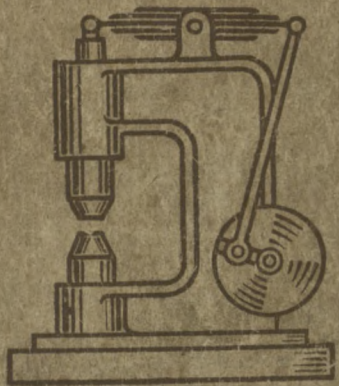


<p>Logotyp</p> 	<p>Nazwa instytucji</p> <p>Muzeum Ustrońskie</p>	
<p>Tytuł jednostki / publikacji / fotografii „Kowalstwo” (wydanie drugie poprawione)</p>		
<p>Ilość stron oryginału 111</p>	<p>Ilość skanów 113</p>	<p>Liczba plików publikacji 112</p>
<p>Autor R. Sypniewski</p>	<p>Wydawnictwo / zakład fotograficzny Państwowe Wydawnictwa</p>	<p>Skan okładki</p> 
<p>Miejsce wydania Warszawa</p>	<p>Rok wydania / Data powstania 1951</p>	
<p>Sygnatura ---</p>	<p>Rodzaj zasobu (np. zdjęcie, czasopismo itp.) książka</p>	
<p>Wymiary (wys x szer) 20,5 x 14,5cm</p>	<p>Stan zachowania ---</p>	<p>Charakterystyka skanowanego obiektu</p>
<p>Hasła przedmiotowe (okres historyczny, postacie, miejsce) przełom lat 40. i 50. XX w., R. Sypniewski, M. Korolec, Zdzisława Topolnicka, G. G. Kamięszczykow, Polska</p>		<p>książka-podręcznik, przeznaczona dla uczniów zasadniczych szkół metalowych (wydział kowalstwa ręcznego) i techników mechanicznych na przełomie lat 40. i 50. oraz lat 50. XX w.; zawiera sporo podstawowych, klasycznych wiadomości z zakresu kuźnictwa i obróbki plastycznej metali, które w Ustrońiu posiadały długoletnie tradycje</p>
<p>Hasła tematyczne (np. miasto, przemysł, kuźnia, letnicy itp.) przemysł, kuźnictwo, kowalstwo, szkolnictwo zawodowe w Polsce w okresie powojennym, obróbka plastyczna, metale, stopy, stal, kucie, obróbka cieplna, materiały kuźnicze, foremnik, narzędzia i przybory kowalskie, kucie swobodne, nagrzewanie materiału, czynności kowalskie, kowal, maszyny kuźnicze, młoty i prasy, gospodarka socjalistyczna</p>		
<p>Prawa autorskie ---</p>		

R. SYPNIEWSKI

KOWALSTWO



W A R S Z A W A - 1 9 5 1
PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA SZKOLNICTWA ZAWODOWEGO



KOWALSTWO

R. SYPNIEWSKI

KOWALSTWO

Wydanie drugie poprawione

Szpanski

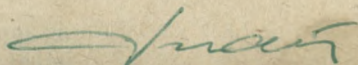
W A R S Z A W A — 1 9 5 1
PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA SZKOLNICTWA ZAWODOWEGO

MUZEUUM USTRONSKIE
im. Jana Jarockiego
w Ustroniu
43-450 Ustroń, ul. Hutnicza 3
tel. 054-29-96, NIP 548-10-63-949

Redaktor prowadzący: mgr. inż. M. Korolec
Redaktor techniczny: Zdzisława Topolnicka

Książka dopuszczona do użytku szkolnego w charakterze podręcznika zastępczego dla zasadniczych szkół metalowych, wydział kowalstwa ręcznego i książki pomocniczej dla technikum mechanicznego — pismem CUSZ z dnia 10.VII.51 Nr VIII. Podr. 4788/51.

Nakład 11.000 egz. Cbjętość 7 ark. Papier druk. sat. VII kl. 70 gr. form. 61x86. Zam. 1389
z dn. 30.VII.51 r. Zakłady Graf. i Wyd. „Dom Słowa Polskiego” Warszawa 2-B-19351



SPIS TREŚCI

Wstęp	Str. 7
-----------------	--------

CZĘŚĆ PIERWSZA

PODSTAWOWE WIADOMOŚCI Z KUŹNICTWA

I. WŁASNOŚCI METALI I STOPOW OBRABIALNYCH PLASTYCZNIE	9
1. Co to jest obróbka plastyczną?	9
2. Materiał kuźniczy	10
3. Plastyczność, ciągliwość i kowalność	11
4. Czynniki wpływające na zmianę plastyczności	13
II. STAL JAKO MATERIAŁ KUŹNICZY	17
1. Postać stali handlowej	18
2. Podział stali	22
3. Kucie a obróbka cieplna	22
III. RODZAJE OBRÓBKI KUŹNICZEJ	25
1. Kucie swobodne ręczne i maszynowe	25
2. Kucie w foremnikach	26

CZĘŚĆ DRUGA

KUCIE SWOBODNE

I. NARZĘDZIA KOWALSKIE	28
1. Kleszcze i imadła	28
2. Młotki	29
3. Kowadła	31
4. Płyty kowalskie	32
5. Spodki, nadstawki i foremki otwarte	33
6. Podcinki, przecinaki i odsadzki	33
7. Gładziki i żłobniki	35
8. Przebijaki	36
9. Rożek	37
10. Narzędzia pomiarowe	38
11. Inne przybory kowalskie	40

II. NAGRZEWANIE MATERIAŁU	41
1. Sposoby nagrzewania materiału	41
2. Szybkość nagrzewania materiału	46
3. Skutki wadliwego nagrzewania	47
4. Określanie temperatury	48
5. Temperatura kucia	51
III. ZASADNICZE CZYNNOSCI KOWALSKIE	53
1. Spęczanie	53
2. Wydłużanie	56
3. Rozszerzanie	60
4. Odsadzanie i przesadzanie	60
5. Przecinanie	62
6. Przebijanie otworów	65
7. Zginanie	70
8. Skręcanie	73
9. Zgrzewanie	75
10. Gładzenie	79
IV. WYKONYWANIE CZYNNOSCI KOWALSKICH	80
1. Rola kowala i pomocnika	80
2. Postawa przy uderzaniu młotem	81
3. Rodzaje i rytm uderzeń	82
4. Wybór odpowiedniego przekroju materiału	84
5. Kolejność operacji	85
6. Wykończanie odkuć	85
7. Sprawdzanie wymiarów i kształtów	87
8. Konserwacja narzędzi	87
9. Warunki bezpieczeństwa podczas pracy	89

CZĘŚĆ TRZECIA

MASZYNY KUŹNICZE

I. MŁOTY I PRASY DO SWOBODNEGO KUCIA	91
II. MŁOTY I PRASY DO KUCIA FOREMNIKOWEGO	99
III. MASZYNY POMOCNICZE I SPECJALNE	109

W S T Ę P

Plan 6-letni uprzemysłowienia i przekształcenia naszego kraju z rolniczo-przemysłowego na przemysłowo-rolniczy stawia na jednym z pierwszych miejsc rozwinięcie przemysłu budowy maszyn, gdyż jest on podstawą wszelkiego dalszego uprzemysłowienia.

Metalowe części maszynowe mogą być wykonane w różnorodny sposób. Mogą one być obrabiane przez skrawanie z materiału przygotowanego w postaci półfabrykatów jakimi są znormalizowane materiały prętowe i blachy lub też mogą być wykonywane w postaci odlewów lub odkuwek o kształtach i wymiarach zbliżonych do gotowych przedmiotów. Przygotowane odlewy lub odlewki poddajemy wykańczającej obróbce skrawaniem często już nie na całej powierzchni lecz tylko w miejscach, które tego szczególnie wymagają.

Zrozumiałe jest, że w tym drugim przypadku oprócz oszczędności na obróbce skrawaniem uzyskujemy znaczną oszczędność materiału, który nie niszczy się w postaci ścinków i wiórów w tym stopniu jak w pierwszym przypadku.

W planowej gospodarce socjalistycznej sprawa racjonalnego i oszczędnego zużycia materiałów, przeciwnie aniżeli w gospodarce kapitalistycznej, stała się sprawą ważną. Wszakże gospodarka planowa nie przeżywa kryzysów, nie grożą jej zjawiska rzekomej nadprodukcji a więc każdy zaoszczędzony materiał może być z korzyścią przerobiony na przedmioty użyteczne.

Między wyrobami odlewanymi i kutymi zachodzi jeszcze ta różnica, że wyroby lane ze względu na rodzaj i strukturę materiałów używanych do odlewów są zwykle kruche i mniej wy-

trzymałe. Natomiast wyroby kute nie mają tych wad. Części maszynowe wykonane za pomocą kucia zapewniają więc większą trwałość i bezpieczeństwo w działaniu maszyny.

Z opisanych względów w naszym planie 6-letnim przewiduje się znaczny rozwój obróbki plastycznej.

Jeśli przed wojną w ogólnej ilości obróbki mechanicznej obróbka plastyczna stanowiła kilka (5 do 6) procent to w następstwie rozwoju przemysłu w planie 6-letnim udział obróbki plastycznej wzrośnie parokrotnie.

W zakresie kuźnictwa specjalne biura konstrukcyjne projektują maszyny i nowoczesne warsztaty kuźnicze. Plany rozwojowe szkolnictwa zawodowego przewidują uruchomienie szkół obróbki plastycznej metali.

Wznowienie niniejszej książki ma stanowić pierwszy stopień wprowadzenia uczniów w zagadnienia obróbki plastycznej. Dal-
sze rozwinięcie stanowić będzie przygotowywany do wydania przekład obszerniejszej pracy radzieckiej G. G. Kamieńszczykowa „Kuzniecnoje dzieło“ (Kuźnictwo).

CZEŚĆ PIERWSZA

PODSTAWOWE WIADOMOŚCI Z KUŹNICTWA

I. WŁASNOŚCI METALI I STOPÓW OBRABIALNYCH PLASTYCZNIE

1. Co to jest obróbka plastyczna?

Chcąc bryle jakiegokolwiek materiału nadać określony kształt należy poddać ją odpowiedniej obróbce technologicznej.

Żądany kształt osiągnąć możemy różnymi sposobami. Na przykład: przez obróbkę skrawaniem za pomocą odpowiedniego narzędzia (noża, freza itp.), przez stopienie materiału i wypełnienie nim formy posiadającej właściwy kształt, wreszcie przez wywarcie na bryłę materiału odpowiedniego nacisku, wskutek czego przyjmuje ona pożądane kształty. W tym ostatnim wypadku, materiał nie może być kruchy, bowiem pod wpływem nacisku musi się odkształcać, czyli musi być plastyczny (podobnie jak glina lub ciasto).

Jeśli na materiał wywierany jest nacisk stopniowo i powoli, mówimy wtedy o **tłoczeniu** lub **wyciąganiu**, jeśli zaś jest krótkotrwały i gwałtowny (np. uderzenie młotem) — mówimy o **kuciu**, gdy wreszcie wywierany jest stopniowo przez przepuszczanie materiału pomiędzy dwoma obracającymi się walcami — mówimy o **walcowaniu**.

Tłoczenie, wyciąganie, kucie i walcowanie są zatem zasadniczymi rodzajami obróbki plastycznej. Poza tym istnieją inne jeszcze rodzaje obróbek wykorzystujących plastyczne własności materiału, jak np. zginanie, skręcanie itd.

Kruche metale nie nadają się do obróbki plastycznej; nadają się natomiast do tego celu zupełnie dobrze metale twarde i sprę-

zyste, które pod wpływem ogrzewania mięknią i stają się, jak mówimy „ciastowate“. Dlatego też obróbka plastyczna, jak kucie, tłoczenie i walcowanie odbywa się najczęściej, „na gorąco“, to znaczy, że materiał obrabiany jest podgrzany do wysokiej temperatury.

W niniejszym podręczniku omówimy najbardziej charakterystyczną obróbkę plastyczną, tj. kucie.

2. Materiał kuźniczy

Materiałem kuźniczym może być każdy metal czyisty lub stop, który posiada dostateczną plastyczność podczas całego procesu kucia. Wiele metali i stopów w miarę obróbki plastycznej utwardza się, stając się jednocześnie kruchymi (np. stal). Takie materiały należy przekuwać na gorąco w pewnym zakresie temperatur, w którym nie występuje już zjawisko utwardzania się materiału. Niektóre metale (np. ołów, cyna) wykazują nieznaczne utwardzanie się przy obróbce plastycznej w zwykłych temperaturach. Takie metale mogą być obrabiane „na zimno“.

Najbardziej plastycznym metalem jest złoto. Daje się ono wyklepywać na bardzo cienkie, przezroczyste blaszki (o grubości nawet $1/12000$ mm), przeświecające niebieskozielonym kolorem. Do bardzo plastycznych metali należą również: srebro, platyna, ołów, kadm, cyna i dalej: miedź, glin, nikiel, cynk, wolfram, żelazo i kobalt.

Najczęściej jednak w technice mamy do czynienia ze stopami różnych metali, których składy chemiczne są odpowiednio dobrane. Może się jednak zdarzyć, że stop plastycznych metali (np. 80% miedzi i 20% cyny) jest tak kruchy, że do kucia ani na zimno, ani na gorąco się nie nadaje. W tym wypadku pozostaje tylko nadawanie kształtu przez odlewanie i skrawanie. Do plastycznych stopów najczęściej stosowanych zaliczamy poza stałą: mosiądze, tombaki, brąz (zawierający do 5% cyny), kowalne stopy lekkie i ultra - lekkie.

3. Plastyczność, ciągliwość i kowalność

Jeżeli będziemy rozciągać sznur z gumy z pewną siłą i potem puścimy go, to powróci on natychmiast do swoich pierwotnych wymiarów i postaci. W obciążonym wozie resory uginają się, jeżeli jednak wóz rozładujemy, resory znów się podniosą i osiągną pierwotny kształt. W obu wypadkach materiał przejściowo, nietrwale odkształcił się. Mówimy zatem, że materiały takie są sprężyste albo elastyczne. Materiały, które nie mają podobnych własności, nazywamy niesprężystymi.

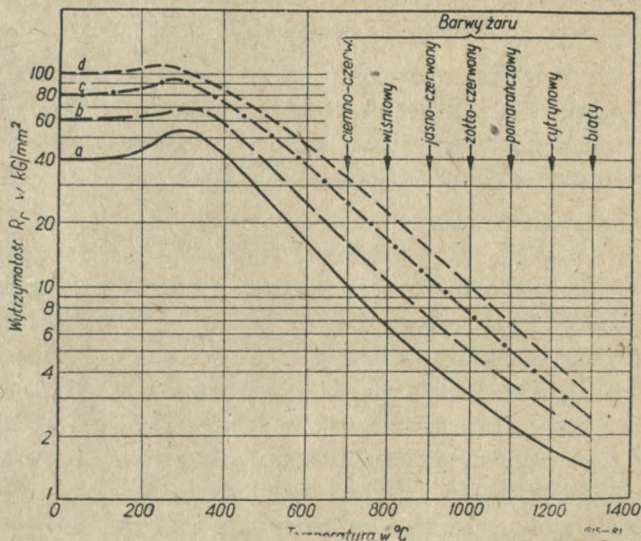
Wszystkie jednak materiały są do pewnego stopnia sprężyste, i to nawet takie, które na pozór wydają się niesprężyste, jak np. mur lub szkło (wysokie kominy ceglane kołyszą się na wietrze, płyty szklane przeginają się itp.).

Jeśli jednak obciążenie materiału przekroczy jego granicę sprężystości, to powstaną w nim odkształcenia trwałe i ciało zmieni swój kształt albo ulegnie zniszczeniu (np. pęknie). Przy odkształceniu trwałym, spoistość poszczególnych cząsteczek materiału jest częściowo naruszona. Przy dalszym wzroście obciążenia, odkształcenia powiększają się silnie i stają się dobrze widoczne na powierzchni ciała. Spoistość między poszczególnymi cząsteczkami materiału nie jest jeszcze przerwana, cząsteczki „płyną“ względem siebie już wyraźnie i mówimy wtedy, że osiągnęliśmy granicę płynności. Dalsze zwiększenie obciążenia doprowadza do większych odkształceń, wreszcie do całkowitego rozerwania spójności cząsteczek materiału i zniszczenia ciała (rozerwania, zgniecenia, skruszenia lub złamania). Oznacza to, że osiągnęliśmy granicę wytrzymałości materiału.

Od materiałów używanych w przemyśle metalowym, obok odpowiedniej wytrzymałości, wymaga się również pewnej ciągliwości. Osł samochodowa pod wpływem silnego uderzenia nie powinna pęknąć, lecz raczej zgiąć się. Pod uderzeniem młotka odlew żeliwny najczęściej pęka, bo jest kruchy. Jeszcze bardziej kruche jest szkło. Oba te materiały posiadają granicę sprężystości bardzo blisko granicy wytrzymałości. Gdy nato-

miast uderzamy młotkiem po stalowym pręcie, to początkowo odkształcamy go bez naruszenia spójności jego cząsteczek. Dopiero przy dalszym i dłuższym przekuwaniu wytworzą się na nim rysy i pęknięcia. Stal zatem ma granicę wytrzymałości znacznie powyżej granicy sprężystości.

Jak widzimy, odkształcenia plastyczne, czyli trwałe, wywołane są podczas kucia takimi siłami, które przekraczają granicę



Rys. 1. Zmiana wytrzymałości stali podczas ogrzewania

a	—	stal o wytrzymałości na zimno	40	kg/mm^2
b	—	"	60	"
c	—	"	80	"
d	—	"	100	"

sprężystości, lecz nie osiągają granicy wytrzymałości materiału. Najdogodniej o ciągliwości i plastyczności metali można przekonać się podczas badań na rozciąganie. Miarą ciągliwości metalu jest wielkość wydłużenia się próbki metalowej, wyrażona w procentach jej pierwotnej długości, a miarą plastyczności — wielkość przewężenia próbki (zmniejszenie się przekroju) w chwili jej ro-

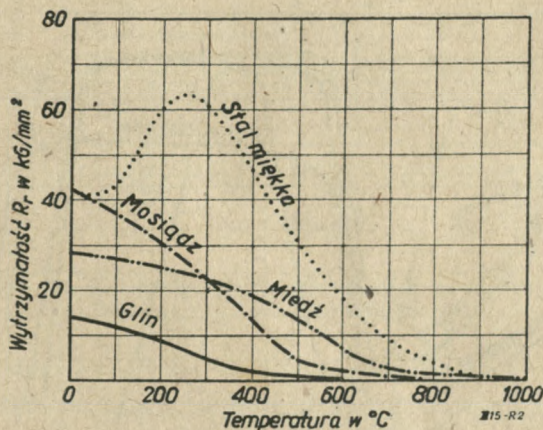
zerwania przy rozciąganiu, wyrażona w procentach jej pierwotnego przekroju.

Kowalność jest własnością, zbliżoną do plastyczności i ciągliwości. Umożliwia ona przez kucie lub walcowanie pracę plastyczną materiałów na zimno lub na gorąco.

4. Czynniki wpływające na zmianę plastyczności

Podczas kucia siła uderzenia młota lub nacisk prasy musi pokonać sprężystość materiału.

Pod wpływem słabego uderzenia kształt materiału nie zmieni się, natomiast uderzenie odpowiednio mocne lub silny nacisk pokona sprężystość i odkształci materiał.



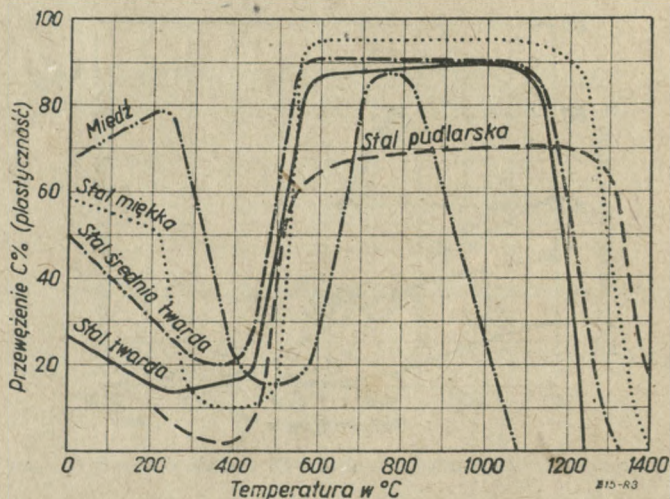
Rys. 2. Zmiana wytrzymałości niektórych metali podczas ogrzewania

Sprężystość materiałów maleje ze wzrostem temperatury. W temperaturze otoczenia stal ma dużą sprężystość, dlatego też niedogodnie jest przekuwać ją w tym stanie. Nagrzana do ciemnoczerwonego żaru (700°), traci wydatnie swą sprężystość. W temperaturze białego żaru (1300°), sprężystość jej i twardość jest już bardzo mała i stal wtedy jest najpodatniejsza do kucia. Stąd też wynika sens przysłowia: „kuć żelazo

półki gorące“. Równocześnie ze zmniejszaniem się sprężystości obniża się wytrzymałość na rozciąganie i związana z nią twardość, czyli odporność na nacisk. Rys. 1 — ilustruje zmianę wytrzymałości na rozzerwanie R_r różnych stali podczas ich ogrzewania. Jak widzimy z wykresu, nagrzanie stali do 300^o powoduje pewien nieznaczny wzrost wytrzymałości, dopiero powyżej tej temperatury następuje jej gwałtowny spadek.

Zmianę wytrzymałości innych metali, jak miedzi, mosiądzu i glinu podczas ogrzewania podaje rys. 2.

Plastyczność metali, której miarą jest wielkość przewężenia próbki podczas badań na rozciąganie, wykazuje silny spadek pomiędzy 300^o i 700^o (rys. 3).

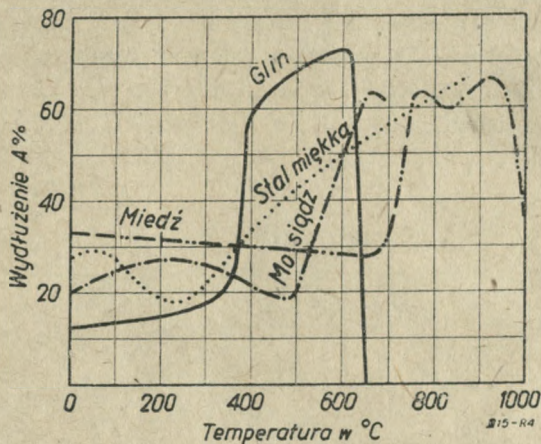


Rys. 3. Zależność plastyczności materiałów kowalniczych od temperatury

Dowodzi to, że pomimo zmniejszenia się twardości tych metali podczas ogrzewania, w podanych zakresach temperatur stają się one dosyć kruche i mogą pękać pod uderzeniami młota. Do kucia należy je ogrzać do wyższych temperatur.

Zmianę ciągliwości niektórych metali, której miarą jest wydłużenie próbek podczas badań na rozciąganie w zależności od temperatury podaje rys. 4.

Z wykresu rys. 3 widzimy, że niektóre metale mają dobrą plastyczność nie tylko na gorąco, ale i na zimno, np. miedź lub miękka stal. Oczywiście trudniej będzie te metale odkształcić na zimno, gdyż posiadają one wtedy większą twardość i wy-



Rys. 4. Zależność ciągliwości różnych materiałów kuzniczych od temperatury

trzymałość. Jest to jednak możliwe. Rozróżniamy dlatego obróbkę plastyczną na zimno i na gorąco, zależnie od temperatur w jakich ją przeprowadzamy.

