГОСТ 4986-54)

Znaki stali	Stan utwardzenia	Wytrzymałość na rozciąganie R_p w kG/mm ²	Wydłużenie a_{10} w %	Obróbka cieplna
1X13 2X13 3X13	Miękka Miękka Miękka	40 50 50	21 20 20	Wyżarzanie Wyżarzanie Wyżarzanie
OX18H9	Miękka Półtwarda	54 75—95	45 25	Hartowanie, 1050 ÷ 1080°C, w wodzie Bez obróbki cieplnej
1X18H9	Miękka Półtwarda Twarda Podwójnie twarda	54 80 100 115	35 20 13 8	Hartowanie, 1080 ÷ 1180°C, w wodzie Bez obróbki cieplnej Jak wyżej Jak wyżej
2X18H9	Miękka Półtwarda Twarda Podwójnie twarda	58 80 100 115	35 20 13 8	Hartowanie, 1120 ÷ 1150°C w wodzie lub w powietrzu Bez obróbki cieplnej Jak wyżej Jak wyżej
1X18H9T	Miękka	54	40	Hartowanie, 1050 ÷ 1100°C w wodzie lub w powietrzu.
X18H11B	Miękka Twarda	54 100	40 13	Hartowanie, 1080 ÷ 1130°C w wodzie lub w powietrzu Bez obróbki cieplnej
1X13H4F9	Miękka Półtwarda Twarda Podwójnie twarda	60 80 100 115	40 20 15 8	Hartowanie 1120 ÷ 1150°C w wodzie Bez obróbki cieplnej Jak wyżej Jak wyżej
X23H18	Miękka	85	45	Hartowanie 1100 ÷ 1150°C w wodzie lub w powietrzu

W tabl. 269—2 75 podano odpowiednie dane dotyczące taśm ze stali niskowęglowej, zimnowalcowanych stosowanych w tłocznictwie.

W tabl. 269 podana jest klasyfikacja taśm ze stali niskowęglowej zimnowalcowanej w zależności od własności mechanicznych.

W tabl. 270 podane są najmniejsze głębokości wytłaczania przy próbie tłoczności taśmy stalowej zimnowalcowanej.

W tabl. 271—273 podane są wymiary i dopuszczalne odchyłki szerokości taśm.

W tabl. 274 podano wymiary, a w tabl. 275 — graniczne odchyłki grubości taśmy stalowej.

W tabl. 276 zawarte są dane dotyczące własności mechanicznych taśmy stalowej zimnowalcowanej ze stali konstrukcyjnej (wg ГОСТ 2284-43/46).

Taśma ze stali konstrukcyjnej wykonywana jest o grubości: 0,10; 0,12; 0,15; 0,18; 0,20; 0,25; 0,28; 0,30÷2,00 mm (co 0,05 mm); 2,1÷3,0 mm (co 0,1 mm).

Taśma wykonywana jest o szerokości 4; 5; 6; 8; 10; 12; 14; 15; 16; 18; 20; 22; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 34; 35; 36; 38; 40÷90 mm (co 5 mm); 100÷200 mm (co 10 mm).

W tabl. 277 podane są dopuszczalne odchyłki szerokości, a w tabl. 278 — grubości taśmy ze stali konstrukcyjnej.

W tabl. 279 podano własności mechaniczne taśm ze stali nierdzewnej. Taśma dostarczana jest o szerokości od 40 do 600 mm ze stopniowaniem szerokości co 5 mm i o grubości od 0,20 do 2,00 mm.

W tabl. 280 podane są dopuszczalne odchyłki szerokości taśmy ze stali nierdzewnej (wg ГОСТ 4986-54).

W tabl. 281 podano nominalne wymiary i dopuszczalne odchyłki grubości blachy cienkiej ($g \leq 0,5$) ocynowanej i czarnej.

W tabl. 282 podana jest szerokość taśmy ($g \leq 0,5$) w kręgach.

W tabl. 283 podano grubość taśmy w kręgach ocynowanej ogniowo.

Tablica 280. Dopuszczalne odchyłki szerokości taśmy ze stali odpornej na korozję, w mm (—)

Grubość taśmy w mm	Przy szerokości taśmy w mm		
	do 100	100—300	ponad 300
Od 0,10 do 0,50	—0,3	—0,5	—0,6
Ponad 0,5 do 1,0	—0,4	—0,6	—0,8
Ponad 1,0	—0,6	—0,8	—1,0

Tablica 281. Nominalne wymiary i dopuszczalne odchyłki grubości blachy białej i czarnej (o grubości $\leq 0,5$ mm) (wg ГОСТ 5343-54 i ГОСТ 1127-57)

Umowne oznaczenie grubości (numer)	Graniczna grubość arkuszy w dowolnym miejscu w mm	Największa różnica grubości w różnych punktach jednego arkusza w mm	
		gorącowalcowana	zimnowalcowana
25	0,22—0,27	0,04	0,02
28	0,25—0,31	0,04	0,02
32	0,28—0,34	0,04	0,02
36	0,31—0,39	0,05	0,03
40	0,36—0,44	0,08	0,03
45	0,41—0,49	0,08	0,03
50	0,45—0,55	0,10	0,03

Tablica 282. Blacha biała i czarna (o grubości $\leq 0,5$ mm) w zwojach. Szerokość i odchyłki

Gatunek	Szerokość w mm	Odchyłki w mm
Biała w zwojach cynowana na gorąco (ГОСТ 7530-55)	120, 129, 137, 158 180, 194, 220, 332 375, 175, 239, 252 321, 428, i 512	-0,50 -0,25 +0,50
Biała w zwojach cynowana elektrolitycznie lakierowana (ЧМТУ 4818-54)	220, 239, 321 326	-0,25 -0,5
Biała w zwojach cynowana elektrolitycznie (ЧМТУ 4818-54)	220, 239, 321 356	-0,25 -0,5
Czarna w zwojach lakierowana (ЧМТУ 3418-53)	93, 120, 175, 180, 220, 239, 314, 321	0,25—0,5

Tablica 283. Grubość blachy białej w zwojach cynowanej na gorąco (ГОСТ 7530-55)

Numer blachy	Grubość w mm		Największe odchyłki grubości w różnych punktach			
	znak ЖК	znak ЖР	znak ЖК	znak ЖР		
12	0,11—0,13	0,09—0,14	0,02	0,03		
14	0,13—0,15	0,11—0,17				
16	0,15—0,17	0,13—0,18				
18	0,17—0,19	0,15—0,20				
20	0,19—0,21	0,17—0,22				
22	0,21—0,23	0,19—0,25				
25	0,24—0,26	0,22—0,27				
28	0,27—0,29	0,26—0,31				
32	0,30—0,33	0,30—0,35			0,03	0,04
36	0,34—0,37	0,33—0,38				

TECHNOLOGICZNE I MECHANICZNE WŁASNOŚCI PODSTAWOWYCH MATERIAŁÓW

2. Wytyczne technologicznego zastosowania materiałów

Materiał stosowany do wykonania przedmiotów tłoczonych powinien nie tylko odpowiadać przeznaczeniu i warunkom eksploatacyjnym, lecz i wymaganiom technologicznym, wynikającym z charakteru i stopnia wykonywanego odkształcenia.

Własności technologiczne materiału określane są w zasadzie jego własnościami mechanicznymi, zależącymi w istocie od składu chemicznego, struktury i wielkości ziarna, obróbki cieplnej i stopnia zgniotu.

Duży wpływ na własności technologiczne i mechaniczne materiałów walcowanych na zimno, stosowanych w tłocznictwie ma stopień zgniotu powstały przy walcowaniu i charakter obróbki cieplnej.

Do charakterystyki własności technologicznych materiału najważniejsze są wskaźniki plastyczności, wyrażające się wartością przewężenia c przy rozciąganiu lub jeszcze lepiej względnym zwężeniem równomiernym ψ , oraz stosunkiem między granicą plastyczności Q_r i wytrzymałością na rozciąganie R_r .

W odniesieniu do większości metali im mniejszy jest stosunek $\frac{Q_r}{R_r}$, tym większa jest wartość c .

Orientacyjny podział materiałów na różne grupy według plastyczności i skłonności do umocnienia podano na str. 244.

Duży wpływ na własności technologiczne i podatność do tłoczenia ma strukturalna postać węgla (ujemny wpływ strukturalnie swobodnego cementytu), wielkość i kształt ziaren ferrytu, stan powierzchni (brak linii poślizgu przy odkształcaniu).

Ostatnie wymaganie jest bardzo istotne w odniesieniu do materiałów poddawanych głębokiemu ciągnięciu, ponieważ wskutek skłonności do powstawania linii poślizgów, uwidaczniających się na blasze w postaci pasów, otrzymuje się wadliwą powierzchnię, a w razie gruboziarnistej stali powstaje na powierzchni blachy tak zwana „skórka pomarańczowa”.

Ustalono, że linie poślizgów powstają w stali wyżarzzonej mającej przy rozciąganiu wyraźną granicę plastyczności (górną i dolną).

Linie poślizgów powstają wskutek tego, że przy odkształceniu w granicach górnej i dolnej granicy plastyczności metal nie umacnia się, co powoduje powstawanie miejscowych odkształceń. Niekiedy powierzchniowe linie poślizgów są wynikiem procesu starzenia przy długim przechowywaniu blachy po walcowaniu na zimno. Do budowy nadwozi samochodowych stosowana jest nie starzejąca się blacha stalowa odtleniona aluminium lub tytanem.

W celu zapobieżenia powstawaniu linii poślizgów i „skórki pomarańczowej” poddaje się cienką blachę stalową (przed ciągnięciem) wstępnemu przewalcowaniu na zimno, z małym gniotem (około 2%, na specjalnej wielowalcowej maszynie).

Jak wykazuje doświadczenie, wstępne walcowanie blachy bezpośrednio przed ciągnięciem nie tylko zapobiega tworzeniu się pasów poślizgowych, lecz również polepsza własności sprzyjające ciągnięciu.

W odniesieniu do struktury i wielkości ziaren blachy stalowej cienkiej do głębokiego tłoczenia wymagane jest drobne równomierne ziarno (w blasze stalowej o grubości do 2 mm — $26 \div 37 \mu$, w blasze stalowej o grubości ponad 3 mm — $37 \div 52 \mu$, przy stosunku osi ziaren do 1,4 \div 1,5), brak struktury pasmowej, strukturalnie wolnego cementytu, wtrąceń niemetalicznych itp.

W tabl. 284 podane są przykłady technologicznego zastosowania blachy stalowej i jej własności [79].

W tabl. 285 podane są wymagania stawiane blasze stalowej przeznaczonej na części samochodowe (ГАЗ).

Tablica 284. Przykłady technologicznego zastosowania blachy stalowej i jej własności mechaniczne

Zastosowanie	Wytrzymałość na rozciąganie R_r , w kG/mm ² (nie większa)	Wydłużenie a w % (nie mniejsza)	Twardość HB (nie większa)	Głębokość wytłaczania (tłoczność) w mm (nie mniejsza)
Wykrawanie płaskich przedmiotów	65	1—5	84—96	6—7
Wykrawanie, proste gięcie pod kątem 90° w poprzek włókien z dużym promieniem zaokrąglenia ($r > 2g$)	50	4—14	75—85	7—8
Płytkie ciągnięcie i wygniatanie. Gięcie o kąt 180° w poprzek włókien lub o kąt 90° wzdłuż włókien z promieniem zaokrąglenia $r \geq 0,5g$	42	13—27	64—74	8—9
Głębokie ciągnięcie (dopuszczalne linie poślizgu). Gięcie o kąt 180° we wszystkich kierunkach z promieniem zaokrąglenia $r < 0,5g$	37	24—36	52—64	9—10
Głębokie ciągnięcie (z nieznacznymi liniami poślizgu). Gięcie o kąt 180° we wszystkich kierunkach z promieniem zaokrąglenia $r < 0,5g$	33	33—45	38—52	10—12

Tablica 285. Podstawowe wymagania dotyczące blachy stalowej na części samochodowe

Zastosowanie	Stosunek $\frac{Q_r}{R_r}$	Wydłużenie a_{10} w %	Twardość HB	Głębokość wytłaczania (tłoczność)
Części nadwozia wymagające głębokiego ciągnięcia (blotniki itp.)	$\leq 0,6$	> 50	≤ 38	Większa od wartości wg ГОСТ o 0,7—1,0 mm
Części nadwozia nie wymagające głębokiego ciągnięcia (drzwi itp.)	0,65	45	40	Większa od wartości wg ГОСТ o 0,5—0,7 mm
Części wykonywane za pomocą głębokiego ciągnięcia, w których dopuszczalne są niewielkie wady powierzchni	0,70	40	40	wg ГОСТ

Wydłużenie względne nie jest prawidłowym wskaźnikiem plastyczności materiału i podatności jego do głębokiego tłoczenia.

Wymienione własności materiału lepiej charakteryzuje wielkość równomiernego względnego zwężenia przekroju ψ , odpowiadającego chwili utraty stateczności odkształcenia plastycznego.

Doświadczalnie ustalono [313], że przy ciągnięciu w tłocznikach z żebrami ciągowymi blacha stalowa powinna mieć następującą charakterystykę:

rzeczywista wytrzymałość na rozciąganie $R_{rr} = 42 - 50 \text{ kG/mm}^2$,
równomierne zwężenie względne $\psi = 20 - 25\%$.

3. Określanie mechanicznych i technologicznych własności blachy

Ze wszystkich metod określania mechanicznych własności materiału najlepsze wyniki daje próba rozciągania, które pozwala określić wartości charakterystyczne odkształcania jak: granica plastyczności, rzeczywista wytrzymałość na rozciąganie i wskaźniki plastyczności — wydłużenie względne oraz względne przewężenie przekroju poprzecznego. Zależność między naprężeniem i odkształceniem wyraża się najbardziej prawidłowo na wykresie we współrzędnych: rzeczywiste naprężenie — przewężenie.

Jednak próba na rozciąganie cienkich blach jest znacznie trudniejsza od próby okrągłych próbek, a wyniki badania są mniej dokładne wskutek tego, że w cienkich płaskich próbkach o znacznej szerokości: 1) zmienia się charakter rozerwania próbki ze zmianą wymiarów i kształtu szyjki w porównaniu z próbkami okrągłymi; 2) utrudniony jest dokładny pomiar szyjki wskutek zniekształcenia jej kształtu i charakteru rozerwania; 3) otrzymuje się dużą rozbieżność między wynikami badań okrągłych i płaskich próbek.

Wskutek tego badanie cienkiej blachy na rozciąganie daje często niedostatecznie dokładne wartości R_{rr} i c , będących najważniejszymi wielkościami charakteryzującymi odkształcenie plastyczne.

Dlatego ocenę plastyczności blachy przeprowadza się kompleksowo na podstawie:

- 1) wyników badań mechanicznych,
- 2) struktury i wielkości ziaren,
- 3) dodatkowych obserwacji — braku pasów poślizgu na powierzchni odkształconej próbki.

Wskutek trudności badania cienkich blach na rozciąganie opracowano metodę określania mechanicznych charakterystyk cienkich blach na podstawie wykrawania okrągłych płytek stemplem i matrycą następnie obliczania wskaźników [270].

Wadą tej metody jest praktycznie niemożliwe otrzymanie czystego ścinania, ponieważ przy istnieniu nawet minimalnego luzu między stemplem i matrycą nieuniknione są odkształcenia od zginania i rozciągania materiału, a w razie braku luzu — odkształcenie wgniatania stempla w materiał.

Autor ustalił, że wskaźnik największej plastyczności materiału przy rozciąganiu może być wyrażony nie tylko względnym zwężeniem, lecz również liczbowo równym największym wydłużeniem względnym szyjki w stosunku do końcowej długości:

$$\psi = a' = a \frac{dl_0}{dl} \text{ przy } dl_0 \rightarrow 0$$

Opracowana jest również metoda określania tej wielkości dla blach cienkich za pomocą ekstrapolacji wyników badań na rozciąganie [238].

Miejscowe odkształcenie plastyczne cienkich blach może być również wyrażone wielkością rzeczywistego wydłużenia, obliczonego na podstawie naniesionej siatki.

Wskutek trudności dokładnego określenia własności mechanicznych cienkich blach za pomocą próby rozciągania, powstały różne metody badań i prób technologicznych.

Próby technologiczne mające na celu określenie podatności materiału do odkształceń plastycznych są zbliżone do warunków, w jakich znajduje się metal w czasie obróbki tłoczeniem.

Tablica 286. Próby technologiczne blachy w celu określenia podatności do gięcia

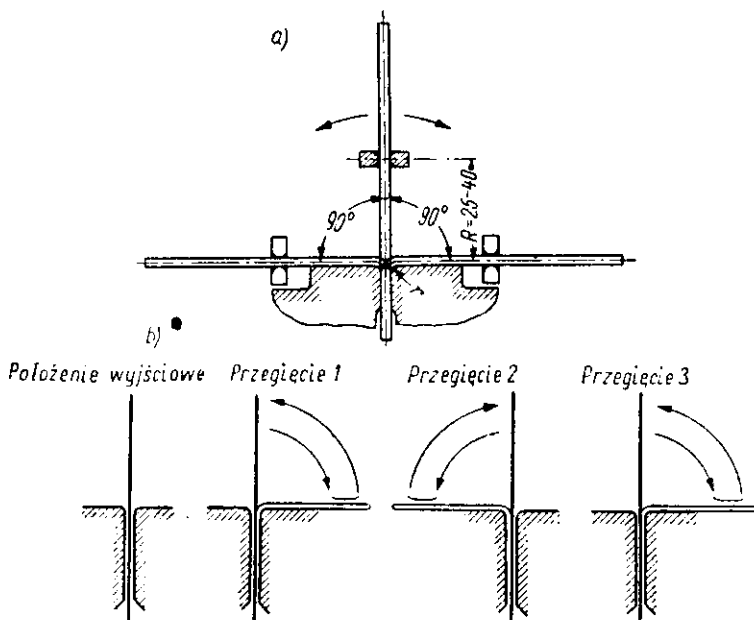
Rodzaj próby	Istota próby i zakres zastosowania
Próba zginania wg GOCT 1683	Próba polega na zginaniu próbek dookoła stempla o określonej grubości lub do styku ramion. Średnica wkładki-stempla podana jest w normach. Próba wykazuje podatność materiału do odkształceń plastycznych. W przypadku cienkiej blachy jest próbą odbiorczą
Próba przeginania wg GOCT 1688 i GOCT 1579-42 (rys. 540)	Próba polega na wielokrotnym zginaniu blaskiej próbki zaciśniętej w szczękach imadła. Próbkę zgina się na przemian w prawo i w lewo o kąt 90° do złamania albo do liczby przegięć podanej w warunkach technicznych. Liczbę przegięć odlicza się licznikiem. Stosuje się tylko do cienkich materiałów matalowych przy $g \leq 2$
Próba czystego zginania wg Woltera [324]	Próba oparta jest na zginaniu z określeniem momentów zginających. Przyrząd Woltera umożliwia ustalenie najmniejszego możliwego promienia gięcia blach o różnej grubości. Urządzenie zapisujące kreśli krzywe momentu zginającego w zależności od stosunku $\frac{r}{g}$
Próba zginania wg Gütth'a [324]	Próbie przeprowadza się za pomocą stempla o zmiennym wzdłuż zebra roboczego pierścieniu zaokrąglenia (do zera). Stosuje się do określenia dopuszczalnego promienia gięcia
Próba zginania trapezowej próbki	Zgina się ustawioną pionowo w tłoczniku trapezową próbkę. Z węższej strony próbka zgina się znacznie bardziej i może powstać pęknięcie
Próba wyginania rogu blachy (rys. 541)	Przyrząd ustawia się półką 1 na blasze tak, aby róg blachy wszedł w szczelinę pod płytką 2 (rys. 541a). Obracając chwyt 3 zagina się róg blachy o 60° do położenia przedstawionego na rys. 541b. Kątowe przemieszczenie płyty 1 określa się za pomocą czujnika 4. Przyrząd wyposaża się w tablice odchyłań sprężystych różnych materiałów i o różnej grubości
Próba sprężynowania przy gięciu wg Oehlerta [324]	Przeprowadza się zginanie pasa zaciśniętego w szczękach kleszczami do gięcia z regulowanym stosunkiem $\frac{r}{g}$. Na podziałce odczytuje się kąt sprężynowania przy różnych wartościach stosunku $\frac{r}{g}$. Stosuje się do materiałów o grubości do 1 mm
Próba na podwójnie zaginane (połączenie dachowe) GOCT 1697	Metodami blacharskimi wykonuje się połączenie podwójnie zaginane w kierunku poprzecznym. Stosuje się do sprawdzania blachy przeznaczonej do wykonywania skrzyń, baniek i innych wyrobów blacharskich

W tabl. 286 podane są podstawowe sposoby badań (prób) technologicznych cienkich blach w celu określenia jej podatności do gięcia.

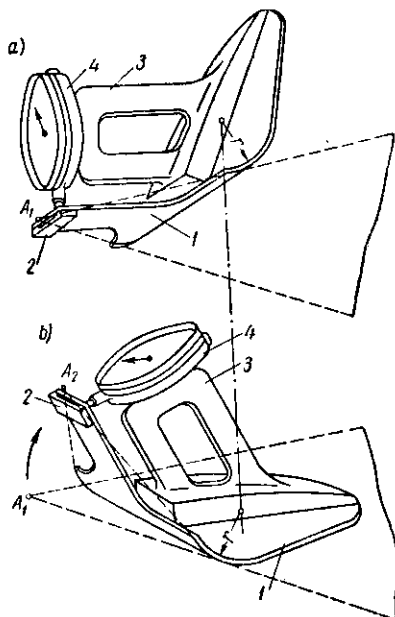
Niektóre z tych badań objęte są normami GOCT Wskaźnikiem podatności próbek jest brak pęknięć, naderwań i rozwarstwień. Jednak współczesny stan teorii gięcia

plastycznego umożliwia nie tylko jakościową ocenę podatności materiału, lecz również obliczenie wielkości odkształcenia przy dowolnej wartości stosunku $\frac{g}{r}$ ¹⁾.

Do porównawczej oceny plastyczności i podatności do ciągnięcia blach stosowane są różne sposoby badań technologicznych (tabl. 287).



Rys. 540. Próba przeginania: a) schemat próby, b) przebieg przeginania



Rys. 541. Przyrząd do próby wyginania rogów blachy

¹⁾ Romanowskij W.P.: Dieformacii stalnych obrazcow pri technologiczeskom ispytanii na izgib. Sbornik statiej. Leningrad, 1957.

Tablica 287. Próby technologiczne blachy w celu określenia jej podatności do głębokiego ciągnięcia

Sposób badania	Istota próby i zakres zastosowania
<p>I. Stan naprężeń — dwuosiowe rozciąganie (przy ciągnięciu niewalcowanych i niesymetrycznych przedmiotów) w tłocznikach z zebrami ciągowymi</p>	
Próba tłoczności (na głębokość wytłaczania) na ręcznym przyrządzie typu ПТЛ (Erichsena) (rys. 542a)	W zaciśniętej próbce wytłacza się wgłębienie stemplem o kulistym zakończeniu. Stosuje się do blachy stalowej lub niezelaznej o grubości do 2 mm. Najmniej doskonały sposób
Próba tłoczności (na głębokość wytłaczania) na hydraulicznym przyrządzie Olsena (rys. 542b)	Próba podobna do poprzedniej. Szytwny stempel napędzany jest tłokiem. Może być wykorzystany do badania bezpośrednio cieczą
Próba tłoczności (na głębokość wytłaczania) cieczą, wg metody Jowino	Próba podobna do poprzedniej. Zalety: równomierny nacisk hydrauliczny i nieistnienie tarcia. Najbardziej doskonały sposób
<p>II. Stan naprężeń — rozciąganie i ściskanie w kołnierzu płaskiego półwyrobu przy ciągnięciu walcowych lub skrzynkowych przedmiotów z pionowymi ściankami)</p>	
Próba wytłaczania walcowych miseczek АЕТ-ЦРНИТМАЛЛ (rys. 542c)	Próba modeluje proces wytłaczania i określa dopuszczalny współczynnik wytłaczania $m = \frac{d_1}{D}$
Próba wytłaczania walcowych miseczek uderzeniem z późniejszym rozpęzaniem krawędzi [324]	Sposób ten modeluje wytłaczanie na młotach spadowych lub prasach ciernych. Rozpęzanie krawędzi przeprowadza się na oddzielnym przyrządzie
Próba rozciągania otworu wg Siebla i Pompa [324]	Wykonuje się walcowym stemplem wywijanie brzegów otworu w zaciśniętej próbce. Jakość materiału ocenia się w zależności od wymiaru wgłębienia i pęknięcia brzegu otworu
Próba wytłaczania pasa wg Siebla (rozciąganie z wyginaniem, rys. 543)	Nadcięta próbka zaciska się dociskaczem 2 z prostokątnym otworem i wtlacza się w otwór matrycy półokrągłym stemplem 3 aż do rozerwania. Określa się głębokość wtlóczenia i mierzy się wydłużenie rozerwanego pasa. Metoda ta modeluje odkształcenie w niebezpiecznym przekroju

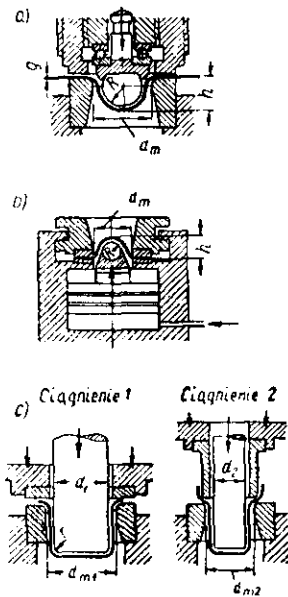
Najbardziej rozpowszechnione jest badanie cienkich blach za pomocą próby tłoczności na przyrządzie typu Erichsena. Próba ta objęta jest normami jako podstawowy rodzaj badania szeregu cienkich materiałów metalowych: blachy trawionej, taśmy stalowej zimnowalcowanej i innych.

Wielkością charakteryzującą w danym przypadku plastyczność materiału i jego podatność do ciągnięcia jest głębokość wtlóczenia stempla do chwili pojawienia się pęknięcia materiału. Jednocześnie rozpatruje się kształt pęknięcia i powierzchnię materiału na wierzchołku wtlóczenia.

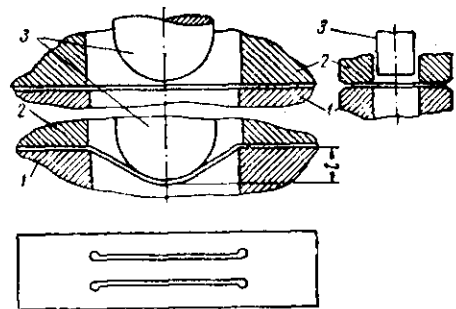
Materiał o dobrej jakości powinien dawać:

1) głębokość wytłoczenia nie mniejszą od podanej w odpowiednich normach (tabl. 288);

2) pęknięcie miseczki wzdłuż łuku, w przeciwnym przypadku pęknięcie wskazuje na strukturę pasmową i istnienie wad walcowniczych;



Rys. 542. Schematy prób na głębokość wytłaczania (tłoczności) i ciągnięcia naparstka



Rys. 543. Schemat próby wtlaczania pasa (rozciąganie i wyginanie)

3) gładką powierzchnię miseczki, co charakteryzuje drobnoziarnistą strukturę metalu.

Chropowata powierzchnia miseczki świadczy o gruboziarnistej strukturze.

W zależności od szerokości materiału przy badaniu na głębokość wytłaczania przyjmuje się różne wymiary próbek, jak również stempli i matryc (tabl. 289).

Tablica 288. Głębokość wytłaczania w mm (tłoczność)

Nazwa materiału	Grubość materiału w mm									
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Mosiądz do głębokiego tłoczenia	12,8	13,5	13,8	14,2	14,3	14,4	14,5	14,6	14,7	14,7
Mosiądz zwykłej jakości	11,3	12,2	12,7	13,0	13,3	13,5	13,7	13,8	14,1	14,3
Błacha miedziana	9,6	10,5	11,1	11,4	11,8	12,1	12,3	12,6	12,8	13,0
Taśma stalowa do głębokiego tłoczenia	8,6	9,5	10,1	10,6	11,0	11,4	11,8	12,1	12,3	12,6
Błacha aluminiowa	7,6	8,7	9,2	9,5	9,9	10,2	10,7	11,1	11,2	11,7
Błacha stalowa do głębokiego tłoczenia	7,3	8,3	8,9	9,5	10,1	10,6	10,9	11,3	11,7	12,2
Stal trawiona	6,6	7,8	8,6	9,2	9,7	10,2	10,6	11,1	11,4	11,8
Błacha cynowana	6,2	7,5	8,3	8,9	9,5	9,9	10,3	10,8	11,2	11,6
Cynk	5,2	7,5	7,3	7,8	8,1	8,3	8,4	8,5	8,6	8,6

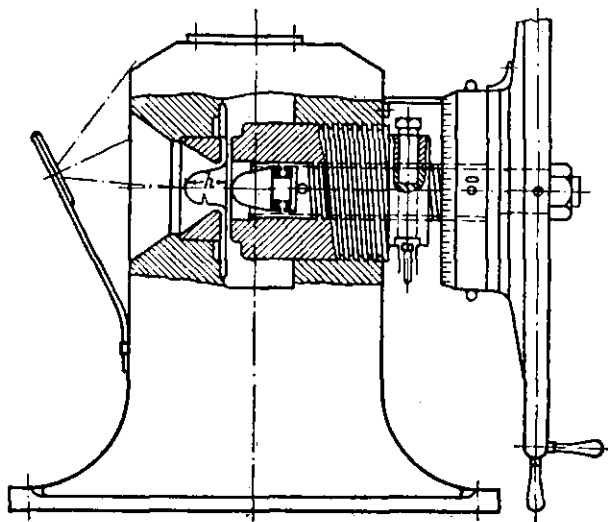
Tablica 289. Wymiary stempli, matryc i próbek do badania tłochności (głębokości wytłaczania w mm)

Materiał	Wymiar próbki	Średnica stempla	Średnica matrycy
Arkusze i taśmy o szerokości ponad 70 mm	Pas o szerokości 70 mm lub płytka 70×70 mm	20	27
Taśmy o szerokości od 30 do 70 mm	Pas o szerokości 30 mm lub płytka 30×30 mm	14	17

Uwaga. 1. Do węższych próbek i taśm stosuje się stemple i matryce o mniejszych wymiarach lub stosuje się wkładki dla wąskiej taśmy.
2. Do kompletu wymiennych narzędzi do przyrządu ПТЛ wchodzi stemple o średnicach 3, 8, 14 i 20 mm, matryce o średnicach otworów 5, 11, 17 i 27 mm, wkładki do wąskiej taśmy z otworami 4, 10 i 19 mm

Przyrząd do badania blachy tłochności przedstawiony jest na rys. 544.

Kółko ręczne, znajdujące się z prawej strony, służy do dociśnięcia próbki do pierścienia ciągowego i do późniejszego wytłaczania. Próbka zaciskana jest zew-



Rys. 544. Przyrząd Erichsena do prób tłochności

nętrnym wrzecionem, wewnątrz którego umieszczone jest drugie nagwintowane wrzeciono służące do wytłaczania miseczki. Rozłączanie i łączenie wrzecion wykonywane jest za pomocą wkrętu.

Kółko ręczne zaopatrzone jest w bęben z podziałką mikrometryczną, według której określa się głębokość miseczki z dokładnością do jednej setnej milimetra. Z przeciwnej strony przyrządu przymocowane jest zwierciadło do obserwowania powstania pęknięcia. W chwili pojawienia się pęknięcia natychmiast przerywa się dalsze wytłaczanie. Nowsze przyrządy ПТЛ zaopatrzone są w siłomierz do 6 T.

Przyrząd hydrauliczny służy do takich samych prób, lecz różni się tym, że na trzpień ze stemplem działa ciśnienie hydrauliczne i w każdej chwili wytłaczania wskazuje nacisk roboczy.

W ostatnio wydawanych pracach [174] podawane są wiadomości wskazujące na niedostateczną przydatność prób metodą Erichsena do oceny podatności blachy

do ciągnięcia, wskutek różnicy charakteru odkształceń przy zwykłym ciągnięciu w tłocznikach i przy próbie Erichsena.

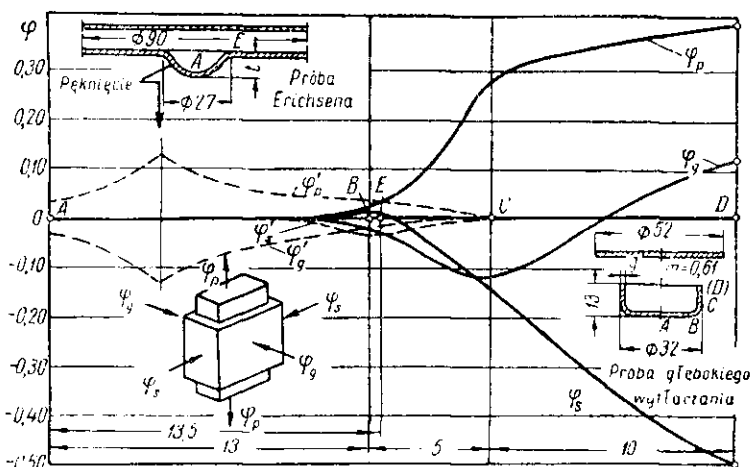
Dlatego też należy wyjaśnić to zagadnienie.

Próba Erichsena odbywa się przy dwukierunkowym rozciąganiu, towarzyszy mu silne ścienienie materiału w środkowej części próbki. Podobny charakter odkształcenia występuje przy ciągnięciu kulistych, paraboloidalnych, stożkowych i innych przedmiotów, przy ciągnięciu hydraulicznym oraz przy ciągnięciu przedmiotów o złożonym kształcie w tłocznikach z żebrami ciągowymi.

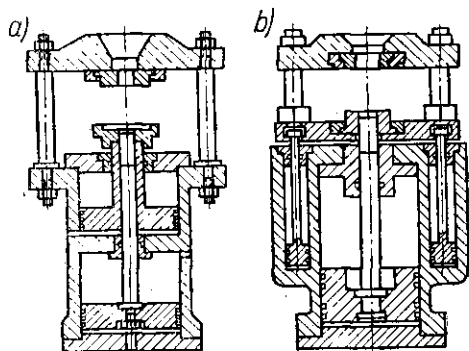
W tych przypadkach schematy stanu naprężeń i odkształceń w niebezpiecznym przekroju (miejsce możliwego rozerwania) są podobne.

A więc w danych przypadkach ciągnięcia próba Erichsena stosunkowo dobrze modeluje proces ciągnięcia (wyłaczania) i daje dostatecznie prawidłową ocenę podatności materiału do ciągnięcia.

W przypadku ciągnięcia walcowych przedmiotów stany naprężeń i odkształceń w kołnierzu charakteryzuje się istnieniem stycznego ściskania i promieniowego



Rys. 545. Zestawienie odkształceń logarytmicznych występujących przy próbach badanych na głębokie ciągnięcie naporstków (ψ_p , ψ_s , ψ_g) i na wyłaczanie wgłębienia (ψ'_p , ψ'_s , ψ'_g)



Rys. 546. Przyrząd do prób na głębokie ciągnięcie naporstków (naczyni walcowych): a) konstrukcja НИТИ, b) konstrukcja ЦНИИТМАШ.

rozciągania, przy czym pierwsze osiąga największą wartość przy krawędzi półwyrobu, a drugie — na krawędziach ciągowych matrycy.

Dlatego w odniesieniu do ciągnięcia walcowych przedmiotów próba Erichsena nie może dać prawidłowej oceny podatności materiału do takiego ciągnięcia.

W danym przypadku lepsze wyniki daje badanie na ciągnięcie walcowego naczynia, najbardziej odpowiadające warunkom ciągnięcia w tłoczniach.

Badanie polega na próbnym ciągnięciu naczyń walcowych z okrągłych płytek, pomiarze nacisku i określeniu granicznego stopnia ciągnięcia $K = \frac{D}{d}$ lub współczynnika $m = \frac{d}{D}$, przy którym następuje pęknięcie materiału. Określenie granicznej największej średnicy płytki i granicznego stopnia odkształcenia może być przeprowadzone za pomocą interpolacji na podstawie wyników badań trzech próbek, jeżeli znana jest wytrzymałość z próby rozciągania [276].

Na rys. 545 przedstawione jest zestawienie odkształceń logarytmicznych występujących przy badaniu na głębokie ciągnięcie ($\varphi_p, \varphi_s, \varphi_g$) i na wytłaczanie wgłębień ($\varphi_p', \varphi_s', \varphi_g'$) [365].

Na rys. 546 przedstawiona jest konstrukcja przyrządów do badania blachy za pomocą ciągnięcia naczyń walcowych (naparstków), opracowana przez ЦНИИТМАШ i НИТИ.

DODATEK DO WYDANIA POLSKIEGO

Tablica D1. Przybliżone porównanie klas dokładności wg GOCT i PN

Klasy dokładności wg PN		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Klasy dokładności wg GOCT	Wałek	1	2	2a	3		3a	4		5		7	8	9
	Otwór		1	2	2a	3		3a	4		5		7	8

Tablica D2. Stale konstrukcyjne węglowe (gatunki wymienione w książce), porównanie oznaczeń wg GOCT i PN (dane zaczerpnięte z normy PN-61/H-84020)

Marka stali wg GOCT	Znak wg PN	Marka stali wg GOCT	Znak stali wg PN
Ст. 0	St 0	05	05X
Ст. 1кп (Ст. 1)	St 1	08	08X
Ст. 2кп (Ст. 2)	St 2	10	10X
Ст. 3кп (Ст. 3)	St 3	10	10
Ст. 4кп (Ст. 4)	St 4	15	15X
Ст. 5	St 5	15	15
Ст. 6	St 6	20	20
Ст. 7	St 7	25	25
M Ст. 0	M St 0	30	30
M Ст. 1	M St 1X	35	35
M Ст. 2	M St 2X	40	40
M Ст. 3	M St 3X	45	45
M Ст. 3	M St 3	50	50
M Ст. 4	M St 4X	55	55
M Ст. 4	M St 4	60	60
M Ст. 5 (BCт. 5)	M St 5	65	65

Gatunki podane w nawiasach nie są całkowicie zgodne z gatunkami wg PN-61/H-84020

Tablica D3. Stal narzędziowa węglowa. Porównanie oznaczeń wg norm radzieckich i polskich (dane zaczerpnięte z normy PN-57/H-85020)

Marka stali wg GOCT	Znak stali wg PN	Marka stali wg GOCT	Znak stali wg PN
У13А	N13E	У13	N13
У12А	N12E	У12	N12
У11А	N11E	У11	N11
У10А	M10E	У10	N10
У9А	N9E	У9	N9
У8А	N8E	У8	N8
У7А	N7E	У7	N7

Tablica D4. Skład chemiczny stali narzędziowych występujących w książce (wg norm radzieckich)¹⁾

Marka stali wg GOCT	Skład chemiczny w %										Znak wg PN
	C	Mn	Si	Cr	Ni	W	Mo	V	S	P	
X	0,95—1,10	≤0,40	0,35	1,30—1,60	≤0,25	—	—	—	≤0,03	≤0,03	NC4
X09	0,95—1,10	≤0,40	0,35	0,75—1,05	≤0,25	—	—	—	≤0,03	≤0,03	(NCL)
9X	0,80—0,95	0,25—0,35	0,25—0,45	1,40—1,70	≤0,25*	—	—	—	≤0,03	≤0,03	—
9XC	0,85—0,95	0,30—0,60	1,2—1,6	0,95—1,25	≤0,25*	—	—	—	≤0,03	≤0,03	—
8Xφ	0,75—0,85	0,20—0,40	0,35	—	≤0,25*	—	—	0,15—0,30	≤0,03	≤0,03	NCV1
X12M	1,45—1,70	0,35	0,50	11—12,5	≤0,35	—	0,50—0,80	0,15—0,30	≤0,03	≤0,03	(NCWV)
X12	2,00—2,30	≤0,35	0,50	11,5—13,0	≤0,35	—	—	—	≤0,03	≤0,03	NC11
4XC	0,35—0,45	≤0,40	1,20—1,60	1,30—1,60	≤0,25*	—	—	—	≤0,03	≤0,03	—
6XC	0,60—0,70	≤0,40	0,60—1,00	1,00—1,30	≤0,25	—	—	—	≤0,03	≤0,03	—
4XB2C	0,35—0,44	0,20—0,40	0,60—0,90	1,00—1,30	≤0,25	2,00—2,50	—	—	≤0,03	≤0,03	—
5XB2C	0,45—0,54	0,20—0,40	0,50—0,80	1,00—1,30	≤0,25	2,00—2,50	—	—	≤0,03	≤0,03	—
6XB2C	0,55—0,65	0,20—0,40	0,50—0,80	1,00—1,30	≤0,25	2,20—2,70	—	—	≤0,03	≤0,03	NCS
XBΓ	0,90—1,05	0,80—1,10	0,15—0,35	0,90—1,20	≤0,25*	1,2—1,6	—	—	≤0,03	≤0,03	(NWC)
9XBΓ	0,85—0,95	0,90—1,20	0,15—0,35	0,50—0,80	≤0,25	0,50—0,80	—	—	≤0,03	≤0,03	—
5XBΓ	0,55—0,70	0,90—1,20	0,15—0,35	0,50—0,80	≤0,25	0,50—0,80	—	—	≤0,03	≤0,03	—

1) Tablica zestawiona na podstawie Informatora o standartach radzieckich na wyroby hutnicze, część 1, Stale Warszawa, PWT, 1955, oraz normy PN-60/H-85023.

Uwaga. Gatunki w nawiasach nie są całkowicie zgodne z gatunkami wg norm radzieckich.

*) W przypadku przeznaczenia stali na narzędzia do kucia dopuszczalna jest zawartość Ni ≤ 0,30%.

Tablica D5. Stale nierdzewne i kwasoodporne. Skład chemiczny oraz porównanie oznaczeń wg norm radzieckich i polskich¹⁾

Marka stali wg GOCT	Skład chemiczny w %									Znak stali wg PN
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Ti	Nb	S	P	
								nie więcej		
1X13	≤ 0,15	≤ 0,6	≤ 0,6	12,0—14,0	≤ 0,6	—	—	0,030	0,035	1H13
2X13	0,16—0,24	≤ 0,6	≤ 0,6	12,0—14,0	≤ 0,6	—	—	0,030	0,035	2H13
3X13	0,25—0,34	≤ 0,6	≤ 0,6	12,0—14,0	≤ 0,6	—	—	0,030	0,035	3H13
0X18H9	≤ 0,07	≤ 2,0	≤ 0,8	17,0—20,0	8,0—11,0	—	—	0,030	0,035	0H18H9
1X18H9	≤ 0,14	≤ 0,2	≤ 0,8	17,0—20,0	8,0—11,0	—	—	0,030	0,035	—
2X18H9	0,15—0,25	≤ 2,0	≤ 0,8	17,0—20,0	8,0—11,0	—	—	0,030	0,035	2H18M9
X23H18	≤ 0,20	≤ 2,0	≤ 1,0	22,0—25,0	17,0—20,0	—	—	0,030	0,035	—
1X18H9T	≤ 0,12	≤ 2,0	≤ 0,8	17,0—20,0	8,0—11,0	5(C—0,03) do 0,80	—	0,030	0,035	1H18H9T
X18H11	≤ 0,10	≤ 2,0	≤ 1,0	17,0—20,0	9,0—13,0	—	8C do 1,5	0,030	0,035	—
X13H9	0,15—0,30	8,0—10,0	≤ 0,8	12,0—14,0	3,7—5,0	—	—	0,030	0,060	X13N4G9

¹⁾ Tablica zestawiona na podstawie Informatora o standartach radzieckich na wyroby hutnicze, Część 1, Stale. Warszawa, PWT 1955, oraz normy PN-60/H-86020.

Tablica D6. Stopy aluminium. Porównanie oznaczeń (gatunków wymienionych w książce) wg norm radzieckich i polskich

Marka stopu wg GOCT	Znak wg PN	Cecha wg PN	Dotychczasowa nazwa handlowa stopu
AMu	AlMn1	PA1	Aluman
AMr	AlMg2Mn	PA2	Hydronalium
Д1	AlCu4MgMn	PA6	Dural
Д16	AlCu4Mg1Mn	PA7	Dural
AB	AlSiMgCuMn	PA10	Avial
Д1	AlCu4MgMn-A	PA21	Dural
Д16	AlCu4Mg1Mn-A	PA23	Dural

Tablica D7. Brąz. Porównanie oznaczeń (gatunków wymienionych w książce) wg norm radzieckich i polskich
(dane zaczerpnięte z normy PN-58/H-87050)

Marka stopu wg GOCT	Znak wg PN	Cecha wg PN
БрОФ 6,5—0,15	CuSn7P (CuSn4Zn3) CuAl7	B7
БрОЦ 4—3		(B43)
БрА7		BA7
Gatunki podane w nawiasach nie są całkowite zgodne z gatunkami wg GOCT		

Tablica D8. Mosiądz. Porównanie oznaczeń (gatunków wymienionych w książce) wg norm radzieckich i polskich (dane zaczerpnięte z normy PN-58/H-87025)

Marka stopu wg ГОСТ	Znak wg PN	Cecha wg PN
ЛС59—1 ЛМу58—2 Л62 Л68	CuZn39Pb1 CuZn40Mn (CuZn37) CuZn32	M59 MM59 (M63) M68
Gatunki podane w nawiasach nie są całkowicie zgodne z gatunkami wg ГОСТ		

Tablica D9. Wykaz Polskich Norm narzędzi i przyrządów do obróbki tłoczeniem na zimno

Numer normy	Rok ustanowienia	Tytuł normy
M-66055	55	Tłoczniki. Gniazda pras i czopy płyt glowicowych. Wymiary
M-66101	55	Tłoczniki. Czopy do roznitowania
M-66102	55	Tłoczniki. Czopy do wkręcania
M-66103	55	Tłoczniki. Czopy do wtłaczania
M-66104	57	Tłoczniki. Czopy z kołnierzeniami
M-66105	55	Tłoczniki. Czopy sprzęgłowe do wkręcania
M-66110	55	Tłoczniki. Zabieraki do czopów sprzęgłowych
M-66111	56	Tłoczniki. Kołki oporowe wydłużone
M-66120	56	Tłoczniki. Słupy prowadzące
M-66130	55	Tłoczniki. Tuleje prowadzące
M-66142	56	Tłoczniki. Płyty okrągłe — półwyroby
M-66144	56	Tłoczniki. Stemple okrągłe swobodne o średnicy cięcia od 3 do 60 mm
M-66145		Tłoczniki. Stemple okrągłe o średnicy cięcia do 10 mm
M-66146	57	Tłoczniki. Noże boczne prowadzone
M-66147	57	Tłoczniki. Noże boczne swobodne
M-66151	56	Tłoczniki. Głowice prostokątne do wykrojników — półwyroby
M-66152	56	Tłoczniki. Głowice okrągłe do wykrojników — półwyroby
M-66160	56	Tłoczniki. Korpusy okrągłe z bocznym układem prowadnic
M-66161	56	Tłoczniki. Korpusy okrągłe wzmocnione z bocznym układem prowadnic
M-66162	56	Tłoczniki. Korpusy okrągłe wzmocnione z wzdłużnym układem prowadnic
M-66163	56	Tłoczniki. Korpusy okrągłe z płytą prowadzącą ze wzdłużnym układem prowadnic
M-66164	56	Tłoczniki. Korpusy prostokątne ze wzdłużnym układem prowadnic
M-66165	56	Tłoczniki. Korpusy prostokątne z bocznym układem prowadnic
M-66167	56	Tłoczniki. Korpusy prostokątne wzmocnione z układem prowadnic po przekątnej
M-66180	57	Tłoczniki. Wkładki oporowe do noży bocznych
M-66190	57	Tłoczniki. Piloty z kołnierzem
M-66191	57	Tłoczniki. Piloty wciskane
M-66192	57	Tłoczniki. Piloty z gwintem
M-66261	58	Tłoczniki. Skrzynki wykrojników bez podstawy
M-66262	58	Tłoczniki. Skrzynki wykrojników z podstawą

Tablica D10. Wielkości charakterystyczne pras miniosrodowych stałych konstrukcji polskiej

l.p.	Nazwa prasy	Typ	Nacisk nominalny T	Wysięg mm	Skok nastawny mm	Liczba skoków na minutę 1/min	Odł. stołu od suwaka w górnym położ., przy największym skoku i wkręconym łączniku mm	Regulacja odł. suwaka od stołu mm	Wymiary stołu i płyty stołowej mm	Wymiary otworu w stole mm	Grubość płyty stołowej mm	Otwór w płycie stołowej mm	Srednica otworu w suwaku mm	Wielkość rowków teowych w stole, płycie mm	Układ rowków teowych w płycie stopień	Przeswit między ścianami korpusu mm	Odległość między stołem a prowadnicami mm	Moc silnika elektrycznego kW	Liczba obrotów silnika 1/min
1	Prasa miniosrodowa stalą 6,3 T	PMS6,3A	6,3	125	8-60	120 lub 170	250	30	340 × 230	0 150	40	0 80	0 25	14	30°	150	255	0,6	1500
2	Prasa miniosrodowa stalą 10	PMS10m I	10	160	8-60	120	245	35	400 × 315	0 125	40	0 56/70	0 25	14	30°	—	250	1	930
3	Prasa miniosrodowa stalą 10 T	PMS10A	10	160	8-70	145	280	35	450 × 300	0 200	45	0 100	0 25	14	30°	209	285	1	1000
4	Prasa miniosrodowa stalą 16 T	PMS16A	16	180	8-80	120	315	45	500 × 330	0 225	50	0 115	0 32	18	30°	230	320	1	1000
5	Prasa miniosrodowa stalą 25 T	PMS25B	25	200	8-100	55	355	55	560 × 370	0 250 0 270	60	0 125	0 32	18	30°	270	360	1,7	1500
6	Prasa miniosrodowa stalą 40 T	PMS40	40	200	8-80	110	380	60	630 × 334	0 315 0 270	70	0 125	0 40	22	30°	—	—	2,8	930
7	Prasa miniosrodowa stalą 40 T	PMS40A	40	250	12-120	45	400	65	710 × 470	0 315 0 200	70	0 160	0 40	22	30°	340	405	1,7	1500
8	Prasa miniosrodowa stalą 63 T	PMS63B	63	280	12-120	40	450	80	800 × 530	0 350	80	0 175	0 40	22	30°	420	455	2,8	1500
9	Prasa miniosrodowa stalą 100 T	PMS100B	100	315	10-110	50	415	85	620 × 900	0 355	100	0 200 /180	0 50	28	30°	—	420	4,5-7	1500
10	Prasa miniosrodowa stalą 100 T	PMS100A	100	355	16-130	38 lub 75	540	100	1000 × 670	0 400	100	0 225	0 50	22	30°	700	545	7	1500

Uwagi: 1) Prasy wymienione pod lp. 1, 3, 4, 5, 7, 8 mogą być wyposażone w poduszki sprężynowe lub powietrzne.