Do przeprowadzenia określonego odkształcenia obróbka plastyczna na zimno wymaga większego nakładu sił i energii. Te zwiększone siły wytwarzają jednocześnie pewien stan naprężenia wewnętrznego cząsteczek, który uzewnętrznia się przez zwiększenie twardości i kruchości materiału. Stwarza to trudność dla dalszego odkształcania, powoduje wzrost sił potrzebnych do obróbki i dalsze powiększenie kruchości, co wreszcie doprowadza do pękania materiału. Opisane zjawisko, zachodzące

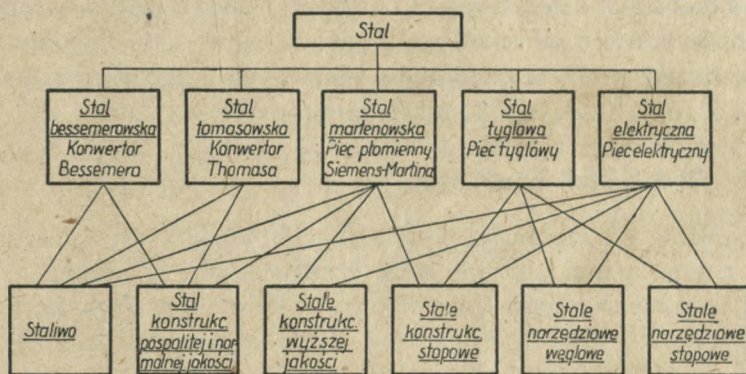
podczas obróbki plastycznej na zimno, nazywamy zgniotem. Aby uniknąć następstw zgniotu należy zmiękczyć materiał przez odpowiednią obróbkę cieplną (wyżarzenie). Po wyżarzeniu materiał powraca do swojej pierwotnej struktury wewnętrznej, staje się ponownie bardziej miękki i ciągliwy i może być obrabiany plastycznie, dopóki znowu nie ulegnie zgniotowi. Jeśli rodzaj obróbki tego wymaga, stosujemy więc parokrotne wyżarzanie, np. przy ciągnięciu drutu lub walcowaniu rur.

Przy obróbce plastycznej na gorąco, jeżeli proces ten jest przeprowadzony w odpowiednim zakresie temperatur nie występuje zjawisko zgniotu ¹⁾ i materiał przez cały czas pozostaje dostatecznie miękki.

1) Ściślej, podczas obróbki na gorąco chwilowo również występuje zgniot materiału, który dzięki wysokiej temperaturze natychmiast ustępuje podobnie, jak to się dzieje podczas wyżarzania odkształconego materiału na zimno.

II. STAL JAKO MATERIAŁ KUŹNICZY

Największe znaczenie i zastosowanie w kuźnictwie ma stal we wszystkich swych odmianach i gatunkach.



Rys. 5. Zastosowanie stali produkowanej różnymi metodami

Stalą nazywamy kuje stopy żelaza z węglem, zawierające poniżej 1,75% węgla. Surowcem, z którego wytwarza się stal, jest tzw. surowka żelaza otrzymywana w wielkich piecach z rudy. Drogą działania powietrza, a właściwie tlenu zawartego w powietrzu, na płynną surowkę usuwa się z niej nadmiar węgla i niektórych innych składników podczas tzw. świeżenia. Zabieg ten odbywa się w specjalnych piecach hutniczych, od nazwy których przyjmuje nazwę wprodukowana stal. Na ry-

sunku 5 mamy podany schemat zastosowania stali wyprodukowanej różnymi metodami.

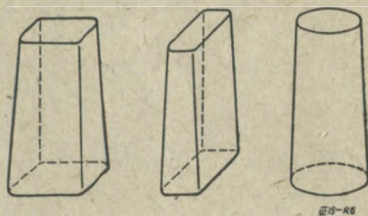
Stal, tak jak wszystkie metale, ma w stanie stałym krystaliczną (ziarnistą) budowę wewnętrzną.

We wszystkich stalach najważniejszym składnikiem chemicznym zasadniczo zmieniającym ich własności jest węgiel. Oprócz węgla w każdej stali znajdują się niewielkie domieszki manganu i krzemu. Stale, których własności zależą prawie wyłącznie od zawartości węgla, nazywamy stalami węglowymi. Często dla nadania stalom specjalnych własności dodajemy półszlachetnych metali: chromu, niklu, wolframu, molibdenu, kobaltu, wanadu, miedzi innych. Takie stale nazywamy stalami stopowymi. Rodzaj i ilość dodatków stopowych decyduje o własnościach i zastosowaniu stali stopowej. Zależnie od wielkości dodatków stopowych rozróżniamy stale wysoko, średnio i niskostopowe.

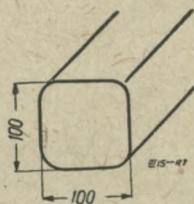
1. Postać stali handlowej

Zależnie od wielkości wytwarzanego przedmiotu i warunków pracy kuźnia otrzymuje do przekucia stal w postaci:

a) surowych lanych bloków tzw. wlewków (rys. 6);



Rys. 6. Kształty wlewków stalowych

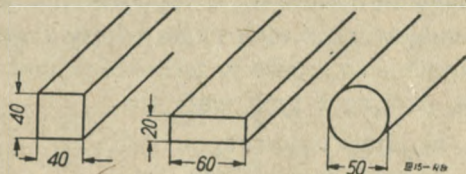


Rys. 7. Kęs walcowany

b) wstępnie przewalcowanych prętów (półfabrykatów) kwadratowych z silnie zaokrąglonymi krawędziami, czyli tzw. kęsów (rys. 7);

c) gotowych walcowanych prętów o różnym przekroju, najczęściej kwadratowym, prostokątnym lub okrągłym (rys. 8).

Wlewki stalowe (rys. 6) przeznaczone są na duże i ciężkie odkucia (od kilkuset kG do kilku ton wagi). Może mieć on przekrój kwadratowy, prostokątny, okrągły lub wielokątny, zależnie od potrzeby. Czasami kształt wlewka jest dostosowany do kształtu gotowego odkucia. Z myślą o odpowiednim stopniu przekucia, dokonuje się również wyboru wielkości zwykłych wlewków, normalnie wytwarzanych w hucie. Stopień przekucia mierzy się stosunkiem wielkości przekroju wlewka do przekroju odkucia. Wlewki posiadają budowę krystaliczną składającą się z dużych i dla przyszłej pracy materiału niekorzystnie ukształtowanych kryształków. Zwykle wystarcza 3 — 4-krotne zmniejszenie przekroju przez przekucie materiału, aby wytworzyć odpowiednie rozdrobnienie ziaren i uzyskać przez to polepszenie własności mechanicznych.



Rys. 8. Pręty walcowane

Na odkucia mniejsze, masowego wyrobu, w przemyśle samochodowym, lotniczym, kolejowym itp. stosuje się najczęściej kęsy (rys. 7). Są to pręty o kwadratowym przekroju z silnie zaokrąglonymi krawędziami, otrzymane w hucie po wstępnym przewalcowaniu wlewków. Wielkość przekroju kęsa (np. z rys. 7) oznacza się „kęs [] 100“ (czytaj: kęs kwadrat 100).

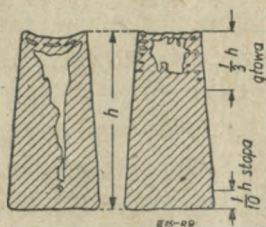
Materiał walcowany o wymiarach mniejszych niż [] 50 (czytaj: kwadrat 50) milimetrów wybiera się zazwyczaj w postaci gotowych wyrobów walcowniczych, tj. „prętów“ (rys. 8) o ostrych krawędziach, przekroju kwadratowym, prostokątnym lub okrągłym. Czasami, gdy to jest usprawiedliwione z technicznego punktu widzenia, wygodniej jest zastosować do wykonania odkucia pręty walcowane o większych wymiarach (niż

[] 50 mm). Nie należy zapominać, że materiał prętowy jest droższy od kęsów.

Pierwszym warunkiem otrzymania dobrego odkucia jest używanie materiału o odpowiedniej jakości (bez w a d). Bloki i walcowane z nich rygle i kęsy często wykazują różne wady, mające swe źródło w technologicznej przeróbce stali w hutach. Najczęstsze z tych wad to:

- a) jamy usadowe,
- b) segregacje (likwacja),
- c) pęcherze gazowe,
- d) wtrącenia niemetaliczne.

Jak wiadomo topiona w hucie stal zostaje odlana do pionowo ustawionych form metalowych (jak na rys. 6), zwanych wlewnicami. Stal krzepnie w nich, poczynając od warstw stykających się bezpośrednio z chłodniejszymi ściankami wlewnicy. Następnie krzepnie wierzchnia warstwa stali, a na końcu wnętrze wlewka. Ponieważ razem z krzepnięciem i stygnięciem stal kurczy się, tj. zmniejsza swą objętość, wewnątrz krzepnącego wlewka tworzą się pęcherze i jamy usadowe. Nie raz jamy są bardzo głębokie i sięgają prawie przez cały wlewek (rys. 9). Oczywiście taki „dziurawy“ wlewek do przeróbki nie



Rys. 9. Jamy usadowe we wlewkach stali

nadaje się. Huty starają się różnymi sposobami nie dopuścić do głębokich jam. Jama usadowa zazwyczaj nie sięga głębiej, niż na $\frac{1}{3}$ wysokości wlewka licząc od góry. Ta część zwana „głowa“ musi być odcięta przed dalszą przeróbką, jeśli odkucia mają posiadać materiał jednolity.

Drugą wadą związaną z niejednoczesnym krzepnięciem całej masy wlewka stali, jest segregacja (likwacja), tj. niejednorodność chemiczna zakrzepłego materiału. Na początku, czyli w najwyższej temperaturze krzepną przy ściankach wlewnicy najczystsze warstwy stali. W miarę zbliżania się do rdzenia wlew-

ka, tj. do warstw później skrzepłych w temperaturach niższych. natrafiamy na coraz więcej zanieczyszczeń, zwłaszcza siarką i fosforem. Wnętrze wlewka również wykazuje nieco większą zawartość węgla niż warstwy zewnętrzne. Rdzeń zatem wykazuje inny skład chemiczny niż „stopa“ wlewka i warstwy zewnętrzne.

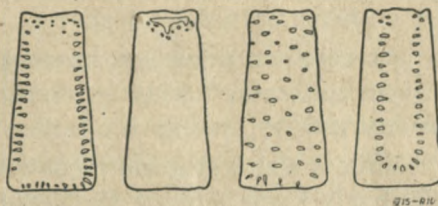
Tak samo w ryglach i prętach, które otrzymuje się przez walcowanie wlewków, spotykamy podobną niejednorodność chemiczną materiału. Rdzeń wszystkich prętów zawsze jest bardziej zanieczyszczony od ich warstw powierzchniowych.

Podczas odlewania wlewków nie da się także uniknąć całkowicie pęcherzy gazowych. Stopiona stal rozpuszcza w sobie bowiem znaczne ilości gazów, które podczas krzepnięcia wydzielają się i dążą ku powierzchni wlewka. W chwili jednak, gdy stal jest już ciastowata albo nawet skrzepnięta na powierzchni, pęcherze gazowe nie mogą ujść na zewnątrz i pozostają wewnątrz wlewka (rys. 10).

Ścianki tych pęcherzy są czyste, metaliczne, toteż istnieje możliwość, że zgrzeją się one podczas dalszej obróbki plastycznej i nie będą szkodziły gotowym odkuciom.

Dalszą wadą materiału są wtrącenia niemetaliczne, które mogą dostać się do wnętrza bloku z obmurza pieców, kadzi lub z żużla. Podczas odlewania stali zostają wciągnięte przez jej strumień do wlewnic i pozostają w bloku.

Podczas obróbki plastycznej wpływają one ujemnie na ciągłość stali, gdyż są, oczywiście, trudne do odkształcenia. Przy większym stopniu przekucia lub przewalcowania niemetaliczne wtrącenia mogą utworzyć „smugi“ wzdłuż pręta i spowodować odmienne wyniki wytrzymałościowe dla próbek pobranych wzdłuż lub w poprzek pręta.



Rys. 10. Rozmieszczanie się pęcherzy gazowych we wlewkach stali

2. Podział stali

Podział stali ze względu na metody wytwórcze przedstawia rys. 5. Dolne klatki tego rysunku ilustrują podział stali na zasadnicze grupy według ich zastosowania. Są to: staliwo (stal lana), stal konstrukcyjna węglowa normalnej i wyższej jakości, stal konstrukcyjna stopowa oraz stale narzędziowe węglowe i stopowe.

Staliwo używa się do wszelkiego rodzaju odlewów, które zazwyczaj nie podlegają obróbce plastycznej (choć dają się przekuwać). Stal konstrukcyjna węglowa i stopowa używana jest najczęściej w przemyśle metalowym. Stosujemy ją do wyrobu wszelkich przedmiotów produkcyjnych i konstrukcji, w postaci odkuć lub materiału walcowanego. Stale narzędziowe węglowe i stopowe służą do wyrobu różnych narzędzi do obróbki technologicznej metali konstrukcyjnych.

3. Kucie a obróbka cieplna

Kucie, oprócz nadania kształtu, ma najczęściej jeszcze za zadanie polepszenie własności stali. Sam bowiem skład chemiczny stali nie określa ściśle jej własności, zależą one również w dużym stopniu od budowy wewnętrznej stali, tj. od wielkości i równomierności jej ziaren.

W zręcznym przebiegu kowalskich operacji leży możliwość otrzymania takiej właśnie ulepszonej budowy. Jest to dość trudny zabieg, dlatego też łatwo popełnić błędy.

Istnieją trzy kategorie błędów kowalskich: błędy nagrzewania, błędy kucia i błędy studzenia.

Aby ustrzec się przed błędami nagrzewania należy przede wszystkim używać dobrych pieców, w których dla równomiernego nagrzania materiału w całej jego wielkości, część robocza komory musi mieć temperaturę możliwie jednakową.

Nierówne nagrzanie jest przyczyną powstania różnych ujemnych właściwości gotowej odkuwki a przede wszystkim naprężeń wewnętrznych, które prowadzą do wykrzywiania się lub pę-

kania odkuć. Wysokość temperatury nagrzewania materiału musi odpowiadać jego składowi chemicznemu. Także szybkość nagrzewania materiału nie może być zbyt wielka, ponieważ materiał musi „mieć czas“ nagrzać się równomiernie, na wskroś. Zwłaszcza przy stalach wysokostopowych (np. narzędziowych, szybko tnących), szybkość nagrzewania musi być ograniczona, bo materiały te przewodzą ciepło znacznie gorzej od miękkich stali węglowych i potrzebują dłuższego czasu na nagrzanie się na wskroś. Szybkie nagrzewanie powoduje duże różnice temperatur wewnątrz materiału i prowadzi do silnych naprężeń wewnętrznych, a często nawet do pęknięć.

Niebezpieczeństwo nierównomiernego nagrzewania się (powierzchni i rdzenia) materiałów zwiększa się, gdy piec jest za gorący, nie mówiąc już o tym, że stal wtedy ulega silnemu utlenieniu powierzchniowemu (odpada gruba zgorzelina) i często odwęgleniu w wierzchniej warstwie.

Zbyt wysokie ogrzanie (przegrzanie) stali wywołuje rozrost ziaren. Gruboziarnistość powoduje niższe własności wytrzymałościowe materiału, jest zwłaszcza przyczyną kruchości odkuć. Zbyt silne nagrzewanie daje powierzchniowe odwęglenie, przegrzanie lub nawet spalanie stali, co czyni ją niezdatną do użycia.

Stal jest prawidłowo nagrzana, jeśli zakończenie kucia następuje w temperaturze takiej, która już nie powoduje szkodliwego rozrostu ziaren. Zbyt niska temperatura jest również nieodpowiednia. Zakończenie kucia praktycznie powinno odbywać się przy około 900° (tj. jasnoczerwonym żarze) dla stali o niskiej zawartości węgla i $800 - 850^{\circ}$ dla stali o wyższych zawartościach węgla.

Dobry kowal musi zatem, nie przegrzewając stali, obrać takie tempo pracy, aby zakończyć kucie w odpowiedniej temperaturze dla otrzymania drobnoziarnistego wyrobu o najlepszych własnościach wytrzymałościowych.

Błędy kucia ukazują się przeważnie na powierzchni odkuć. Są to: zakładki, pęknięcia i rysy, zadziory i rozwarstwienie

nia oraz błędy, które powstały z nieodpowiedniego dobrania stopnia przekucia w pewnych przekrojach wyrobu.

Przyczyny wymienionych błędów zwykle łączą się z sobą. Zakładki, pęknięcia i rysy są spowodowane zazwyczaj przez nieodpowiednią obróbkę plastyczną. Zakładki powstają najczęściej wskutek grubej zgorzeliny i niegładkiego kowadła. Rysy i rozwarstwienia mogą powstawać skutkiem otwierania się pęcherzy zawalcowanych w ryglach lub zagniecionych we wlewkach. Błędy utworzone przez nieodpowiednie dobranie stopnia przekucia przy wyborze materiału lub narzędzia kowalskiego prowadzą zazwyczaj do wewnętrznych pęknięć materiału, wskutek rozerwania spójności lub rozgniecenia poszczególnych kryształów.

Błędy studzenia. Przedmiot po zakończeniu operacyj kowalskich należy ostrożnie ostudzić. Powolne studzenie w spokojnym powietrzu lub skrzyni z suchym popiołem jest konieczne, zwłaszcza dla stali stopowych i wysokostopowych, dla zabezpieczenia ich od nadmiernych naprężeń wewnętrznych i od pęknięć. Jeszcze lepsze jest ostudzenie odkuć razem z piecem (np. dla stali szybkoctnących). Należy zawsze pamiętać o tym, że materiał odkucia jest w czasie operacyj kowalskich mimo woli odkształcony i posiada wewnętrzne naprężenia, które chcąc się wyzwolić wszelkimi sposobami, łatwo doprowadzić mogą do niszczącego pęknięcia lub zniekształcenia przedmiotu. Dlatego wyroby ze stali stopowych bezpośrednio po odkuciu powinny być poddane specjalnej obróbce cieplnej dla wyzwolenia naprężeń wewnętrznych.

III. RODZAJE OBRÓBKI KUŹNICZEJ

Nieodzownym warunkiem prawidłowego kucia jest sztywne i dobrze osadzone kowadło, które biorąc współdziała w kształtowaniu przedmiotu, pochłania jednocześnie uderzenia młota. Im cięższe kowadło, tym lepiej chłonie uderzenia młotów i nawet przy dużej sile uderzenia nie drży. W praktyce wystarczy, gdy kowadło jest 15 do 20 razy cięższe od młota. Ta reguła jest słuszna zarówno dla ręcznych kowadeł, jak i dla młotów mechanicznych. Przy cięższych młotach mechanicznych ze względu na duży koszt *s z a b o t y*²⁾ (nieraz ciężar jej przekracza 100 ton) obiera się nieco mniejszy stosunek jej wagi do ciężaru mas spadających młota.

Rozróżniamy następujące sposoby kucia:

- 1) kucie swobodne ręczne lub maszynowe,
- 2) kucie w foremnikach.

1. Kucie swobodne ręczne i maszynowe

Pod nazwą kucia *s w o b o d n e g o* rozumiemy te wszystkie czynności kowalskie, które bez specjalnych kształtowych narzędzi prowadzą do nadania przedmiotowi zamierzonego kształtu. Działanie kształtujące wywiera wówczas uderzenie młota ręcznego lub mechanicznego, względnie nacisk prasy. Materiał przekuwany znajduje się pomiędzy bijakiem młota, względnie prasy a kowadłem.

Sposób w jaki nadajemy materiałowi kształt, zależy od: wielkości wyrobu, własności materiału przekuwanego, ilości sztuk wyrobów, posiadanego wyposażenia kuźni itp.

²⁾ *S z a b o t ą* nazywamy ciężki odlew żeliwy, odgrywający rolę kowadła z zaklinowaną na powierzchni wkładką stalową, w której umocowuje się właściwe narzędzie (np. kowadło) z gładziną roboczą.

Dlatego też często zdarza się, że różne kuźnie inaczej wykonują ten sam wyrób. Ustalenie najbardziej korzystnego sposobu wykonania danego przedmiotu jest sprawą złożoną i wymaga dużego doświadczenia praktycznego i przygotowania teoretycznego.

Od umiejętnego rozwiązania tego zagadnienia zależy jakość i koszt wyrobu.

Dla ustalenia sposobu odkuwania danego przedmiotu należy:

- 1) obliczyć ciężar gotowego wyrobu, uwzględniając odpowiednio nadatki wymiarowe na obróbkę,
- 2) dodać do tego ciężaru pewien procent (2 — 10%) na spalanie, zależnie od ilości grzań i wielkości przedmiotu,
- 3) ustalić kolejność czynności kowalskich i grzania,
- 4) określić wymiary przekroju i potrzebną długość materiału (rygla) z jakiego będzie najdogodniej odkuwać,
- 5) przygotować odpowiednie wzorniki (szablony) i narzędzia pomiarowe do mierzenia podczas kucia.

Najwięcej umiejętności i doświadczenia wymagają punkty 3 i 4.

Swobodne kucie mechaniczne niczym w zasadzie nie różni się od ręcznego, z wyjątkiem zastosowania młota lub prasy mechanicznej zamiast młota ręcznego.

2. Kucie w foremnikach

Przyrządem służącym do wykonywania kształtowego odkucia, jest zespół złożony zazwyczaj z dwóch stalowych bloków, który nazywamy foremnikiem lub matrycą. W obu tych blokach są wykonane wykroje, będące jakby wzorcem — negatywem gotowego wyrobu, podobnie jak połówki formy odlewniczej.

Do kucia w foremnikach z reguły używa się młotów mechanicznych spadowych lub powietrznych z dokładnym prowadzeniem bijaka, następnie pras mechanicznych, rzadziej hydraulicznych.

Kucie w foremnikach w stosunku do kucia swobodnego jest łatwiejsze, szybsze, wydajniejsze i dokładniejsze, wymaga jednak wykonania kosztownych przyrządów i odpowiednich maszyn, opłaca się zatem tylko przy seryjnej lub masowej produkcji.

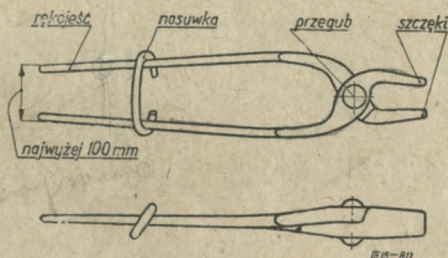
CZEŚĆ DRUGA

KUCIE SWOBODNE

I. NARZĘDZIA KOWALSKIE

1. Kleszcze i imadła

W czasie kucia kowal trzyma ogrzany materiał za pomocą kleszczy (cęągów) kowalskich, które składają się z rękojeści, przegubu i szczęk (rys. 11), a wykonane są z bardzo miękkiej stali węglowej. Kleszcze, by silnie i pewnie trzymały materiał, muszą być dobrze do kształtu przedmiotu (rys. 12).

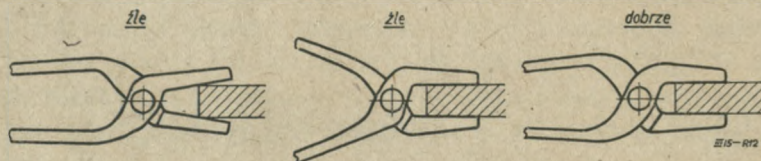


Rys. 11. Kleszcze kowalskie

Kleszcze kowalskich, przystosowanych do różnych robót.