2) Do pras wymienionych pod lp. 1, 3, 4, 5, 7, 8, 10 i 11 przewidziane jest wyposażenie w urządzenie automatyzujące (podajnik, beby odwijający i nawijający, odcinek odpadów i walce prostujące).

3) Prasy wymienione od lp. 1 i 10 wykonane są w wersjach wolnobieżnej i szybkobieżnej.

Tablica D11. Wielkości charakterystyczne pras mimosrodowych przechylnych konstrukcji polskiej

Lp.	Nazwa prasy	Typ	Nacisk nominalny	Wysięg	Skok nastawny	Liczba skoków na minutę	Odł. stołu od sawaka w górnym położeniu, przy wkręconym łączniku i największym skoku	Regulacja odległości sawaka od stołu	Wymiary stołu i płyty stołowej	Średnica otworu w stole	Grubość płyty stołowej	Otwór w płycie stołowej	Gniazdo w sawaku na czop tłoczniaka o średnicy	Wielkość ęrków teowych w stole, płycie sawaka	Układ rowków teowych w płycie	Przechylenie korpusu	Przeswit między scianami korpusu	Odległość między stołami a przewodnikami	Moc silnika elektrycznego	Liczba obrotów silnika
			T	mm	mm	1/min	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	stopień	stopień	mm	mm	kW
1	Prasa mimosrodowa przechylna 6,3 T	PMP6,3A	6,3	125	8—60	170	250	30	340 × 230	Ø 150	40	Ø 80	Ø 25	14	30°	40°	150	255	0,6	1500
2	Prasa mimosrodowa przechylna 10 T	PMP10A	10	160	8—70	145	280	35	450 × 300	Ø 200	45	Ø 100	Ø 25	14	30°	35°	200	285	1,0	1000
3	Prasa mimosrodowa przechylna 16 T	PMP16A	16	180	8—80	120	315	45	500 × 330	Ø 225	50	Ø 115	Ø 32	18	30°	30°	230	320	1,0	1000
4	Prasa mimosrodowa przechylna 25 T	PMP25B	25	200	8—100	105	355	55	560 × 370	Ø 250	60	Ø 125	Ø 32	18	30°	30°	270	360	1,7	1000
5	Prasa mimosrodowa przechylna 40 T	PMP40	40	200	12—120	50	400	70	630 × 400	Ø 230	70	Ø 140/ /120	Ø 40	22	30°	30°	300	405	4,5	1440
6	Prasa mimosrodowa przechylna 40 T	PMP40A	40	250	12—120	90	400	65	710 × 470	Ø 315	70	Ø 160	Ø 40	22	30°	30°	340	405	2,8	1000
7	Prasa mimosrodowa przechylna 63 T	PMP63	63	250	30—120	50	420	80	630 × 400	Ø 280	80	Ø 160/ /140	Ø 40	22	30°	30°	330	420	4,5	1440
8	Prasa mimosrodowa przechylna 63 T	PMP63B	63	280	12—120	80	450	80	800 × 530	Ø 350	80	Ø 175	Ø 40	22	30°	30°	420	455	4,5	750

Uwaga. 1) Prasy wymienione pod lp. 1, 2, 3, 4, 8 — mogą być wyposażone w wyrzutniki sprężynowe lub powietrzne.

2) Do pras wymienionych pod lp. 1, 2, 3, 4, 6, 8 — przewidziane jest wyposażenie w urządzenia automatyzujące (podajniki, bębny odwijające i nawijające, odcinaki odpadów i walce prostujące).

Tablica D12. Wielkości charakterystyczne pras korbowych ramowych konstrukcji polskiej

Lp.	Nazwa maszyny	Typ	Nacisk nominalny		Nacisk przy 90° kąta korby		Skok suwaka		Regulacja suwaka w kierunku osi		Liczba skoków suwaka na min (ruch ciągły)		Odległość między stołem, a suwakiem (zamknięta)		Prześwit między stojakami		Prześwit między prowadnicami		Wymiary stołu		Otwór w stole		Wymiary płyty stołowej		Grubość płyty stołowej		Moc silnika		Liczba obrotów silnika	
			T	T	mm	mm	l/min	l/min	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
1	Prasa korbowa ramowa 250 T	PKrR 250A	250	144	250	140	24	36	550	800	630	1200 × 800	510 × 510	1200 × 780	110	28	1500													
2	Prasa korbowa ramowa 400 T	PKrR 400	400	246	315	150	18	600	1030	840	1030 × 1320	670 × 500	1000 × 1320	130	40	1500														
3	Prasa korbowa ramowa 630 T	PKrR 630	630	390	400	170	12	620	1030	810	1030 × 1500	750 × 750	1000 × 1500	190	55	1500														

Tablica D13. Wielkości charakterystyczne pras śrubowych cieniych konstrukcji polskiej

Lp.	Nazwa prasy	Typ	Nacisk nominalny		Największa energia efektywna uderzenia suwaka		Najw. skok suwaka		Najw. liczba pełnych skoków na minutę		Średnica śruby (wrzecziona)		Skok wyrzutnika		Moc silnika		Liczba obrotów silnika		Odległość między stojakami		Wymiary stołu		Wymiary powierzchni suwaka		Najmniejsza odlegl. suwaka od płyty stołowej		Otwór w stole		Otwór w suwaku	
			T	T	KGm	mm	l/min	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
1	Prasa cieniarna śrubowa 63 T	PC63	63	250	240	25	110	60	2,8	1500	490	470 × 440	360 × 370	190	Ø 100	Ø 63														
2	Prasa cieniarna śrubowa 100 T	PC100	100	500	280	17	125	60	6,1	1500	570	560 × 530	470 × 410	285	Ø 105	Ø 50 × 100														
3	Prasa cieniarna śrubowa 250 T	PC250	250	1400	420	15	220	—	14	1450	730	710 × 660	550 × 600	300	Ø 110	Ø 63														

Tablica D14. Wielkości charakterystyczne pras kolanowych konstrukcji polskiej

d.	Nazwa prasy	Typ	T Nacisk suwaka	mm Skok suwaka	l/min Liczba skoków-suwaka przy ruchu ciągłym	l/min Liczba skoków przy ruchu przerywanym	mm Największa odległość suwaka od stołu w d.z.p.	mm Nastawność suwaka	mm Odległość między stojakami	mm Wymiary stołu	T Nacisk wyrzutnika	mm Skok wyrzutnika	mm Przesuw stołu	m Przesuw sań narzędziowych	kw l/min Silnik główny (moc i liczba obrotów)	kw l/min Silnik nastawczy (moc i liczba obrotów)
1	Prasa kolanowa 630 T (z przesuwym stołem)	PK630	630 na 5 m przed d.z.p.	132	34	5	485	12	560	450 × 450	31	42	800	—	21 × 1500	1,1 × 1000
2	Prasa kolanowa kuznicza 630 T	PKK630	630	132	34	—	450	12	560	550 × 800	30	42	—	—	21 × 1470	—
3	Prasa kolanowa 1600 T (z przesuwym stołem)	PK1600	1600 na 5 mm przed d.z.p.	175	25	5	450	15	900	700	80	50	850	260	40 × 1500	2,5 × 1000
4	Prasa kolanowa 2500 T (z przesuwym stołem)	PK2500	2500 na 5 mm przed d.z.p.	200	20	5	670	18	1100	800 × 800	120	50	1250	500	55 × 1500	2,8 × 1000

TABLICE UZUPEŁNIAJĄCE

Tablica I. Potęgi, pierwiastki, obwody i pola kół

n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
0	0	0,0000	0,000	0,0000	51	2601	7,1414	160,22	2 042,82
1	1	1,0000	3,142	0,7854	52	2704	7,2111	163,36	2 123,72
2	4	1,4142	6,283	3,1416	53	2809	7,2801	166,50	2 206,18
3	9	1,7321	9,425	7,0686	54	2916	7,3485	169,65	2 290,22
4	16	2,0000	12,57	12,566	55	3025	7,4162	172,79	2 375,83
5	25	2,2361	15,71	19,635					
6	36	2,4495	18,85	28,274	56	3136	7,4833	175,93	2 463,01
7	49	2,6458	21,99	38,485	57	3249	7,5498	179,07	2 551,76
8	64	2,8284	25,13	50,266	58	3364	7,6158	182,21	2 642,08
9	81	3,0000	28,27	63,617	59	3481	7,6811	185,35	2 733,97
10	100	3,1623	31,42	78,540	60	3600	7,7460	188,50	2 827,43
11	121	3,3166	34,56	95,033	61	3721	7,8102	191,64	2 922,47
12	144	3,4641	37,70	113,10	62	3844	7,8740	194,78	3 019,07
13	169	3,6056	40,84	132,73	63	3969	7,9373	197,92	3 117,25
14	196	3,7417	43,98	153,94	64	4096	8,0000	201,06	3 216,99
15	225	3,8730	47,12	176,72	65	4225	8,0623	204,20	3 318,31
16	256	4,0000	50,27	201,06	66	4356	8,1240	207,35	3 421,19
17	289	4,1231	53,41	226,98	67	4489	8,1854	210,49	3 525,65
18	324	4,2426	56,55	254,47	68	4624	8,2462	213,63	3 631,68
19	361	4,3589	59,69	283,53	69	4761	8,3066	216,77	3 739,28
20	400	4,4721	62,83	314,16	70	4900	8,3666	219,91	3 848,45
21	441	4,5826	65,97	346,36	71	5041	8,4261	223,05	3 959,19
22	484	4,6904	69,12	380,13	72	5184	8,4853	226,19	4 071,50
23	529	4,7958	72,26	415,48	73	5329	8,5440	229,34	4 185,39
24	576	4,8990	75,40	452,39	74	5476	8,6023	232,48	4 300,84
25	625	5,0000	78,54	490,87	75	5625	8,6603	235,62	4 417,86
26	676	5,0990	81,68	530,93	76	5776	8,7178	238,76	4 536,46
27	729	5,1962	84,82	572,55	77	5929	8,7750	241,90	4 656,63
28	784	5,2915	87,97	615,75	78	6084	8,8318	245,04	4 778,36
29	841	5,3852	91,11	660,52	79	6241	8,8882	248,19	4 901,67
30	900	5,4772	94,25	706,86	80	6400	8,9443	251,33	5 026,55
31	961	5,5678	97,39	754,77	81	6561	9,0000	254,47	5 153,00
32	1024	5,6569	100,53	804,25	82	6724	9,0554	257,61	5 281,02
33	1089	5,7446	103,67	855,30	83	6889	9,1104	260,75	5 410,61
34	1156	5,8310	106,81	907,92	84	7056	9,1652	263,89	5 541,77
35	1225	5,9161	109,95	962,11	85	7225	9,2195	267,04	5 674,50
36	1296	6,0000	113,09	1 017,88	86	7396	9,2736	270,18	5 808,80
37	1369	6,0828	116,24	1 075,21	87	7569	9,3274	273,32	5 944,68
38	1444	6,1644	119,38	1 134,11	88	7744	9,3808	276,46	6 082,12
39	1521	6,2450	122,52	1 194,59	89	7921	9,4340	279,60	6 221,14
40	1600	6,3246	125,66	1 256,64	90	8100	9,4868	282,74	6 361,73
41	1681	6,4031	128,81	1 320,25	91	8182	9,5394	285,88	6 503,88
42	1764	6,4807	131,95	1 385,44	92	8464	9,5917	289,03	6 647,61
43	1849	6,5574	135,09	1 452,20	93	8649	9,6437	292,17	6 792,91
44	1936	6,6332	138,23	1 520,53	94	8836	9,6954	295,31	6 939,78
45	2025	6,7082	141,37	1 590,43	95	9025	9,7468	298,45	7 088,22
46	2116	6,7823	144,51	1 661,90	96	9216	9,7980	301,59	7 238,23
47	2209	6,8557	147,65	1 734,94	97	9409	9,8489	304,73	7 389,81
48	2304	6,9282	150,80	1 809,56	98	9604	9,8995	307,88	7 542,96
49	2401	7,0000	153,94	1 885,74	99	9801	9,9499	311,02	7 697,69
50	2500	7,0711	157,08	1 963,50	100	10000	10,0000	314,16	7 853,98

n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
101	10 201	10,0499	317,30	8 011,85	151	22 801	12,2882	474,38	17 907,9
102	10 404	10,0995	320,44	8 171,28	152	23 104	12,3288	477,52	18 145,8
103	10 609	10,1489	323,58	8 332,29	153	23 409	12,3693	480,66	18 385,4
104	10 816	10,1980	326,73	8 494,87	154	23 716	12,4097	483,81	18 626,5
105	11 025	10,2470	329,87	8 659,01	155	24 025	12,4499	486,95	18 869,2
106	11 236	10,2956	333,01	8 824,73	156	24 336	12,4900	490,09	19 113,44
107	11 449	10,3441	336,15	8 992,02	157	24 649	12,5300	493,23	19 359,3
108	11 664	10,3923	339,29	9 160,88	158	24 964	12,5698	496,37	19 606,7
109	11 881	10,4403	342,43	9 331,32	159	25 281	12,6095	499,51	19 855,74
110	12 100	10,4881	345,58	9 503,32	160	25 600	12,6491	502,65	20 106,2
111	12 321	10,5357	348,72	9 676,89	161	25 921	12,6886	505,80	20 358,3
112	12 544	10,5830	351,86	9 852,03	162	26 244	12,7279	508,94	20 612,0
113	12 769	10,6301	355,00	10 028,7	163	26 569	12,7671	512,08	20 867,2
114	12 996	10,6771	358,14	10 207,0	164	26 896	12,8062	515,22	21 124,1
115	13 225	10,7238	361,28	10 386,9	165	27 225	12,8452	518,36	21 382,5
116	13 456	10,7703	364,42	10 568,3	166	27 556	12,8841	521,50	21 642,4
117	13 689	10,8167	367,57	10 751,3	167	27 889	12,9228	524,65	21 904,0
118	13 924	10,8628	370,71	10 935,9	168	28 224	12,9615	527,79	22 167,1
119	14 161	10,9087	373,85	11 122,0	169	28 561	13,0000	530,93	22 431,8
120	14 400	10,9545	376,99	11 309,7	170	28 900	13,0384	534,07	22 698,0
121	14 641	11,0000	380,13	11 499,0	171	29 241	13,0767	537,21	22 965,8
122	14 884	11,0454	383,27	11 689,9	172	29 584	13,1149	540,35	23 235,2
123	15 129	11,0905	386,42	11 882,3	173	29 929	13,1529	543,50	23 506,2
124	15 376	11,1355	389,56	12 076,3	174	30 276	13,1909	546,64	23 778,7
125	15 625	11,1803	392,70	12 271,8	175	30 625	13,2288	549,78	24 052,8
126	15 876	11,2250	395,84	12 469,0	176	30 976	13,2665	552,92	24 328,5
127	16 129	11,2694	398,98	12 667,7	177	31 329	13,3041	556,06	24 605,7
128	16 384	11,3137	402,12	12 868,0	178	31 684	13,3417	559,20	24 884,6
129	16 641	11,3578	405,27	13 069,8	179	32 041	13,3791	562,35	25 164,9
130	16 900	11,4018	408,41	13 273,2	180	32 400	13,4164	565,49	25 446,9
131	17 161	11,4455	411,55	13 478,2	181	32 761	13,4536	568,63	25 730,4
132	17 424	11,4891	414,69	13 684,8	182	33 124	13,4907	571,77	26 015,5
133	17 689	11,5326	417,83	13 892,9	183	33 489	13,5277	574,91	26 302,2
134	17 956	11,5758	420,97	14 102,6	184	33 856	13,5647	578,05	26 590,4
135	18 225	11,6190	424,12	14 318,9	185	34 225	13,6015	581,19	26 880,3
136	18 496	11,6619	427,26	14 526,7	186	34 596	13,6382	584,34	27 171,6
137	18 769	11,7047	430,40	14 741,1	187	34 969	13,6748	587,48	27 464,6
138	19 044	11,7473	433,54	14 957,1	188	35 344	13,7113	590,62	27 759,1
139	19 321	11,7898	436,68	15 174,7	189	35 721	13,7477	593,76	28 055,2
140	19 600	11,8322	439,82	15 393,8	190	36 100	13,7840	596,90	28 352,9
141	19 881	11,8743	442,96	15 614,5	191	36 481	13,8203	600,04	28 652,1
142	20 164	11,9164	446,11	15 836,8	192	36 864	13,8564	603,19	28 952,9
143	20 449	11,9583	449,25	16 060,6	193	37 249	13,8924	606,33	29 255,3
144	20 736	12,0000	452,39	16 286,0	194	37 636	13,9284	609,47	29 559,2
145	21 025	12,0416	455,53	16 513,0	195	38 025	13,9642	612,61	29 864,8
146	21 316	12,0830	458,67	16 741,5	196	38 416	14,0000	615,75	30 171,9
147	21 609	12,1244	461,81	16 971,7	197	38 809	14,0357	618,89	30 480,5
148	21 904	12,1655	464,96	17 203,4	198	39 204	14,0712	622,04	30 790,7
149	22 201	12,2066	468,10	17 436,6	199	39 601	14,1067	625,18	31 102,6
150	22 500	12,2474	471,24	17 671,5	200	40 000	14,1421	628,32	31 415,9

n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
201	40 401	14,1774	631,46	31 730,9	251	63 001	15,8430	788,54	49 480,9
202	40 804	14,2127	634,60	32 047,4	252	63 504	15,8745	791,68	49 875,9
203	41 209	14,2478	637,74	32 365,5	253	64 009	15,9060	794,82	50 272,6
204	41 616	14,2829	640,88	32 685,1	254	64 516	15,9374	797,96	50 670,7
205	42 025	14,3178	644,03	33 006,4	255	65 025	15,9687	801,11	51 070,5
206	42 436	14,3527	647,17	33 329,2	256	65 536	16,0000	804,25	51 471,9
207	42 849	14,3875	650,31	33 653,5	257	66 049	16,0312	807,39	51 874,8
208	43 264	14,4222	653,45	33 979,5	258	66 564	16,0624	810,53	52 279,2
209	43 681	14,4568	656,59	34 307,0	259	67 081	16,0935	813,67	52 685,3
210	44 100	14,4914	659,73	34 636,1	260	67 600	16,1245	816,81	53 092,9
211	44 521	14,5258	662,88	34 966,7	261	68 121	16,1555	819,96	53 502,1
212	44 944	14,5602	666,02	35 298,9	262	68 644	16,1864	823,10	53 912,9
213	45 369	14,5945	669,16	35 632,7	263	69 169	16,2173	826,24	54 325,2
214	45 796	14,6287	672,30	35 968,1	264	69 696	16,2481	829,38	54 739,1
215	46 225	14,6629	675,44	36 305,0	265	70 225	16,2788	832,52	55 154,6
216	46 656	14,6969	678,58	36 643,5	266	70 756	16,3095	835,66	55 571,6
217	47 089	14,7309	681,73	36 983,6	267	71 289	16,3401	838,81	55 990,2
218	47 524	14,7648	684,87	37 325,3	268	71 824	16,3707	841,95	56 410,4
219	47 961	14,7986	688,01	37 668,5	269	72 361	16,4012	845,09	56 832,2
220	48 400	14,8324	691,15	38 013,3	270	72 900	16,4317	848,23	57 255,5
221	48 841	14,8661	694,29	38 359,6	271	73 441	16,4621	851,37	57 680,4
222	49 284	14,8997	697,43	38 707,6	272	73 984	16,4924	854,51	58 106,9
223	49 729	14,9332	700,58	39 057,1	273	74 529	16,5227	857,65	58 534,9
224	50 176	14,9666	703,72	39 408,1	274	75 076	16,5529	860,80	58 964,6
225	50 625	15,0000	706,86	39 760,8	275	75 625	16,5831	863,94	59 395,7
226	51 076	15,0333	710,00	40 115,0	276	76 176	16,6132	867,08	59 828,5
227	51 529	15,0665	713,14	40 470,8	277	76 729	16,6433	870,22	60 262,8
228	51 984	15,0997	716,28	40 828,1	278	77 284	16,6733	873,36	60 698,7
229	52 441	15,1327	719,42	41 187,1	279	77 841	16,7033	876,50	61 136,2
230	52 900	15,1658	722,57	41 547,6	280	78 400	16,7332	879,65	61 575,2
231	53 361	15,1987	725,71	41 909,6	281	78 961	16,7631	882,79	62 015,8
232	53 824	15,2315	728,85	42 273,3	282	79 524	16,7929	885,93	62 458,0
233	54 289	15,2643	731,99	42 638,5	283	80 089	16,8226	889,07	62 901,8
234	54 756	15,2971	735,13	43 005,3	284	80 656	16,8523	892,21	63 347,1
235	55 225	15,3297	738,27	43 373,6	285	81 225	16,8819	895,35	63 794,0
236	55 696	15,3623	741,42	43 743,5	286	81 796	16,9115	898,50	64 242,4
237	56 169	15,3948	744,56	44 115,0	287	82 369	16,9411	901,64	64 692,5
238	56 644	15,4272	747,70	44 488,1	288	82 944	16,9706	904,78	65 144,1
239	57 121	15,4596	750,84	44 862,7	289	83 521	17,0000	907,92	65 597,2
240	57 600	15,4919	753,98	45 238,9	290	84 100	17,0294	911,06	66 052,0
241	58 081	15,5242	757,12	45 616,7	291	84 681	17,0587	914,20	66 508,3
242	58 564	15,5563	760,27	45 996,1	292	85 264	17,0880	917,35	66 966,2
243	59 049	15,5885	763,41	46 377,0	293	85 849	17,1172	920,49	67 425,6
244	59 536	15,6205	766,55	46 759,5	294	86 436	17,1464	923,63	67 886,7
245	60 025	15,6525	769,69	47 143,5	295	87 025	17,1756	926,77	68 349,3
246	60 516	15,6844	772,83	47 529,2	296	87 616	17,2047	929,91	68 813,4
247	61 009	15,7162	775,97	47 916,4	297	88 209	17,2337	933,05	69 279,2
248	61 504	15,7480	779,11	48 305,1	298	88 804	17,2627	936,19	69 746,5
249	62 001	15,7797	782,26	48 695,5	299	89 401	17,2916	939,34	70 215,4
250	62 500	15,8114	785,40	49 087,4	300	90 000	17,3205	942,48	70 685,8