Odległość pomiędzy drążkami rękojeści nie powinna przekraczać 100 mm, aby można było objąć je swobodnie jedną

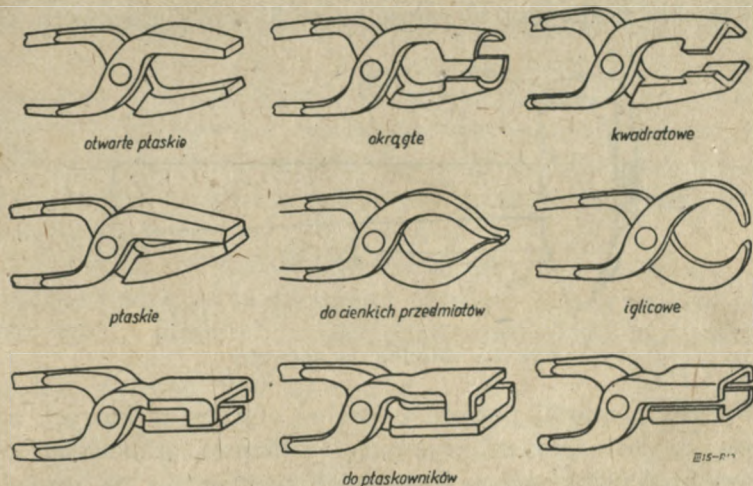
Rys. 13 przedstawia kilka rodzajów szczęk kleszczy



Rys. 12. Prawidłowy dobór kleszczy

dłonią. Dla mocniejszego uchwycenia przedmiotu można na rączki nasunąć tzw. n a s u w k ę (rys. 11). Takie zabezpieczenie stosuje się zwłaszcza przy przekuwaniu cięższych przed-

miotów, dla ułatwienia pracy kowalowi. Koniecznym wyposażeniem warsztatu kowalskiego jest mocne imadło dobrze

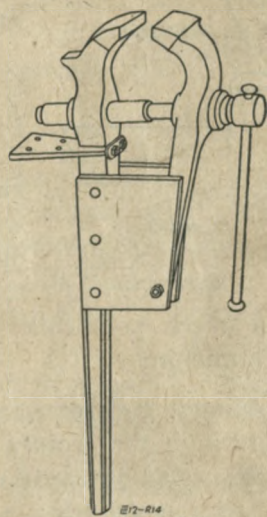


Rys. 13. Różne rodzaje szczęk kleszczy kowalskich

przymocowane do stołu lub słupa wbitego w ziemię. Najczęściej stosuje się imadła odchylna (rys. 14). Służą one do umocowywania odkuć, zwłaszcza przy zginaniu.

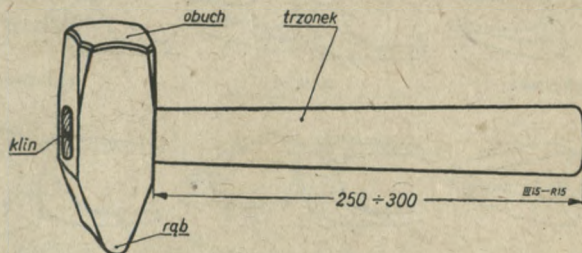
2. Młotki

Młotki wykonuje się ze stali węglowej narzędziowej o zawartości 0,6 — 0,7% węgla. Do kucia używa się młotków jednoręcznych (rys. 15) wagi 1—3 kG i młotków dwuręcznych (rys. 16) wagi 6—8 kG (rzadko więcej). Szerszy koniec młota zwany obuchem jest zakończony nieco wypukłą powierzchnią, aby przy uderzeniu nie kaleczył wyrobu. Przeciwny koniec zbieżny, zwany rąbem jest również nieco wypukły i zaokrą-



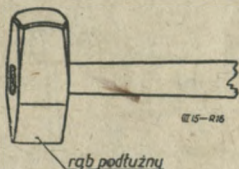
Rys. 14. Odchylna imadło kowalskie

glony. Obuch i rąb (a nie cały młot) hartowane są w wodzie i odpuszczone na twardość taką, aby młot nie pękał i nie był zbyt miękki (najlepsza twardość około 50 — 55° Rockwella C).



Rys. 15. Młotek jednoręczny

Wszystkie młotki posiadają owalne otwory, w których zaklinowany jest trzonek, wykonany z drzewa grabowego lub bukowego. Trzonki muszą być mocne, niekruche i, ze względu na bezpieczeństwo pracowników, dobrze umocowane. Długość trzonka młotka jednoręcznego wynosi 250—350 mm, a młota dwuręcznego 600 — 800 mm.



Rys. 16. Młoty dwuręczne

Zależnie od kierunku rąbu względem trzonka rozróżniamy młoty poprzeczne i podłużne.

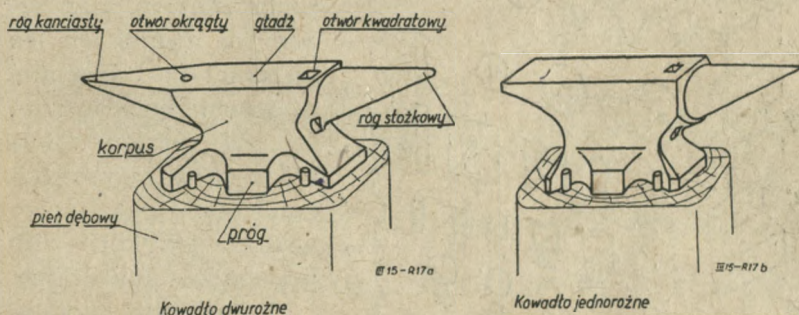
Młotki jednoręczne służą kowalowi do kucia niewielkich przedmiotów oraz do wskazywania miejsc, gdzie pomocnicy mają uderzać młotami dwuręcznymi, jak również do uzgadniania uderzeń dwóch lub trzech pomocników i nadania im odpowiedniego tempa i rytmu pracy.

Młotem dwuręcznym pomocnik może kuć bezpośrednio powierzchnię przedmiotu lub pobijać narzędzie trzymane przez kowala (stąd potoczna nazwa: „pobijak“). Narzędziami pobijanymi mogą być: nadstawki, gładziki, przecinaki i przebijaki.

3. Kowadła

Rys. 17 przedstawia najczęstsze typy kowadeł. Korpus kowadła jest odkuty lub odlany z miękkiej stali. Górna płaszczyzna zwana gładzią w części środkowej i na rogu kanciastym jest wykonana z twardej stali, która jest zgrzana (spojona) z korpusem i najczęściej zahartowana. Dobroć kowadła poznaje się po czystym, ostrym dźwięku, jaki wydaje przy uderzeniu młotkiem. Kowadło pęknięte lub za miękkie, wydaje przy uderzeniu głuchy dźwięk.

Przy kuciu nie należy uderzać bezpośrednio po gładzi, aby jej nie uszkodzić, przy obcinaniu wyrobów należy używać niehartowanej powierzchni u nasady rogu stożkowego, aby uniknąć



Rys. 17. Kowadła

skaleczenia twardej gładzi. Róg kanciasty służy do kucia i zagięcia różnych wyrobów, róg stożkowy do wykuwania. Z boku kowadła na wskroś przez gładź i korpus przechodzi kwadratowy otwór, który służy w miarę potrzeby do zakładania pomocniczych narzędzi, jak: podcinki i spodki o różnym kształcie. Czasami również w kowadle znajduje się okrągły otwór, który służy do przebijania otworów w wyrobach. W dolnej części kowadła na korpusie znajduje się wystający próg, który służy do spęczania (zgrubiania) dłuższych prętów.

Kowadło ustawia się w sąsiedztwie ogniska na dębowym pniaku i umocowuje kołkami tak, aby się nie przesunęło. W ten sposób otrzymuje się dość sprężysty fundament. Ciężar kowa-

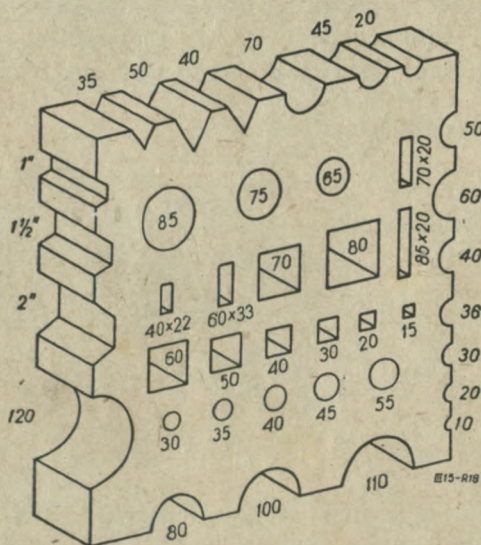
dła musi być tak duży, by specjalne mocowanie do pnia nie było potrzebne.

Do normalnego kucia części maszynowych wystarcza waga 100 — 150 kG. Gładź powinna znajdować się na wysokości przegubu ręki kującego, tj. około 750 mm nad podłogą kuźni.

4. Płyty kowalskie

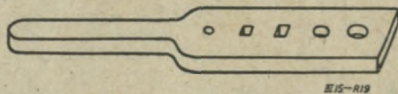
Niektóre roboty kowalskie, jak: prostowanie dłuższych prętów i blach, wyginanie w przyrządach itp., wygodniej jest wykonywać na płycie kowalskiej. Jest to gruba (75 — 200 mm) płyta żeliwna, bez żeber, o wymiarach co najmniej 750 × 750 mm, a czasem znacznie więcej. W różnych miejscach są w niej wykonane otwory do mocowania wyrobów lub przyrządów kowalskich.

Do przebijania otworów w wyrobach służy dziurownica kowalska (rys. 18). Jest to żeliwna płyta z dużą ilością otworów o róż-



Rys. 18. Dziurownica kowalska

nych wymiarach i kształtach, na której układa się przedmiot i przebija odpowiednim przebijakiem. Otwory te mogą służyć również do umocowania przedmiotu, który ma zostać wygięty. Na krawędziach tej płyty znajdują się półwykroje, służące do przekuwania za pomocą odpowiednich nadstawek większej ilości prętów o przekroju okrągłym lub sześciokątnym.

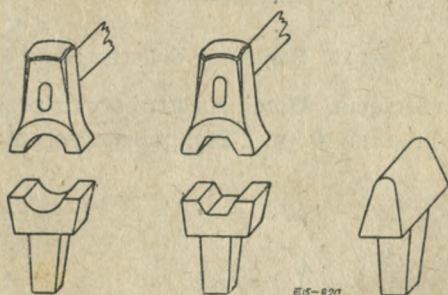


Rys. 19. Gwoździownica

Do ręcznego kucia gwoździ, małych nitów i śrub, używa się gwoździownicy (rys. 19). Stożkowo odkuty pręt wkłada się cieńszym końcem do odpowiedniego otworu gwoździownicy i przez uderzenie młotkiem formuje łeb na jego grubszym końcu. Często dla lepszego i gładszego uformowania łba stosuje się specjalne nagłówki, pobijane młotkiem.

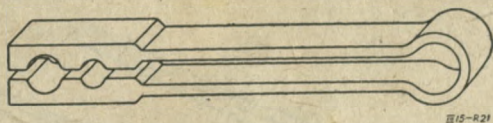
5. Spodki, nadstawki i foremniki otwarte

Spodki i nadstawki (rys. 20) służą do nadania wyrobom dokładnego zazwyczaj sześciokątnego lub okrągłego kształtu. Są one wykonane z takiej samej stali jak młotki i również powinny być hartowane i odpuszczone, tj. ulepszone cieplnie. Spodek zakończony kwadratowym występem umieszcza się w kwadratowym otworze kowadła. Nadstawkę umocowaną luźno na drewnianym trzonku trzyma kowal na przedmiocie odkuwającym, pomocnik zaś pobija ją młotem.



Rys. 20. Spodki i nadstawki

Do większych wyrobów używa się półforemników otwartych, połączonych sprężyną (rys. 21) lub prowadzonych na „szpilkach“ (rys. 22). W ostatnim wypadku dolny półforemnik może być ukształtowany jak siodło, aby nie zsunął się z kowadła podczas kucia.

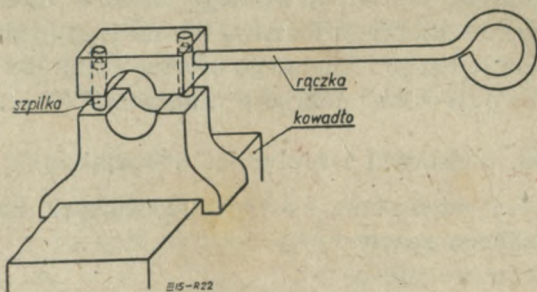


Rys. 21. Foremnik otwarty sprężynowy

6. Podcinki, przecinaki i odsadzki

Do cięcia stali na zimno lub na gorąco używa się podcinki lub przecinaków. Podcinki (rys. 23) osadza się

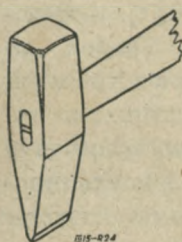
w kwadratowym otworze kowadła. Na podcinke kładzie się wyrób i po nim z wierzchu uderza się młotkiem, aż do jego



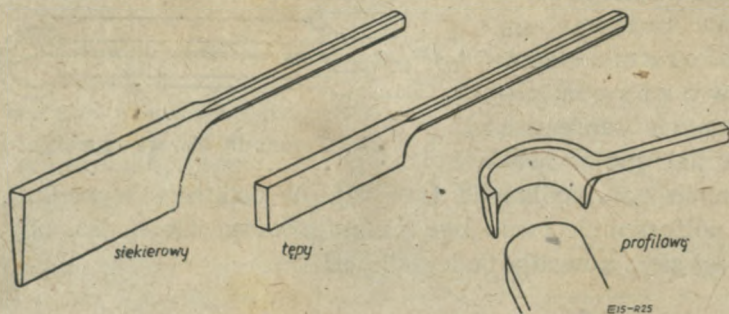
Rys. 22. Foremnik otwarty siodełkowy wodzony na szpilkach przecięcia. Do cięcia grubszych przedmiotów używa się p r z e c i n a k ó w (rys. 24), pobijanych młotem i osadzonych na dREW-



Rys. 23. Podcinka



Rys. 24. Przecinak kowalski na trzonku

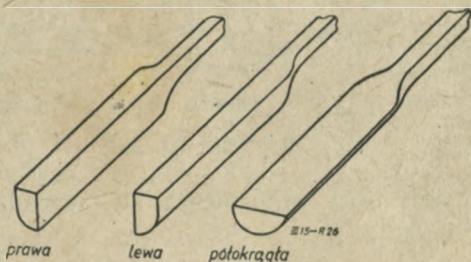


Rys. 25. Przecinaki — siekiery kowalskie

nianych trzonkach. Podcinki i przecinaki wykonane są z ulepszonej stali węglowej, podobnie jak młotki. Do cięcia grubszych

wyrobów pod młotami mechanicznymi używa się przecinaków (rys. 25), podobnych do topora, zwanych także siekierami kowalskimi.

Przy tzw. odsadzaniu materiału, w celu wykonania ostrego przejścia od grubszego do cieńszego przekroju, używa się odsadzek lewych lub prawnych (rys. 26), którymi nadcina się odpowiednie przedmiot, wkuwając je na określoną głębokość. Półokrągłe odsadzki służą do przyspieszenia odciągania i wygładzania szyjek.



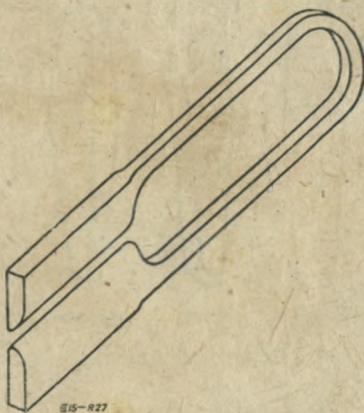
Rys. 26. Odsadzki

Przy odsadzaniu symetrycznym z góry i dołu stosuje się odsadzkę sprężynową (rys. 27).

Wielkość siekier i odsadzek jest uzależniona od wielkości przedmiotów. Najmniejsze o grubości 10 — 20 mm są lekkie i kowal trzyma je ręcznie. Przy grubych robotach, pod mechanicznymi młotami, narzędzia te ważą po kilkaset i więcej kG i podczas kucia muszą być ustawiane na wyrobach przy pomocy dźwignów.

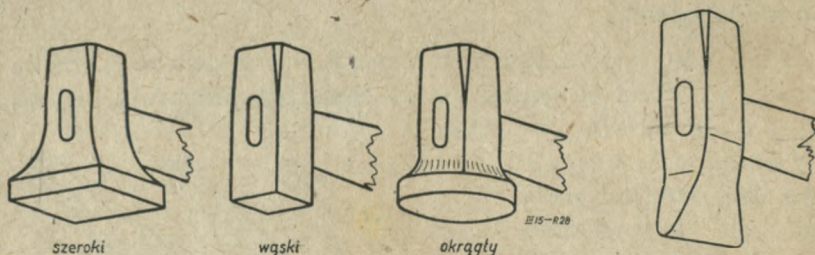
7. Gładziki i żłobniki

Gładziki (rys. 28) służą do wygładzania odkutych powierzchni płaskich. Gładzikiem szerokim wygładza się duże płaszczyzny odkuć, gładzikiem wąskim zaś zagłębienia i kąty.



Rys. 27. Odsadzka sprężynowa

Żłobnikiem (rys. 29) wygładza się zagłębienia zaokrąglone i przejścia pomiędzy grubszym a cieńszym przekrojem



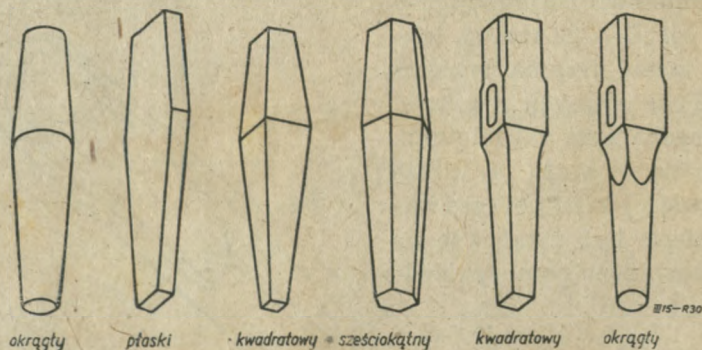
Rys. 28. Gładziki

Rys. 29. Żłobnik

wyrobu oraz przyspiesza się wydłużenie materiału podczas odciągania.

Do tego samego celu służy spodek półokrągły siodełkowy (rys. 20) umocowany w kwadratowym otworze kowadła.

Narzędzia te wykonane są ze stali ulepszonej węglowej, podobnie jak młotki.



Rys. 30. Przebijaki kowalskie przelotowe i osadzone na trzonkach

8. Przebijaki

Przebijaki (rys. 30) służą do przebijania otworów na gorąco. Kształt „beczkowaty“ przebijaka ułatwia zadanie rozbitcia otworu oraz zmniejsza tarcie przy wybijaniu narzędzia.

Wyrób do przebijania należy umieścić nad odpowiednim otworem w kowadle, na dziurownicy, czy na pierścieniu, aby przebijk miał wylot po przebiciu materiału.

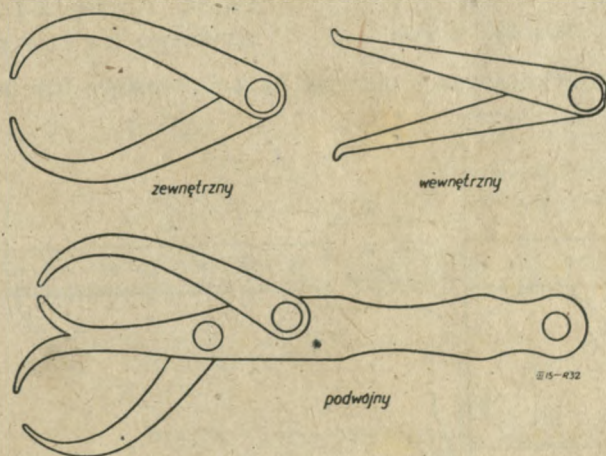
Przebijaki wykańczające mogą mieć różny przekrój zależnie od potrzeby: okrągły, płaski, kwadratowy, sześciokątny itp. Przebijaki wstępne osadzone są czasami na trzonkach i nie mogą być wtedy przepychane przez otwór na wskroś, lecz tylko do połowy swej długości, kolejno z obu stron.



Rys. 31. Rożek kowalski

9. Rożek

Wygodnym uzupełnieniem sprzętu kowalskiego jest rożek (rys. 31), który służy do poprawienia kształtu okrągłych pierścieni.

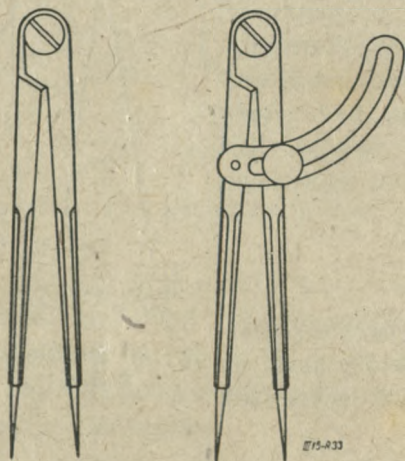


Rys. 32. Macki kowalskie

Jest to stożek wysokości około 1 m, odlany ze staliwa, na który nabija się poprawnie pierścienie. Rożkom nadaje się w tym celu dokładny kształt kołowy.

10. Narzędzia pomiarowe

Do mierzenia długości kowal używać musi miarek stalowych (nie drewnianych, bo przypalają się) z podziałką metrową, centymetrową i milimetrową.

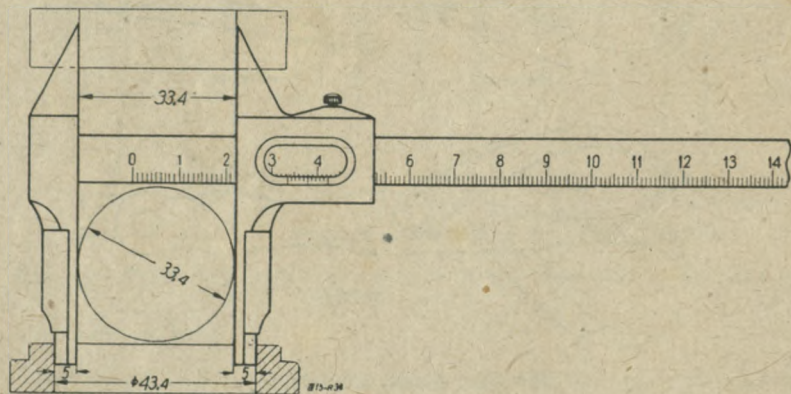


Rys. 33. Cyrkle

Często wygodniej jest używać macka kowalskiego (rys. 32) lub cyrkla z zaciskiem (rys. 33).

Do pomiarów dokładniejszych służy zwykła suwmiarka (rys. 34). Do mierzenia kątów używa się nastawnego kątomierza (rys. 35). Do sprawdzania kątów prostych, natomiast, używa się (rys. 36) zwykłego kątownika.

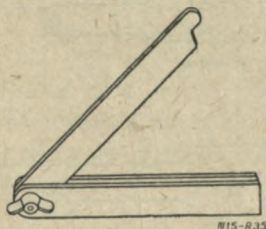
Przy wykonywaniu obręczy na koła wozowe itp. bardzo po-



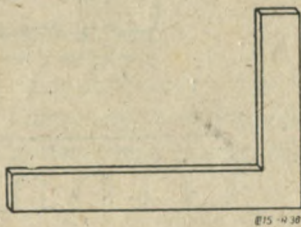
Rys. 34. Suwmiarka

mocne jest kowalskie koło pomiarowe z naniesioną podziałką centrymentową (rys. 37).

Chcąc zmierzyć obwód drewnianego koła, obtaczamy po nim kółko pomiarowe, zaznaczając na obydwu kołach miejsca rozpoczęcia pomiaru. Następnie w podobny sposób mierzymy od wewnątrz obręcz, którą mamy nasadzić na koło. (Dla mocniej-

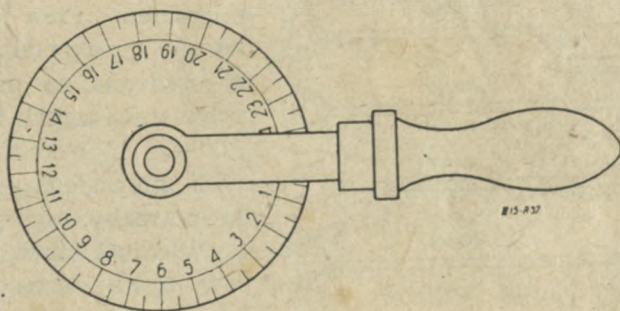


Rys. 35. Kątomierz nastawny



Rys. 36. Kątownik

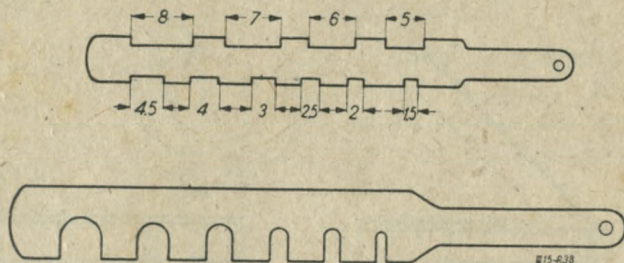
szego osadzenia obręcz powinna być nieco mniejsza od koła wzowego). Za pomocą kółka pomiarowego można mierzyć długości wszelkich linii krzywych.