Tablica I cd.

n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
301	90 601	17,3494	945,62	71 157,9	351	123 201	18,7350	1102,7	96 761,8
302	91 204	17,3781	948,76	71 631,5	352	123 904	18,7617	1105,8	97 314,0
303	91 809	17,4069	951,90	72 106,6	353	124 609	18,7883	1109,0	97 867,7
304	92 416	17,4356	955,04	72 583,4	354	125 316	18,8149	1112,1	98 423,0
305	93 025	17,4642	958,19	73 061,7	355	126 025	18,8414	1115,3	98 979,8
306	93 636	17,4929	961,33	73 541,5	356	126 736	18,8680	1118,4	99 538,2
307	94 249	17,5214	964,47	74 023,0	357	127 449	18,8944	1121,5	100 098
308	94 864	17,5499	967,61	74 506,0	358	128 164	18,9209	1124,7	100 660
309	95 481	17,5784	970,75	74 990,6	359	128 881	18,9473	1127,8	101 223
310	96 100	17,6068	973,89	75 476,8	360	129 600	18,9737	1131,0	101 788
311	96 721	17,6352	977,04	75 964,5	361	130 321	19,0000	1134,1	102 354
312	97 344	17,6635	980,18	76 453,8	362	131 044	19,0263	1137,3	102 922
313	97 969	17,6918	983,32	76 944,7	363	131 769	19,0526	1140,4	103 491
314	98 596	17,7200	986,46	77 437,1	364	132 496	19,0788	1143,5	104 062
315	99 225	17,7482	989,60	77 931,1	365	133 225	19,1050	1146,7	104 635
316	99 856	17,7764	992,74	78 426,7	366	133 956	19,1311	1149,8	105 209
317	100 489	17,8045	995,88	78 923,9	367	134 689	19,1572	1153,0	105 785
318	101 124	17,8326	999,03	79 422,6	368	135 424	19,1833	1156,1	106 362
319	101 761	17,8606	1002,2	79 922,9	369	136 161	19,2094	1159,2	106 941
320	102 400	17,8885	1005,3	80 424,8	370	136 900	19,2354	1162,4	107 521
321	103 041	17,9165	1008,5	80 928,2	371	137 641	19,2614	1165,5	108 103
322	103 684	17,9444	1011,6	81 433,2	372	138 384	19,2873	1168,7	108 687
323	104 329	17,9722	1014,7	81 939,8	373	139 129	19,3132	1171,8	109 272
324	104 976	18,0000	1017,9	82 448,0	374	139 876	19,3391	1175,0	109 858
325	105 625	18,0278	1021,0	82 957,7	375	140 625	19,3649	1178,1	110 447
326	106 276	18,0555	1024,2	83 469,0	376	141 376	19,3907	1181,2	111 036
327	106 929	18,0831	1027,3	83 981,8	377	142 129	19,4165	1184,4	111 628
328	107 584	18,1108	1030,4	84 496,3	378	142 884	19,4422	1187,5	112 221
329	108 241	18,1384	1033,6	85 012,3	379	143 641	19,4679	1190,7	112 815
330	108 900	18,1659	1036,7	85 529,9	380	144 400	19,4936	1193,8	113 411
331	109 561	18,1934	1039,9	86 049,0	381	145 161	19,5192	1196,9	114 009
332	110 224	18,2209	1043,0	86 569,7	382	145 924	19,5448	1200,1	114 608
333	110 889	18,2483	1046,2	87 092,0	383	146 689	19,5704	1203,2	115 209
334	111 556	18,2757	1049,3	87 615,9	384	147 456	19,5959	1206,4	115 812
335	112 225	18,3030	1052,4	88 141,3	385	148 225	19,6214	1209,5	116 416
336	112 896	18,3303	1055,6	88 668,3	386	148 996	19,6469	1212,7	117 021
337	113 569	18,3576	1058,7	89 196,9	387	149 769	19,6723	1215,8	117 628
338	114 244	18,3848	1061,9	89 727,0	388	150 544	19,6977	1218,9	118 237
339	114 921	18,4120	1065,0	90 258,7	389	151 321	19,7231	1222,1	118 847
340	115 600	18,4391	1068,1	90 792,0	390	152 100	19,7484	1225,2	119 459
341	116 281	18,4662	1071,3	91 326,9	391	152 881	19,7737	1228,4	120 072
342	116 964	18,4932	1074,4	91 863,3	392	153 664	19,7990	1231,5	120 687
343	117 649	18,5203	1077,6	92 401,3	393	154 449	19,8242	1234,6	121 304
344	118 336	18,5472	1080,7	92 940,9	394	155 236	19,8494	1237,8	121 922
345	119 025	18,5742	1083,8	93 482,0	395	156 025	19,8746	1240,9	122 542
346	119 716	18,6011	1087,0	94 024,7	396	156 816	19,8997	1244,1	123 163
347	120 409	18,6279	1090,1	94 569,0	397	157 609	19,9249	1247,2	123 786
348	121 104	18,6548	1093,3	95 114,9	398	158 404	19,9499	1250,4	124 410
349	121 801	18,6815	1096,4	95 662,3	399	159 201	19,9750	1253,5	125 036
350	122 500	18,7083	1099,6	96 211,3	400	160 000	20,0000	1256,6	125 664

Tablica I c.d.

n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
401	160 801	20,0250	1259,8	126 293	451	203 401	21,2368	1416,9	159 751
402	161 604	20,0499	1262,9	126 923	452	204 304	21,2603	1420,0	160 460
403	162 409	20,0749	1266,1	127 556	453	205 209	21,2838	1423,1	161 171
404	163 216	20,0998	1269,2	128 190	454	206 116	21,3073	1426,3	161 883
405	164 025	20,1246	1272,3	128 825	455	207 025	21,3307	1429,4	162 597
406	164 836	20,1494	1275,5	129 462	456	207 936	21,3542	1432,6	163 313
407	165 649	20,1742	1278,6	130 100	457	208 849	21,3776	1435,7	164 030
408	166 464	20,1990	1281,8	130 741	458	209 764	21,4009	1438,8	164 748
409	167 281	20,2237	1284,9	131 382	459	210 681	21,4243	1442,0	165 468
410	168 100	20,2485	1288,1	132 025	460	211 600	21,4476	1445,1	166 190
411	168 921	20,2731	1291,2	132 670	461	212 521	21,4709	1448,3	166 914
412	169 744	20,2978	1294,3	133 317	462	213 444	21,4942	1451,4	167 639
413	170 569	20,3224	1297,5	133 965	463	214 369	21,5174	1454,6	168 365
414	171 396	20,3470	1300,6	134 614	464	215 296	21,5407	1457,7	169 093
415	172 225	20,3715	1303,8	135 265	465	216 225	21,5639	1460,8	169 823
416	173 056	20,3961	1306,9	135 918	466	217 156	21,5870	1464,0	170 554
417	173 889	20,4206	1310,0	136 572	467	218 089	21,6102	1467,1	171 287
418	174 724	20,4450	1313,2	137 228	468	219 024	21,6333	1470,3	172 021
419	175 561	20,4695	1316,3	137 885	469	219 961	21,6564	1473,4	172 757
420	176 400	20,4939	1319,5	138 544	470	220 900	21,6795	1476,5	173 494
421	177 241	20,5183	1322,6	139 205	471	221 841	21,7025	1479,7	174 234
422	178 084	20,5426	1325,8	139 867	472	222 784	21,7256	1482,8	174 974
423	178 929	20,5670	1328,9	140 531	473	223 729	21,7486	1486,0	175 716
424	179 776	20,5913	1332,0	141 196	474	224 676	21,7715	1489,1	176 460
425	180 625	20,6155	1335,2	141 863	475	225 625	21,7945	1492,3	177 205
426	181 476	20,6398	1338,3	142 531	476	226 576	21,8174	1495,4	177 952
427	182 329	20,6640	1341,5	143 201	477	227 529	21,8403	1498,5	178 701
428	183 184	20,6882	1344,6	143 872	478	228 484	21,8632	1501,7	179 451
429	184 041	20,7123	1347,7	144 545	479	229 441	21,8861	1504,8	180 203
430	184 900	20,7364	1350,9	145 220	480	230 400	21,9089	1508,0	180 956
431	185 761	20,7605	1354,0	145 896	481	231 361	21,9317	1511,1	181 711
432	186 624	20,7846	1357,2	146 574	482	232 324	21,9545	1514,2	182 467
433	187 489	20,8087	1360,3	147 254	483	233 289	21,9773	1517,4	183 225
434	188 356	20,8327	1363,5	147 934	484	234 256	22,0000	1520,5	183 984
435	189 225	20,8567	1366,6	148 617	485	235 225	22,0227	1523,7	184 745
436	190 096	20,8806	1369,7	149 301	486	236 196	22,0454	1526,8	185 508
437	190 969	20,9045	1372,9	149 987	487	237 169	22,0681	1530,0	186 272
438	191 844	20,9284	1376,0	150 674	488	238 144	22,0907	1533,1	187 038
439	192 721	20,9523	1379,2	151 363	489	239 121	22,1133	1536,2	187 805
440	193 600	20,9762	1382,3	152 053	490	240 100	22,1359	1539,4	188 574
441	194 481	21,0000	1385,4	152 745	491	241 081	22,1585	1542,5	189 345
442	195 364	21,0238	1388,6	153 439	492	242 064	22,1811	1545,7	190 117
443	196 249	21,0476	1391,7	154 134	493	243 049	22,2036	1548,8	190 890
444	197 136	21,0713	1394,9	154 830	494	244 036	22,2261	1551,9	191 665
445	198 025	21,0950	1398,0	155 528	495	245 025	22,2486	1555,1	192 442
446	198 916	21,1187	1401,2	156 228	496	246 016	22,2711	1558,2	193 221
447	199 809	21,1424	1404,3	156 930	497	247 009	22,2935	1561,4	194 000
448	200 704	21,1660	1407,4	157 633	498	248 004	22,3159	1564,5	194 782
449	201 601	21,1896	1410,6	158 337	499	249 001	22,3383	1567,7	195 565
450	202 500	21,2132	1413,7	159 043	500	250 000	22,3607	1570,8	196 350

Tablica 1 cd.

n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
501	251 001	22,3830	1573,9	197 136	551	303 601	23,4734	1731,0	238 448
502	252 004	22,4054	1577,1	197 923	552	304 704	23,4947	1734,2	239 314
503	253 009	22,4277	1580,2	198 713	553	305 809	23,5160	1737,3	240 182
504	254 016	22,4499	1583,4	199 504	554	306 916	23,5372	1740,4	241 051
505	255 025	22,4722	1586,5	200 296	555	308 025	23,5584	1743,6	241 922
506	256 036	22,4944	1589,6	201 090	556	309 136	23,5797	1746,7	242 795
507	257 049	22,5167	1592,8	201 886	557	310 249	23,6008	1749,9	243 669
508	258 064	22,5389	1595,9	202 683	558	311 364	23,6220	1753,0	244 545
509	259 081	22,5610	1599,1	203 482	559	312 481	23,6432	1756,2	245 422
510	260 100	22,5832	1602,2	204 282	560	313 600	23,6643	1759,3	246 301
511	261 121	22,6053	1605,4	205 084	561	314 721	23,6854	1762,4	247 181
512	262 144	22,6274	1608,5	205 887	562	315 844	23,7065	1765,6	248 063
513	263 169	22,6495	1611,6	206 692	563	316 969	23,7276	1768,7	248 947
514	264 196	22,6716	1614,8	207 499	564	318 096	23,7487	1771,9	249 832
515	265 225	22,6936	1617,9	208 307	565	319 225	23,7697	1775,0	250 719
516	266 256	22,7156	1621,1	209 117	566	320 356	23,7908	1778,1	251 607
517	267 289	22,7376	1624,2	209 928	567	321 489	23,8118	1781,3	252 497
518	268 324	22,7596	1627,3	210 741	568	322 624	23,8328	1784,4	253 388
519	269 361	22,7816	1630,5	211 556	569	323 761	23,8537	1787,6	254 281
520	270 400	22,8035	1633,6	212 372	570	324 900	23,8747	1790,7	255 176
521	271 441	22,8254	1636,8	213 189	571	326 041	23,8956	1793,9	256 072
522	272 484	22,8473	1639,9	214 008	572	327 184	23,9165	1797,0	256 970
523	273 529	22,8692	1643,1	214 829	573	328 329	23,9374	1800,1	257 869
524	274 576	22,8910	1646,2	215 651	574	329 476	23,9583	1803,3	258 770
525	275 625	22,9129	1649,3	216 475	575	330 625	23,9792	1806,4	259 672
526	276 676	22,9347	1652,5	217 301	576	331 776	24,0000	1809,6	260 576
527	277 729	22,9565	1655,6	218 128	577	332 929	24,0208	1812,7	261 482
528	278 784	22,9783	1658,8	218 956	578	334 084	24,0416	1815,8	262 389
529	279 841	23,0000	1661,9	219 787	579	335 241	24,0624	1819,0	263 298
530	280 900	23,0217	1665,0	220 618	580	336 400	24,0832	1822,1	264 208
531	281 961	23,0434	1668,2	221 452	581	337 561	24,1039	1825,3	265 120
532	283 024	23,0651	1671,3	222 287	582	338 724	24,1247	1828,4	266 033
533	284 089	23,0868	1674,5	223 123	583	339 889	24,1454	1831,6	266 948
534	285 156	23,1084	1677,6	223 961	584	341 056	24,1661	1834,7	267 865
535	286 225	23,1301	1680,8	224 801	585	342 225	24,1868	1837,8	268 783
536	287 296	23,1517	1683,9	225 642	586	343 396	24,2074	1841,0	269 701
537	288 369	23,1733	1687,0	226 484	587	344 569	24,2281	1844,1	270 624
538	289 444	23,1948	1690,2	227 329	588	345 744	24,2487	1847,3	271 547
539	290 521	23,2164	1693,3	228 175	589	346 921	24,2693	1850,4	272 471
540	291 600	23,2379	1696,5	229 022	590	348 100	24,2899	1853,5	273 397
541	292 681	23,2594	1699,6	229 871	591	349 281	24,3105	1856,7	274 325
542	293 764	23,2809	1702,7	230 722	592	350 464	24,3311	1859,8	275 254
543	294 849	23,3024	1705,9	231 574	593	351 649	24,3516	1863,6	276 184
544	295 936	23,3238	1709,0	232 428	594	352 836	24,3721	1866,1	277 117
545	297 025	23,3452	1712,2	233 283	595	354 025	24,3926	1869,2	278 051
546	298 116	23,3666	1715,3	234 140	596	355 216	24,4131	1872,4	278 986
547	299 209	23,3880	1718,5	234 998	597	356 409	24,4336	1875,5	279 923
548	300 304	23,4094	1721,6	235 858	598	357 604	24,4540	1878,7	280 862
549	301 401	23,4307	1724,7	236 720	599	358 801	24,4745	1881,8	281 802
550	302 500	23,4521	1727,9	237 583	600	360 000	24,4949	1885,0	282 743

n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
601	361 201	24,5153	1888,1	283 687	651	423 801	25,5147	2045,2	332 853
602	362 404	24,5357	1891,2	284 631	652	425 104	25,5343	2048,3	333 876
603	363 609	24,5561	1894,4	285 578	653	426 409	25,5539	2051,5	334 901
604	364 816	24,5764	1897,5	286 526	654	427 716	25,5734	2054,6	335 927
605	366 025	24,5967	1900,7	287 475	655	429 025	25,5930	2057,7	336 955
606	367 236	24,6171	1903,8	288 426	656	430 336	25,6125	2060,9	337 985
607	368 449	24,6374	1906,9	289 379	657	431 649	25,6320	2064,0	339 016
608	369 664	24,6577	1910,1	290 333	658	432 964	25,6515	2067,2	340 049
609	370 881	24,6779	1913,2	291 289	659	434 281	25,6710	2070,3	341 084
610	372 100	24,6982	1916,4	292 247	660	435 600	25,6905	2073,5	342 119
611	373 321	24,7184	1919,5	293 206	661	436 921	25,7099	2076,6	343 157
612	374 544	24,7386	1922,7	294 166	662	438 244	25,7294	2079,7	344 196
613	375 769	24,7588	1925,8	295 128	663	439 569	25,7488	2082,9	345 237
614	376 996	24,7790	1928,9	296 092	664	440 896	25,7682	2086,0	346 279
615	378 225	24,7992	1932,1	297 057	665	442 225	25,7876	2089,2	347 323
616	379 456	24,8193	1935,2	298 024	666	443 556	25,8070	2092,3	348 368
617	380 689	24,8395	1938,4	298 992	667	444 889	25,8263	2095,4	349 415
618	381 924	24,8596	1941,5	299 962	668	446 224	25,8457	2098,6	350 464
619	383 161	24,8797	1944,7	300 934	669	447 561	25,8650	2101,7	351 514
620	384 400	24,8998	1947,8	301 907	670	448 900	25,8844	2104,9	352 565
621	385 641	24,9199	1950,9	302 882	671	450 241	25,9037	2108,0	353 618
622	386 884	24,9399	1954,1	303 858	672	451 584	25,9230	2111,2	354 673
623	388 129	24,9600	1957,2	304 836	673	452 929	25,9422	2114,3	355 730
624	389 376	24,9800	1960,4	305 815	674	454 276	25,9615	2117,4	356 788
625	390 625	25,0000	1963,5	306 796	675	455 625	25,9808	2120,6	357 847
626	391 876	25,0200	1966,6	307 779	676	456 976	26,0000	2123,7	358 908
627	393 129	25,0400	1969,8	308 763	677	458 329	26,0192	2126,9	359 971
628	394 384	25,0599	1972,9	309 748	678	459 684	26,0384	2130,0	361 035
629	395 641	25,0799	1976,1	310 736	679	461 041	26,0576	2133,1	362 101
630	396 900	25,0998	1979,2	311 725	680	462 400	26,0768	2136,3	363 168
631	398 161	25,1197	1982,3	312 715	681	463 761	26,0960	2139,4	364 237
632	399 424	25,1396	1986,5	313 707	682	465 124	26,1151	2142,6	365 308
633	400 689	25,1595	1988,5	314 700	683	466 489	26,1343	2145,7	366 380
634	401 956	25,1794	1991,8	315 696	684	467 856	26,1534	2148,8	367 453
635	403 225	25,1992	1994,9	316 692	685	469 225	26,1725	2152,0	368 528
636	404 496	25,2190	1998,1	317 690	686	470 596	26,1916	2155,1	369 605
637	405 769	25,2389	2001,2	318 690	687	471 969	26,2107	2158,3	370 684
638	407 044	25,2587	2004,3	319 692	688	473 344	26,2298	2161,4	371 764
639	408 321	25,2784	2007,5	320 695	689	474 721	26,2488	2164,6	372 845
640	409 600	25,2982	2010,6	321 699	690	476 100	26,2679	2167,7	373 928
641	410 881	25,3180	2013,8	322 705	691	477 481	26,2869	2170,8	375 013
642	412 164	25,3377	2016,9	323 713	692	478 864	26,3059	2174,0	376 099
643	413 449	25,3574	2020,0	324 722	693	480 249	26,3249	2177,1	377 187
644	414 736	25,3772	2023,2	325 733	694	481 636	26,3439	2180,3	378 276
645	416 025	25,3969	2026,3	326 745	695	483 025	26,3629	2183,4	379 367
646	417 316	25,4165	2029,5	327 759	696	484 416	26,3818	2186,5	380 459
647	418 609	25,4362	2032,6	328 775	697	485 809	26,4008	2189,7	381 553
648	419 904	25,4558	2035,8	329 792	698	487 204	26,4197	2192,8	382 649
649	421 205	25,4755	2038,9	330 810	699	488 601	26,4386	2196,0	383 746
650	422 500	25,4951	2042,0	331 831	700	490 000	26,4575	2199,1	384 845

Tablica I cd.

n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
701	491 401	26,4764	2202,3	385 945	751	564 001	27,4044	2359,3	442 965
702	492 804	26,4953	2205,4	387 047	752	565 504	27,4226	2362,5	444 146
703	494 209	26,5144	2208,5	388 151	753	567 009	27,4408	2365,6	445 328
704	495 616	26,5330	5621,7	389 256	754	568 516	27,4591	2368,8	446 511
705	497 025	26,5518	64 21,2	390 363	755	570 025	27,4773	2371,9	447 697
706	498 436	26,5707	2218,0	391 471	756	571 536	27,4955	2375,0	448 883
707	499 849	26,5895	2221,1	392 580	757	573 049	27,5136	2378,2	450 072
708	501 264	26,6083	2224,2	393 692	758	574 564	27,5318	2381,3	451 262
709	502 681	26,6271	2227,4	394 805	759	576 081	27,5500	2384,5	452 453
710	504 100	26,6458	2230,5	395 919	760	577 600	27,5681	2387,6	453 646
711	505 521	26,6646	2233,7	397 035	761	579 121	27,5862	2390,8	454 841
712	506 944	26,6833	2236,8	398 153	762	580 644	27,6043	2393,9	456 037
713	508 369	26,7021	2240,0	399 272	763	582 169	27,6225	2397,0	457 234
714	509 796	26,7208	2243,1	400 393	764	583 696	27,6405	2400,2	458 434
715	511 225	26,7395	2246,2	401 515	765	585 225	27,6586	2403,3	459 635
716	512 656	26,7582	2249,4	402 639	766	586 756	27,6767	2406,5	460 837
717	514 089	26,7769	2252,5	403 765	767	588 289	27,6948	2409,6	462 041
718	515 524	26,7955	2255,7	404 892	768	589 824	27,7128	2412,7	463 247
719	516 961	26,8142	2258,8	406 020	769	591 361	27,7308	2415,9	464 454
720	518 400	26,8328	2261,9	407 150	770	592 900	27,7489	2419,0	465 663
721	519 841	26,8514	2265,1	408 282	771	594 441	27,7669	2422,2	466 873
722	521 284	26,8701	2268,2	409 415	772	595 984	27,7849	2425,3	468 085
723	522 729	26,8887	2271,4	410 550	773	597 529	27,8029	2428,5	469 298
724	524 176	26,9072	2274,5	411 687	774	599 076	27,8209	2431,6	470 513
725	525 625	26,9258	2277,7	412 825	775	600 625	27,8388	2434,7	471 730
726	527 076	26,9444	2280,8	413 965	776	602 176	27,8568	2437,9	472 948
727	528 529	26,9629	2283,9	415 106	777	603 729	27,8747	2441,0	474 168
728	529 984	26,9815	2287,1	416 248	778	605 284	27,8927	2444,2	475 389
729	531 441	27,0000	2290,2	417 393	779	606 841	27,9106	2447,3	476 612
730	532 900	27,0185	2293,4	418 539	780	608 400	27,9285	2450,4	477 836
731	534 361	27,0370	2296,5	419 686	781	609 961	27,9464	2453,6	479 062
732	535 824	27,0555	2299,6	420 835	782	611 524	27,9643	2456,7	480 290
733	537 289	27,0740	2302,8	421 986	783	613 089	27,9821	2459,9	481 519
734	538 756	27,0924	2305,9	423 138	784	614 656	28,0000	2463,0	482 750
735	540 225	27,1109	2309,1	424 293	785	616 225	28,0179	2466,2	483 982
736	541 696	27,1293	2312,2	425 447	786	617 796	28,0357	2469,3	485 216
737	543 169	27,1477	2315,4	426 604	787	619 369	28,0535	2472,4	486 451
738	544 644	27,1662	2318,5	427 762	788	620 944	28,0713	2475,6	487 688
739	546 121	27,1846	2321,6	428 922	789	622 521	28,0891	2478,7	488 927
740	547 600	27,2029	2324,8	430 084	790	624 100	28,1069	2481,9	490 167
741	549 081	27,2213	2327,9	431 247	791	625 681	28,1247	2485,0	491 409
742	550 564	27,2397	2331,1	432 412	792	627 264	28,1425	2488,1	492 652
743	552 049	27,2580	2334,2	433 578	793	628 849	28,1603	2491,3	493 897
744	553 536	27,2764	2337,3	434 746	794	630 436	28,1780	2494,4	495 143
745	555 025	27,2947	2340,5	435 916	795	632 025	28,1957	2497,6	496 391
746	556 516	27,3130	2343,6	437 087	796	633 616	28,2135	2500,7	497 641
747	558 009	27,3313	2346,8	438 259	797	635 209	28,2312	2503,8	498 892
748	559 504	27,3496	2349,9	439 433	798	636 804	28,2489	2507,0	500 145
749	561 001	27,3679	2353,1	440 609	799	638 401	28,2666	2510,1	501 399
750	562 500	27,3861	2356,2	441 786	800	640 000	28,2843	2513,3	502 655