Rys. 37. Kółko pomiarowe

Przy odkuwaniu większej liczby przedmiotów korzystnie jest sprawdzać ich wymiary przy miarami (rys. 38). Przy miary wykonywane są ze zwykłej handlowej blachy grubości około 2 mm. Przymiar posiada szereg nacięć. Jeśli odkucie

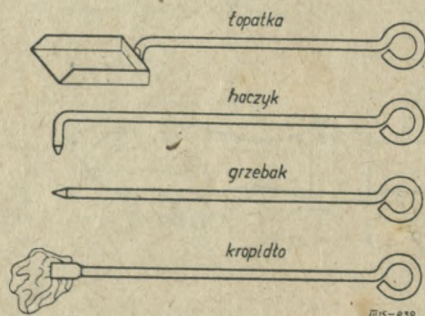
wejdzie w odpowiednie nacięcie, dowodzi to, że wymiar jest dobry. Zależnie od kształtu przedmiotu przymiary muszą mieć głębsze lub płytsze nacięcia.



Rys. 38. Przymiary kowalskie

11. Inne przybory kowalskie

Poza opisanymi narzędziami kowal musi posiadać odpowiednie przybory do obsługi ogniska kowalskiego (rys. 39). Są to: łopatką do węgla, grzebak do łamania żużla i haczyk do usuwania żużla z ogniska. Poza tym używa się kropidła (szmata osadzona na pręcie) do polewania węgla wodą, oraz do studzenia niektórych miejsc odkucia w razie potrzeby.



Rys. 39. Przybory do obsługi ogniska kowalskiego

Wielkość tych przyborów bywa różna zależnie od gatunku paliwa i rodzaju ogniska czy pieca.

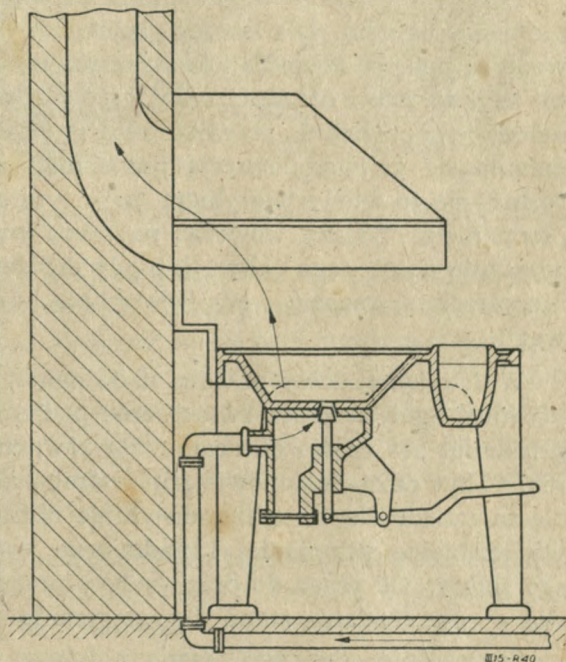
II. NAGRZEWANIE MATERIAŁU

Do nagrzewania materiału najczęściej używanymi przez kuźnię środkami są: węgiel kamienny, tzw. kowalski, koks, olej gazowy, gaz świetlny, gaz generatorowy oraz energia elektryczna.

1. Sposoby nagrzewania materiału

Ognisko kowalskie jest najprostszym urządzeniem kuźni do nagrzewania materiału za pomocą węgla lub koksu (rys. 40).

Przedmioty za-
grzebuje się w żarzącym paliwie. Zależnie od siły podmuchu powietrza doprowadzonego z dmuchawy, osiąga się żar większy lub mniejszy. Temperaturę określa się w sposób przybliżony, obserwując barwę żaru.



Rys. 40. Ognisko kowalskie z okapem

Osiąga się przy tym od 700°C (ciemnoczerwony żar) do 1350°C (żar oślepiąco-biały).

Paliwo powinno być używane w kawałkach wielkości dużego orzecha, bez mialu, po spaleniu zaś nie powinno pozostawiać zbyt dużych ilości popiołu. Z węgla najodpowiedniejszy jest nieco spiekający się (koksujący) węgiel kowalski, koks natomiast należy stosować tylko hutniczy (nie z gazowni), który zawiera mniejsze ilości szkodliwej dla stali siarki.

Węgiel świeżo nałożony na ognisko, nie powinien dostać się od razu do miejsca, gdzie nagrzewamy stalowy przedmiot. Świeży węgiel zawsze zawiera więcej siarki, którą najpierw trzeba w nim „wypalić“. Z tego powodu, oraz dla zaoszczędzenia paliwa, kowale „nakrywają“ ogień świeżą warstwą węgla, pozostawiając przedmiot głębiej.

Pokrywa świeżego węgla spieka się, tworząc jakby sklepienie ponad ogniem. Dla lepszego spiekania węgla pryska się nań wodą za pomocą kropidła kowalskiego. Gdy sklepienie to staje się zbyt zwarte i utrudnia odlot gazów spalinowych z ogniska, należy je odpowiednio przedziurawić grzebakiem. W miarę wypalania się paliwa, powstają puste miejsca pod sklepieniem, rozbija się je wtedy haczykiem, przy tym ogień bucha jasnym płomieniem. Należy wówczas na nowo wytworzyć sklepienie ze świeżo dołożonego paliwa lub gdy dołożenie nowego jest już niepotrzebne, zagasić wodą wierzchnią warstwę palących się węgla.

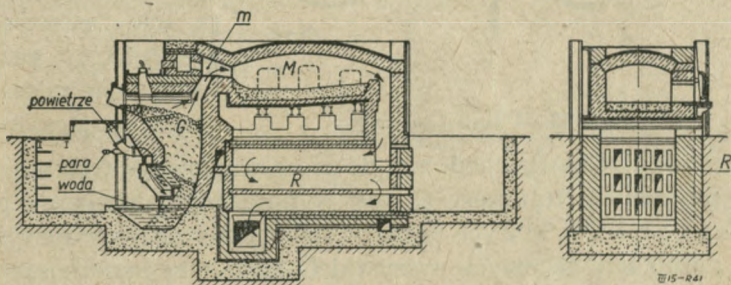
Wkładając stalowy przedmiot do ognia, podwyższamy temperaturę ogniska przez zwiększenie podmuchu powietrza, sam przedmiot zaś często obracamy dla równomiernego nagrzewania. Zbyt duża ilość powietrza wdmuchiwanego do ogniska działa szkodliwie na stal, powodując obfite upalenie się (powierzchniowe utlenianie) i nadmierne wytwarzanie się tzw. zgorzeli. Od czasu do czasu należy przedmiot wyjąć z ogniska w celu zbadania stanu jego nagrzania się.

Szczególnie „czystego“ ognia z dobrze przepalonego węgla (odgazowanego) wymaga nagrzewanie stali do zgrzewania.

Największą wadą ogniska kowalskiego jest jego mała sprawność cieplna. Na zagrzanie 100 kG stali do kucia zużywa się

przeciętnie 30 do 40 kG węgla. Teoretycznie wystarczyłoby tylko 2,15 kG o przeciętnej wartości opałowej około 7000 kalorii z jednego kG. Jak widzimy, zaledwie 6% ciepła jest wykorzystane na zagrzanie stali, reszta natomiast, to straty na promieniowanie ciepła na zewnątrz, na ogrzewanie wdmuchiwanego powietrza i uchodzenie ciepła z gorącymi spalinami do komina itp.

Znacznie lepszą sprawność cieplną, bo aż 16% osiągają piece węglowe (rys. 41) z tzw. półgeneratorowym

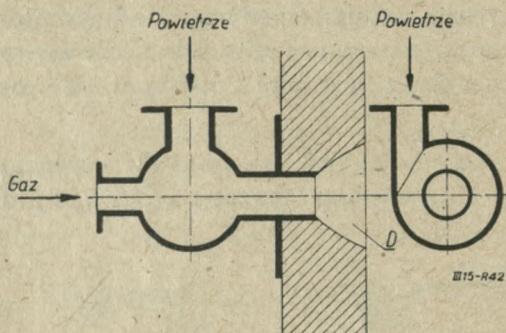


Rys. 41. Piec węglowy z półgeneratorowym paleniskiem i rekuperatorem

paleniskiem i rekuperatorem ciepła. Około 50% wytworzonego ciepła wynoszą straty kominowe pomimo zastosowania rekuperatora *R*, mającego na celu kosztem ciepła spalin ogrzewanie potrzebnego do spalania powietrza (do około 500°). W takim piecu węgiel spala się w przestrzeni *G* z małym dostępem powietrza na tlenek węgla (czad), pod ruszt natomiast wprowadza się parę wodną, która rozkładając się w wysokiej temperaturze paleniska wytwarza palny gaz, wodór.

W wyniku tego otrzymujemy gaz mieszany, złożony z czadu, wodoru i azotu (z powietrza), który, zmieszany z gorącym powietrzem w kanale *m*, spala się w komorze roboczej pieca *M*. Spaliny poprzez rekuperator *R* uchodzą do komina. Materiał ułożony w komorze roboczej takiego pieca może osiągnąć temperaturę do 1500° (przy stali nie przekracza się zwykle 1300°).

Większe kuźnie chętnie oddzielają od pieca kuźniczego urządzenie do wytwarzania gazu palnego z węgla, i umieszczają je w zupełnie osobnym budynku.



Rys. 42. Palnik gazowy

Urządzenia te nazywamy generatorami gazu.

Jako paliwo gazowe do pieców kuźniczych mogą być zastosowane: gaz świetlny, gaz koksowy, gaz mieszany, gaz generatorowy.

Piec sam jest bardzo podobny do pieca węglowego (rys. 41), lecz nie posiada rusztu i części G. Jest wyposażony natomiast w palniki gazowe, których najprostsze wykonanie ilustruje rys. 42. W palnikach gazowych wszystkich typów najważniejsze jest uzyskanie dobrego przemieszania gazu palnego z powietrzem.

W tym celu, w palniku pokazanym na rys. 42 powietrze zostaje mimosrodkowo (z boku) wdmuchiwane do kolistego zgrubienia korpusu palnika, skąd przez otwór D, jako palna mieszanka gazowo-powietrzna, wydostaje się do komory pieca. Płomień zapalanej mieszanki wytwarza się w otworze palnika. Najwyższą temperaturę w piecu osiąga się w pobliżu samych palników. Sprawność cieplna pieców gazowych wynosi około 25%, jest więc lepsza niż pieców węglowych.

W niewielkich kuźniach pozbawionych gazu wygodnie jest stosować piece kuźnicze opalane olejem gazowym (ropą). Ze względu na dużą wartość opałową tego płynnego paliwa piece takie szybko się nagrzewają. Konstrukcja ich niewiele różni się od pieców gazowych. Jedynie palnik olejowy wykonany jest inaczej (rys. 43). Głównym jego zadaniem jest rozpylić paliwo i zmieszać z powietrzem (zimnym lub ogrzanym) dla wytworzenia odpowiedniej mieszanki. Aby to prze-

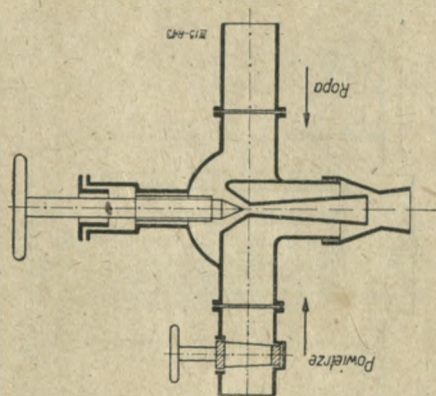
prowadzić wdmuchuje się do niego pod odpowiednim ciśnieniem powietrze, które zasysa paliwo, rozpyla i wpryskuje je do komory roboczej pieca w postaci możliwie najdrobniejszych kropelek.

Palniki te łatwo dają się regulować za pomocą odpowiednich zaworów i umożliwiają łatwą zmianę temperatury w piecu kuźniczym. Jedyną wadą tego rodzaju paliw płynnych jest ich cena znacznie wyższa w porównaniu z innymi paliwami,

Najwyższą sprawność cieplną posiadają piece elektryczne, które też są najłatwiejsze do regulacji i najczystiej pracują. Są to piece z zamkniętą komorą (bez kominu), zaopatrzone w szczelnie zasuwaną się drzwiczki (rys. 44). Piec jest bardzo dobrze izolowany, aby straty ciepłe były jak najmniejsze. Na ściankach bocznych, na suficie i na

spodzie komory umieszczone są grzejniki elektryczne (najczęściej spirale ze stopu chromu z niklem) w odpowiednich szczelinach w obmurzu pieca. Najczęściej temperatura robocza ze względu na druty grzejników elektrycznych nie przekracza 1000° . Dlatego też piece te najlepiej nadają się do podgrzewania stopów lekkich, stopów miedzi, stopów cynku i innych, których temperatura kucia nie przekracza 1000° , przede wszystkim jednak znajdują zastosowanie przy przeprowadzaniu zabiegów cieplnych w hartowniach.

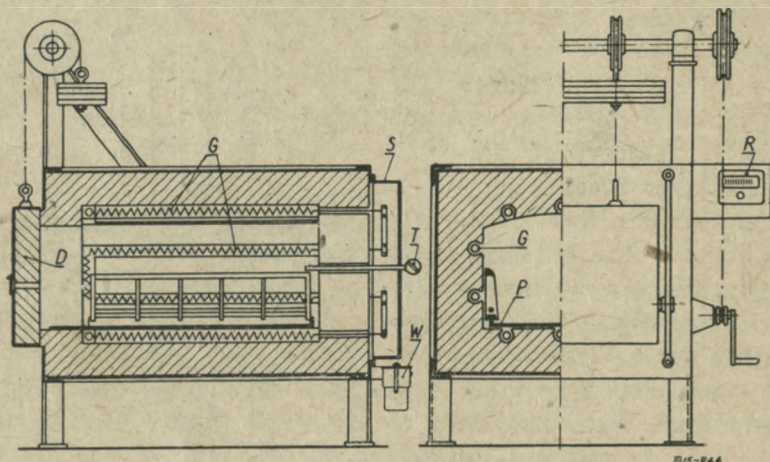
Innym rodzajem pieców do ogrzewania są tzw. kąpiele grzejne. Są one zbudowane w kształcie wanny, ogrzewanej z zewnątrz węglem, koksem, olejem, gazem lub prądem elektrycznym. Sama wanna wypełniona jest solą chemiczną lub metalem, o tak dobranym punkcie topnienia, aby znajdował się



Rys. 43. Palnik na paliwo płynne

niedco poniżej żądanej temperatury kucia. Materiał do kucia za-
 nurza się bezpośrednio w kąpeli grzejnej. Głównymi zaletami
 tych pieców jest bardzo krótki czas nagrzewania i znaczna
 równomierność temperatury w całej kąpeli.

Urządzenia tego rodzaju znalazły na razie zastosowanie do
 kucia stopów lekkich kąpeli grzejnej używa się roztopionej
 salety sodowej lub potasowej.



Rys. 44. Piec elektryczny komorowy
 D — drzwiczki; G — grzejniki; P — płyta ognioodporna; R — regulator
 temperatury; S — skrzynka połączeń; T — termopara w osłonie; W —
 wyłącznik elektryczny

2. Szybkość nagrzewania materiału

Stal musi być przede wszystkim równomiernie nagrzewana,
 aby uniknąć szkodliwych naprężeń oraz pęknięć. Dlatego naj-
 ważniejszą zasadą nagrzewania stali, a w szczególności stali sto-
 powych jest powolne nagrzewanie. Stal ma tym
 mniejszą przewodność cieplną, im więcej zawiera węgla i in-
 nych domieszek i tym łatwiej powstają w niej duże różnice
 temperatury, na powierzchni przedmiotu i w jego rdzeniu.
 Szczególnie dotkliwie odczuwa się to przy przedmiotach więk-
 szych o dużym przekroju i grubych ściankach.

Czas potrzebny do nagrzania stali zależy zatem nie tylko od składu chemicznego, ale także od wielkości, kształtu i nawet ułożenia przedmiotów w piecu oraz od konstrukcji i temperatury pieca.

Praktyczny przepis kuźniczy wyznacza czas nagrzewania dla grubości 25 mm (1 cala) dla:

- 1) stali węglowej konstrukcyjnej — $20 \div 30$ minut,
- 2) „ węglowej twardej (narzędziowej) — $40 \div 60$ minut,
- 3) „ wysokostopowej specjalnej — $70 \div 100$ minut (np. szybkozgrzewanej, nierdzewnej itp.).

Dla uzyskania temperatury właściwej dla kucia na wskroś, należy po osiągnięciu tej temperatury na powierzchni przetrzymać stal w piecu jeszcze przez pewien czas. Dla stali węglowych konstrukcyjnych ten czas wygrzewania wynosi $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{8}$ czasu nagrzewania, a dla stali wysokostopowych nawet $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$.

Są to tylko dane orientacyjne i w znacznym stopniu zależne od konstrukcji pieców i sposobu przesuwania w nich materiału. Nagrzewanie w temperaturach do 550° powinno odbywać się wolniej ze względu na małą plastyczność stali w tym zakresie. Dalsze nagrzewanie powyżej 550° może odbywać się znacznie szybciej.

Dla stali wysokostopowych (np. szybkozgrzewanych) istnieje przepis, zalecający nagrzewać je do 850° bardzo powoli, a powyżej tej temperatury z szybkością dwa razy większą.

W przemyśle istnieje wiele konstrukcji pieców kuźniczych, które umożliwiają stopniowe podgrzewanie materiału w miarę przybliżania się do strefy najgorętszej. Przy piecach o krótkiej komorze roboczej, która cała rozgrzewa się do temperatury kucia, materiał przed załadowaniem powinien być zagrzany do kilkuset stopni.

3. Skutki wadliwego nagrzewania

Szybkie, nierównomierne i za wysokie nagrzanie stali jest przyczyną powstawania naprężeń wewnętrznych,

pęknięć i nieodpowiednich własności mechanicznych gotowego wyrobu, a zwłaszcza za małej wytrzymałości i odporności na uderzenie.

Przetrzymanywanie stali w zbyt wysokiej temperaturze powoduje silny rozrost ziaren, a więc kruchość. Zjawisko to nazywamy przegrzaniem. Następnie, odpowiednio duże przekucie może zniweczyć skutki przegrzania stali tak, że w rezultacie otrzymamy odkucie o odpowiednich własnościach mechanicznych.

Nieznaczne przegrzanie gotowego odkucia, objawiające się niekorzystną, gruboziarnistą budową, można poprawić jeszcze odpowiednią obróbką cieplną (normalizowanie). Przegrzaniu stali towarzyszy zawsze powierzchniowe odwęglenie.

Silnie przegrzanie materiału powoduje poza ogromnym wzrostem ziarna i dużym powierzchniowym utlenieniem (gruba zgorzelina) wewnętrzne spalanie stali i wytworzenie tlenków żelaza na granicy ziaren. Zjawisko to nazywamy spalaniem stali. Stal spalona nadaje się tylko do przetopienia w hucie.

Za niskie ogrzanie stali do kucia powoduje poza koniecznością zużycia znacznie większej energii na odkształcanie plastyczne, wprowadzenie dodatkowych naprężeń wewnętrznych w materiale (skutki podobne jak obróbka na zimno). Kućcie w zbyt niskich temperaturach zatem wywołuje zawsze zgniot materiału.

4. Określanie temperatury

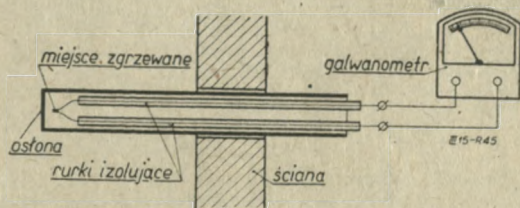
Zachowanie właściwej temperatury ma bardzo duże znaczenie w czasie obróbki plastycznej i w czasie następnej obróbki cieplnej. Dawniej, gdy nie było żadnych przyrządów do mierzenia, temperaturę oceniano według barwy żaru, co i dzisiaj jeszcze dość często się stosuje. Stal przy temperaturze około 600° zaczyna świecić w ciemności najpierw ciemno, następnie w miarę podwyższania temperatury coraz jaśniej. W niższych temperaturach natomiast powstają n al o t y b a r w n e na czystej metalicznej powierzchni stali (tablica I).

Tablica I. Temperatury powstawania barw nalotowych i żaru			
Barwa nalotu	Temperatura	Barwa żaru	Temperatura
słomkowy	225 ^o	początek ciemno-	
ciemnożółty	240 ^o	czerwonego	650 ^o
żółto-brunatny	255 ^o	ciemnoczerwony	700 ^o
czerwonobrunatny	265 ^o	wiśniowy	800 ^o
purpurowy	275 ^o	jasnoczerwony	900 ^o
fioletowy	285 ^o	żółtoczerwony	1000 ^o
ciemnoniebieski	295 ^o	pomarańczowy	1100 ^o
jasnoniebieski	310 ^o	cytrynowy	1200 ^o
szary	325 ^o	biały	1300 ^o

Obecnie do mierzenia temperatury najczęściej stosuje się: termometry rtęciowe do temperatur niższych od 350^o, pirometry termoelektryczne do 1500^o i pirometry optyczne do temperatur od 600^o do najwyższych stosowanych w przemyśle.

Termometr rtęciowy do mierzenia temperatur do 350^o niczym zasadniczo nie różni się w budowie od zwykłego termometru, posiada jedynie większą skalę i najczęściej bywa umieszczony w metalowej osłonie zabezpieczającej od stłuczenia.

Pirometr termoelektryczny jest oparty na zasadzie pomiaru czułym galwanometrem napięcia elektrycznego, powstającego pomiędzy zimnymi końcami dwóch, z odmiennych metali lub stopów wykonanych drutów, spojenych z sobą na drugim końcu.

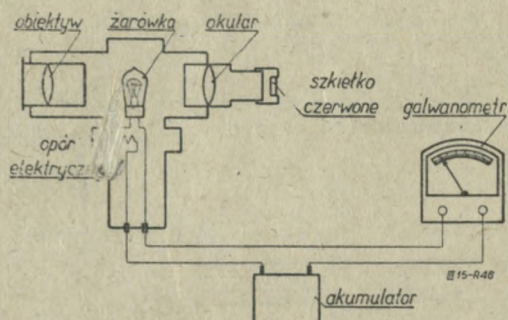


Rys. 45. Schemat pirometru termoelektrycznego
izolacji elektrycznej włożony jest do porcelanowej rurki, a te zaś razem wstawione są do wspólnej osłony ogniotrwałej w kształcie ślepo zakończonej rurki, którą wstawia się przez otwór w ścianie do komory pieca (rys. 45). Oba druty spojenie jednym końcem nazywają się termoparą.

Najczęściej używa się na termopary następujących metali:
 miedź - konstantan (stop 60 % miedzi i 40 % niklu do 400^o,
 żelazo - konstantan do 700^o,
 nikiel - nichrom (stop 60 % niklu i 40 % chromu do 1000^o,
 chromel - alumel (stopy specjalne) do 1200^o,
 platyna - platynarod (stop 90 % platyny i 10 % rodu) do 1500^o.

Każda z wymienionych termopar przy tej samej temperaturze daje inne napięcie prądu elektrycznego.

Pirometry optyczne umożliwiają oznaczenie temperatury przedmiotu (do 3500^o) ze stopnia rozżarzenia. Mierzenie temperatury za pomocą pirometru optycznego polega na porównaniu barwy przedmiotu rozżarzonego, widzianego przez okular, z żarzącym się włóknem żarówki elektrycznej. Żarówka znajduje się w lunecie pomiędzy obiektywem, skierowanym w stronę badanego przedmiotu a okulem osłoniętym czerwonym przezroczystym szkiełkiem. Żarówka zasilana jest prądem elektrycznym z akumulatora. Natężenie światła żarówki reguluje się, zmieniając



Rys. 46. Schemat pirometru optycznego Holborna i Kurlbauma

w stopniach Celsjusza i tym samym od razu pokazuje mierzoną temperaturę .

Inny rodzaj pirometru optycznego polega na zastosowaniu soczewki lub zwierciadła wklęsłego, które skupia obraz przedmiotu rozżarzonego na spojeniu termopary. Galwanometr o od-

duje się, zmieniając wielkość natężenia prądu za pomocą oporu elektrycznego doprowadzając tym do zrównania się jasności barwy żarzącego się włókna i żaru przedmiotu. Galwanometr wskazujący wielkość natężenia prądu żarzenia lampki jest wycechowany

powiedniej skali, podłączony do wspomnianej termopary może wskazywać bezpośrednio temperaturę badanego przedmiotu lub wnętrza pieca.

Prometry termoelektryczne i ostatnio opisany pirometr optyczny z termoparą dają się bardzo łatwo zastosować jako automatyczne regulatory temperatury pieców elektrycznych lub gazowych. Wystarczy tylko wykonać urządzenie, które zależnie od wychylenia galwanometru będzie odpowiednio wyłączało lub włączało prąd do pieca elektrycznego albo przysmykało lub otwierało zawór gazowy, a automatyczna regulacja temperatury jest osiągnięta. W handlu istnieje cały szereg urządzeń tego rodzaju mniej lub więcej skomplikowanych.

5. Temperatura kucia

Maksymalna temperatura, do której stal może być zagrzana w krótkim czasie, bez szkody dla jej budowy we-

Tablica II. Temperatury kucia

Rodzaj materiału	Normalny zakres temp. kucia w °C	Najwyższa dopuszczalna temp. kucia w °C	Temperatura spalenia w °C
stal węglowa -0,1% C	900-1200	1150	1190
„ „ -0,2% C	850-1150	1320	1470
„ „ -0,3% C	820-1150	1290	1450
„ „ -0,4% C	800-1150	1270	1420
„ „ -0,5% C	800-1100	1250	1310
„ „ -0,7% C	800-1050	1180	1280
„ „ -0,9% C	800-1000	1120	1220
„ „ -1,1% C	800-1000	1080	1180
„ „ -1,3% C	800- 950	1050	1140
stal niklowa 0,35% C			
3% Ni	900-1100	1250	1370
stal niklowo-chromowa			
0,35% C 1,5% Ni			
0,5% Cr	850-1100	1250	1370
stal nierdzewna			
13-16% Cr	900-1100	1240	1380
stal szybko tnąca	900-1100	1200	1350
brąz cynowy 5% Sn			
reszta Cu	około 860	-	-
mosiądze i tombaki	650-800	-	-
stopy kowalne glinu	400-475	ok. 500	-
stopy kowalne magnezu	około 300	-	-
stopy kowane cynku	200-260	-	-

wewnętrznej, zależy od jej składu chemicznego. Te najwyższe temperatury, jak również normalny zakres temperatur kucia stali w celu otrzymania dobrego wyrobu podaje tablica II. Ostatnia kolumna ilustruje temperatury, przy których stal w krótkim czasie ulega spalaniu.

W tablicy są też podane zakresy temperatur kucia niektórych stopów nieżelaznych.

Ze względu na wielką różnorodność tych stopów powyższe dane należy uważać za orientacyjne.

III. ZASADNICZE CZYNNOŚCI KOWALSKIE

Gdy materiał osiągnął pożądaną temperaturę i odpowiednio wygrzał się na wskroś, w y j m u j e m y go kleszczami z ognia lub z pieca i przenosimy na kowadło.

Przed kuciem należy zetrzeć z niego powstałą na powierzchni zgorzelinę, pocierając nim np. o brzeg kowadła lub o drucianą szczotkę. Zgorzelina odpada w postaci łuszczących się płytek. Oczyszczenie jest konieczne, aby nie wkuć zgorzeliny do wnętrza materiału. Krótki okres czasu, w którym szybko stygnący przedmiot nadaje się do kucia, należy wykorzystać jak najlepiej; dlatego też ruchy kowala i jego pomocników muszą być szybkie, sprawne, pewne i opanowane.

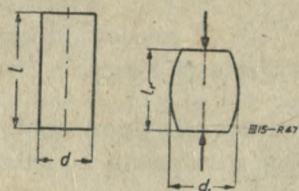
W czasie kucia, wskutek przesuwania się i wzajemnego ocierania się cząsteczek materiału, powstaje ciepło. Przy kuciu ręcznym jest ono niewielkie. Przy kuciu mechanicznym silne i szybkie uderzenia mogą zwolnić proces ostygnięcia przedmiotu, a niekiedy nawet spowodować podniesienie się temperatury zagrzanego materiału. (Uwaga — można spalić stal).

Gdy przedmiot ostygnie w czasie kucia, należy go podgrzać ponownie. Należy pamiętać jednak, że każde podgrzewanie powoduje ponowne wytworzenie zgorzeliny, a co gorsza może zwiększyć zawartość siarki w stali i uczynić ją bardziej kruchą. Dlatego też trzeba ograniczyć się do możliwie jak najmniejszej ilości grzań przedmiotu w czasie jego przekuwania.

1. Spęczanie

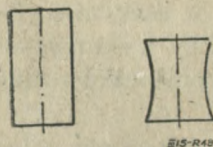
Jedną z najważniejszych operacji kowalskich jest spęczanie. Polega ono na skracaniu i jednoczesnym zgrubianiu materiału w kierunku poprzecznym, pod wpływem odpowiedniego nacisku lub uderzenia (rys. 47). Jeśli energia ude-

rzenia będzie zbyt mała, uzyskamy inny wynik (rys. 48), materiał ulegnie rozklepaniu na końcach, a środek pozostanie niezgrubiony. Gdy dokładniej przyjrzymy się procesom, jakie zachodzą w spęczanym bloczku, zauważymy, że występują w nim jakby trzy obszary, w których materiał ulega odmiennym przeobrażeniom (rys. 49).



Rys. 47. Prawidłowe spęczanie

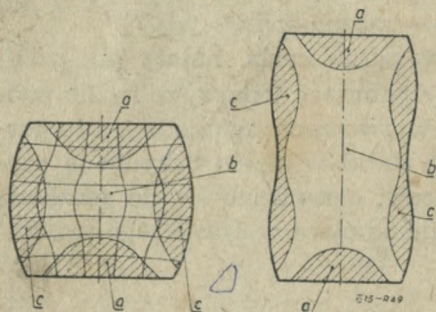
nie ulegają p r a w i e ż a d n y m o d k s z t a ł c e n i o m. Obszar ten graniczy z obszarem b, w którym cząsteczki stopniowo coraz silniej zostają odkształcone. W odno-



Rys. 48. Wadliwe spęczanie

gach tego obszaru, sięgających do krawędzi, występują silne naprężenia ścinające, które mogą spowodować przy nadmiernym spęczaniu pęknięcie odkucia. Obszar zewnętrzny c ulega r ó w n o m i e r n e m u s p e c z a n i u, oraz zostaje jakby

wytłoczony na zewnątrz, do czego przyczyniają się stożkowo ukształtowane obszary a, zwane również stożkami poślizgowymi. Powstają nawet przy tym, na jego zewnętrznej powierzchni naprężenia rozciągające, powodujące rozszerzanie i powiększanie się (otwieranie się pęcherzy i por) drobnych usterek powierzchni materiału.



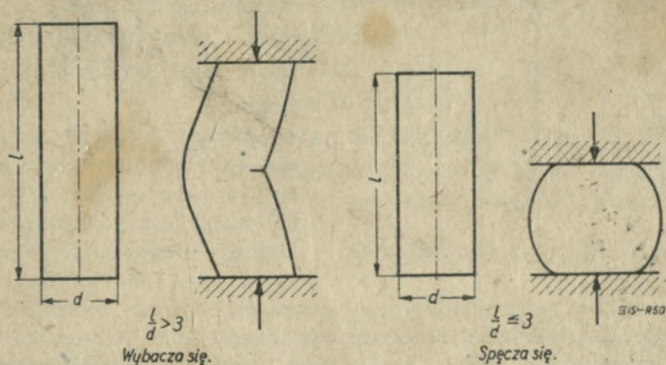
Rys. 49. Spęczanie materiału

Ukształtowanie opisanych obszarów odkształceń zależy od s m u k ł o ś c i ³⁾ przedmiotu. W prętach smuklej-

³⁾ Smukłością pręta nazywamy stosunek jego długości do średnicy lub grubości (np. $\frac{l}{d}$ wg rys. 47).

szych podczas spęczania zgrubienia pojawiają się początkowo w pobliżu podstaw, dopiero po tym zaczyna spęcać się środek pręta.

Graniczna smukłość pręta całkowicie nagrzanego przy spęczaniu wynosi 3 (3) razy większa długość niż średnica



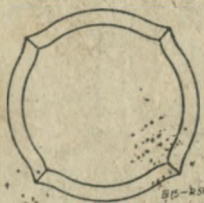
Rys. 50. Graniczna smukłość przy spęczaniu

lub grubość). Pręty smuklejsze wyginają się i jak mówimy w-
baczają się, następując duże trudności przy spęczaniu
(rys. 50).

Pręt o przekroju kwadratowym podczas spęczania uwypu-
kla swe boczne płaszczyzny i przybiera po-
stać beczkowatą o przekroju pokazanym na
rys. 51.

Przy spęczaniu miejscowym
zgrzewamy przedmiot tylko na pewnym
odcinku; jeśli również nagrzał się w sąsied-
nich miejscach, należy je ochłodzić w wo-
dzie lub zwilżoną szmatą.

Na rys. 52 pokazane są kolejne fazy spę-
czania główki na długim trzpieniu. Zależnie
od długości nagrzonej części pręta, która na
rysunku oznaczona jest przez zakreskowa-
nie, możemy zmieniać kształt spęczającego się łba. Przy spę-
czaniu wykorzystujemy próg kowadła (rys. 17).



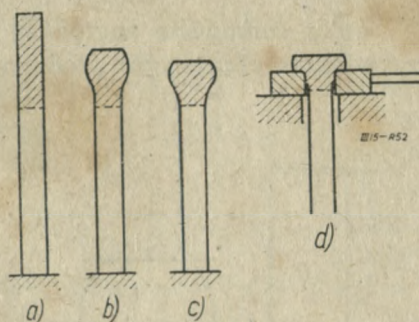
Rys. 51. Widok z gó-
ry prostopadłości-
anu o podstawie kw-
dratowej po spę-
czeniu

Ostateczne ukształtowanie główki przeprowadza się na dziurownicy kowalskiej (rys. 18). Długi trzpień z małą główką

zawsze jest łatwiej spęczyć z cienkiego pręta niż wykuwać przez odsadzenie i wyciąganie z grubego.

Na rys. 53 pokazane jest spęczanie środkowej części pręta.

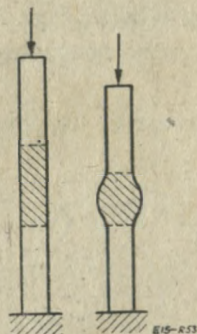
Dzisiaj rzadziej już stosuje się spęczanie długich i ciężkich prętów na specjalnej płycie (rys. 54) pracę tę z powodzeniem wykonują odpowiednie maszyny kuźnicze). Dawniej zagrzewano



Rys. 52. Spęczanie główki pręta

pręt w miejscu przeznaczonym na spęczanie, sam zaś koniec chłodzono w wodzie dla uniknięcia zbędnego rozkuwania się. Do drugiego końca pręta przywiązano linkę za pomocą krążka podsufitowego podnocono i opuszczano na płytę pod własnym ciężarem. Przy takich pracach zatrudnionych było co najmniej dwóch ludzi — jeden podnosił pręt za linkę, drugi trzymał oburącz i prowadził na płytę.

Dostatecznie wysoka temperatura kucia nie powoduje żadnych ujemnych następstw przy spęczaniu. Miękka stal wytrzymuje lepiej spęczanie od stali twardej. Grube przekroje oczywiście nie wymagają już spęczania, a dogodniej je przekuwać przez wydłużanie.



Rys. 53. Spęczanie środkowej części pręta

2. Wydłużanie

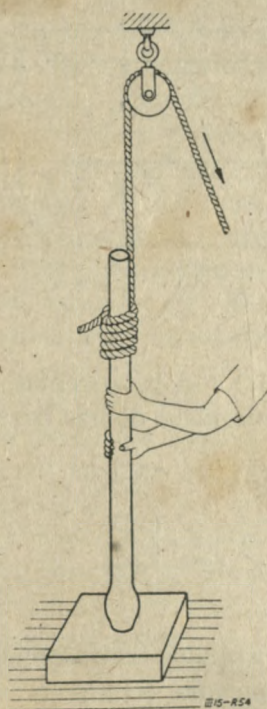
Pod uderzeniem młota (rys. 55) materiał ułożony na kowadle płaszczy się z h na h_1 i wypływa na boki, przy tym wydłuża się o $2w$ i jednocześnie poszerza o $2r$. Wydłużanie i rozszerzanie występuje zawsze jednocześnie.

Gęsto obok siebie skierowane uderzenia młota (rys. 56a) spowodują stopniowo zmianę całego przekroju pręta (rys. 56b).

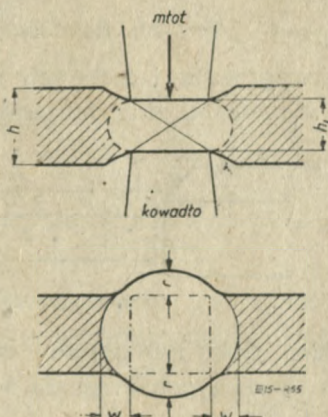
Z pręta o przekroju $h \times b$ otrzymamy pręt o przekroju $h_1 \times b_1$. Będzie to jednak przekrój mniejszy, ponieważ pręt jednocześnie wydłużył się z l na l_1 . Przy tych rozważaniach należy za-

uważyć, że objętość przekuwanej bryły (jeśli nie uwzględnimy straty materiału na wytworzenie zgorzeliny) pozostaje niezmienną, tj. $h \times b \times l = h_1 \times b_1 \times l_1$.

Wydłużanie zwane również wyciąganiem i odciąganiem polega na przekuwaniu materiału położonego w poprzek kowadła, przy czym



Rys. 54. Spęczanie na płycie (system dawniejszy)

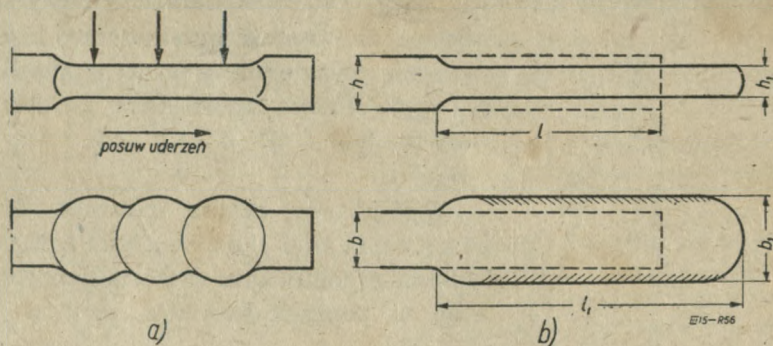


Rys. 55. Wydłużanie i rozszerzanie pręta pod uderzeniem młota

uderzenia młota skierowuje się tak, aby materiał zwiększał swą długość, a zmniejszał przekrój poprzeczny (rys. 57).

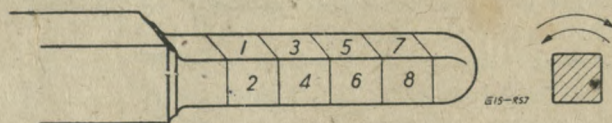
Wydłużanie rozpoczyna się od środka pręta. Podczas kucia kowal obraca materiał po każdym uderzeniu o 90° w lewo i w prawo (względnie stale w jedną stronę), aby uzyskać równomierne przekucie w całym pręcie. Kolejność uderzeń młota przedstawia rys. 57. Jeśli materiał jest zbyt zimny, albo gdy uderzenia są zbyt słabe, zostaje przekuta tylko powierzchniowa

warstwa materiału, w wyniku czego otrzymujemy pręt z nieprzekutym rdzeniem, zakończony wklęsło jak na rys. 58. Przy



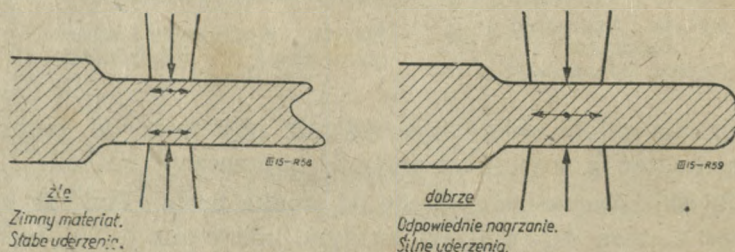
Rys. 56. Rozszerzanie i wydłużanie

dobrym wygrzaniem i mocnych uderzeniach, które przenikają głęboko w materiał, otrzymujemy drobnoziarnisty dobrze prze-



Rys. 57. Wydłużanie

kuty rdzeń, pręt zaś posiada wówczas wypukłe zakończenie (rys. 59). Wąska powierzchnia robocza kowadła przyspie-

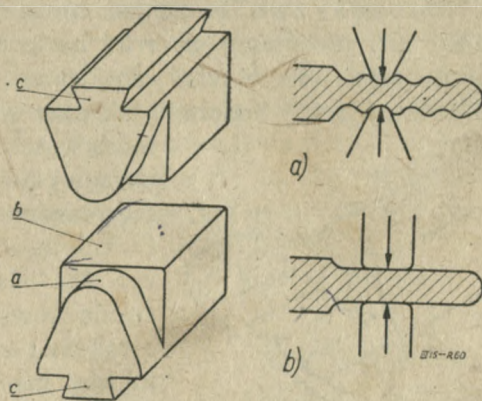


Rys. 58. Wydłużanie nieprawidłowe

Rys. 59. Przekucie na wskroś całego przekroju. Wydłużanie prawidłowe

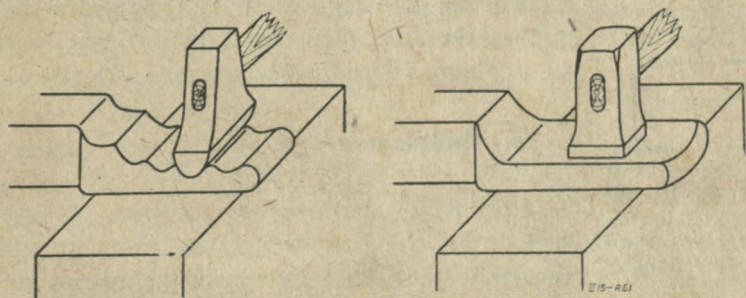
sza wydłużanie materiału. Dlatego też do kucia wstępnego używa się często na młotach mechanicznych kowadeł

wypukłych (rys. 60) lub odsadzki półokrągłej (rys. 26), a przy kuciu ręcznym żłobnika (rys. 29 i 61). Takie kucie daje jednak powierzchnię nierówną, którą należy koniecznie wygładzić na szerokich kowadłach za pomocą gładzika. Nie należy zapominać, że działanie wąskich kowadeł nie sięga głęboko w materiał. Duże przekroje, grube pręty i duże bloki muszą być przekuwane narzędziami o odpowiedniej powierzchni roboczej, aby zapewnić dobre przekucie sięgające do samego środka materiału.



Rys. 60. Kowadła młota mechanicznego:
a — część wypukła (do szybkiego wydłużania);
b — część płaska (do wygładzania);
c — ogon jaskółczy (do mocowania kowadła na młocie)

Przy odciąganiu okrągłego pręta na cieńszy, również okrągły, przekuwamy go najpierw „na kwadrat“, potem na „ośmiokąt“, wreszcie zbijamy krewędzie



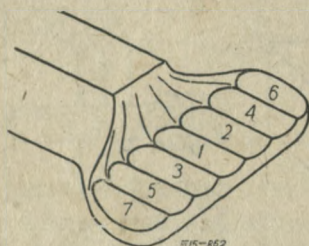
Rys. 61. Wydłużanie żłobnikiem i gładzikiem

pręta o przekroju ośmiokątnym i wyrównujemy powierzchnię w spodkach i foremnikach otwartych (rys. 21). Odciągamy

pręt rozpoczynając zawsze od środka i prowadząc ku końcom, stale obracając pręt o 90° , na lewo i na prawo.

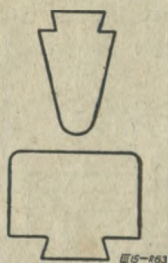
3. Rozszerzanie

Rozszerzanie, zwane również płaszczaniem, uzyskujemy, gdy ułożywszy materiał na kowadle, podobnie jak przy wydłużaniu, uderzeniami młota skierujemy go nie wzdłuż pręta, lecz na boki. Podobnie jak przy wydłużaniu, można za pomocą wąskich kowadeł, odsadki półokrągłej lub żłobnika uzyskać szybkie poszerzenie się materiału. Ślady i kolejność uderzeń przedstawia rys. 62. Niekiedy też w celu poszerzenia kowal używa ręcznego młota z rąbem podłużnym (rys. 16) lub na młocie mechanicznym zakłada kowadło górne wąskie i wypukłe, dolne zaś pozostaje zazwyczaj płaskie



Rys. 62. Rozszerzanie

(rys. 63). Potem następuje wykończenie powierzchni za pomocą gładzików lub płaskich kowadeł. W wypadku, gdy jednocześnie z poszerzeniem zależy nam na pewnym wydłużeniu materiału, należy, przyjąc za regułę następującą kolejność prac: 1) wydłużenie na niepełną długość gotowego wyrobu, 2) rozszerzenie na pełną szerokość (przedmiot przy tym wydłuży się i osiągnie wymiar przepisany) i 3) gładzenie.



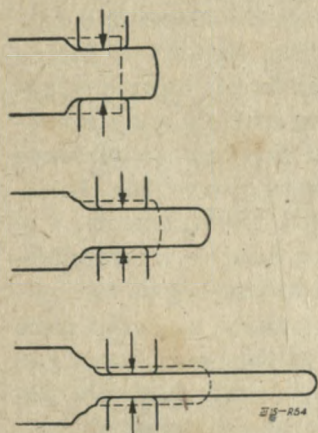
Rys. 63. Kształt kowadeł do rozszerzania młotem mechanicznym

4. Odsadzanie i przesadzanie

Przy wydłużaniu pręta miejsce, w którym kończy się przekrój większy a zaczyna mniejszy (tzw. przejście) ma powierzchnię schodkową (rys. 64). Dla otrzymania na przejściu ostrej krawędzi i ścianki prostopadłej do osi pręta, należy w pierw odsadzką zrobić nacięcie w odpowiednim miejscu i na żądaną głębokość, a następnie podcięta pozostałą część wydłużyć.

Przebieg tych czynności przedstawia rys. 65. Jest to o d s a d z a n i e j e d n o s t r o n n e, które przeprowadza się na szerokim dolnym kowadle. Odsadzanie takie i wydłużanie przeprowadza się na środku tego kowadła, aby nie zagnieść dolnej powierzchni wyrobu. Dla o d s a d z a n i a d w u s t r o n n e g o k r a w ę d z i e powierzchni roboczych (młota i kowadła) muszą się pokrywać (rys. 66).

Przy o d s a d z a n i u c z t e r o s t r o n n y m należy oczywiście czynności pokazane na rys. 66 powtór-



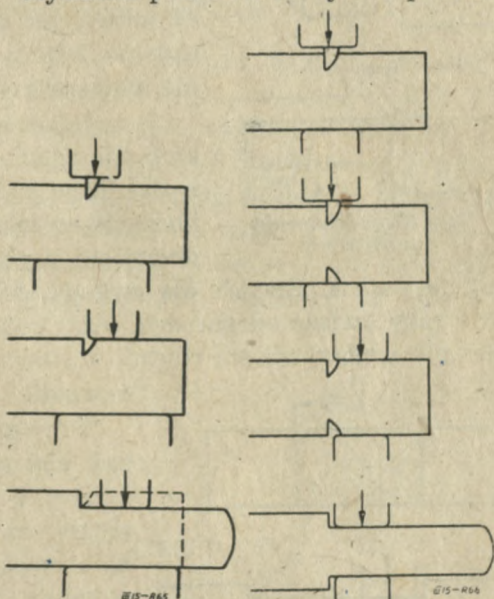
Rys. 64. Wydłużanie bez obsadzenia

rzyć dwukrotnie obrócićszy pręt o 90° (rys. 67).