n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
801	641 601	28,3019	2516,4	503 912	851	724 201	29,1719	2673,5	568 786
802	643 204	28,3196	2519,6	505 171	852	725 904	29,1890	2676,6	570 124
803	644 809	28,3373	2522,7	506 432	853	727 609	29,2062	2679,8	571 463
804	646 416	28,3549	2525,8	507 694	854	729 316	29,2233	2682,9	572 803
805	648 025	28,3725	2529,0	508 958	855	731 025	29,2404	2686,1	574 146
806	649 636	28,3901	2532,1	510 223	856	732 736	29,2575	2689,2	575 490
807	651 249	28,4077	2535,3	511 490	857	734 449	29,2746	2692,3	576 835
808	652 864	28,4253	2538,4	512 758	858	736 164	29,2916	2695,5	578 182
809	654 481	28,4429	2541,5	514 028	859	737 881	29,3087	2698,6	579 530
810	656 100	28,4605	2544,7	515 300	860	739 600	29,3258	2701,8	580 880
811	657 721	28,4781	2547,8	516 573	861	741 321	29,3428	2704,9	582 232
812	659 344	28,4956	2551,0	517 848	862	743 044	29,3598	2708,1	583 585
813	660 969	28,5132	2554,1	519 124	863	744 769	29,3769	2711,2	584 940
814	662 596	28,5307	2557,3	520 402	864	746 496	29,3939	2714,3	586 297
815	664 225	28,5482	2560,4	521 681	865	748 225	29,4109	2717,5	587 655
816	665 856	28,5657	2563,5	522 962	866	749 956	29,4279	2720,6	589 014
817	667 489	28,5832	2566,7	524 245	867	751 689	29,4449	2723,8	590 375
818	669 124	28,6007	2569,8	525 529	868	753 424	29,4618	2726,9	591 738
819	670 761	28,6182	2573,0	526 814	869	755 161	29,4788	2730,0	593 102
820	672 400	28,6356	2576,1	528 102	870	756 900	29,4958	2733,2	594 468
821	674 041	28,6531	2579,2	529 391	871	758 641	29,5127	2736,3	595 835
822	675 684	28,6705	2582,4	530 681	872	760 384	29,5296	2739,5	597 204
823	677 329	28,6880	2585,5	531 973	873	762 129	29,5466	2742,6	598 575
824	678 976	28,7054	2588,7	533 267	874	763 876	29,5635	2745,8	599 947
825	680 625	28,7228	2591,8	534 562	875	765 625	29,5804	2748,9	601 320
826	682 276	28,7402	2595,0	535 858	876	767 376	29,5973	2752,0	602 696
827	683 929	28,7576	2598,1	537 157	877	769 129	29,6142	2755,2	604 073
828	685 584	28,7750	2601,2	538 456	878	770 884	29,6311	2758,3	605 451
829	687 241	28,7924	2604,4	539 758	879	772 641	29,6479	2761,5	606 831
830	688 900	28,8097	2607,5	541 061	880	774 400	29,6648	2764,6	608 212
831	690 561	28,8271	2610,7	542 365	881	776 161	29,6816	2767,7	609 595
832	692 224	28,8444	2613,8	543 671	882	777 924	29,6985	2770,9	610 980
833	693 889	28,8617	2616,9	544 979	883	779 689	29,7153	2774,0	612 366
834	695 556	28,8791	2620,1	546 288	884	781 456	29,7321	2777,2	613 754
835	697 225	28,8964	2623,2	547 599	885	783 225	29,7489	2780,3	615 143
836	698 896	28,9137	2626,4	548 912	886	784 996	29,7658	2783,5	616 534
837	700 569	28,9310	2629,5	550 226	887	786 769	29,7825	2786,6	617 927
838	702 244	28,9482	2632,7	551 541	888	788 544	29,7993	2789,7	619 321
839	703 921	28,9655	2635,8	552 858	889	790 321	29,8161	2792,9	620 717
840	705 600	28,9828	2638,9	554 177	890	792 100	29,8329	2796,0	622 114
841	707 281	29,0000	2642,1	555 497	891	793 881	29,8496	2799,2	623 513
842	708 964	29,0172	2645,2	556 819	892	795 664	29,8664	2802,3	624 913
843	710 649	29,0345	2648,4	558 142	893	797 449	29,8831	2805,4	626 315
844	712 336	29,0517	2651,5	559 467	894	799 236	29,8998	2808,6	627 718
845	714 025	29,0689	2654,6	560 794	895	801 025	29,9166	2811,7	629 124
846	715 716	29,0861	2657,8	562 122	896	802 816	29,9333	2814,9	630 530
847	717 409	29,1033	2660,9	563 452	897	804 609	29,9500	2818,0	631 938
848	719 104	29,1204	2664,1	564 783	898	806 404	29,9666	2821,2	633 348
849	720 801	29,1376	2667,2	566 116	899	808 201	29,9833	2824,3	634 760
850	722 500	29,1548	2670,4	567 450	900	810 000	30,0000	2827,4	636 173

Tablica I cd.

n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
901	811 801	30,0167	2830,6	637 587	951	904 401	30,8383	2987,7	710 315
902	813 604	30,0333	2833,7	639 003	952	906 304	30,8545	2990,8	711 809
903	815 409	30,0500	2836,9	640 421	953	908 209	30,8707	2993,9	713 306
904	817 216	30,0666	2840,0	641 840	954	910 116	30,8869	2997,1	714 803
905	819 025	30,0832	2843,1	643 261	955	912 025	30,9031	3000,2	716 303
906	820 836	30,0998	2846,3	644 683	956	913 936	30,9192	3003,4	717 804
907	822 649	30,1164	2849,4	646 107	957	915 849	30,9354	3006,5	719 306
908	824 464	30,1330	2852,6	647 533	958	917 764	30,9516	3009,6	720 810
909	826 281	30,1496	2855,7	648 960	959	919 681	30,9677	3012,8	722 316
910	828 100	30,1662	2858,8	650 388	960	921 600	30,9839	3016,9	723 823
911	829 921	30,1828	2862,0	651 818	961	923 521	31,0000	3019,1	725 332
912	831 744	30,1993	2865,1	653 250	962	925 444	31,0161	3022,2	726 842
913	833 569	30,2159	2868,3	654 684	963	927 369	31,0322	3025,4	728 354
914	835 396	30,2324	2871,4	656 118	964	929 296	31,0483	3028,5	729 867
915	837 225	30,2490	2874,6	657 555	965	931 225	31,0644	3031,6	731 382
916	839 056	30,2655	2877,7	658 993	966	933 156	31,0805	3034,8	732 899
917	840 889	30,2820	2880,8	660 433	967	935 089	31,0966	3037,9	734 417
918	842 724	30,2985	2884,0	661 874	968	937 024	31,1127	3041,1	735 937
919	844 561	30,3150	2887,1	663 317	969	938 961	31,1288	3044,2	737 458
920	846 400	30,3315	2890,3	664 761	970	940 900	31,1448	3047,3	738 981
921	848 241	30,3480	2893,4	666 207	971	942 841	31,1609	3050,5	740 506
922	850 084	30,3645	2896,5	667 654	972	944 784	31,1769	3053,6	742 032
923	851 929	30,3809	2899,7	669 103	973	946 729	31,1929	3056,8	743 559
924	853 776	30,3974	2902,8	670 554	974	948 676	31,2090	3059,9	745 088
925	855 625	30,4138	2906,0	672 006	975	950 625	31,2250	3063,1	746 619
926	857 476	30,4302	2909,1	673 460	976	952 576	31,2410	3066,2	748 151
927	859 329	30,4467	2912,3	674 915	977	954 529	31,2570	3069,3	749 685
928	861 184	30,4631	2915,4	676 372	978	956 484	31,2730	3072,5	751 221
929	863 041	30,4795	2918,5	677 831	979	958 441	31,2890	3075,6	752 758
930	864 900	30,4959	2921,7	679 291	980	960 400	31,3050	3078,8	754 296
931	866 761	30,5123	2924,8	680 752	981	962 361	31,3209	3081,9	755 837
932	868 624	30,5287	2928,0	682 216	982	964 324	31,3369	3085,0	757 378
933	870 489	30,5450	2931,1	683 680	983	966 289	31,3528	3088,2	758 922
934	872 356	30,5614	2934,2	685 147	984	968 256	31,3688	3091,3	760 466
935	874 225	30,5778	2937,4	686 615	985	970 225	31,3847	3094,5	762 013
936	876 096	30,5941	2940,5	688 084	986	972 196	31,4006	3097,6	763 561
937	877 969	30,6105	2943,7	689 555	987	974 169	31,4166	3100,8	765 111
938	879 844	30,6268	2946,8	691 028	988	976 144	31,4325	3103,9	766 662
939	881 721	30,6431	2950,0	692 502	989	978 121	31,4484	3107,0	768 214
940	883 600	30,6594	2953,1	693 978	990	980 100	31,4643	3110,2	769 769
941	885 481	30,6757	2956,2	695 455	991	982 081	31,4802	3113,3	771 325
942	887 364	30,6920	2959,4	696 934	992	984 064	31,4960	3116,5	772 882
943	889 249	30,7083	2962,5	698 415	993	986 049	31,5119	3119,6	774 441
944	891 136	30,7246	2965,7	699 897	994	988 036	31,5278	3122,7	776 002
945	893 025	30,7409	2968,8	701 380	995	990 025	31,5436	3125,9	777 564
946	894 916	30,7571	2971,9	702 865	996	992 016	31,5595	3129,0	779 123
947	896 809	30,7734	2975,1	704 352	997	994 009	31,5753	3132,2	780 693
948	898 704	30,7896	2978,2	705 840	998	996 004	31,5911	3135,3	782 260
949	900 601	30,8058	2981,4	707 330	999	998 001	31,6070	3138,5	783 828
950	902 500	30,8221	2984,5	708 822	1000	1000000	31,6228	3141,6	785 400

Tablica II. Logarytmy naturalne

N	$\ln N$	N	$\ln N$	N	$\ln N$	N	$\ln N$	N	$\ln N$
1,00	0,0000	2,25	0,8109	3,50	1,2528	4,75	1,5581	6,00	1,7918
1,05	0,0488	2,30	0,8329	3,55	1,2669	4,80	1,5686	6,10	1,8083
1,10	0,0953	2,35	0,8544	3,60	1,2809	4,85	1,5790	6,20	1,8245
1,15	0,1398	2,40	0,8755	3,65	1,2947	4,90	1,5892	6,30	1,8405
1,20	0,1823	2,45	0,8961	3,70	1,3083	4,95	1,5994	6,40	1,8563
1,25	0,2231	2,50	0,9163	3,75	1,3218	5,00	1,6094	6,50	1,8718
1,30	0,2624	2,55	0,9361	3,80	1,3350	5,05	1,6194	6,60	1,8871
1,35	0,3001	2,60	0,9555	3,85	1,3481	5,10	1,6292	6,70	1,9021
1,40	0,3365	2,65	0,9746	3,90	1,3610	5,15	1,6390	6,80	1,9169
1,45	0,3716	2,70	0,9933	3,95	1,3737	5,20	1,6487	6,90	1,9315
1,50	0,4055	2,75	1,0116	4,00	1,3863	5,25	1,6582	7,00	1,9459
1,55	0,4383	2,80	1,0296	4,05	1,3987	5,30	1,6677	7,20	1,9741
1,60	0,4700	2,85	1,0473	4,10	1,4110	5,35	1,6771	7,40	2,0015
1,65	0,5008	2,90	1,0647	4,15	1,4231	5,40	1,6864	7,60	2,0281
1,70	0,5306	2,95	1,0818	4,20	1,4351	5,45	1,6956	7,80	2,0541
1,75	0,5596	3,00	1,0986	4,25	1,4469	5,50	1,7047	8,00	2,0794
1,80	0,5878	3,05	1,1151	4,30	1,4586	5,55	1,7138	8,20	2,1041
1,85	0,6152	3,10	1,1314	4,35	1,4701	5,60	1,7228	8,40	2,1282
1,90	0,6419	3,15	1,1474	4,40	1,4816	5,65	1,7317	8,60	2,1518
1,95	0,6678	3,20	1,1632	4,45	1,4929	5,70	1,7405	8,80	2,1748
2,00	0,6931	3,25	1,1787	4,50	1,5041	5,75	1,7492	9,00	2,1972
2,05	0,7178	3,30	1,1939	4,55	1,5151	5,80	1,7579	9,25	2,2246
2,10	0,7419	3,35	1,2090	4,60	1,5261	5,85	1,7664	9,50	2,2513
2,15	0,7655	3,40	1,2238	4,65	1,5369	5,90	1,7750	9,75	2,2773
2,20	0,7885	3,45	1,2384	4,70	1,5476	5,95	1,7834	10,00	2,3026

Tablica III. Funkcja trygonometryczna

1. Ujęcie wykreślne i oznaczenia

	Kąty między	sin	cos	tg	ctg
	0—90°	+	+	+	+
	90—180°	+	-	-	-
	180—270°	-	-	+	+
	270—360°	-	+	-	-

2. Wartości funkcji trygonometrycznych

	0°	90°	180°	270°	360°	30°	45°	60°
sin	0	1	0	-1	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$
cos	1	0	-1	0	1	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}$
tg	0	$\pm\infty$	0	$\pm\infty$	0	$\frac{1}{3}\sqrt{3}$	1	$\sqrt{3}$
ctg	$\pm\infty$	0	$\pm\infty$	0	$\pm\infty$	$\sqrt{3}$	1	$\frac{1}{3}\sqrt{3}$

3. Funkcje trygonometryczne niektórych kątów

	$\pm\alpha$	$90^\circ \pm \alpha$	$180^\circ \pm \alpha$	$270^\circ \pm \alpha$	$360^\circ \pm \alpha$
sin	$\pm \sin \alpha$	$+\cos \alpha$	$\mp \sin \alpha$	$-\cos \alpha$	$\sin(\pm \alpha)$
cos	$+\cos \alpha$	$\mp \sin \alpha$	$-\cos \alpha$	$\pm \sin \alpha$	$\cos(\pm \alpha)$
tg	$\pm \operatorname{tg} \alpha$	$\mp \operatorname{ctg} \alpha$	$\pm \operatorname{tg} \alpha$	$\mp \operatorname{ctg} \alpha$	$\operatorname{tg}(\pm \alpha)$
ctg	$\pm \operatorname{ctg} \alpha$	$\mp \operatorname{tg} \alpha$	$\pm \operatorname{ctg} \alpha$	$\mp \operatorname{tg} \alpha$	$\operatorname{ctg}(\pm \alpha)$

4. Zależności między funkcjami trygonometrycznymi

	sin α	cos α	tg α	ctg α
sin $\alpha =$	—	$\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}$	$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}$	$\frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha}}$
cos $\alpha =$	$\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$	—	$\frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}$	$\frac{\operatorname{ctg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha}}$
tg $\alpha =$	$\frac{\sin \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}$	$\frac{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}}{\cos \alpha}$	—	$\frac{1}{\operatorname{ctg} \alpha}$
ctg $\alpha =$	$\frac{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}{\sin \alpha}$	$\frac{\cos \alpha}{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}}$	$\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}$	—

Tablica IV. Wartości funkcji trygonometrycznych

Stopnie	Sinus							
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
0 ↓	0,00000	0,00291	0,00582	0,00873	0,01164	0,01454	0,01745	89
1	0,01745	0,02036	0,02327	0,02618	0,02908	0,03199	0,03490	88
2	0,03490	0,03781	0,04071	0,04362	0,04653	0,04943	0,05234	87
3	0,05234	0,05524	0,05814	0,06105	0,06395	0,06685	0,06976	86
4	0,06976	0,07266	0,07556	0,07846	0,08136	0,08426	0,08716	85
5	0,08716	0,09005	0,09295	0,09585	0,09874	0,10164	0,10453	84
6	0,10453	0,10742	0,11031	0,11320	0,11609	0,11898	0,12187	83
7	0,12187	0,12476	0,12764	0,13053	0,13341	0,13629	0,13917	82
8	0,13917	0,14205	0,14493	0,14781	0,15069	0,15356	0,15643	81
9	0,15643	0,15931	0,16218	0,16505	0,16792	0,17078	0,17365	80
10	0,17365	0,17651	0,17937	0,18224	0,18509	0,18795	0,19081	79
11	0,19081	0,19366	0,19652	0,19937	0,20222	0,20507	0,20791	78
12	0,20791	0,21076	0,21360	0,21644	0,21928	0,22212	0,22495	77
13	0,22495	0,22778	0,23062	0,23345	0,23627	0,23910	0,24192	76
14	0,24192	0,24474	0,24756	0,25038	0,25320	0,25601	0,25882	75
15	0,25882	0,26163	0,26443	0,26724	0,27004	0,27284	0,27564	74
16	0,27564	0,27843	0,28123	0,28402	0,28680	0,28959	0,29237	73
17	0,29237	0,29515	0,29793	0,30071	0,30348	0,30625	0,30902	72
18	0,30902	0,31178	0,31454	0,31730	0,32006	0,32282	0,32557	71
19	0,32557	0,32832	0,33106	0,33381	0,33655	0,33929	0,34202	70
20	0,34202	0,34475	0,34748	0,35021	0,35293	0,35565	0,35837	69
21	0,35837	0,36108	0,36379	0,36650	0,36921	0,37191	0,37461	68
22	0,37461	0,37730	0,37999	0,38268	0,38537	0,38805	0,39073	67
23	0,39073	0,39341	0,39608	0,39875	0,40141	0,40408	0,40674	66
24	0,40674	0,40939	0,41204	0,41469	0,41734	0,41998	0,42262	65
25	0,42262	0,42525	0,42788	0,43051	0,43313	0,43575	0,43837	64
26	0,43837	0,44098	0,44359	0,44620	0,44880	0,45140	0,45399	63
27	0,45399	0,45658	0,45917	0,46175	0,46433	0,46690	0,46947	62
28	0,46947	0,47204	0,47460	0,47716	0,47971	0,48226	0,48481	61
29	0,48481	0,48735	0,48989	0,49242	0,49495	0,49748	0,50000	60
30	0,50000	0,50252	0,50503	0,50754	0,51004	0,51254	0,51504	59
31	0,51504	0,51753	0,52002	0,52250	0,52498	0,52745	0,52992	58
32	0,52992	0,53238	0,53484	0,53730	0,53975	0,54220	0,54464	57
33	0,54464	0,54708	0,54951	0,55194	0,55436	0,55678	0,55919	56
34	0,55919	0,56160	0,56401	0,56641	0,56880	0,57119	0,57358	55
35	0,57358	0,57596	0,57833	0,58070	0,58307	0,58543	0,58779	54
36	0,58779	0,59014	0,59248	0,59482	0,59716	0,59949	0,60182	53
37	0,60182	0,60414	0,60645	0,60876	0,61107	0,61337	0,61566	52
38	0,61566	0,61795	0,62024	0,62251	0,62479	0,62706	0,62932	51
39	0,62932	0,63158	0,63383	0,63608	0,63832	0,64056	0,64279	50
40	0,64279	0,64501	0,64723	0,64945	0,65166	0,65386	0,65606	49
41	0,65606	0,65825	0,66044	0,66262	0,66480	0,66697	0,66913	48
42	0,66913	0,67129	0,67344	0,67559	0,67773	0,67987	0,68200	47
43	0,68200	0,68412	0,68624	0,68835	0,69046	0,69256	0,69466	46
44	0,69466	0,69675	0,69883	0,70091	0,70298	0,70505	0,70711	↑ 45
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	Stopnie
Cosinus								

Tablica IV cd.

Stopnie	Cosinus							
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
0 ↓	1,00000	1,00000	0,99998	0,99996	0,99993	0,99989	0,99985	89
1	0,99985	0,99979	0,99973	0,99966	0,99958	0,99949	0,99939	88
2	0,99939	0,99929	0,99917	0,99905	0,99892	0,99878	0,99863	87
3	0,99863	0,99847	0,99831	0,99813	0,99795	0,99776	0,99756	86
4	0,99756	0,99736	0,99714	0,99692	0,99668	0,99644	0,99619	85
5	0,99619	0,99594	0,99567	0,99540	0,99511	0,99482	0,99452	84
6	0,99452	0,99421	0,99390	0,99357	0,99324	0,99290	0,99255	83
7	0,99255	0,99219	0,99182	0,99144	0,99106	0,99067	0,99027	82
8	0,99027	0,98986	0,98944	0,98902	0,98858	0,98814	0,98769	81
9	0,98760	0,98723	0,98676	0,98629	0,98580	0,98531	0,98481	80
10	0,98481	0,98430	0,98378	0,98325	0,98272	0,98218	0,98163	79
11	0,98163	0,98107	0,98050	0,97992	0,97934	0,97875	0,97815	78
12	0,97815	0,97754	0,97692	0,97630	0,97566	0,97502	0,97437	77
13	0,97437	0,97371	0,97304	0,97237	0,97169	0,97100	0,97030	76
14	0,97030	0,96959	0,96887	0,96815	0,96742	0,96667	0,96593	75
15	0,96593	0,96517	0,96440	0,96363	0,96285	0,96206	0,96126	74
16	0,96126	0,96046	0,95964	0,95882	0,95799	0,95715	0,95630	73
17	0,95630	0,95545	0,95459	0,95372	0,95284	0,95195	0,95106	72
18	0,95106	0,95015	0,94924	0,94832	0,94740	0,94646	0,94552	71
19	0,94552	0,94457	0,94361	0,94264	0,94167	0,94068	0,93969	70
20	0,93969	0,93869	0,93769	0,93667	0,93565	0,93462	0,93358	69
21	0,93358	0,93253	0,93148	0,93042	0,92935	0,92827	0,92718	68
22	0,92718	0,92609	0,92499	0,92388	0,92276	0,92164	0,92050	67
23	0,92050	0,91936	0,91822	0,91706	0,91590	0,91472	0,91355	66
24	0,91355	0,91236	0,91116	0,90996	0,90875	0,90753	0,90631	65
25	0,90631	0,90507	0,90383	0,90259	0,90133	0,90007	0,89879	64
26	0,89879	0,89752	0,89623	0,89493	0,89363	0,89232	0,89101	63
27	0,89101	0,88968	0,88835	0,88701	0,88566	0,88431	0,88295	62
28	0,88295	0,88158	0,88020	0,87882	0,87743	0,87603	0,87462	61
29	0,87462	0,87321	0,87178	0,87036	0,86892	0,86748	0,86603	60
30	0,86603	0,86457	0,86310	0,86163	0,86015	0,85866	0,85717	59
31	0,85717	0,85567	0,85416	0,85264	0,85112	0,84959	0,84805	58
32	0,84805	0,84650	0,84495	0,84339	0,84182	0,84025	0,83867	57
33	0,83867	0,83708	0,83549	0,83389	0,83228	0,83066	0,82904	56
34	0,82904	0,82741	0,82577	0,82413	0,82248	0,82082	0,81915	55
35	0,81915	0,81748	0,81580	0,81412	0,81242	0,81072	0,80902	54
36	0,80902	0,80730	0,80558	0,80386	0,80212	0,80038	0,79864	53
37	0,79864	0,79688	0,79512	0,79335	0,79158	0,78980	0,78801	52
38	0,78801	0,78622	0,78442	0,78261	0,78079	0,77897	0,77715	51
39	0,77715	0,77531	0,77347	0,77162	0,76977	0,76791	0,76604	50
40	0,76604	0,76417	0,76229	0,76041	0,75851	0,75661	0,75471	49
41	0,75471	0,75280	0,75088	0,74896	0,74703	0,74509	0,74314	48
42	0,74314	0,74120	0,73924	0,73728	0,73531	0,73333	0,73135	47
43	0,73135	0,72937	0,72737	0,72537	0,72337	0,72136	0,71934	46
44	0,71934	0,71732	0,71529	0,71325	0,71121	0,70916	0,70711	↑ 45
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	Stopnie
Sinus								