Jeśli odsadzenie nie jest zbyt głębokie, a kraweź przejścia nie musi być bardzo ostra, można wtedy po wydłużeniu krawędzi wykuć przejście na dziurownicy, podob-

nie, jak to pokazano na rys. 52 przy spęczaniu. Jednocześnie z odsadzaniem można wykuwać różne profile prętów posługując się odpowiednimi spodkami i nadstawkami (porównaj rys. 20).

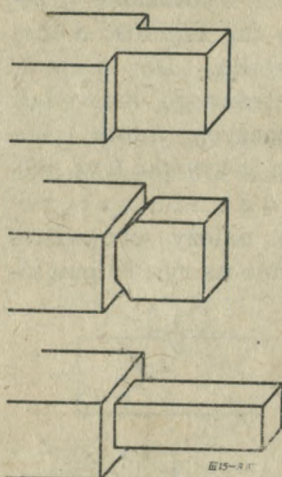
Przy odsadzaniu cieńszego przekroju w środku pręta (rys. 68) kowal musi dobrze obliczyć sobie miejsce, gdzie materiał



Rys. 65. Wydłużanie z odsadzeniem jednostronnym

Rys. 66. Wydłużanie z odsadzeniem dwustronnym

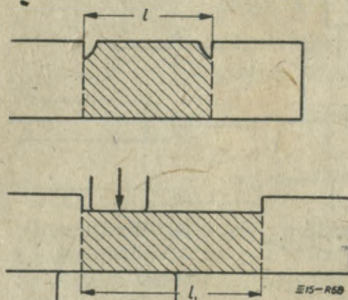
nadciąć, aby po wydłużeniu uzyskać odpowiednią długość i żądany przekrój jednocześnie (objętość zakreskowanych na rys. 68 części musi być sobie równa).



Rys. 67. Odsadzenie czterostronne

Podobną do odsadzania czynnością kowalską jest przesadzanie. W tym wypadku wykonuje się odsadzką z dwu stron pręta nacięcia, lecz niesymetrycznie. Następnie, przez odpowiednie uderzenie specjalnie przesuniętymi narzędziami uzyskuje się właściwe przesadzenie materiału (rys. 69). Kujący musi mieć duże doświadczenie, aby uzyskać żądany wymiar l_1 i przesadzenie materiału od wymiaru h do h_1 .

Przesadzenie stosuje się przy ciężkich odkuciach, zwykle przy kuciu pod hydraulicznymi prasami. Kowadła dobiera się szerokie, aby materiał nie wydłużał się zbyt, ponieważ skrócić go już nie można. Zwykle dla wygody, dolne kowadło wybieramy dwa razy szersze od górnego. Aby podczas przesadzania materiał nie wykrzywił się zbyt, ustawia się w pobliżu dolnego kowadła odpowiednie podpórki.



Rys. 68. Odsadzanie pośrodku pręta

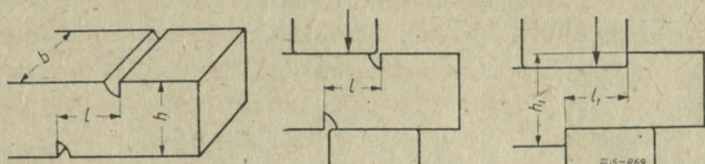
Przy przesadzaniu należy uważać, aby materiał był dobrze wygrzany, a krawędzie jego nie wystygły za bardzo, gdyż istnieje niebezpieczeństwo powstawania pęknięć powierzchniowych.

5. Przecinanie

Do cięcia miękkiej stali na zimno służą najczęściej piły albo nożyce ręczne lub mechaniczne.

Przy ręcznej pracy ślusarz często używa przecinaka. Kowal, chcąc na zimno obciąć materiał z pręta, posługuje się przy cienkich przekrojach podcinką (rys. 70), przy grubych zaś

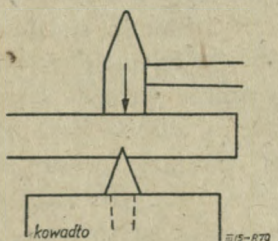
przecinakiem o wzmocnionym ostrzu, o kącie o około 60° (rys. 71) i młotem. Zabiegu nie przeprowadza się do końca, aby nie zniszczyć ostrza podcinki lub nie wyszczerbić przecinaka na krawędzi kowadła. Wyrób ostatecznie odłamuje się przez zginanie. Grubsze pręty (30 — 50 mm i wię-



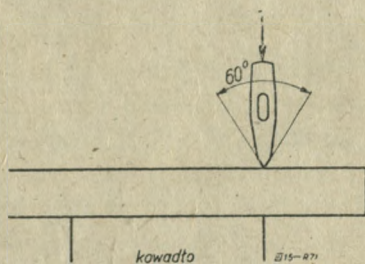
Rys. 69. Przesadzanie materiału

cej) zwłaszcza z trwalszej stali wystarczy nadciąć przecinakiem ze wszystkich stron na głębokość 7 ÷ 8 mm, położyć na nieco wklęsłej podkładce i złamać silnym uderzeniem młota.

Częściej jednak kowal zmuszony jest przeprowadzić cięcie na gorąco. Trudno jest określić dokładnie potrzebną ilość materiału, przed wykonaniem wyrobu. Dlatego kowal bierze nieco większą bryłę materiału (doświadczenie daje najlepszą wskazówkę), przedmiot wykuwa, nadmiar zaś odcina.



Rys. 70. Przecinanie na podcince cienkich przedmiotów



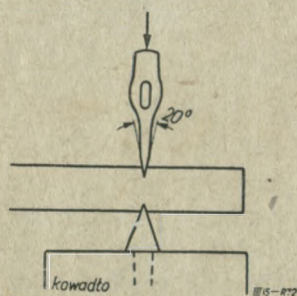
Rys. 71. Przecinanie przecinakiem cieńszych przedmiotów

Przy wykonywaniu większej ilości takich samych przedmiotów, wygodniej jest ze względów oszczędnościowych, określić w pierw doświadczalnie potrzebną ilość materiału na jeden przedmiot, a potem pociąć resztę materiału.

Do cięcia na gorąco cieńszych przedmiotów używa się przecinaków smuklejszych o kącie ostrza około 20° ,

wykonanych ze stali odporniejszej na wysoką temperaturę (rys. 72), aby przy zetknięciu z gorącym przedmiotem nie odpuściły się zbyt prędko. Cięcie grubszych przedmiotów przeprowadza się za pomocą siekier kowalskich (rys. 25), zaostzonych również na kąt około 20° . Ostrza tych narzędzi rozgrzewają się bardzo prędko, dlatego, też chłodzi się je co pewien czas w wodzie, aby się przedwcześnie nie odpuściły i nie stępiły.

Dla prac pod młotami i prasami, ze względów wytrzymałościowych, kąt ostrza obiera się większy — od 50 do 60° .



Rys. 72. Przecinanie obustronne cienkiego materiału przecinakiem na podcince

Na podcince odcina się przecinakiem cieńsze przekroje i przedmioty, które nie posiadają płaszczyzny, nie mogą więc być z tego powodu położone na kowadle. Ostrza narzędzi nie powinny się zetknąć. Cięcie zakończy się lekkimi uderzeniami młota w przecinak, odłamując przedmiot ostatecznie przez zaginanie. Grubsze przedmioty odcina się na gorąco za pomocą siekier kowalskich (rys. 25 i 73).

Początkowo materiał nadcina się do połowy grubości z jednej strony (rys. 73a). Nadcięcie wypada ukośnie, gdyż materiał ugina się w kierunku słabszej strony, tj. obcinanego skrawka. Następnie materiał obraca się i nadcina z drugiej strony, ustawiając ostrze narzędzia prostopadle ponad krawędzią poprzedniego nacięcia (rys. 73b). Przekrój jest nieco skośny (rys. 73c) i powinien być zasklepiany lub zeszlifowany.

Jeśli przez niedokładne ustawienie narzędzi na materiale pozostanie zadziór, należy go usunąć za pomocą ukośnie ustawionej siekiery kowalskiej (rys. 74).

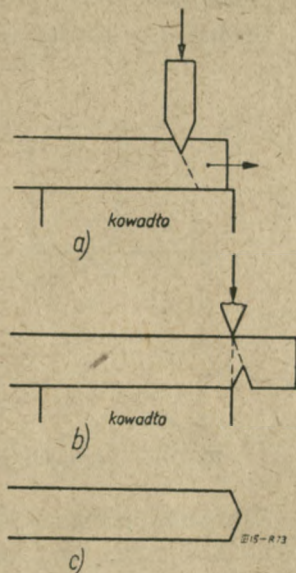
Czasami materiał musi być przecięty ukośnie lub wzdłuż osi. Na skutek dużej powierzchni przylegania, narzędzia łatwo wiążą w szczelinie. Aby temu przeciwdziałać, w szczelinę wsypuje się nieco drobnego węgla lub wilgotnych trocin. Węgiel

czy trociny spalają się, wytwarzając dużo gazów, które uchodząc gwałtownie szczeliną pomiędzy siekierą i materiałem, tworzą niejako izolującą warstwę w kę zapobiegającą przyleganiu.

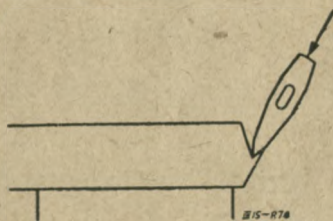
6. Przebijanie otworów

Otwory w przedmiotach wykonuje się w kuźni za pomocą przebijaaków (rys. 30). Na przedmiot ogrzany do temperatury kucia i ustawiony na kowadło kładziemy przebijaak stroną węższą i wywieramy nań nacisk lub uderzenia (rys. 75). Spod wgniatającego się przebijaaka cząstki materiału usuwają się na boki, a następnie wyciskają się do góry pomiędzy przedmiotem i narzędziem. Oprócz tego dokoła przebijaaka wytwarza się obszar (zaznaczony na rys. 75), w którym cząstki intensywnie przesuwają się, czyli jak mówimy pływają. Sam przedmiot na skutek różnych sił działających od wewnątrz rozszerza się i zwiększa swą średnicę, a wysokość jego

niedużo maleje. Nadmierne siły od wewnątrz grożą rozwaraniem przedmiotu. Przy głębokim włączaniu przebijaaka istnieje niebezpieczeństwo jego zakleszczenia się, ponieważ materiał stygnąc kurczy się. Poza tym krawędzie k (rys. 76) łatwo odkształcają się i wciągają do wewnątrz otworu. Dlatego też przebijanie głębokich otworów wykonuje się z obu stron. Płytsze otwory wykuwa kowal z jednej strony, póki nie

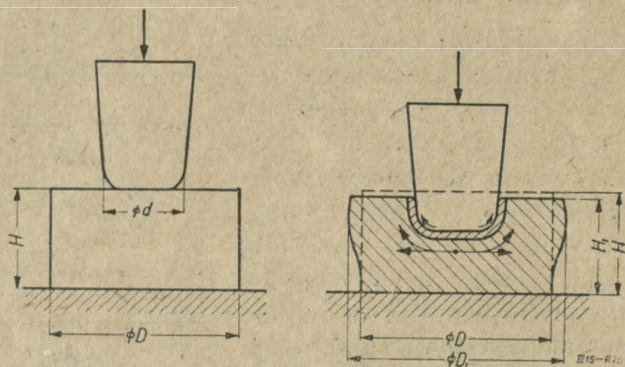


Rys. 73. Przecinanie na gorąco siekierami kowalskimi



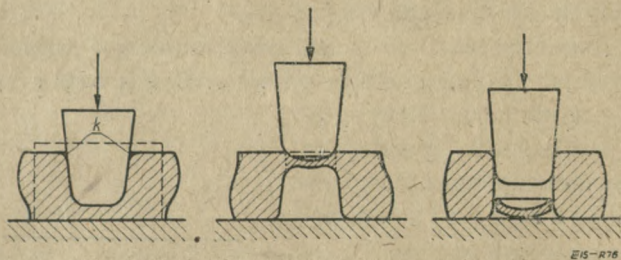
Rys. 74. Usuwanie zadzioru

osiągnie niewielkiej grubości denka. Wówczas przedmiot obraca i przebijałk wbija ze strony przeciwnej. Cienkie denko obrywa się i tworzy nieunikniony odpadek materiału. Przy grubych denkach musi kowal parokrotnie przebijać materiał, na przemian z każdej strony (rys. 76).



Rys. 75. Płynięcie materiału podczas przebijania otworu

Dla łatwiejszego wyjmowania przebijałki, kształt jego jest lekko stożkowy. Aby zaś dobrze stał i nie chwiał się na przedmiocie, czoło jego musi być płaskie, a krawędzie dla lżejszej

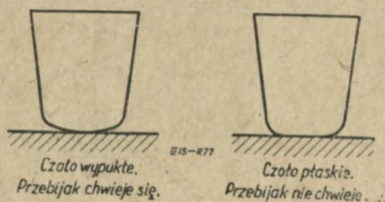


Rys. 76. Przebijanie jednostronne otworów i wybijanie denka

pracy zaokrąglone (rys. 77). Przebijałki do małych otworów mogą być zamocowane na trzonkach. Dla ułatwienia wyjmowania przebijałki dobrze jest podsypać w otwór nieco drobnego węgla lub wigotnych trocin, wytwarzające się wtedy ze spalonego

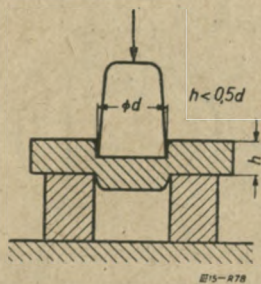
węgla gazy same nieraz wyrzucają przebijką z dość nawet dużą siłą.

Przy przebijaniu cienkich przedmiotów (o grubości poniżej $0,5d$), wyżej opisany sposób zwykle nie opłaca się. Przedmiot kładzie się wprost na pierścieniu o nieco większym otworze od najszerszego miejsca przebijaka, na nim zaś przebijką podstawa szerszą z ostrymi krawędziami. Przez nacisk lub uderzenie przebijką wybija otwór (rys. 78). Powstały odpadek materiału jest daleko większy niż poprzednio i prawie równa się pojemności wybitego otworu.

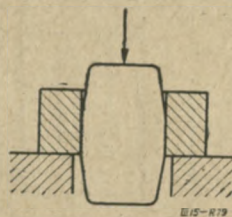


Rys. 77. Kształt przebijkaków

Dla wygładzenia lub dalszego rozkucia otworów używa się przebijkaków o dwustronnej zbieżności (rys. 79). Dla otrzymania jeszcze większych wymiarów można



Rys. 78. Przebijanie cienkich przedmiotów

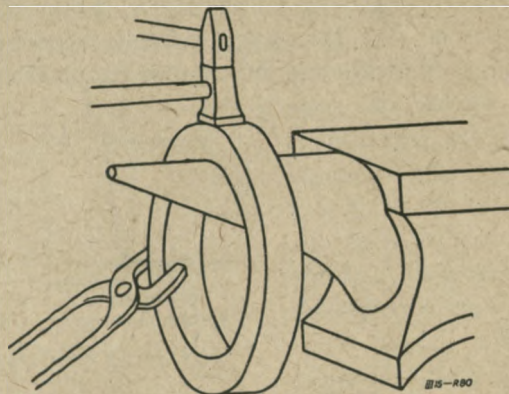


Rys. 79. Rozkucanie pierścienia przebijkami

dalej rozkuwać pierścień na rogu kowadła (rys. 80) lub na specjalnym trzpieniu pod młotami mechanicznymi lub prasami (rys. 81).

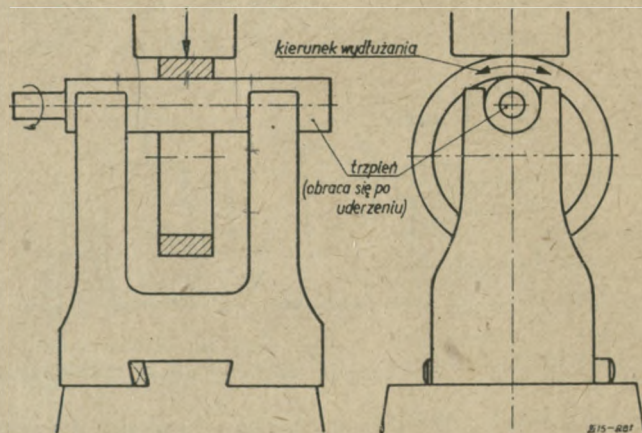
Inny sposób wykuwania otworów na gorąco polega na nacinaniu szczeliny i rozszerzaniu jej przez rozkucanie do pożą-

danego kształtu. W tym celu używa się wpierv przebijaka płaskiego (rys. 82) o zaokrąglonych krawędziach (krawędzie nie



Rys. 80. Ręczne rozkuwanie pierścienia na rogu kowadła

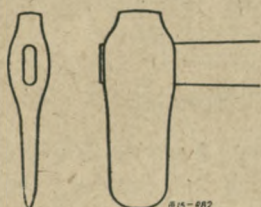
mogą być ostre, aby nie rozrywać materiału w miejscu a, rys. 83), który wkuwa się w przedmiot i wykonuje na wskroś szcze-



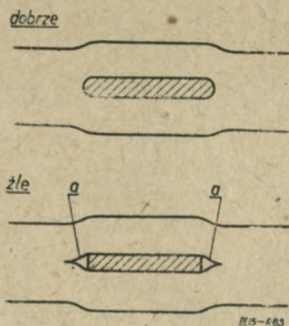
Rys. 81. Rozkuwanie pierścienia na młocie lub na prasie

linę wzdłuż osi podłużnej pręta. Następnie rozszerza się wytworzoną szczelinę przebijakiem o pożądanym kształcie otworu,

wbija się trzpień wykańczający (rys. 84) i nie wyjmując go, kształtuje się w foremnikach otwartych zewnętrzną postać wy-

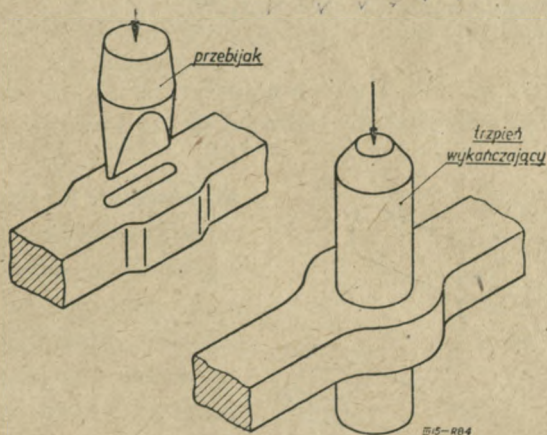


Rys. 82. Przebijak do nacinania



Rys. 83. Wadliwe i prawidłowe nacinanie

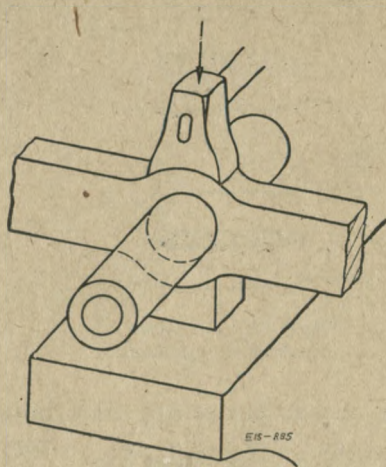
robu przy otworze (rys. 85). W ten sposób bez straty materiału, chociaż z większym nakładem pracy wykonuje się otwory



Rys. 84. Rozkuwanie otworu po przednim nacięciu

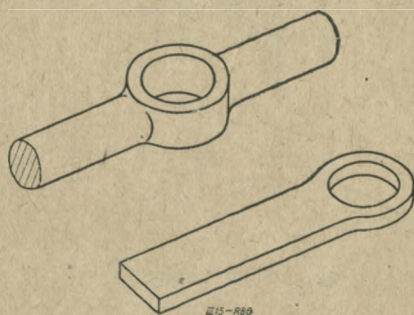
w środku pręta lub na jego końcu przy formowaniu ucha (rys. 86). Włókna materiału nie ulegają przy tym przecięciu przez otwór, lecz są jakby rozgięte na boki, co nie powoduje, jak w innych przypadkach, osłabienia tego miejsca.

Obwód przebitej szczeliny powinien być nieco mniejszy od obwodu gotowego otworu, dlatego za regułę przyjmuje się, że szerokość przebijaka nacinającego powinna być o 10-20% większa niż średnica wytworzonego otworu (dla otworów okrągłych).



Rys. 85. Kształtowanie wyrobu na trzpieniu

mają pozostać proste. Zginanie drobnych wyrobów, jak to przedstawia rys. 87, odbywa się na kowadlu. Przedmiot



Rys. 86. Wyroby z otworami wykonanymi przez nacinanie i rozkucie

7. Zginanie

Zginaniu podlegają na ogół tylko krótkie odcinki pręta końce zaś pozostają proste. Dlatego też wystarczy nagrzewać tylko te podlegające zginaniu miejsca, sąsiednie natomiast niepotrzebnie zagrzane ochłodzić.

Unikniemy w ten sposób odkształcenia się części, które mają pozostać proste. Zginanie drobnych wyrobów, jak to przedstawia rys. 87, odbywa się na kowadlu. Przedmiot ten przyciśnięty młotem *M* do kowadła *K*; po wystającej poza krawędź kowadła części materiału *a* uderza się drugim młotem w kierunku strzałki. Materiał zagina się na krawędzi kowadła tworząc łuk *r* na stronie zewnętrznej, a ostre zgięcie na wewnętrznej. Do łagodnego zaginania służy stożkowy róg przy kowadlu.

Można również posługiwać się imadłem, w którym mocujemy materiał zagrzany w miejscu *a* (rys. 88). Wówczas pręt

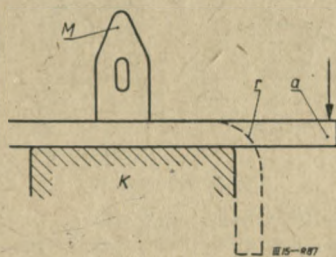
zginamy ciągnąc ręką lub, gdy jest zbyt krótki, za pomocą nasadzonej rury lub klucza na jego drugi koniec.

W miejscu zginanym zmienia się kształt przekroju pręta, gdyż włókna zewnętrzne materiału wydłużają się, wewnętrzne zaś ulegają skróceniu (spęczaniu). Pręt o przekroju okrągłym spłaszcza się, a o przekroju prostokątnym zmienia się w zniekształcony trapez, zachowując jednak tę samą powierzchnię, tak jak pokazuje rys. 89. Kształt przed zgięciem narysowany jest linią przerywaną.

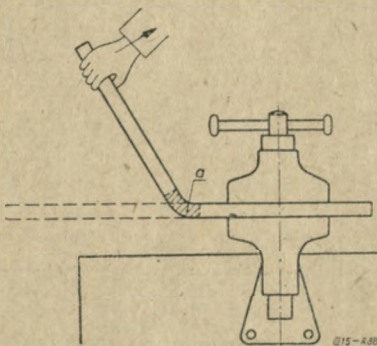
Przy wyrównywaniu tych zniekształceń przekrój nieco się zmniejsza i przez to zginanie miejsce osłabia. Przy zginaniu rur cienkościennych wewnętrzne ich warstwy fałdują się (rys. 90). Aby temu zapobiec, należy rury przed zginaniem napełnić suchym piaskiem i oba końce dobrze zakołkować drzewem.

Jeśli chcemy wzmocnić materiał w zginanym miejscu, musimy go przed tym spęczyć (rys. 91). Czasami spęcza się również podczas gięcia (rys. 92) lub po zginaniu (rys. 93); np. dla osiągnięcia ostrych krawędzi zewnętrznych i wewnętrznych. Przy tym, miejsca oznaczone literą *b* muszą być wypełnione przez spęczanie, zaś miejsca *a* muszą być usunięte przez wyciąganie.

Na kształt zgięcia możemy wpływać również przez odpowiednie ochładzanie części wewnętrznej lub zewnętrznej łuku (np. za pomocą zwilżonej szmaty). Gdy chłodzimy część we-



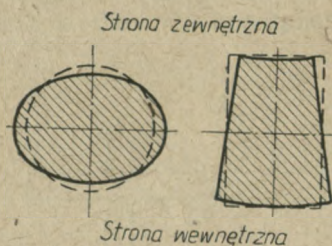
Rys. 87. Zginanie na kowadle



Rys. 88. Zginanie w imadle

wnętrzną, zewnętrzna silniej się wydłuża (jakby „naciąga“), chłodna zaś wewnętrzna — tylko zgina (a nie spęca).

Zgięcie o dużym promieniu wykonujemy na przyrządzie kowalskim posługując się wzornikiem (szablonem)



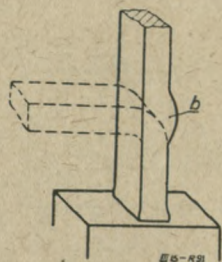
Rys. 89. Okształcanie się przekrojów prętów podczas zginania



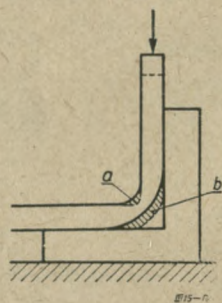
Rys. 90. Zniekształcenie cienkościennej rury podczas zginania

i dźwignią z rolką (rys. 94), która obtaczając się po przedmiocie dociska go do szablonu.

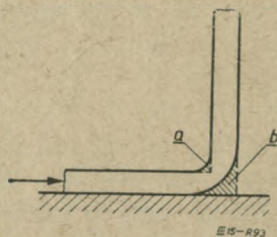
Przy wytwarzaniu większej ilości takich samych przedmiotów, opłaca się stosować przyrządy do zginania,



Rys. 91. Spękanie przed zginaniem



Rys. 92. Spękanie podczas zginania

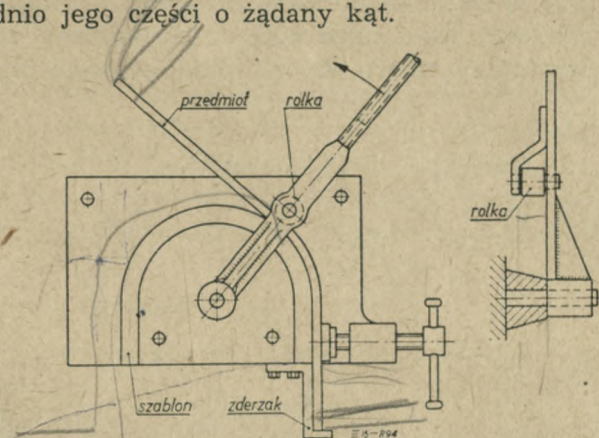


Rys. 93. Spękanie po zginaniu

ukształtowane wg pożądanego zagięcia (rys. 95). W niektórych wypadkach konieczne jest stosowanie dwu lub więcej przyrządów po kolei (np. do powtórnych i wykańczających zagięć). Przyrządy te najczęściej mocuje się na prasach wrzecionowych lub mimośrodowych.

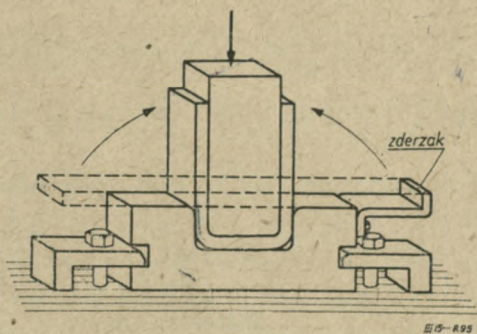
8. Skręcanie.

Jedną z ostatnich operacji kowalskich jest najczęściej skręcanie. Zazwyczaj zasadniczy kształt przedmiotu odkuwa się w jednej płaszczyźnie, potem dopiero skręca się odpowiednio jego części o żądany kąt.



Rys. 94. Przyrząd z rolką do zginania według szablonu

Jeśli przyjrzymy się dokładniej skręconemu materiałowi (rys. 96), to zauważymy, że przy skręcaniu go dookoła osi

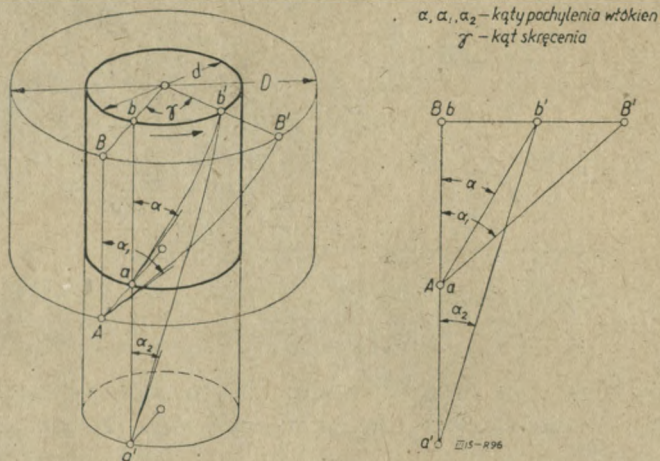


Rys. 95. Przyrząd do zginania

o kąt γ (gamma) w kierunku strzałki, włókno materiału ab , które początkowo było równoległe od osi pręta, pochyli się wskutek przesunięcia jego punktu końcowego b do położenia b' . Kąt α (alfa) nachylenia tego włókna w stosunku do osi można

łatwo zmierzyć, rysując w rozwinięciu trójkąt abb' (odcinek ab jest początkową długością włókna, odcinek bb' odpowiada długości łuku po kole od b do b').

Zauważymy teraz, że w miarę wzrostu średnicy pręta, np. z d na D i przy niezmiennym kącie skręcenia γ , skrajne włókna na powierzchni tego walca pochyliły się znacznie mocniej ($\alpha_1 > \alpha$). Odwrotnie, w miarę wzrostu długości pręta przy nie-



Rys. 96. Zależność kąta pochylenia oraz średnicy i długości materiału

zmienionym kącie skręcenia i średnicy, kąt pochylenia skrajnych włókien maleje ($\alpha_1 < \alpha$)

Doświadczenie wykazało, że stalowe pręty odpowiednio zagrane mogą być bezpiecznie skręcane do wywołania kąta pochylenia skrajnych włókien α najwyżej 36° . Powyżej tego kąta powstaje obawa pęknięcia materiału, co prowadzi do „ukręcenia się” pręta. Materiał musi być dobrze zagrany, możliwie równomiernie i na wskroś. Temperatury obróbki dla stali konstrukcyjnych są — 1100° do 900° .

Jako narzędzie do skręcania służy do mniejszych wyrobów imadło i kleszcze względnie pokrętło z kwadratowym lub prostokątnym otworem, nasadzane bezpośrednio na przedmiot.

Skrećanie przeprowadza człowiek siłą mięśni. Duże wyroby zaciska się pod młotem mechanicznym lub prasą, nakładając na nie odpowiednio przygotowane klucze lub pokrętła, które obraca się za pomocą dźwigu.

9. Zgrzewanie

Często przez łączenie dwóch lub więcej części z sobą jest łatwiej i taniej wykuć przedmiot o pożądanym kształcie. Nie raz nawet jedynie łączenie umożliwia wykonanie przedmiotu. Łączenie dwóch odpowiednio nagrzwanych części przez silne skucie ich z sobą nazywamy zgrzewaniem kowalskim.

Kowalskie zgrzewanie polega na:

1) nagrzwaniu łączonych części stalowych do temperatury białego żaru,⁴⁾

2) zachowaniu czystej metalicznej powierzchni obu łączonych miejsc,

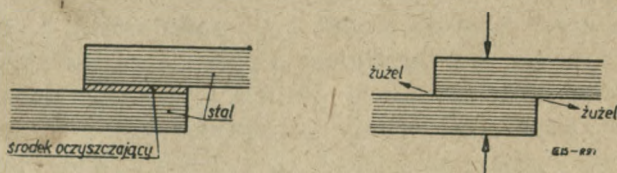
2) szybkim złączeniu i mocnym ściśnięciu pod prasą lub sklepaniu silnymi uderzeniami młota.

Stal łatwo spala się z tlenem z powietrza tworząc na powierzchni zgorzelinę. Ponieważ miejsca łączone muszą być zupełnie czyste, zgorzelinę należy usunąć jakimś chemicznym środkiem. Najtańszym jest suchy piasek kwarcowy, którym posypuje się przedmiot nie wyjmując go z ognia. Często też stosuje się boraks. Środki te topią się i rozlewają na powierzchni przedmiotu, rozpuszczając w sobie powstałą zgorzelinę. Jednocześnie tak powstały płynny żużel chroni głębsze warstwy metalu przed dalszym utlenieniem. Jeśli teraz obie te części zetkniemy i złączymy razem za pomocą silnych uderzeń, to płynny żużel zostanie pod naciskiem wyciśnięty na zewnątrz, czyste zaś metaliczne powierzchnie (rys. 97) zewrą się z sobą.

⁴⁾ Wysokość temperatury zależy od składu chemicznego stali, dla mękkiej stali węglowej wynosi około 1300°.

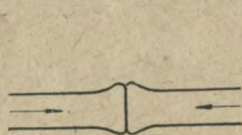
Gdyby udało się nam usunąć wszystkie cząsteczki zgorzeli-
liny, względnie wytłoczyć wszystkie kropelki środka oczysz-
czającego i płynnego żuźla, połączenie obu metalicznych
powierzchni byłoby zupełne.

W rzeczywistości jednak, zawsze część zanieczyszczeń pozo-
staje pomiędzy łączonymi powierzchniami, co osłabia nieco po-

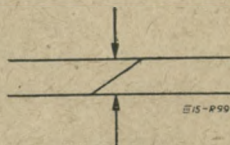


Rys. 97. Zgrzewanie

łączenie. Należy pamiętać, że silne przekuwanie łączonego miej-
sca nie tylko wpływa na dokładniejsze usunięcie żuźla, lecz
daje korzystniejsze rozłożenie ewentualnych jego resztek, które



Rys. 98. Zgrzewanie
w styk



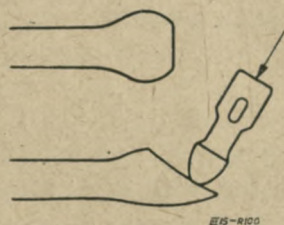
Rys. 99. Zgrzewanie
na zakładkę

przesuwając się do środka pręta, pozostawiają zewnętrzne war-
stwy czyste. Z g r z e w a n i e s t y k o w e, pokazane na rys. 98
można przeprowadzić jedynie, wywierając nacisk (poosiowy)
wzdłuż pręta, prowadzący do jego spęcznienia. Powierzchnia sty-
ku jest niewielka i przekuć jej nie można. Dlatego też zgrzewa-
nie stykowe, pomimo dokładnego obrabiania powierzchni sty-
kowych zetknięcia ich na zimno, w celu niedopuszczenia powie-
trza do miejsca styku oraz zagrzania prądem elektrycznym do
właściwej temperatury, jest najslabsze.

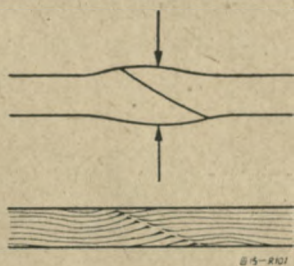
Znacznie pewniejsze jest z g r z e w a n i e n a z a k ł a d k ę,
przy którym obie części zachodzą na siebie (rys. 99). Powierz-

chnia styku jest przy tych samych wymiarach znacznie większa i co najważniejsze, zgrzewane miejsce można przekuć uderzając młotem wzdłuż strzałek (rys. 99).

Dla otrzymania pewnego zapasu materiału na przekucie zgrzewanego miejsca, lepiej poprzednio spęczyć go i zukosować oba końce, jak wskazuje rys. 100. Następnie, obie części wkładamy do ognia, chroniąc je od bezpośredniego działania wdmuchiwanego powietrza. Aby zmniejszyć możliwość szkodliwego nasarczenia materiału, węgiel lub koks powinny być już przepalone. Przedmioty nagrzewa się do białego żaru, póki nie zaczną



Rys. 100. Spęcznie i ukosowanie końców do zgrzewania na zakładkę



Rys. 101. Zgrzewanie na zakładkę i przebieg włókien w przekutej spoinie

ulatywać z nich iskry w kształcie gwiazdek. Posypuje się je wtedy piaskiem lub boraksem, nie wyjmując z ognia i czeka, aż powierzchnie pokryte zostaną całkowicie topiącym się środkiem oczyszczającym. Gdy iskry znów się ukazały, właściwa temperatura jest osiągnięta. Wówczas kowal wyjmuje jedną część, pomocnik drugą, strzepując energicznym ruchem nadmiar płynnego żużla, szybko układają obie części razem na kowadle, a kowal swym jednoręcznym młotkiem, kilkoma prędkimi i silnymi uderzeniami, łączy je z sobą. Gdy już części trzymają się nieco, pomocnik puszcza swoją część i przekuwa miejsce zgrzania dwuręcznym młotem, kowal zaś trzymając przedmiot w kleszczach, obraca nim i uderzeniami swojego młotka wskazuje pomocnikowi, gdzie trzeba uderzyć. Przekute miejsce zgrzania osiąga kształt jak na rys. 101.

Przy zgrzewaniu dużych przedmiotów korzystnie jest spoinę kształtować w postaci klina (rys. 102). Ułatwia to pracę przy łączeniu ciężkich poszczególnych części.

Z reguły należy wybierać takie miejsca zgrzewania na wykonanym przedmiocie, aby mogły być dobrze dostępne przy późniejszym przekuwaniu.

Najlepiej zgrzewa się czyste żelazo. Wszystkie składniki chemiczne, jakie występują w stali, zmniejszają tę właściwość żelaza. Z wrastającą zawartością węgla, zmniejszają się równocześnie zgrzewalność stali.

Dla otrzymania pewnego i wytrzymałego połączenia nie należy zgrzewać stali o większej zawartości węgla niż 0,15% (stal miękka). Twardsze stale co prawda też zgrzewają się, lecz trudniej i mniej pewnie. Dla ułatwienia zgrzewania stali wysoko-węglowych lub



Rys. 102. Przygotowanie spoiny klinowej na dużych przedmiotach

stopowych (np. stali szybko tnącej ze stalą węglową) stosuje się mieszaninę boraksu z opiłkami stali bardzo miękkiej. Opilki te w wysokiej temperaturze obróbki, przy oczyszczającym współdziałaniu boraksu, wytwarzają warstwę łączącą poszczególne części.

Zawartość manganu powinna zawierać się w granicach 0,4 do 0,8%. Przy większej zawartości powstaje trudność oczyszczania wnętrza spoiny z żużla. Najszkodliwiej działa siarka i arsen, których zawartość nie powinna przekraczać kilku setnych części procentu. Należy dlatego zwrócić uwagę na dobór paliwa, gdyż często można nasiarczyć nim spoinę ze szkodą dla wartości stali.

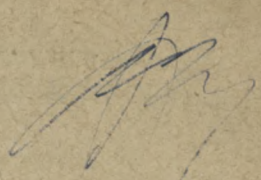
Fosfor nie utrudnia zgrzewania, lecz dotkliwie zwiększa kruchość zgrzewanego miejsca. Zawartość jego, podobnie jak siarki, nie powinna przekroczyć kilku setnych części procentu. Dodatek chromu i wolframu do stali utrudnia zgrzewanie, podnosząc temperaturę obróbki, nikiel zaś na nią nie wpływa zupełnie.

Drogą zgrzewania można niejednokrotnie uprościć przebieg fabrykacji lub naprawić uszkodzone przedmioty.

10. Gładzenie

Po ukończeniu kucia, przedmiot należy wykończyć w wyglądając jego powierzchnię. Do tego celu używa się gładzików różnego kształtu (rys. 28), pobijanych młotem (rys. 61), albo spodków i nadstawek (rys. 20) lub foremników (rys. 21), za pomocą których wygładza się ostatecznie kształty przedmiotów skomplikowanych (rys. 85). Temperatura przedmiotu nie powinna być zbyt wysoka, bo nie chodzi tu o znaczną zmianę kształtu.

Często przeprowadza się tę wykończającą obróbkę, wykorzystując nagrzanie pozostałe po poprzedniej operacji kowalskiej. Wysoka temperatura przyczynia się do wytworzenia większej ilości zgorzeli na stalowym przedmiocie, co powoduje szorstkość powierzchni. Najwłaściwszą temperaturą dla obróbki gładzenia jest temperatura wiśniowego żaru (800°)



IV. WYKONANIE CZYNNOŚCI KOWALSKICH

1. Rola kowala i pomocnika

Współpraca pomiędzy kowalem i jego pomocnikiem jest podstawą organizacji pracy w kuźni, gdyż kowal samotnie nie może pracować.

Obaj pracownicy muszą być dobrze zgrani z sobą, gdyż praca wymaga pośpiechu, ponieważ metal szybko stygnie.

Uderzenia młota muszą być sprawne i szybkie. Siła uderzenia zależy od dwóch czynników: 1) ciężaru młota, 2) szybkości młota w chwili uderzenia.

Im cięższy jest młot, tym mocniej możemy nim uderzać. Ale nawet ciężki młot, położony na przedmiocie nie zostawi na nim żadnego śladu. Dopiero szybkie opuszczanie go wywoła właściwy skutek.

Młotki o krótkim trzonku, pozwalają na niewielki rozmach, a szybkość uderzenia przy tym nie jest duża. Młoty na długich, trzonkach pozwalają na duży rozmach. Można je unieść wysoko ponad głowę i opuścić na przedmiot z dużą szybkością. Uzyskamy jeszcze większy rozmach, gdy na wyciągniętych rękach zatoczmy nim krąg koła ciała i uderzymy z góry z wielką siłą (tzw. uderzenie „na okrętkę“). Przy kuciu ręcznym oba te czynniki są ograniczone. Ciężar młota nie przekracza 12 kG, bo większy zbyt szybko zmęczyłby ręce. Szybkość uderzenia jest uwarunkowana długością trzonka, która nie może przekroczyć odległości od podłogi swobodnie opuszczonej dłoni stojącego człowieka.

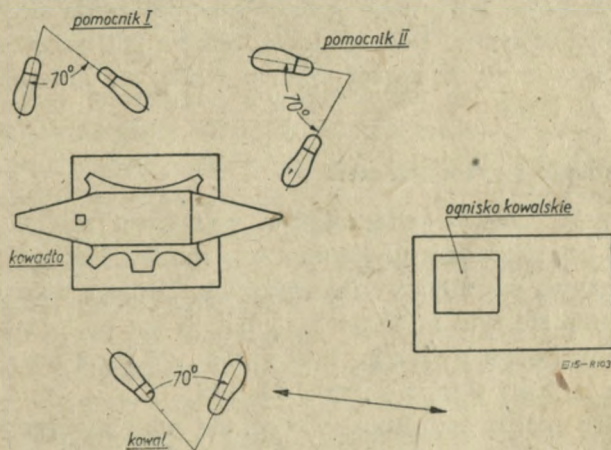
Pomocnik używa najczęściej młotów dwuręcznych o wadze 6 kG. Kowal zaś młotka jednoręcznego o wadze 1 do 3 kG,

a najczęściej 1,5 — 2 kG. Kształt obu młotów jest zupełnie podobny. W wypadku, gdy oprócz kowala jeszcze dwóch pomocników uderza młotami, drugi pomocnik musi mieć młot o rąbie podłużnym i stać w czasie pracy przy kowadle na prawo od pierwszego pomocnika (rys. 103).

Oprócz bicia młotem pomocnik kowalski spełnia wiele pomocniczych czynności, a m. in. przygotowanie właściwych narzędzi kowalowi, podgrzewanie materiału, dokładanie węgla do ognia itd.

2. Postawa przy uderzaniu młotem

Rozkład stanowisk pracy dookoła kowadła ilustruje rys. 103. Wzajemne ustawienie kowadła i ogniska kowalskiego może być



Rys. 103. Stanowisko pracy kowala i jego pomocników przy kowadle

inne niż podano na rys. 103, lecz należy zachować następujące zasady:

1) kowadło powinno być ustawione tak blisko ogniska, aby kowal nie potrzebował robić więcej niż jeden duży krok na przejście od kowadła do ogniska.

2) ustawienie kowadła w stosunku do sąsiedniego ogniska powinno sąsiedniemu kowalowi umożliwić pracę na nim, w razie koniecznej potrzeby,

3) kowadło powinna otaczać dostatecznie duża przestrzeń (w promieniu 1,5 metra), aby pracownicy mogli się poruszać swobodnie.

4) stanowisko pomocnika za kowadłem powinno wypadać w takim miejscu, aby ten nie stał na drodze kowalowi i nie był narażony na zetknięcie się z gorącym przedmiotem.

Kowal jak i pomocnik muszą stać pewnie podczas wykonywania swych czynności. Prawidłową postawą jest lekki rozkrok, przy czym lewa stopa powinna być nieco wysunięta do przodu, zachowując kąt pomiędzy stopami około 70°.

Ciężar ciała podczas uderzania młotem spoczywa na lewej nodze nieco dla elastyczności zgiętej w kolanie. Prawą nogą tylko podpieramy się. W chwili uderzenia młotem, dla zwiększenia rozmachu, lewą nogę jeszcze mocniej zgina się w kolanie, a prawą odpycha. Podczas bicia młotem „na okrętkę“, duży rozmach powoduje, że ciężar ciała przenosi się kolejno z prawej nogi na lewą.

3. Rodzaje i rytm uderzeń

Do kucia małych przedmiotów wystarcza młotek jedno-ręczny. Tam, gdzie siła uderzenia tego młotka jest nie wystarczająca, używa się młotów dwuręcznych. Istnieją dwa sposoby posługiwania się tym młotem: szybkie uderzenia, lecz z małym rozmachem i wolne uderzenia, lecz z największym rozmachem.

Stosując sposób pierwszy, chwyta się młot dwuręczny prawą ręką za trzonek w odległości dłoni od obucha, lewą zaś za swobodny koniec trzonka. Następnie, unosi się (z ugięciem rąk w łokciach) młot powyżej głowy i opuszcza na przedmiot. Podczas uderzeń młot mija ciało pomocnika po jego prawej stronie. Rozmach jest krótki, uderzenia są celne i możliwie prostopadłe. Mogłoby się jednak zdarzyć, że młot skreśli się trochę w rękę i uderzy krawędzią w przedmiot. Spowoduje to wkućcie kanciastych wgłębień, tj. skaleczenie przedmiotu. Aby tego uniknąć, obuch ręcznego młota jest nieco wypukły. Młoty mechaniczne natomiast, jako prowadzone dokładnie pionowo nie

potrzebują oczywiście wypukłego ukształtowania bijaka. Przy tym sposobie uderzania ręce szybko się męczą, gdyż ciężar młota podnosimy tylko siłą mięśni na zgiętych rękach, a ponadto kujący nie może zaczerpnąć głębokiego oddechu.

Drugim sposobem, bardziej właściwym jest uderzanie młotem dwuręcznym z rozmachem naokół ciała, czyli tzw. „kucie na okrętkę”. Trzonek młota chwytą się przy tym oburącz za koniec. Rozmach rozpoczyna się, gdy obuch stoi na ziemi, z lekkim ugięciem ciała z prawej (lub z lewej) strony ciała do tyłu ponad głowę. Młot unosi się ku górze stopniowo coraz prędeziej, by z największą szybkością spuścić go z ponad głowy na przedmiot. Zapewnia to najlepszy skutek uderzenia. Energiczne poderwanie młota z ziemi i zwolnienie jego szybkości w najwyższym położeniu, daje uderzenia mało skuteczne. Szybkość rozmachu należy zwiększać stopniowo. Trzonek należy trzymać sprężysto, nie kurczowo, by mięśnie nie zmęczyły się zbyt szybko. Zbyt luźne trzymanie również jest niecelowe, bo trzonek drży w ręku, uderzenie jest niecelne, na dłoni zaś prędko pojawiają się pęcherze. Przy tego rodzaju uderzeniach rozmach jest najdłuższy, a jeśli dobrze wykorzystujemy zataczany młotem krąg, to i siła uderzenia jest największa; celność uderzeń zaś zależy od wprawy. Mięśnie nie męczą się tak znacznie jak poprzednio, powstała przy obrocie znaczna siła odśrodkowa pomaga młot utrzymać. Stosunkowo długo trwający rozmach przy kuciu „na okrętkę” umożliwia jednocześnie pracę dwóch, a nawet trzech kowali. Gdy kowal uderza, drugi zaczyna rozmach, a trzeci unosi młot ponad głowę. Praca taka wymaga dużej wprawy i utrzymania jednako-owego rytmu uderzeń.