Stopnie	Tangens							
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
0	0,00000	0,00291	0,00582	0,00873	0,01164	0,01455	0,01746	89
1	0,01746	0,02036	0,02328	0,02619	0,02910	0,03201	0,03492	88
2	0,03492	0,03783	0,04075	0,04366	0,04658	0,04949	0,05241	87
3	0,05241	0,05533	0,05824	0,06116	0,06408	0,06700	0,06993	86
4	0,06993	0,07285	0,07578	0,07870	0,08163	0,08456	0,08749	85
5	0,08749	0,09042	0,09335	0,09629	0,09923	0,10216	0,10510	84
6	0,10510	0,10805	0,11099	0,11394	0,11688	0,11983	0,12278	83
7	0,12278	0,12574	0,12869	0,13165	0,13461	0,13758	0,14054	82
8	0,14054	0,14351	0,14648	0,14945	0,15243	0,15540	0,15838	81
9	0,15838	0,16137	0,16435	0,16734	0,17033	0,17333	0,17633	80
10	0,17633	0,17933	0,18233	0,18534	0,18835	0,19136	0,19438	79
11	0,19438	0,19740	0,20042	0,20345	0,20648	0,20952	0,21256	78
12	0,21256	0,21560	0,21864	0,22169	0,22475	0,22781	0,23087	77
13	0,23087	0,23393	0,23700	0,24008	0,24316	0,24624	0,24933	76
14	0,24933	0,25242	0,25552	0,25862	0,26172	0,26483	0,26795	75
15	0,26795	0,27107	0,27419	0,27732	0,28046	0,28360	0,28675	74
16	0,28675	0,28990	0,29305	0,29621	0,29938	0,30255	0,30573	73
17	0,30573	0,30891	0,31210	0,31530	0,31850	0,32171	0,32492	72
18	0,32492	0,32814	0,33136	0,33460	0,33783	0,34108	0,34433	71
19	0,34433	0,34758	0,35085	0,35412	0,35740	0,36068	0,36397	70
20	0,36397	0,36727	0,37057	0,37378	0,37720	0,38053	0,38386	69
21	0,38386	0,38721	0,39055	0,39391	0,39727	0,40065	0,40403	68
22	0,40403	0,40741	0,41081	0,41421	0,41763	0,42105	0,42447	67
23	0,42447	0,42791	0,43136	0,43481	0,43828	0,44175	0,44523	66
24	0,44523	0,44872	0,45222	0,45578	0,45924	0,46277	0,46631	65
25	0,46631	0,46985	0,47341	0,47693	0,48055	0,48414	0,48773	64
26	0,48773	0,49134	0,49495	0,49858	0,50222	0,50587	0,50953	63
27	0,50953	0,51319	0,51688	0,52057	0,52427	0,52793	0,53171	62
28	0,53171	0,53545	0,53920	0,54296	0,54673	0,55051	0,55431	61
29	0,55431	0,55812	0,56194	0,56577	0,56962	0,57348	0,57735	60
30	0,57735	0,58124	0,58513	0,58905	0,59297	0,59691	0,60086	59
31	0,60086	0,60483	0,60881	0,61280	0,61681	0,62083	0,62487	58
32	0,62487	0,62892	0,63299	0,63707	0,64117	0,64528	0,64941	57
33	0,64941	0,65355	0,65771	0,66189	0,66608	0,67028	0,67451	56
34	0,67451	0,67875	0,68301	0,68728	0,69157	0,69588	0,70021	55
35	0,70021	0,70455	0,70891	0,71329	0,71769	0,72211	0,72654	54
36	0,72654	0,73100	0,73547	0,73996	0,74447	0,74900	0,75355	53
37	0,75355	0,75812	0,76272	0,76733	0,77195	0,77661	0,78129	52
38	0,78129	0,78598	0,79070	0,79544	0,80020	0,80498	0,80978	51
39	0,80978	0,81461	0,81946	0,82434	0,82923	0,83415	0,83910	50
40	0,83910	0,84407	0,84906	0,85408	0,85912	0,86419	0,86929	49
41	0,86929	0,87441	0,87955	0,88473	0,88992	0,89515	0,90040	48
42	0,90040	0,90569	0,91099	0,91633	0,92170	0,92709	0,93252	47
43	0,93252	0,93797	0,94345	0,94896	0,95451	0,96008	0,96569	46
44	0,96569	0,97133	0,97700	0,98270	0,98843	0,99420	1,00000	45
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	Stopnie
Cotangens								

Tablica IV cd.

Stopnie	Cotanges							
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
0	∞	343,77371	171,88540	114,58865	85,93979	68,75009	57,28996	89
1	57,28996	49,10388	42,96408	38,18846	34,36777	31,24158	28,63625	88
2	28,63625	26,43160	24,54176	22,90377	21,47040	20,20555	19,08114	87
3	19,08114	18,07498	17,16934	16,34986	15,60478	14,92442	14,30067	86
4	14,30067	13,72674	13,19688	12,70621	12,25051	11,82617	11,43005	85
5	11,43005	11,05943	10,71191	10,38540	10,07803	9,78817	9,51436	84
6	9,51436	9,25530	9,00983	8,77689	8,55555	8,34496	8,14435	83
7	8,14435	7,95302	7,77035	7,59575	7,42871	7,26873	7,11537	82
8	7,11537	6,96823	6,82694	6,69116	6,56055	6,43484	6,31375	81
9	6,31375	6,19703	6,08444	5,97576	5,87080	5,76937	5,67128	80
10	5,67128	5,57638	5,48451	5,39552	5,30928	5,22566	5,14455	79
11	5,14455	5,06584	4,98940	4,91516	4,84300	4,77286	4,70463	78
12	4,70463	4,63825	4,57363	4,51071	4,44942	4,38969	4,33148	77
13	4,33148	4,27471	4,21933	4,16530	4,11256	4,06107	4,01078	76
14	4,01078	3,96165	3,91364	3,86671	3,82083	3,77595	3,73205	75
15	3,73205	3,68909	3,64705	3,60588	3,56557	3,52609	3,48741	74
16	3,48741	3,44951	3,41236	3,37594	3,34023	3,30521	3,27085	73
17	3,27085	3,23714	3,20406	3,17159	3,13972	3,10842	3,07768	72
18	3,07768	3,04749	3,01783	2,98869	2,96004	2,93189	2,90421	71
19	2,90421	2,87700	2,85023	2,82391	2,79802	2,77254	2,74748	70
20	2,74748	2,72281	2,69853	2,67462	2,65109	2,62791	2,60509	69
21	2,60509	2,58261	2,56046	2,53865	2,51715	2,49597	2,47509	68
22	2,47509	2,45451	2,43422	2,41421	2,39449	2,37504	2,35585	67
23	2,35585	2,33693	2,31826	2,29984	2,28167	2,26374	2,24604	66
24	2,24604	2,22857	2,21132	2,19430	2,17749	2,16090	2,14451	65
25	2,14451	2,12832	2,11233	2,09654	2,08094	2,06553	2,05030	64
26	2,05030	2,03526	2,02039	2,00569	1,99116	1,97680	1,96261	63
27	1,96261	1,94858	1,93470	1,92098	1,90741	1,89400	1,88073	62
28	1,88073	1,86760	1,85462	1,84177	1,82906	1,81649	1,80405	61
29	1,80405	1,79174	1,77955	1,76749	1,75556	1,74375	1,73205	60
30	1,73205	1,72047	1,70901	1,69766	1,68643	1,67530	1,66428	59
31	1,66428	1,65337	1,64256	1,63185	1,62125	1,61074	1,60033	58
32	1,60033	1,59002	1,57981	1,56969	1,55966	1,54972	1,53987	57
33	1,53987	1,53010	1,52043	1,51084	1,50133	1,49190	1,48256	56
34	1,48256	1,47330	1,46411	1,45501	1,44598	1,43703	1,42815	55
35	1,42815	1,41934	1,41061	1,40195	1,39336	1,38484	1,37638	54
36	1,37638	1,36800	1,35968	1,35142	1,34323	1,33511	1,32704	53
37	1,32704	1,31904	1,31110	1,30323	1,29541	1,28764	1,27994	52
38	1,27994	1,27230	1,26471	1,25717	1,24969	1,24227	1,23490	51
39	1,23490	1,22758	1,22031	1,21310	1,20593	1,19882	1,19175	50
40	1,19175	1,18474	1,17777	1,17085	1,16398	1,15715	1,15037	49
41	1,15037	1,14363	1,13694	1,13029	1,12369	1,11713	1,11061	48
42	1,11061	1,10414	1,09770	1,09131	1,08496	1,07864	1,07237	47
43	1,07237	1,06613	1,05994	1,05378	1,04766	1,04158	1,03553	46
44	1,03553	1,02952	1,02355	1,01761	1,01170	1,00583	1,00000	45
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	Stopnie
	Tangens							

WYKAZ LITERATURY

1. Академия наук СССР. Руководство по разработке и упорядочению научно-технической терминологии, стр. 26—29, изд. АН СССР, 1952.
2. Артемьев, С. П., Автоматизация холодной штамповки, Опыт ГАЗ, МДНТП, 1957.
3. Баранов И. Б., Холодная сварка пластичных металлов давлением ЛДНТП, 1955.
4. Барановский М. А., Технология листовой штамповки, Гиз ВССР, 1957.
5. Богданов В. М., Холодная штамповка по элементам в мелкосерийном и опытном производстве, ЛДНТП, 1957.
6. Богданов В. М. и Яковлев А. Г., Штамповка деталей по элементам в мелкосерийном производстве, Машгиз, 1952.
7. Бриджмен П., Исследования больших пластических деформаций и разрыва, ИЛ, 1955.
8. Буш В. П. Многооперационные штамповочные автоматы для изготовления сложных деталей, МРТП, БТИ, 1956.
9. Вайнтрауб Д. А., Повышение точности штампуемых деталей, Библиотека штамповщика, вып. 3, Машгиз, 1955.
10. Вайнштейн Н. Г., Экономия листовой стали при холодной штамповке, Горький, 1951.
11. Волосатов В. А., Безотходная и малоотходная штамповка листовых деталей, Машгиз, 1953.
12. Волосатов В. А., Резчик-прессовщик, Машгиз, 1955.
13. Виноградов Н. В., Техминимум установщика штампов, Госэнергоиздат, 1946.
14. Головин С. М., Накатка резьбы на полых изделиях, Машгиз, 1940.
15. Горбунов М. Н., Значение местного нагрева заготовки в листовой штамповке МДНТП, 1957.
16. Гофман О. и Закс Г., Введение в теорию пластичности для инженеров, Машгиз, 1957.
17. Громова А. Н., Заготовительно-штамповочные работы в самолетостроении, Оборонгиз, 1947.
18. Губанова Г. А., Опыт применения глубокой вытяжки без прижима, ЛДНТП, 1957.
19. Губкин С. И., Теория обработки металлов давлением, Metallurgizdat, 1947.
20. Гутник М. А., Опыт скоростной холодной штамповки на Горьковском заводе «Труд», МДНТП, 1957.
21. Давыдов В. И., Гибочные полуавтоматы, Труды Горьковского индустриального института им. А. А. Жданова, т. VI, вып. 1, 1948.
22. Давыдов В. И., Изделия из тонкостенных профилей, Машгиз, 1957.
23. Давыдов В. И. и Максakov М. П., Производство гнутых профилей, Metallurgizdat, 1954.
24. Демин Е. Н., Изготовление матриц пресс-форм холодным выдавливанием, Машгиз, 1950.
25. Емельянов М. Ф., Рациональные приемы холодной штамповки, Сб. «Горячая и холодная штамповка», Оборонгиз, 1951.
26. Звороно Б. П., Альбом штампов холодной штамповки, Оргаметалл, ОНТИ, 1938.

27. Звороно Б. П., Расчет и конструирование штампов для холодной штамповки, Машгиз, 1949.
28. Зимин А. И., Машины и автоматы кузнечно-штамповочного производства, ч. I, Молоты, Машгиз, 1953.
29. Золотых Б. Н., Электроискровой контактный способ упрочнения металлических поверхностей, Госэнергоиздат, 1951.
30. Зубцов М. Е., Технология холодной штамповки, Машгиз, 1958.
31. Зубцов М. Е. и Зорин Н. К., Штамповка-вырубка крупногабаритных деталей, Библиотечка штамповщика, вып. 2, Машгиз, 1955.
32. Ильюшин А. А., Пластичность, Гостехиздат, 1948.
33. Давыдов Ю. П., Технология штамповки листового титана и титановых сплавов. Сб. НТО Машпром, 1959.
34. Исаченков Е. И., Новые способы штамповки-вытяжки, Библиотечка штамповщика, вып. 4, Машгиз, 1955.
35. Исаченков Е. И., Роль и значение смазки в развитии скоростей вытяжки, МДНТП, 1957.
36. Производство стальных деталей холодным выдавливанием, пер. с чешского, Профиздат, 1956.
37. Кальманович З. М., Штампы для холодной штамповки, Машгиз, 1941.
38. Кальманович З. М., Современные конструкции холодных штампов, Машгиз, 1949.
39. Норичин И. А. и Кальманович З. М., Последовательная вытяжка в ленте, ИТЭИН, 1948.
40. Калужный В. Т. и др., Неметаллические материалы, их обработка и применение, Оборонгиз, 1949.
41. Камышный Н. И., Механизмы питания автоматических станков, Машгиз, 1951.
42. Коновалова И. И., Эксплуатация автоматических линий по производству лезвий для безопасных бритв, МДНТП, 1957.
43. Конторович Л. В. и Залгаллер В. А., Расчет рационального раскроя промышленных материалов, Лениздат, 1951.
44. Коман А. А., Обработка листовой и профильной стали, Судпромгиз, 1950.
45. Кошкин Л. Н., Значение роторных машин для штамповочного производства (конспект), МДНТП, 1957.
46. Ключников С. И., Точная штамповка, Машгиз, 1949.
47. Кухтаров В. И., Холодная штамповка, Машгиз, 1956.
48. Кухтаров В. И., Изготовление штампов для холодной штамповки, Машгиз, 1951.
49. Левинсон Е. М., Электроискровая обработка металлов, Лениздат, 1957.
50. Ленский В. С., Упругость и пластичность, 1950.
51. Личадеев К. Н. и Коровин А. К., Альбом деталей штампов для холодной штамповки, Оргаметалл, 1936.
52. Любвин В. И., Обработка деталей редуцированием, Машгиз, 1949.
53. Малов А. Н., Технология холодной штамповки, Оборонгиз, 1958.
54. Малов А. Н., Производство патронов, Оборонгиз, 1947.
55. Малов А. Н. и Прейс В. Ф., Механизация и автоматизация штамповочных работ, Машгиз, 1955.
56. Малов А. Н. и Полов Е. А., Штамповка толстолистового металла, ИТЭИН, 1947.
57. Малов А. Н., Механизация и автоматизация в штамповочном производстве, Библиотечка штамповщика, вып. 10, Машгиз, 1955.
58. Малявский С. З., Техника безопасности в холоднопрессовых цехах, Машгиз, 1953.
59. Марковец М. П., Диаграммы истинных напряжений и расчет на прочность, Оборонгиз, 1949.
60. Медведюк Н. И., Медник-дюральшик, Оборонгиз, 1952.
61. Медлев М. А., Штамповка резиной, Оборонгиз, 1944.
62. Мечев Л. А., Усовершенствование технологических процессов, МЭП, ЦБТИ, М., 1955.
63. Мещерин В. Т., Листовая штамповка, Атлас схем, Машгиз, 1951.
64. Мещерин В. Т., Штампо-сварные детали, Альбом эскизов, Росгизместпром, 1953.

65. Мещерин В. Т., Справочник по листовой штамповке и штампам, Ростгизмашпром, 1950.
66. Мисоужников В. М., и Гринберг М. Н., Технология холодной высадки металлов, Машгиз, 1951.
67. Митрофанов С. П., Научные основы групповой технологии, Лениздат, 1959.
68. Типовые нормативы времени на изготовление штампов для холодной штамповки, Гизмашпром ММП РСФСР, 1951.
69. Мошнин Е. Н., Глибочные и правильные машины, Машгиз, 1956.
70. Навроцкий Г. А., Прессы-автоматы для холодной штамповки, Машгиз, 1956.
71. Надан А., Пластичность и разрушение твердых тел, Москва, ИЛ, 1954.
72. Недорезов В. Е., Глубокая вытяжка листового металла, Машгиз, 1949.
73. Руководство по паспортизации прессов, автоматов и кузнечных машин, Машгиз, 1953, 1955.
74. Руководящие материалы НИИТАвтопром, Холодная штамповка, М., 1957.
75. Руководящие материалы НИИТАвтопром, Автоматизация и механизация холодной штамповки, М., 1957.
76. Овинул Я. Е., и Страшун К. З., Штамповка неметаллических материалов, Библиотека штамповщика, вып. 8, Машгиз, 1955.
77. Поляк С. М., Объемная штамповка в холодном состоянии, Оборонгиз, 1951.
78. Поляк С. М., Холодная объемная штамповка, Библиотечка штамповщика, вып. 6, Машгиз, 1955.
79. Поляк С. М., Сорокин Б. В., Современные методы холодной штамповки, Машгиз, 1960.
80. Попов В. А., Холодная высадка металлов, Машгиз, 1955.
81. Прозоров Л. В., Прессование стальных профилей и труб, ЦНИИТ-МАШ, кн. 41, Машгиз, 1951.
82. Пытьев П. Я., Быстросменные вырубные штампы, Оборонгиз, 1940.
83. Разумихин М. И., Заготовительно-штамповочные работы, Оборонгиз, 1944.
84. Ренне Н. П., Статьи по пластическому изгибу. Труды Тульского механического института, вып. 4 и 5, Оборонгиз, 1950—1951.
85. Ровинский Г. Н., Алабин С. В., Филиппов В. В., Калачев К. А., Зыбин В. Г., Холодная штамповка в машиностроении, Машгиз, 1954.
86. Ровинский Г. Н., Контроль качества штампованных деталей, Мониторинг, 1951.
87. Роголев Н. А., Холодная гибка стальных листов под прессом, Судпромгиз, 1951.
88. Романовский В. П., Справочник по холодной штамповке, Машгиз, 1949, 1954.
89. Романовский В. П., Обзор достижений в области холодной штамповки ЛДНТП, 1952.
90. Романовский В. П., Пути дальнейшего развития холодноштамповочного производства, вып. 46, Лениздат, 1961.
91. Романовский В. П., Основы рациональной разработки технологических процессов холодной штамповки, Тезисы докладов, ВНИТОКШ, вып. 3, Машгиз, 1940.
92. Романовский В. П., Пути повышения производительности в штамповочном производстве, Библиотечка штамповщика, вып. 1, Машгиз, 1955.
93. Романовский В. П., Холодная штамповка, Лениздат, 1946.
94. Романовский В. П., Многооперационная последовательная штамповка, Машгиз, 1948.
95. Романовский В. П., Руководящие материалы по холодной штамповке, 1946.
96. Романовский В. П., Современное состояние теории и практики холодноштамповочного производства. Сборник, Машгиз, 1955.
97. Романовский В. П., Кальманович З. М., Челов С. Д., Ползиков В. С., и др., Проект общесоюзного классификатора инструментов для холодной обработки давлением (проект ГОСТ, 2-я редакция), 1948.
98. Рубенкова Л. А., Руководство по паспортизации кривошипных прессов, Машгиз, 1951.
99. Руднев Ю. М., Листовые штампы и кондукторы Машгиз, 1955

100. Савровский и Поздеев, Холодное прессование полых изделий из алюминия методом обратного выдавливания, Новосибирск, 1947.
101. Саускан И. А., Повышение стойкости матриц при холодной объемной штамповке стальных деталей, ЭНИИП, М., 1954.
102. Сахненко В. Л., Холодная гибка и правка деталей, Машгиз, 1951.
103. Сб. «Автоматизация технологических процессов в машиностроении», АН СССР, 1955.
104. Сборник статей по холодной штамповке «Кузнечно-штамповочное производство» (статьи Головина С. М., Рванцева Ф. З., Романовского В. П., Фрейдлина А. Я., Шишкова Б. Н.), ВНИТОКШ, Машгиз, 1938.
105. Сб. «Механизация и автоматизация процессов в холодноштамповочных цехах», под ред. В. П. Романовского, Лениздат, 1953.
106. Сб. «Комплексная механизация производственных процессов в машиностроении», Монитомаш, вып. 2, Машгиз, 1950.
107. Сб. «Вопросы обработки металлов давлением», Ин-т машиноведения АН, Академиздат, 1958.
108. Сб. «Машины и технология обработки металлов давлением», под ред. проф. А. И. Зимина, МВТУ им. Баумана, Машгиз, 1951, 1955.
109. Сб. «Новое в области штамповочной технологии», Станкоинструментальный ин-т, Машгиз, 1951.
110. Сб. «Прогрессивная технология кузнечно-штамповочного производства», Монитомаш, ч. 1, кн. 31 (раздел холодной штамповки), Машгиз, 1952.
111. Сб. «Прогрессивная технология холодной штамповки», МДНТП, Машгиз, 1952.
112. Сб. «Инженерные методы расчета технологических процессов обработки металлов давлением» под ред. проф. В. С. Смирнова, Машгиз, 1957.
113. Сб. «Кузнечно-штамповочное производство», Материалы юбилейного совещания Лен, НТО Машпром, Лениздат, 1957.
114. Сб. Прогрессивные методы штамповки иковки» Харьковское НТО Машпром, Харьковск, обл. изд-во, 1957.
115. Сб. «Прогрессивная технология холодноштамповочного производства», под ред. В. П. Романовского, Лен, НТО Машпром, кн. 40, Машгиз, 1956.
116. Сб. «Оборудование и технология кузнечно-прессового производства» (из иностранной литературы), ИЛ, 1955.
117. Сб. «Новое в ковке и штамповке», Горьковское НТО, Горьковское книжное изд-во, 1954.
118. Сб. «Техническая информация», Горьковское НТО Машпром, Горький, 1957.
119. Сб. «Технология штамповки», Станкин, Машгиз, 1953.
120. Сб. «Высокопроизводительные методы производства в приборостроении», Машгиз, 1953.
121. Сб. «Исследования в области глубокой вытяжки металлов» МАТИ, Оборонгиз, 1956.
122. Сб. «Обработка металлов давлением», Труды ЛПИ, № 185, Машгиз, 1955.
123. Сб. «Элементы теории и новые процессы обработки металлов давлением», ЦНИИТМАШ, кн. 62, Машгиз, 1954.
124. Сб. «Технологическая конференция по холодноштамповочному производству» (тезисы докладов), Лен. НТО Машпром, Лениздат, 1955.
125. Сб. «Прогрессивная технология кузнечно-штамповочного производства» (раздел холодной штамповки), Машгиз, 1953.
126. Сб. «Новые исследования в области кузнечной технологии», ЦНИИТМАШ, кн. 32, Машгиз, 1950.
127. Сб. «Обработка без снятия стружки», Машгиз 1951.
128. Свердлов М. И. и Дагелайская Н. А., Штамповка на прессах-автоматах, Библиотечка штамповщика, вып. 9, Машгиз, 1955.
129. Селиванкин С. А., Производство ювелирных изделий, Госторгиздат, 1952.
130. Славко К. Н. и Громова А. Н., Холодная штамповка нападающих молотках в самолетостроении, Оборонгиз, 1941.
131. Слуцкий М. Е., Яковлев О. Н. и Андреев-Рыбаков Л. И., Электромагнитные штамповочные прессы, Библиотечка штамповщика, вып. 11, Машгиз, 1955.
132. Смирнов В. С., Поперечная прокатка в машиностроении Машгиз, 1957.
133. Смирнов-Аляев Г. А. и Байнтрауб Д. А., Холодная штамповка в приборостроении, Машгиз, 1950.

134. Соболев Ю. М. Конструктивно-технологическая обработка дегалей, Пермь, 1952.
135. Соболев Ю. М., Безотходное холодное штампование в метод конструирования деталей, Пермь, 1951.
136. Соколов А. А. и Босый Г. Ф., Вытяжка деталей сложной формы, Библиотечка штамповщика, вып. 5, Машгиз, 1955.
137. Соколовский В. В., Теория пластичности, Гостехиздат, 1950.
138. Сорокин В. В., Штампы для облицовочных деталей автомобиля, Машгиз, 1951.
139. Сорокин С. Я., Технология листовой штамповки магниевых сплавов, Оборонгиз, 1951.
140. Сорокин С. Я., Холодная штамповка, Оборонгиз, 1948.
141. Степанов В. Н. Технология чеканки штампованных деталей и конструкции штампов, Оборонгиз, 1954.
142. Степанов В. Н., Штамповщик на приводных прессах, Оборонгиз, 1946.
143. Сторожев М. В., Колылов Н. Н., Справочные листы для расчета кривошипных прессов, ЦНИИТМАШ, 1936.
144. Сторожев М. В. и Попов Е. А., Теория обработки металлов давлением, Машгиз, 1957.
145. Толкачев А. Л., Безопасные штампы при холодной штамповке, Каталогиздат, 1940.
146. Томаров М. М., Холодная штамповка металла, Оборонгиз, 1940.
147. Томаров М. М., Техника безопасности при холодной штамповке листового металла, Оборонгиз, 1950.
148. Томленов А. Д., Теория пластических деформаций металлов, Машгиз, 1951.
149. Унксов Е. П., Новое в технологии горячей штамповки, Машгиз, 1948.
150. Унксов Е. П., Инженерные методы расчета усилий при обработке металлов давлением, Машгиз, 1955.
151. Фаворский В. Е., Холодная штамповка выдавливанием, Библиотечка штамповщика, вып. 7, Машгиз, 1955.
152. Фаворский В. Е., Холодная штамповка цветных металлов выдавливанием, Машгиз, 1951.
153. Фаткин Ф. М., Штамповка цветных металлов и сплавов, Metallurgizdat, 1952.
154. Филиппов В. В., Техничко-экономические показатели внедрения типовых средств механизации и автоматизации листовой штамповки, МДНТП, 1957.
155. Фотев Н. К., Создание высокоустойчивых вырезных штампов, армированных твердыми сплавами, МДНТП, 1957.
156. Фрейдлин А. Я., К вопросу об увеличении числа ходов листоштамповочных прессов, МДНТП, 1957.
157. Фрейдлин А. Я., Техника холодной штамповки, ЛДНТП, 1958.
158. Хесин Т. И. и Зоткин А. П., Штамповка слоистых пластиков, ЛДНТП, 1957.
159. Хилл Р., Математическая теория пластичности, Гостехтеоретиздат, 1956.
160. Целиков А. И., Прокатные станы, Metallurgizdat, 1946.
161. Цессарский Б. И., Конструирование и производство штампов, Машгиз, 1951.
162. Челищев Б. А., Автоматизация холодной штамповки, ЛДНТП, 1956.
163. Чулахин В. М., Производство жестяной консервной тары, Пищепромиздат, 1956.
164. Шальнев В. Г., Механические прессы, Машгиз, 1946.
165. Шальнев В. Г., Техника безопасности при холодной обработке металлов давлением, Машгиз, 1958.
166. Шатунов Б. Н., Производство алюминиевой посуды, Metallurgizdat, 1956.
167. Шишков Б. И., Конструкция штампов в часовом производстве, Оборонгиз, 1941.
168. Шнейдер Ю. Г., Холодная обработка точных деталей давлением, Машгиз, 1956.
169. Шофман Л. А., Глубокая вытяжка листовой стали на прессах, Машгиз, 1944.
170. Шофман Л. А., Автоматизация и механизация штамповальных работ, ИТЭИН, № 19, 1946.
171. Шофман Л. А., Элементы теории холодной штамповки, Машгиз, 1952.

172 Нормирование холодноштамповочных работ на эксцентриковых прессах, Гипрошаш, 1938.

173. Абрамов С. К., Пружинение при гибке по большому радиусу, сб. НТО Машпрома, кн. 40, Машгиз, 1956.

174. Алтыкис А. В., Оценка вытяжных свойств литцового металла, предназначенного для полых деталей некруглой формы «Вестник машиностроения», 1953, № 12.

175. Алтыкис А. В. и Шофман Л. А., Влияние наклепа на вытяжные свойства листового металла, «Металловедение и обработка металлов», 1956, № 8.

176. Аксельрод М. Э. и Бендетович Б. Т., Прогрессивная технология холодной штамповки деталей трактора, «Машиностроитель», 1957, № 10.

177. Аркуша П. Н., Метод определения оптимального контура деталей, вырубаемых из листового металла, «Вестник машиностроения», 1951, № 4.

178. Баранов И. Б., Исследование холодной пластической справки цветных металлов, Сб. ЛОНИТОМАШ, кн. 31, Машгиз, 1952.

179. Баркая В. Ф., Новый метод нанесения делительных сеток и определение деформаций штампованных и давленных изделий «Заводская лаборатория», 1951, № 4.

180. Байц Д. С. Высокопроизводительные методы штамповки в электромашиностроении, Сборник статей, Машгиз, 1953.

181. Байц Д. С. и Барбот В. И., Опыт применения тарельчатых пружин в штампах для холодной штамповки, «Вестник машиностроения», 1961, № 1.

182. Беляков А. Н., Применение инфракрасных лучей при штамповке изделий из листового магниевого сплава, «Вестник машиностроения», 1953, № 1.

183. Богордский А. К., Установка для наматывания отходов и автоматической подачи ленты при штамповке, «Вестник машиностроения», 1955, № 4.

184. Борис Б. П., Новый способ холодной штамповки полых деталей «Вестник машиностроения», 1956, № 3.

185. Бугрова А. А., Определенные высоты борта и раскрыя при отбортовке некруглых отверстий «Вестник машиностроения», 1956, № 9.

186. Вайнтрауб Д. А., Вытяжки полых изделий конической и полусферической формы, ВИТИН, 1953.

187. Вайнтрауб Д. А., Технология холодной штамповки (Обзор зарубежной литературы), «Вестник машиностроения», 1955, № 10.

188. Володин Е. А., Электроискровая обработка матриц вырубных штампов, «Вестник машиностроения», 1947, № 11.

189. Волосатов В. А. и Павлючук А. И., Обрезка полых деталей одновременно с вытяжкой, «Вестник машиностроения», 1955, № 8.

190. Волосатов В. А., Технология безотходной и малоотходной штамповки, сб. ЛОНИТОМАШ, кн. 31, Машгиз 1952.

191. Гаркави Я. Н., О распределении напряжений в материале при вырезке и пробивке, Инженерный сборник АН СССР, т. III, вып. 1, 1946.

192. Головин С. М. и Рванцев Ф. З., Влияние отдельных факторов при резании штампами, «Цветные металлы», 1938, № 1.

193. Голубовский Ю. Н., Гибка профилированных деталей, Сборник статей, Машгиз, 1953.

194. Гольман Л. Д., Теоретические и технологические основы гидравлической вытяжки, сб. ЛОНИТОМАШ, кн. 31, Машгиз 1952.

195. Горбунов М. Н., Выворот раздача труб «Машиностроитель», 1958, № 2.

196. Гринько А. Т. и Мартемьянов Н. Н., Совершенствование изготовления ролика комбайновой цепи, «Вестник машиностроения», 1956, № 4.

197. Гутник М. А., Скоростная холодная штамповка, «Вестник машиностроения», 1955, № 1.

198. Дагелайская Н. А., Освоение штамповки по второму и третьему классам точности, вып. 45, Лениздат, 1951.

199. Демин Е. Н., Холодное выдавливание матриц штампов и пресс-форм, Сб. ЛОНИТОМАШ, кн. 31, Машгиз, 1952.

200. Емельянов М. Ф., Правка листовых деталей, «Вестник машиностроения», 1952, № 4.

201. Залесский В. И. и Михаленко Ф. П., Определение «эффективности смазок для глубокой вытяжки», «Вестник машиностроения», 1955, № 11.

202. Звороно В. П., Методы получения отбортованных отверстий, «Вестник металлпромышленности», 1937, № 12.

203. Звороно Б. П., Методы расчета заготовок для вытяжки прямоугольных изделий, «Вестник машиностроения», 1947, № 6.
204. Звороно Б. П., К вопросу теории вытяжки полых изделий, сборник статей, Машгиз, 1953.
205. Звороно Б. П., Технологические зависимости для усилия и работы штамповки при операциях вырезки и пробивки, «Вестник машиностроения», 1948, № 11.
206. Зубцов М. Е., Повышение стойкости штампов, сб. ЛОНИТОМАШ, кн. 31, Машгиз, 1952.
207. Исаченков Е. И., О проблеме смазки при глубокой вытяжке, «Вестник машиностроения», 1951, № 10.
208. Исаченков Е. И., Влияние трения и смазки на утонение материала при глубокой вытяжке, «Вестник машиностроения», 1951, № 1.
209. Исаченков Е. И. и Пихтовников Р. В., К вопросу влияния скорости деформирования на процесс штамповки деталей из листа, «Вестник машиностроения», 1952, № 5.
210. Кецлах Б. Я., Улучшение процесса глубокой вытяжки нержавеющей стали, «Вестник машиностроения», 1955, № 11.
211. Ключарев Н. А., Глубокая вытяжка с подогревом некоторых листовых металлов и сплавов при различных скоростях, «Вестник машиностроения», 1957, № 8.
212. Ключников С. И., Холодная ковка в штампах, «Вестник машиностроения», 1948, № 7.
213. Максиков А. Я., Применение составных матриц в пробивных и вырубных штампах, «Вестник машиностроения», 1957, № 2.
214. Маламуд М. В., Профилерование вместо штамповки, «Вестник машиностроения», 1953, № 1.
215. Марковец М. П., О пластическом изгибе при больших деформациях «Заводская лаборатория», 1946, № 4—5.
216. Маслеников Н. А., Беспуансонная глубокая вытяжка тонколистового металла силами трения, «Вестник машиностроения», 1956, № 5.
217. Мещерин В. Т., Влияние зазора между пуансоном и матрицей на поверхность среза и размеры вырезки, «Вестник металлопромышленности», 1957, № 7—8.
218. Мошкин Е. Н., Определение основных параметров холодной гибки, «Вестник машиностроения», 1953, № 4.
219. Мошкин Е. Н., Определение технологических параметров гибки тонкостенных труб, «Вестник машиностроения», 1955, № 10.
220. Мошкин Е. Н., Гибка с растяжением, «Вестник машиностроения» 1956, № 2.
221. Нарышкин А. А., Расчет усилий при правке плоских стальных изделий, «Вестник машиностроения», 1952, № 3.
222. Нистратов А. Ф., Закрытые прессы с нижним приводом. Новое в иностранной технике станкостроения, ЦБТИ, МСС, 1948, № 17—18.
223. Норицын И. А., Основы теории многооперационной вытяжки листового металла, Труды МВМИ, вып. 1 и 2, изд. Советская наука, 1953, 1955.
224. Норицын И. А., Глубокая вытяжка листового металла без межоперационных отжигов, «Вестник машиностроения», 1950, № 10.
225. Поконечный Г. Ю., Настольные пневмогидравлические прессы и приспособления, «Машиностроитель», 1957, № 3.
226. Поконечный Г. Ю., Комбинированная штамповка деталей при помощи резы, «Вестник машиностроения», 1957, № 6.
227. Попов Е. А., Деформирующее усилие и степень деформации при вытяжке с утонением стенки, «Вестник машиностроения», 1951, № 1.
228. Попов Е. А., Допустимый коэффициент отбортовки, «Вестник машиностроения», 1951, № 3.
229. Попов Е. А., Вытяжка с обжимом, «Вестник машиностроения», 1954, № 12.
230. Попов Е. А., Исследование процесса отбортовки, Сборник статей, Машгиз, 1953.
231. Попов В. А. и Митькин А. Н., Холодное выдавливание стальных изделий, «Вестник машиностроения», 1956, № 1.
232. Ренне И. П., Деформация при пластическом изгибе, «Заводская лаборатория», 1949, № 11.

233. Ренне И. П., Усилие, потребное при гибке в V-образных штампах, «Вестник машиностроения», 1954 № 9.
234. Ровинский Г. Н., Автоматизация холодной штамповки на прессах, «Машиностроитель», 1957, № 1.
235. Романовский В. П., О зазорах и вырезных штампах, Труды Гипромаш, т. IV, 1936.
236. Романовский В. П., О пластическом изгибе, «Заводская лаборатория», 1948, № 12, и 1949, № 12.
237. Романовский В. П., Расчет и построение формы заготовок при вытяжке квадратных и прямоугольных коробок, «Машиностроитель», 1958, № 1.
238. Романовский В. П., О некоторых характеристиках механических свойств металла, «Заводская лаборатория», 1952, № 3.
239. Романовский В. П., Деформации и минимальные радиусы при пластическом изгибе, «Вестник машиностроения», 1949, № 12.
240. Романовский В. П., Технологические расчеты при вытяжке деталей с широким фланцем, «Вестник машиностроения», 1954, № 9.
241. Романовский В. П., Прогрессивная технология холоднштамповочного производства, «Вестник машиностроения», 1956, № 4.
242. Романовский В. П., Определение высоты деталей при многооперационной вытяжке, «Вестник машиностроения», 1957, № 5.
243. Романовский В. П., Технологические расчеты процесса многооперационной вытяжки высоких квадратных и прямоугольных коробок «Вестник машиностроения», 1958, № 12.
244. Романовский В. П., Определение формы и размеров заготовок при вытяжке высоких прямоугольных коробок, «Вестник машиностроения», 1953, № 7.
245. Романовский В. П., Прогрессивная технология холодной штамповки, сб. ЛОНИТОМАШ, кн. 31, Машгиз, 1952.
246. Романовский В. П., Основные понятия по теории пластических деформаций Технический Бюллетень НИТО Metallургов, Лысьва, 1954, № 2.
247. Рубенкова Л. А., Руководство по паспортизации металлодавящего оборудования, вып. 1, ЦИТМ, 1950.
248. Рябинин Б. В., Пружинение при гибке стальных деталей, сб. ЛОНИТОМАШ, кн. 31, Машгиз, 1952.
249. Рябинин Б. В., Определение оптимальных усилий для гибки металлических изделий в холодном состоянии, «Вестник машиностроения», 1951, № 8.
250. Свердлов М. И., Теория одновременной вытяжки в нескольких матрицах, сб. ЛОНИТОМАШ, кн. 31, Машгиз, 1952.
251. Семенов А. П., Изучение схватывания металлов при совместном пластическом деформировании, Ин-т машиноведения АН СССР 1952.
252. Смирнов В. П., Электроискровое упрочнение штампов, «Автомобильная и тракторная промышленность», 1952, № 1.
253. Семенов Ю. Л., Усилие при холодной правке на роликовых правильных машинах, «Вестник машиностроения», 1953, № 4.
254. Расчеты при модернизации открытых кривошипных прессов простого действия, Машгиз, 1956.
255. Сорокин С. Я. и Давыдов Ю. П., Листовая штамповка магниевых сплавов, «Вестник машиностроения», 1951, № 2.
256. Сорокин С. Я., Давыдов Ю. П. и Деинер И. И., Применение защитной пленки при глубокой вытяжке нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов, «Вестник машиностроения», 1951, № 7.
257. Сорокин С. Я. и Давыдов Ю. П., Глубокая вытяжка алюминиевых сплавов с нагревом деформируемой заготовки, «Вестник машиностроения», 1952, № 2.
258. Страшун Н. З., Штамповка неметаллических материалов, сб. ЛОНИТОМАШ, кн. 31, Машгиз, 1952.
259. Суханов Г. И., Штамповка крупногабаритных стальных деталей, Сб. «Кузнечно-штамповочное производство», Лениздат, 1957.
260. Трейвас Е. З., Об экономии металла при холодной штамповке, «Вестник машиностроения», 1953, № 3.
261. Томленов А. Д., Теория гидростатического испытания листового металла, «Вестник машиностроения», 1958, № 10.
262. Томленов А. Д., Вопросы теории вытяжки деталей сложной формы «Вестник машиностроения», 1958, № 1.

263. Фрейдлин А. Я., Расчет усилия, необходимого для резки листовой стали на штампах, «Вестник машиностроения», 1951, № 6.
264. Фрейдлин А. Я., Совершенствование техники производства в прессовочных цехах ГАЗ, «Автомобильная и тракторная промышленность», 1952, № 1.
265. Фрейдлин А. Я., Новое в области глубокой вытяжки деталей сложных форм, сборник статей, Горький, 1953.
266. Фрейдлин А. Я., Глубокая вытяжка, «Американская техника и промышленность», 1957, № 3.
267. Фрейдлин А. Я. О новых процессах глубокой вытяжки, «Автомобильная промышленность», 1948, № 2.
268. Хирник А. Ш., Новые принципы высадки качающимися пуансонами на автоматах вращательного движения, «Вестник машиностроения», 1955, № 4.
269. Четвериков С. С. и Фатеев Н. К., Вопросы конструирования твердосплавных вырубных штампов, «Вестник машиностроения», 1953, № 2.
270. Шевандин Е. М., Новый метод испытания металлических листовых материалов, «Заводская лаборатория», 1946, № 7—8 и 9—10.
271. Шевелев А. Е., Износоустойчивые материалы для штампов, «Вестник машиностроения», 1949, № 9.
272. Шевелкин Б. Н., Штамповка листовой двухслойной стали, сборник статей Машгиз, 1953.
273. Шишков Б. И., Конструкции штампов для производства точной механики, «Вестник металлопромышленности», 1937, № 2—3.
274. Шишков Б. И., Холодная чеканка мелких деталей, «Машиностроитель», 1937, № 9—10.
275. Шофман Л. А., Штамповка-вытяжка в ленте, «Вестник металлопромышленности», 1938, № 12.
276. Шофман Л. А., Испытание листового металла для глубокой вытяжки, «Заводская лаборатория», 1946, № 4—5.
277. Шофман Л. А., Новые методы расчета процессов объемной штамповки, «Вестник машиностроения», 1956, № 12.
278. Сторожев М. В., Основы расчета кривошипных прессов, «Вестник машиностроения», 1935, № 10.
279. Металловедение и термическая обработка, Металлургиздат, 1958.
280. Конструкционные стали, Под ред. акад. Н. Т. Гудцова, Металлургиздат, 1947.
281. Энциклопедический справочник «Машиностроение», тт. 2,3,4,6 и 8, Машгиз, 1948.
282. Справочник технолога-машиностроителя, тт. I и II, Машгиз, 1957.
283. Справочник металлста, Машгиз, 1959.
284. Справочник по цветным металлам и сплавам, Металлургиздат, 1948.
285. Справочник-каталог по деформированным алюминиевым и алюминий-магниевым сплавам, Москва 1940.
286. Справочник машиностроителя, т. II, Машгиз, 1952.
287. Яманов С. А. и Смирнов С. А., Справочник по изоляционным материалам для радиопромышленности, Госэнергоиздат, 1947.
288. Анзенкольд Ф., Листовая сталь для глубокой вытяжки, Металлургиздат, 1958.
289. Богородский А. К., Механизм подачи для автоматической штамповки из ленты, ЛДНТП, 1956.
290. Бодров А. А., Штамповка с обратной запрессовкой в ленту, ЛДНТП, 1955.
291. Вайнтрауб Д. А., Повышение стойкости штампов, Лениздат, 1958.
292. Владыкин М. И., Автоматические штампы для изготовления мелких грубчатых деталей, ЛДНТП, 1936.
293. Горбунов М. Н. и Полов О. В., Интенсификация процессов холодной штамповки, МДНТП, 1958.
294. Горячев Н. С., Изготовление твердосплавных штампов ультразвуковой обработкой, МДНТП, 1957.
295. Губанова Г. А., Выбор оптимального варианта технологического процесса холодной штамповки, ЛДНТП, 1958.
296. Дружинин В. А., Буферы к штампам и прессам для холодной штамповки, ЛДНТП, 1958.
297. Зеленый А. М., Изготовление деталей гидродеформированием, ЛДНТП, 1958.

298. Зуев Р. И., Прогрессивная оснастка для холодной штамповки, ЛДНТП, 1958.
299. Корсаков В. Д. и Писковитин Н. В. Применение стирокрила в производстве штампов, ЛДНТП, 1958.
300. Кухтаров В. И., Стойкость штампов для холодной листовой штамповки, Машгиз, 1958.
301. Ковтун П. Г., Улучшение технологии изготовления деталей из листовой стали, «Вестник машиностроения», 1958, №10.
302. Литвиненко Б. С., Портативное универсальное приспособление для автоматической подачи полосы и ленты в штамп, ЛДНТП, 1957.
303. Львов Д. С., Рождественский Ю. А. и др., Штамповка кольцевых заготовок, Машгиз, 1958.
304. Малов А. И., Штампы автоматы, ВИНТИ, 1957.
305. Малов А. И. Нормирование работ по холодной штамповке, МДНТП, 1958.
306. Михайлов-Михеев П. Б., Новый промышленный металл титан, Машин, 1958.
307. Можейко Ю. И. и Лисицын В. Д., Автоматическая линия для штамповки релейных контактных пружин, «Приборостроение», 1958, № 8.
308. Островский В. И., Справочник конструктора по холодной штамповке, Машин, 1957.
309. Попов О. В. и Горбунов М. И., Вытяжка с подогревом, МДНТП, 1957.
310. Рейфе Э. Д. и Румановский А. Х., Полуавтоматическая линия для производства трансформаторных пластин, ЛДНТП, 1956.
311. Рейфе Э. Д. и Румановский А. Х., Формовка изделий из тонколистового металла резиной, ЛДНТП, 1957.
312. Романовский В. И., Кольцевые пружины и их применение в штампах холодной штамповки, «Кузнечно-штамповочное производство», 1959, № 3.
313. Рубенкова Л. А., О штампуемости листовой стали, «Вестник машиностроения», 1958, № 10.
314. Сб. Ставкин, Исследования в области оборудования и технологии штамповки, Машгиз, 1958.
315. Серельев В. В., Опыт построения вытяжных переходов для облицовочных деталей, Машгиз, 1958.
316. Расчеты при модернизации прессов, Машгиз, 1956.
317. Фаворский В. Е., Холодная штамповка крупногабаритных деталей на универсальных штампах, ЛДНТП, 1957.
318. Филищев В. В., Шехтер В. Я., Оленев В. И., Механизация и автоматизация процессов листовой холодной штамповки, ВИНТИ, 1957.
319. Фотеев Н. К., Твердосплавные вырубные штампы, ЛДНТП, 1957.
320. Чегодаев А. А. и Цветков Е. И., Механизация и автоматизация штамповки, МДНТП, 1956.
321. Шехтер В. Я., Перемещения, деформации, скорости, и ускорения при глубокой вытяжке, Труды МАТИ, Оборонгиз, 1951.
322. Шляов В. С., Рациональные конструкции штампов холодной штамповки, ЛДНТП, 1955.
323. Тангерман Н. Д., Слоисто-сотовые конструкции в машиностроении, «Машиностроение за рубежом», 1957, № 11.
324. Элер Г., Листовой металл и его испытание, Машгиз, 1958.
325. Повышение стойкости матриц при холодной объемной штамповке стальных деталей, Опыт 1-го ГПЗ, Бюллетень ЭНИИИП, 1954, № 13.
326. Стильетанг — тонколистовая сталь с покрытием из пластмассы, «Машиностроение за рубежом», ИЛ, 1958 № 10.
327. Пюшман Г., Тенденции развития в области прессового оборудования, «Машиностроение за рубежом», ИЛ, 1957, № 9.
328. Сб. «Обработка металлов давлением», Ин-т машиноведения АН, Изд. Ак. Наук, 1958.
329. Шрипкин Е. А., Штамповка сложных изделий, Технический бюллетень ИТО Металлургов, Лысьва, 1954, № 3—5.
330. Свобода Б. (руковод.), Производство стальных деталей холодным выдавливанием, пер. с чешского (Прага, 1955), Профиздат 1956.
331. Фролов В. Н., Штамповка крутоизогнутых угольников из труб, ИТЭИН, Серия 9, 1956.
332. Нормативы времени на штамповку, ГАЗ, ИТЭИН, 1954.

333. Нормативы времени на холодную штамповку, ГСПТИ Ортрансмаш, 1955.
334. ГОСТ на детали штампов для холодной штамповки (ГОСТ 7254—58, 7255—54, 7256—54; 7257—54), Стандартгиз.
335. Веденев Н. П., Волченков А. И., Корсаков В. Д., Вырубные штампы, армированные твердым сплавом и технология их изготовления, ЛДНТИ, 1958.
336. Козлов Н. Н., Объемная штамповка выдавливанием из шариковых заготовок, Сб. «Штамповка выдавливанием», МДНТП, 1958.
337. Сб. «Автоматизация в машиностроении», Киевское НТО Машпрома, Машгиз, 1955.
338. Филиппов В. В., Технико-экономические показатели применения типовых средств механизации и автоматизации листовой штамповки, Киев, 1958.
339. Газаров Л. Т., Шарнирно-рычажные механизмы кузнечно-прессовых машин, Машгиз, 1958.
340. Типовые вибрационные бункеры и ориентирующие устройства, ВНИТИП-рибор, Москва, 1958.
341. Алексеев Ю. Н., Вопросы пластического течения металлов, Харьков, 1958.
342. Гелен Ш., Расчет усилий и энергии при пластической деформации металлов, Metallurgiedat, 1958.
343. Альбом конструкций универсальных штампов для холодной штамповки, ЦБТИ, ВНИТМАШ, М., 1958.
344. Фаворский В. Е., Холодная штамповка упрощенными штампами в мелкосерийном производстве, ЛДНТИ, 1958.
345. Коган А. И., Технология холодного выдавливания сложных пресс-форм и штампов, ЦБТИ, М., 1958.
346. Ровинский Г. Н., Пути развития технологии листовой холодной штамповки, «Машиностроитель», 1959, № 1.
347. Аксельрод М. Э. и Бендетович Б. Т., Прогрессивная технология и штампы глубокой вытяжки для деталей цилиндрической формы, «Кузнечно-штамповочное производство» 1959, № 1.
348. Барбот В. И., Новая конструкция последовательных штампов для многорядной штамповки прямоугольных деталей, «Кузнечно-штамповочное производство», 1959, № 1.
349. Бугрова А. А. и Рождественский Ю. Л., Вытяжка с утонением из трубосварных заготовок, «Вестник Машиностроения», 1959, № 2.
350. Crane E. V., Plastic working of Press operation; N. Y., 1943.
351. Gabler P., Stanzertechnik, Leipzig, 1943.
352. Göhre E., Werkzeuge und Pressen der Stanzerei, 1936.
353. Hinman C. W., Die Engineering Layouts, N. Y., 1943.
354. Hinman C. W., Press working of metals, N. Y., 1950.
355. Kaczmarek E., Praktische Stanzerei, Berlin, 1943.
356. Keller F., «Werkstatt und Betrieb», 1952, № 2, 7.
357. Keller F., Das Schneiden von Blechen mit Gummi, «Fertigungstechnik», 1956, № 3.
358. Sachs G., Principles and Methods of Sheet Metal Fabricating, N. Y., 1951.
359. Oehler G., Taschenbuch für Schnitt und Stanzwerkzeuge, Berlin, 1933.
360. Engelhardt W., Systematik der bildsamen Formung von Metallen, «Fertigungstechnik», 1958, № 8; 9.
361. Schuler, Taschenbuch, 1937.
362. Sellin W., Handbuch der Ziehtechnik, 1931.
363. Gross H., Der «unstarre» Faltenhalter, Fertigungstechnik, 1956, № 10.
364. Stanley, Punches and Dies., N. Y., 1943.
365. Oehler — Kaiser, Schnitt, Stanz und Ziehwerkzeuge, Springer Verl., 1954.
366. Timmerbeil, Untersuchung des Schneidvorgangs bei Blech, «Werkstattstechnik und Maschinenbau», 1957, № 5, 7.
367. Püschman H., «Maschinenbautechnik», 1957, № 7; 1958, № 4.
368. Tangerman E. G., «Metalworking Production», 1957, № 20; «American Machinist», 1957, № 6.
369. A. S. T. E., Die Design Handbook, N. Y., 1955.
370. Groh W., Das Orden von Massenteilen und ihre Zuführung in die Werkzeugmaschine, «Werkstattstechnik und Maschinenbau», H. 8, 1957.
371. Hortig W., Wirtschaftlichkeit von Stufenpressen bei der Fertigung kleiner Reihen, «Werkstattstechnik und Maschinenbau», 1957, № 7.

372. Reichel H., Über das Walzdrücken kegelförmiger Werkstücke aus Aluminium, «Fertigungstechnik», 1958, № 5, 6.
373. V. D. J., Arbeitsblatt, Ziehen über Wulste, 1954.
374. Gross H., Der Niederhalter und seine Anwendung beim Tiefziehen, «Fertigungstechnik», 1957, № 5.
375. Gross H., Kunstharz — Werkzeuge für Blechumformung, «Fertigungstechnik», 1957, № 8.
376. Gross H., Beck R., Schenk K. H., Epoxydharz als Werkstoff für Ziehwerkzeuge, «Fertigungstechnik», 1958, № 10.
377. Panknin W., Grundlagen des hydraulischen Tiefziehen (Hydroform), «Werkstattstechnik und Maschinenbau», 1957, H. 6.
378. Wilken R., Das Biegen von Innenborden mit Stempeln, «Werkstattstechnik und Maschinenbau», 1958, H. 8.
379. Beck R., Schenk H., Gross H., Einziehen Zylindrischer Hohlkörper «Fertigungstechnik», 1958, № 12.
19 18, № 12.
380. Engelhardt W., Verfahrengerechte Tiefziehprüfung, «Fertigungstechnik» 1958, № 12.
381. Czasopisma: «Fertigungstechnik», «Maschinenbautechnik», «Werkstattstechnik und Maschinenbau», «Machinery».
382. Czasopisma: «Steel, processing and Conversion», «American Machinist», «Iron Age», «Metalworking Production».

Uzupełnienie wykazu literatury do wydania polskiego

- Billigmann J.: Speczanie i prasowanie. Warszawa PWT 1959.
- Bosiacki K., Marciniak Z., Seyna F.: Zarys tłocznictwa. Warszawa PWT 1558.
- Bukowski P.: Obróbka plastyczna w krótkim zarysie. Warszawa PWT 1957.
- Bosse E.: Wykonanie tłoczników. Warszawa PWT 1952.
- Golatoski T.: Automatyzacja tłoczenia z taśm i pasów. Warszawa PWT 1961.
- Gosztowtt L.: Prasy hydrauliczne. Warszawa PWT 1955.
- Górecki A., Płatek S.: Wykonanie i naprawa tłoczników. Warszawa PWT 1958.
- Hilbert H.: Tłocznictwo. F. 1. Warszawa PWT 1952.
- Hilbert H.: Tłocznictwo. F. 2. Warszawa PWT 1953.
- Hofmann O., Sachs G.: Wprowadzenie do teorii plastyczności. Warszawa PWT 1959.
- Konstrukcja tłoczników. Praca zbiorowa. Warszawa PWT 1960.
- Małow A. N., Prejs W. F.: Mechanizacja i automatyzacja procesów tłoczenia. Warszawa PWT 1957.
- Marciniak Z.: Konstrukcja wykrojników. Warszawa PWT 1959.
- Marciniak Z.: Mechanika procesów tłoczenia blach. Warszawa WNT 1961.
- Prasy mechaniczne. Praca zbiorowa. Warszawa PWT 1959.
- Mechanik. Poradnik Techniczny. Tom 3. Część 1—2. Obróbka plastyczna metali. Warszawa PWT 1957.
- Romanowski J.: Gięcie kształtowników z blach. Warszawa PWT 1960.
- Szalniew W. G.: Technika bezpieczeństwa pracy w oddziałach kuźniczych i tłocznicych. Warszawa PWT 1956.
- Szopski K.: Obsługa pras mimośrodowych. Warszawa PWT 1957.
- Szopski K.: Obróbka metali na wyoblarkach. Warszawa PWT 1957.
- Turno A.: Tłoczniki z materiałów specjalnych. Warszawa PWT 1957.
- Wiślecki T., Wichniński J.: Specjalne metody kształtowania blach. Warszawa PWT 1957.

SKOROWIDZ RZECZOWY

A

- Aluminium 37, 596
- stopy 38, 39, 596
- analityczny sposób określenia środka siły nacisku 499
- automat wielozabiegowy do gięcia 533
- automatyczne linie pras 558
- podawanie arkuszy 563
- automaty do spęczania 295
- automatyzacja kontroli procesu tłoczenia 569, 570, 571
- podawania materiału 543 ÷ 554
- procesów tłoczenia 538 ÷ 571
- sterowania procesu tłoczenia 569
- transportu 558 ÷ 568
- układania wytłoczek 568
- usuwania wytłoczek i odpadów 554 ÷ 558

B

- Beben odwijająco-podający 549
- blacha stalowa cienka 35
- brąz aluminiowy 37
- cynowo-cynkowy 37
- cynowo-fosforowy 37
- porównanie oznaczeń wg norm radzieckich i polskich 596

C

- Ciągnięcie 14, 19, 104 ÷ 250
- bez dociskacza 111
- cierne 217
- gumą 228 ÷ 232
- hydrauliczne 112, 232 ÷ 238
- materiałów niemetalowych 355
- matrycą gumową 112, 230
- naczyń kwadratowych 128 ÷ 138, 157 ÷ 170
- — o złożonych kształtach obrotowych 170
- — prostokątnych 128 ÷ 138, 157 ÷ 170
- — walcowych 145, 146
- — z kołnierzem 150
- ciągnięcie na młotach spadowych 113, 238 ÷ 240
- przedmiotów stożkowych 175 ÷ 181
- sprężonym powietrzem 113
- stemplem gumowym 112
- stopów aluminium 221

- ciągnięcie stopów magnezu 218
- — tytanu 219
- wielooperacyjne naczyn kwadratowych 159 ÷ 164
- — — prostokątnych 150 ÷ 166
- wielorzędowe w taśmie 154
- wielotaktowe w taśmie 126, 156
- w pełnej taśmie 154
- w taśmie z nadcięciami 154
- — — z wycięciami 154
- za pomocą podwójnego przeginania 175
- ze zmniejszeniem grubości ścianek 139, 181 ÷ 184
- z dociskaczem 111
- z miejscowym podgrzewaniem i ochładzaniem 217, 223 ÷ 226
- z przewijaniem 111, 148
- ciągnięte przedmioty złożone i niesymetryczne 139
- ciągowniki 431, 484
- bez dociskacza 199
- z dociskaczem 111
- cięcie 14, 18, 24 ÷ 63
- nożycami 24 ÷ 28
- — gilotynowymi 27
- — krążkowymi 27
- profilowego materiału 31
- wykrojnikami 28 ÷ 63
- cynk 37
- czas jednego skoku suwaka prasy 423
- operacji ciągnięcia 424
- — dziurkowania 424
- — wycinania 423, 424
- — wyginania 424
- części łączące tłoczników 473
- ustalające tłoczników 459
- czołowa powierzchnia matrycy 38
- — stempla 38
- czopy tłoczników 445, 446
- czyszczenie ultradźwiękowe 248, 249

D

- Dobór prasy 406 ÷ 419
- sprężyn 506
- tłocznika 388
- dociskacz boczny 379, 381, 465
- dociskacze 469, 472
- dogniataki 432
- dogniatanie 14, 20, 291

dogniatanie kształtowe 292
—, nacisk jednostkowy 294
— płaskie 292, 293
dokładność tłoczonych przedmiotów 398
— wykonania części tłoczników 476
dokumentacja technologiczna 426
dopuszczalne obciążenie i ugięcie sprężyny
śrubowej 509
— odchyłki średnic przedmiotów ciągnionych
402
— — wysokości przedmiotów ciągnionych
402, 403
— — wymiarów przedmiotów płaskich 399
— — wysokości wyginanych pól 400
dopuszczalny nacisk prasy kolanowej 409
— — — korbowej 408, 409
dotaczanie 14, 20, 275 ÷ 277
duralumin 37
dziurkowanie 14, 18
— gładkie 47
— małych otworów 50
dziurkowniki 431

E

Ekonomiczność zastosowania złożonych tłocz-
ników 386

F

Fosforanowanie 317
funkcje trygonometryczne, tablice 613 ÷ 619

G

Gięcie 14, 19, 64 ÷ 103
— drutu 99
— kształtowników 87, 102, 326 ÷ 336
— — na krawędziarkach 332
— — z taśm i pasów 326 ÷ 333
— materiałów niemetalowych 356
— poprzeczne kształtowników 333 ÷ 336
— rur 95
— z rozciąganiem 87
giętarek rolkowych zastosowanie 330
giętarka z obrotowym stołem 335
giętych kształtowników profile 327, 330
głębokość ciągnionych naczyń walcowych 147
guma do wykrawania 63

K

Karta technologiczna tłoczenia 428
kąt cięcia 25
kąt chwytu 25
— pochylenia noży 25
— przyłożenia 25
— rozwarcia noży 25
— sprężynowania 85
klasyfikacja procesów tłoczenia 13 ÷ 16
klasy dokładności, porównanie wg norm ra-
dzieckich i polskich 596
kolejne wykrawanie elementów zarysu 395
kolek oporowy 460

konstrukcje tłoczono-spawane 364, 365
kształtowanie 14, 19, 251 ÷ 277
— objętościowe 285
— sprężonym powietrzem 243
— wybuchowe 243
kształtowników giętych profile 327, 330
kierunki rozwojowe tłoczenia 10 ÷ 12

L

Liczba operacji ciągnięcia 140 ÷ 147
linia automatyczna pras 558, 559
— maszyn wirnikowych tłoczniczych kom-
pleksowa automatyczna 561
— pras niezmechanizowana 560
— — przepływowa automatyczna 560, 561
— — — kompleksowa automatyczna 561
— — — półautomatyczna 560
— — — półmechanizowana 560
— — stołowych 396
listwy prowadzące 465
logarytmy naturalne, tablice 612
luz dwustronny 46
— jednostronny 45
— między matrycą i stemplem 44
luz przy ciągnięciu 204, 211, 212
— — wykrawaniu materiałów niemetalo-
wych 348
łączenie tłoczeniem 14, 21, 324 ÷ 326

M

Magnezu stopy 37, 40
materiały na części tłoczników 485 ÷ 489,
595
— stosowane w tłocznictwie 575 ÷ 583,
594 ÷ 597
matryca zukosowana 34
— z żebrami ciągnionymi 174
matryce 453
— ciągowe 199, 458
— do prasowania 432
— — wycinania 457
— łatwowymienne 450
— składane 491
— z zaokrąglonymi krawędziami 47
matrycowanie 14
mechaniczna ręka 557
mechanizacja procesów tłoczenia 538 ÷ 571
— usuwania wytłoczek i odpadów 554 ÷ 558
mechanizm korbowy prasy mimośrodowej 413
— napędowy kołowo-mimośrodowy 524
miedz anodowa 37
moc ciągnięcia 201, 202, 203
moment gnący 89
mosiądz 37
—, porównanie wg norm radzieckich i pol-
skich 597

N

Nacinaki 431
nacinanie 14, 18
nacisk jednostkowy przy spęczaniu 281
— — wybijania 318

nadatek na dogniatanie 293
 — — okrawanie 118
 — — wygładzanie 54, 55
 najmniejsza grubość ścianek stempli-matryc 503
 najmniejsze wymiary odstępów między wykrojami 377
 — — otworów wykrawanych 360
 najmniejszy luz między listwami prowadzącymi i pasem 382
 największe dopuszczalne naprężenia w częściach tłoczników 505
 naprężenia przy wytłaczaniu 106
 narzędzia do wyciskania 306
 nikiel 37
 nitowanie 21
 normowanie czasu robót tłocznicznych 420
 nowe srebro 37
 nożyce gilotynowe 25
 — — krążkowe 25
 — — skokowe 25
 — — wielokrążkowe 25

O

obciąganie 14, 19, 240 ÷ 242
 — z rozciąganiem 242
 obciągarka 242
 obciskanie 14, 20, 271 ÷ 274
 obciskacze 432
 obliczanie sprężyn 506
 obliczanie wytrzymałościowe części tłoczników 500
 — — stempli 505
 odchyłki szerokości pasów 383
 — — taśmy 383
 odcinaki 431
 odcinanie 14, 18
 odkształcenie najmniejsze przy spajaniu na zimno 321
 — przy wielooperacyjnym ciągnięciu 146
 — — wytłaczaniu 106
 — sprężyste przy gięciu 81
 odlepiacz 468
 odpady przy wykrawaniu 140
 odstęp między wykrojami 368, 376, 377
 okrawanie 14, 18
 — w tłocznikach, sposoby 404
 określanie mechanicznych i technologicznych własności blachy 586 ÷ 593
 — położenia wypadkowej siły nacisku 498
 — szerokości pasa 381
 okrojniki 431
 olów 37
 operacje przygotowawcze 17
 — — tłoczenia złożonego 17
 opracowanie procesu tłoczenia 367
 oprawa matrycy do prasowania 288
 opór cięcia 32
 — odkształcania 107
 oprawy słupowe 442
 — — uniwersalne 443
 organizacja miejsca roboczego 572 ÷ 574
 otwarta wysokość przestrzeni roboczej prasy 414

otwory matryc do wycinania i dziurkowania 455

P

Piloty 462
 podajnik, klasyfikacja 470
 — bębnowy 539
 — cierny z krążkiem gumowym 551
 — cierno-tarczowy 551
 — hakowo-klinowy 470
 — hakowy 470
 — korytkowy 470
 — magazynkowy 539
 — obrotowy 470
 — próżniowy 551
 — rewolwerowy 522, 551
 — suwakowy 470
 — walcowy 522, 539
 — zaciskowo-rolkowy 540
 — zaciskowy 522, 539
 podział arkuszy 368 ÷ 371
 poduszka gumowa 419
 — hydrauliczno-powietrzna 417
 — powietrzna odchylna 416
 — — wykrojnika 418
 — — z ruchomym cylindrem 415
 — — — — tłokiem 415
 — sprężynowa 419
 Polskie Normy narzędzi i przyrządów, wykaz 597
 połączenia części tłoczników kołkami 475
 — gwintowe części tłoczników 474
 porównanie klas dokładności wg norm polskich i radzieckich 594
 potęgi, pierwiastki, obwody i pola kół, tablice 602 ÷ 611
 powierzchnia ścinania 28, 30
 praca ciągnięcia 201, 202
 — dziurkowania 31
 — odkształcania 410
 — użyteczna prasy 411
 — wycinania 31
 prasa-automat wielostopniowy 527
 — hydrauliczna do spajania na zimno 322
 — korbowa przechylna 494
 prasowanie 13, 14, 20, 278 ÷ 319
 — w matrycach 20, 286 ÷ 291
 prasy automatyczne wielostopniowe konstrukcji sekcyjnej 529
 — — z dolnym napędem 530
 — do tłoczenia, klasyfikacja 518
 — elektromagnetyczne 519, 537
 — hydrauliczne 519
 — mechaniczne 615
 — pneumatyczne 519
 — potrójnego działania 519, 525
 — pojedynczego działania 520
 — śrubowe cierne 519
 —, wielkości charakterystyczne konstrukcji polskich 598 ÷ 601
 — wielostopniowe 526
 —, współczesne typy 520
 prędkość ciągnięcia 204
 proces ciągnięcia 104
 — cięcia nożycami 24

proces cięcia wykrojnikami 28
 -- gięcia 64
 -- skręcania 100
 -- wyginania 65
 profile narzędzi pras krawędziowych 331
 promień gięcia 73
 promień zaokrąglenia matrycy ciągowej 204, 206
 -- -- narożnika 134
 -- -- stempla ciągowego 207
 prostowanie 14, 20, 276
 -- arkuszy 17
 prostowniki 432
 prowadzenie teleskopowe stempla 50
 próba przeginania 558
 -- Siebla i Pompa 589
 -- tłočnosti na przyrządzie Erichsena 589, 591
 -- -- -- Olsena 589
 -- wyginania rogów blachy 588
 wytłaczania młoseczek 589
 ?ginania 587
 próby technologiczne blachy 587 ÷ 593
 przeciążenie prasy 407
 przecinanie 14, 18
 przepychanie wyglądające 345
 przesyłanie 245
 przetłaczaki 432
 przetłaczanie z wyciąganiem 113
 przyrząd do spajania na zimno 322
 punktowanie 14, 21, 317

R

Regulacja skoku suwaka prasy mimośrodowej 413
 robocze części tłoczników 448
 rolki łobiaraki 342
 rozcinaki 431
 rozcinanie 14, 18
 rozmieszczenie wykrojów 371
 rozpęczaki 432
 rozpęczanie 14, 19, 268 ÷ 271

S

Segmenty tnące 453
 siła ciągnięcia 193
 siła cięcia 27
 -- dziurkowania 31
 -- gięcia 89
 -- nacisku dociskacza 193
 -- wycinania 31
 -- wykrawania 43
 skręcanie 19, 100
 skręcaki 431
 słupy prowadzące 441
 smarowanie przy ciągnięciu 212 ÷ 217
 smar, do ciągnięcia 214, 215, 216
 spajanie liniowe na zimno 323
 -- na zimno 21, 320 ÷ 324
 -- -- -- przewodów 323
 spęczaki 432
 spęczanie 14, 20, 279 ÷ 285
 -- miejscowe 14, 20, 295

spychacze 465
 sprężynowanie 81
 sprężyny krążkowe 510
 -- pierścieniowe 513
 -- śrubowe 505 ÷ 509
 stale nierdzewne i kwasoodporne, porównanie wg norm radzieckich i polskich 596
 stan naprężeń 107, 108
 -- odkształceń 107, 108
 starzenie 245, 246
 stempel prowadzony na całej długości 451
 stemple 448
 -- do spęczania 296
 -- -- wykrawania 449
 -- kształtowe do wycinania 452
 -- łatwowymienne 450
 -- wymienne do dziurkowania 451
 -- zukosowane 34
 -- z zaokrąglonymi krawędziami 48
 stępień krawędzi tnących 44
 stopień odkształcenia przy ciągnięciu 142, 143
 stopniowanie długości stempli 34
 stopy aluminium, porównanie wg norm radzieckich i polskich 596
 szczelina 46
 szerokość brzęgu odcinanego nożem bocznym 379

T

Taśma stalowa zimnowalcowana 36
 technologiczność przedmiotów ciągnionych 363
 -- przedmiotów giętych 361
 -- tłoczonych przedmiotów 358
 tłoczenie jednoczesne, klasyfikacja 15
 -- jednoczesno-wielotaktowe 17
 -- na zimno, klasyfikacja 14
 -- -- -- w produkcji drobnoseryjnej 388
 -- objętościowe 13, 20
 -- wielotaktowe, klasyfikacja 16
 -- złożone 13, 14, 17, 22
 tłoczniaki bez przewodnic 430
 -- blaszane 392
 -- do ciągnięcia 148, 176, 177, 180, 199, 200, 205, 218, 228 ÷ 237, 431
 -- do cięcia 50, 389 ÷ 393, 431, 449 ÷ 457, 462
 -- -- gięcia 86, 92 ÷ 95, 97, 431
 -- -- łączenia 433
 -- -- obciskania 272, 273, 274
 -- -- prostowania 275
 -- -- punktowania 433
 -- -- rozpęczania 268, 269, 270, 271
 -- -- spęczania 284
 -- -- wielotaktowego gięcia kształtowników 327
 -- -- -- prasowania 288
 -- -- -- wybijania 319, 433
 -- -- -- wyciskania 433
 -- -- wywijania 259, 260, 262 ÷ 265, 432
 -- -- -- wygladzania 56, 57
 -- -- -- znakowania 318, 433
 -- drewniano-metalowe do ciągnięcia 394
 -- jednoczesne 434
 -- --, zalety i wady 377

agimanie na żłobiarce 342
zagłębienie stempla względne 34
zamocowywanie części z węglików spiekanych 493
zamocowanie matrycy cienkościenniej 504
zamknięta wysokość przestrzeni roboczej prasy 414
zapasowywanie 21
zasobnikowe urządzenie bębnowe 552
-- urządzenie bębnowe wibracyjne 553
zawijaki 431
zawijanie 14, 19
zawijanie obrzeża 20
zderzaki 459
zderzak wstępny 461
-- z nożem bocznym 461
zgniatanie obrotowe 336, 339, 340
znakowanie 14, 21, 317, 318
zniekształcenie przekroju przy gięciu 71
zukosowanie matrycy 34
-- stempla 34
zawijanie proste 19, 71
żebra usztywniające 252, 253
żłobkowanie 336

Cena zł 82.-