Podczas pracy konieczne jest porozumiewanie się kowala z pomocnikiem. Ponieważ w kuźni na ogół panuje dość silny hałas, porozumiewanie się jest możliwe tylko przy pomocy umówionych znaków, dawanych młotkiem o kowadło lub o kuty przedmiot. Znaki te są następujące:

1. Dźwięczne uderzenie młotkiem o gładź kowadła, przywołuje pomocnika. Kowal uderza przy tym lekko

w gładź i przesuwa sprężysto odbijający się od niej młotek w stronę rogu kowadła, wywołując charakterystyczny dźwięk. Tym samym znakiem przywołuje pomocnik kowala, gdy materiał został dostatecznie nagrany.

2. Podczas kucia kowal, uderzając młotkiem o kowadło, nakazuje pomocnikom odpowiednie tempo pracy. Po charakterze tego uderzenia pomocnik orientuje się czy ma uderzyć mocniej, czy słabiej, prędzej czy wolniej.

3. Kowal uderzając młotkiem w przedmiot pokazuje miejsce, w które mają uderzyć pomocnicy. Gdy podczas kucia uderzy w kowadło oznacza to, że należy powtórzyć uderzenie w poprzednio pokazane miejsce.

4. Podczas kucia, pomocnik powinien uważać, czy kowal uderza obuchem, czy rąbem i naśladować jego uderzenia.

5. Jeśli kowal po uderzeniu przytrzyma swój młotek na kowadle i położy go bokiem, kucie należy natychmiast przerwać.

4. Wybór odpowiedniego przekroju materiału

Po obliczeniu ciężaru gotowego wyrobu, z uwzględnieniem odpowiednich naddatków wymiarowych na obróbkę mechaniczną i na ewentualne odkucie próbki oraz po zwiększeniu tego ciężaru o 2 — 10% na spalanie (nieuniknione wytworzenie zgorzeliny), zależnie od przewidywanych ilości zagrzewania przedmiotu (przy 1 zagrzaniu tracimy zwykle 2—3% materiału), należy określić najkorzystniejsze wymiary i kształt przekroju materiału wyjściowego. Nie ma na to dokładnego sposobu obliczenia, a istnieją tylko pewne ogólne wskazówki. Należy pamiętać, że w czasie przekuwania prętów na inny kształt powierzchnia ich przekroju zawsze zmniejsza się. Przy płaszczeniu prętów kwadratowych, np. rygli, materiał jednocześnie nieco się wydłuża, ale obwód przekroju poprzecznego prętów przeważnie wzrasta, dlatego też prawie zawsze uda się wykonać przedmiot z rygla o boku równym połowie sumy szerokości i grubości przedmiotu, bez potrzeby poprzed-

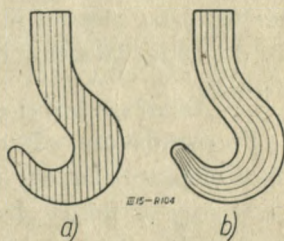
niego spęczania rygla. Najlepszym doradcą przy wyborze właściwszego przekroju materiału jest długoletnie doświadczenie zawodowe.

5. Kolejność operacji

Dobranie kolejności operacji przy odkuwaniu jest rzeczą ważną i ściśle dostosowaną do zadań, jakim ma służyć odkuwka. Należy zachować właściwe wymiary przedmiotu, jego kształt i nawet przebieg włókien materiału. Dobry kowal powinien tak ułożyć kolejność prac, aby wykonać przedmiot dokładnie, a przy tym jak najszybciej i jak najtaniej.

Zwykle najpierw wykonuje się te czynności kowalskie, które zmieniają kształt przedmiotu, wielkość poszczególnych przekrojów i ogólne jego wymiary np. wydłużanie, rozszerzanie, odsadzanie. Potem wykonuje się te czynności, które nadają przedmiotowi ogólny kształt, np. zginanie, skręcanie, przebijanie otworów. Na końcu przeprowadza się wykończenie powierzchni odkucia, tj. gładzenie.

Żądanie konstruktora zachowania ściśle określonego przebiegu włókien materiału w gotowym przedmiocie, zmusza nieraz kowala do obrania innej kolejności operacji, powodujących dodatkowe trudności. Np. hak do dźwigu (rys. 104) można wykonać przez wycięcie z odpowiednio grubej blachy. Wówczas jednak w haku pozostanie taki sam przebieg włókien, jaki był w blasze, tj. prostolinijny (rys. 104), bardzo niekorzystny, gdyż w poprzek włókien materiału, łatwo się odkształca i hak się rozegnie. Aby nośność była jak największa, prawidłowy przebieg włókien powinien być zgodny z krzywizną haka. Zmuszeni jesteśmy więc wykonywać go przez zginanie (rys. 104 b).



Rys. 104. Przebieg włókien w haku wyciętym z blachy (a) i odkutym (b)

6. Wykończanie odkuć

W rozdziałach poprzednich omówiliśmy sposoby nadawania odkuciom właściwego kształtu i odpowiedniej gładkości powierzchni. Obecnie omówimy sprawę

ich, budowy wewnętrznej. Po odkuciu, przedmioty należy ostrożnie ostudzić do temperatury otoczenia, nie narażając ich na pęknięcie. Odkucia ze stali niskowęglowej można bez obawy studzić w spokojnym powietrzu. Należy jednak pamiętać o tym, że im więcej węgla zawiera stal i im więcej posiada składników stopowych, tym ostrożniej i wolniej należy ją studzić.

Dlatego też odkucia ze stali wysokostopowych (np. szybko tnących) z reguły wkładamy bezpośrednio po odkuciu do gorącego (800°) pieca, zamykamy drzwiczki i studzimy razem z nim. Metoda zagrzebywania gorących odkuć w suchym popiele, ponieważ nie jest pewna, nie jest polecana, zwłaszcza dla małych odkuć, i należy uważać ją za zło konieczne wtedy, gdy nie ma wolnego pieca do dyspozycji.

Dla nadania wszystkim odkuciom jednakowych własności poleca się poddawać je wstępnej obróbce cieplnej, np. normalizowaniu lub wyżarzaniu. Pierwszą z nich stosujemy dla stali takich, które po tej obróbce są jeszcze łatwo obrabialne (np. stale konstrukcyjne węglowe i niektóre niskostopowe). Inne stale, które po normalizowaniu stałyby się zbyt twarde do obróbki, należy po odkuciu wyżarzać.

Niektóre odkucia ze stali konstrukcyjnej (np. wały wykorzystywane, osie samochodowe) poddaje się czasem przed obróbką mechaniczną ulepszeniu cieplnemu, tj. hartowaniu i odpuszczaniu do takiej twardości, która zapewnia im jeszcze dobrą obrabialność.

Po ostudzeniu odkuć (po kuciu względnie po wstępnej obróbce cieplnej), należy usunąć z nich powstałą zgorzelinę, która jak wiemy utrudnia obróbkę mechaniczną i wskutek swej twardości szybko tępi narzędzie.

Zgorzelinę można usunąć za pomocą trawienia odkuć stalowych w 10% roztworze kwasu siarkowego, zaprawionego 0,2% mąki pszennej, w ciągu około 1 godziny, przy temperaturze pokojowej.

Najczęściej odkucia, w celu oczyszczenia poddaje się piaskowaniu (działaniu silnego strumienia piasku wydmuchiwanego za pomocą powietrza sprężonego do kilku atmosfer).

Niektóre urządzenia piaskujące pozwalają na stosowanie ostrokąciastego piasku stalowego (zamiast naturalnego), który odrzucany jest szybko wirującymi łopatkami. Urządzenia te wydzielają stosunkowo mniej pyłu i są znacznie zdrowsze dla obsługi.

7. Sprawdzanie wymiarów i kształtów

Do pomiarów wykonywanych podczas kucia „na gorąco”, używa się narzędzi pomiarowych jak: miarka, maćki, cyrkiel, kątomierz, suwmiarka, przymiar wymiarowy i kształtowy.

Dokładność tych pomiarów ze względu na tempo pracy i temperaturę⁵⁾ mierzonego przedmiotu nie jest duża. Nie można też wymagać przesadnej dokładności wymiarowej od kowala przy ręcznym kuciu. Dokładniejsze odkucia z mniejszymi odchyleniami wymiarowymi można otrzymać jedynie przy zastosowaniu przyrządów lub foremników.

Do sprawdzenia kształtu przedmiotów odkutych służą kształtowe przymiary wycięte z blachy, które przykładamy do gorącego przedmiotu i tą drogą oceniamy dokładność jego wykonania.

Przy cięciu czy zginaniu takich samych przedmiotów z pręta, bardzo pomocne są odpowiednio ustawione zderzaki (porównaj rys. 94 i 95), do których dosuwa się tylko materiał.

8. Konserwacja narzędzi

Pierwszym warunkiem zachowania narzędzi w dobrym stanie jest porządne ich przechowywanie. W dużej kuźni każdy kowal ze swymi pomocnikami musi posiadać komplet codziennie potrzebnych narzędzi kowalskich,

⁵⁾ Przy temperaturze kucia około 1100° stal węglowa rozszerza się około 1,3%, co stanowi 13 mm na długości 1 m.

za które jest odpowiedzialny. Po skończonej pracy powinien on chować te narzędzia w specjalnej, zamykanej szafce. Narzędzia rzadziej używane lub kosztowniejsze, pobiera się z wypożyczalni narzędzi i zaraz zwraca, gdy nie są już potrzebne. *

Podczas pracy tępią się ostrza narzędzi, a najczęściej wykruszają się lub pękają całkowicie. Kowal powinien umieć samodzielnie je naprawiać. Podczas „zaprawiania“ narzędzia, należy miejsce podlegające naprawie zagrzać do przepisanej temperatury kucia (zależnie od gatunku stali) i nadać mu odpowiedni kształt. Po ostudzeniu szlifuje się ostrze na tarczy ściernej, a potem całe narzędzie, w celu ulepszenia poddaje obróbce cieplnej (hartowanie i odpuszczanie). Na warsztacie często stosuje się skrócony sposób, tzw. ulepszenie zastępcze, polegające na ostudzeniu w wodzie samego ostrza i na odpuszczaniu go kosztem ciepła zawartego w pozostałej części narzędzia. Wykonuje się to następująco: zagrzane do odpowiedniej temperatury hartowania narzędzie zanurzamy pionowo do wody, aż ostrze zagłębi się na około 15 mm, następnie zagłębiamy je na 25 mm i znów wynurzamy na poprzednią głębokość. Ruchy te powtarzamy co 1 sekundę, aż do zupełnego ostudzenia ostrza. Ma to na celu stopniowe zmiany twardości od miejsca hartowanego do niehartowanego. Następnie, na cegle ogniska lub kamieniu oczyszczamy ostrze z powstałej zgorzeli do czystego metalicznego połysku i obserwujemy powstawanie na nim nalotów barwnych (patrz tablica I) powstających wskutek jego ogrzewania się od pozostałej nieostudzonej części narzędzia. Gdy osiągnęliśmy pożądaną temperaturę ostrza, tj. odpowiedni stopień odpuszczania, chłodzimy całe narzędzie w wodzie.

Młoty i młotki powinny być dobrze osadzone na trzonkach, zaś narzędzia pobijane — luźno, aby nie odbijały ręki podczas pobijania.

W czasie pracy należy dbać o narzędzia, nie należy ich zbyt mocno ogrzewać w ogniu (np. kleszczy razem

z przedmiotem nie kłaść w pobliżu ognia), bo mogą odpuścić się, a drewniany trzonek tych narzędzi upali się. Poza tym należy uważać i narzędzi hartowanych, jeśli istnieje możliwość ich zetknięcia z twardą gładzią kowadła, hartowaną podcinką lub spodkiem, zbyt silnie nie pobijać.

Dobry stan narzędzi jest najlepszą gwarancją solidności pracy.

9. Warunki bezpieczeństwa podczas pracy

Bezpieczeństwo pracy w kuźni zależy od wielu czynników, a dbać o nie powinien nie tylko kierownik lub majster, lecz i każdy pracownik.

Budynek kuźni powinien być szczelny, aby nie było przeciągów, jednak jasny i dobrze przewietrzany, dla umożliwienia usunięcia dużej ilości spalin, dymu i pyłu unoszącego się z podłogi i ze zgorzeliny. Ma to na celu polepszenie warunków zdrowotnych pracy.

Oświetlenie w kuźni musi być dobre, ściany należy pobielić i często odświeżać, aby nie pochłaniały dużo światła. Okna i świetliki winny być czysto utrzymywane. Również sztuczne oświetlenie w nocy powinno umożliwiać bezpieczną pracę.

Maszyny, młoty i piece powinny być tak rozstawione, aby umożliwiały swobodny dostęp do nich w czasie pracy. Przejścia pomiędzy urządzeniami muszą być swobodne. O ile zachodzi potrzeba dorzucania kowalowi ogrzanych przedmiotów z oddalonego pieca, przejście należy zagrozić linką lub dać ostrzegawczy znak. Młoty spadowe powinny być od strony przejścia osłonięte szczelną ścianką, aby odpryskująca zgorzelina nie poparzyła przechodzących. Koła zębate, pasy i wały muszą mieć również osłony, pomosty wysoko położone muszą mieć poręczce, a podłoga i stopnie schodów nie mogą być śliskie.

Pracownik podczas uderzania młotem powinien uważnie uderzać w określony punkt przedmiotu czy też narzędzia,

w przeciwnym bowiem wypadku uderzając niecelnie, spowodować może silne skaleczenie prawej dłoni.

Przed użyciem należy sprawdzić, czy młot jest dobrze osadzony na trzonku. Trzonek musi być gładki i nie może posiadać zadr, o które łatwo można się skaleczyć. Trzonki z zadrami często pękają nagle i mogą przez to spowodować poważne wypadki. Kowadła i młoty powinny być zawsze czysto utrzymane, nie mogą być zwłaszcza zaoliwione, stają się bowiem wtedy niebezpiecznie śliskie. Podczas kucia przedmiotu o większych wymiarach, należy ułożyć go płasko na kowadle (nieruchomo), w przeciwnym razie uderzenia przenoszą się na drugi koniec przedmiotu, który trzymamy w rękę i mogą spowodować bolesne obrażenia dłoni.

Pracownik powinien mieć obcisły i przylegający do ciała ubiór o krótkich rękawach, bez naddartych kieszeni, wiszących pasków itp. Rękawy należy zawijać do wewnątrz, aby podczas kucia nie mogły zaczepić się o trzonek młota lub inny przedmiot, jak również uniemożliwiały zatrzymywanie się iskier lub odpadającej zgorzeliny.

Wszyscy pracownicy łącznie z administracją muszą docenić wartość, jaką stanowi zdrowie i życie każdego członka społeczeństwa i wytworzyć taką atmosferę, aby powyższe zasady nie były nakazem, lecz dobrze zrozumianą koniecznością.

CZEŚĆ TRZECIA

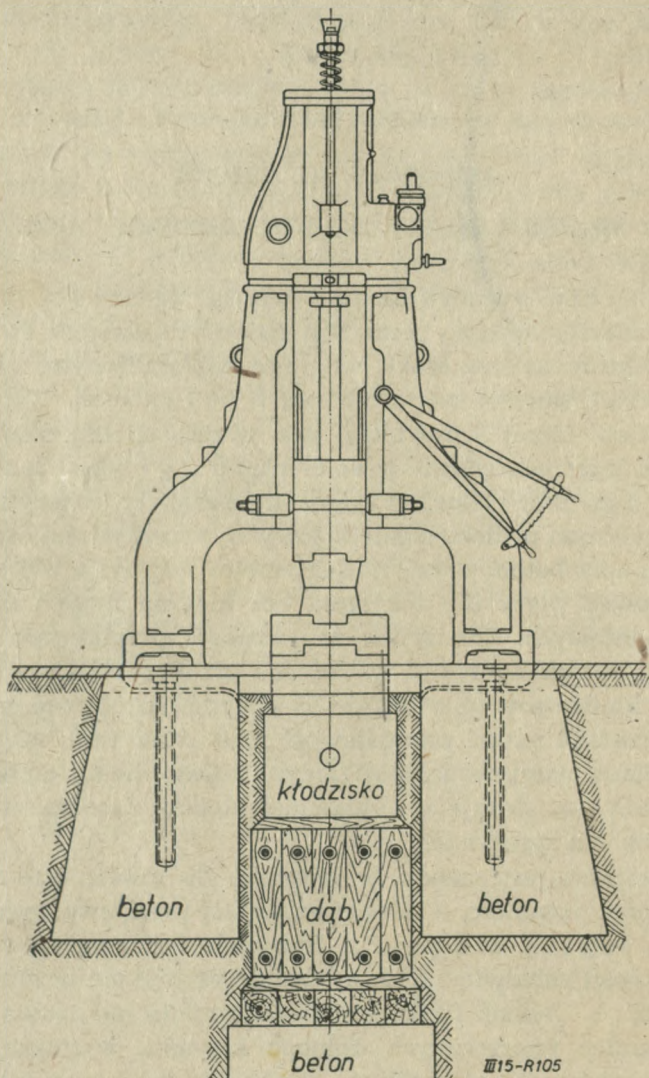
MASZYNY KUŹNICZE

I. MŁOTY I PRASY DO SWOBODNEGO KUCIA

Do kucia swobodnego używa się młotów, których charakterystyczną cechą jest osobny fundament kowadła, osadzonego w ciężkim bloku żeliwnym lub staliwnym, zwanym szabotą i samego korpusu młota z bijakiem. Typowym przykładem takiej konstrukcji jest jeszcze dzisiaj stosowany w wielu kuźniach ciężki młot parowy typu bramowego (rys. 105). Młot ten składa się z szaboty, spoczywającej na elastycznym podłożu z bali dębowych, wspartych na osobnym fundamencie betonowym. Stojaki młota wspierają się za pośrednictwem płyty lub też zgola bez niej na innych blokach fundamentowych. Chodzi o to, żeby szabota, przejmująca znaczną ilość energii uderzenia młota, nie przekazywała wstrząsów całemu fundamentowi, co mogło by wpłynąć szkodliwie na działanie urządzeń młota, prawidłowość jego ustawienia, względnie na sąsiednie maszyny, a nawet budynki. Ostatnio dla zmniejszenia wstrząsów, stosuje się układanie bloków fundamentowych pod młoty na sprężynach.

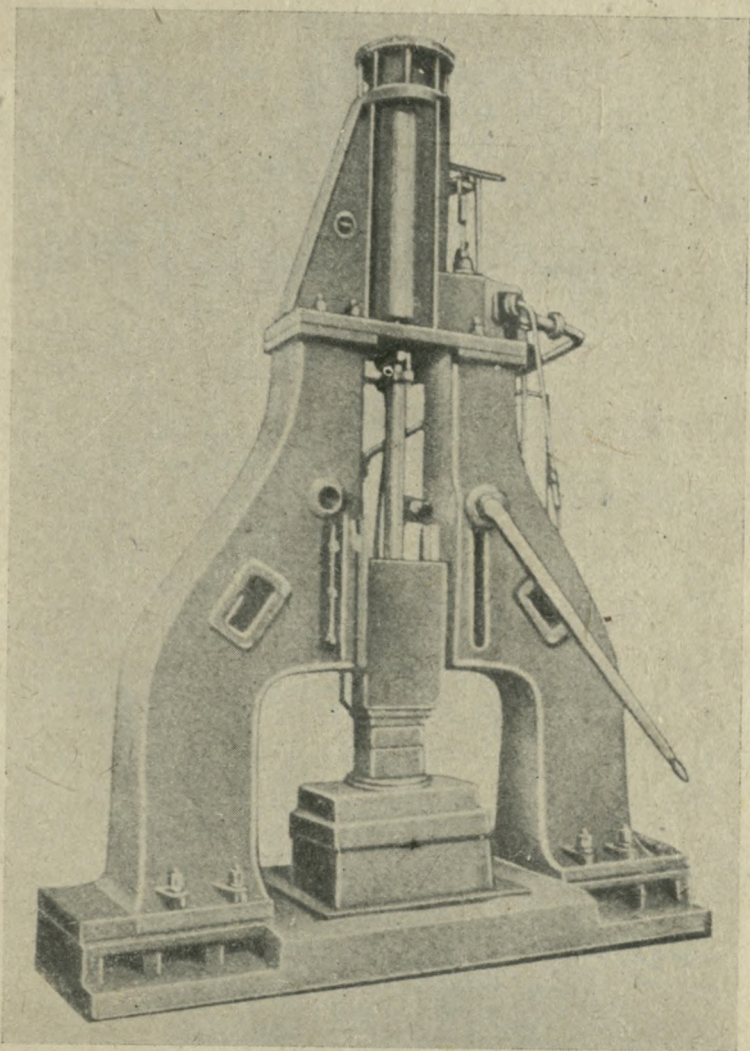
Im cięższa jest szabota w stosunku do młota, tym mniejszym ulega drganiom, a młot energiczniej przekuwa (gwarowo: „młot lepiej ciągnie“). Stosunek tych ciężarów dawniej wynosił zaledwie 7,5 : 1, a obecnie buduje się w granicach (10 ÷ 15) : 1. Jednak i taka konstrukcja młota nie usuwa drgań i przesunięć poprzecznych dolnego kowadła w stosunku do górnego, przez co uniemożliwia stosowanie tego typu młota do kucia w foremnikach. W niektórych kuźniach jednak popęnia

się ten błąd, kując na takich młotach ciężkie odkucia foremnikowe; prowadzi to do zniszczenia urządzenia, pęknięcia tarczy i naraża na kosztowne remonty.



Rys. 105 Młot parowy (typ bramowy) dawniejszej konstrukcji i sposób jego ustawienia

Bijak omawianego młota podnoszony jest za pomocą tłoczy-
ska połączonego z tłokiem poruszającym parą. Opadanie bijaka

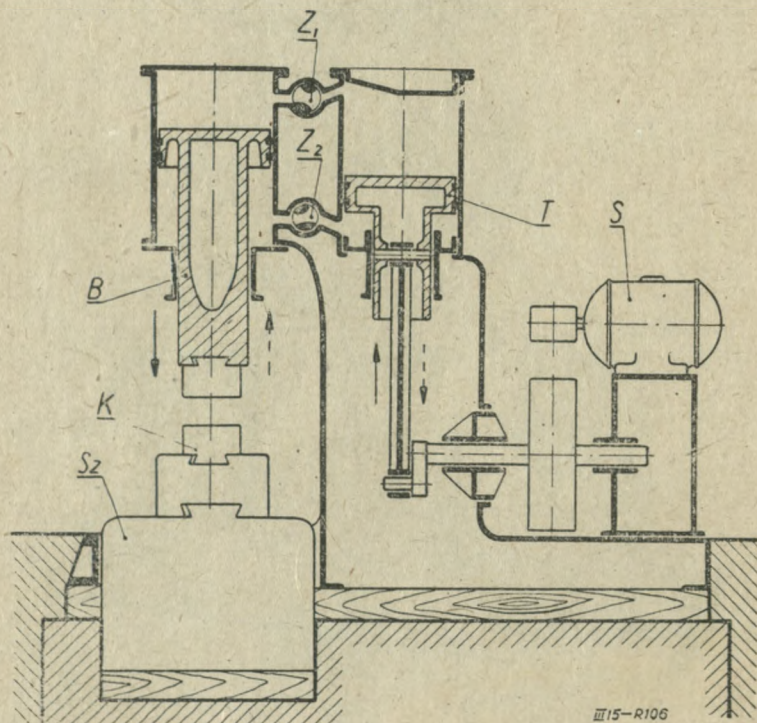


Rys. 106. Radziecki bramowy młot parowo-powietrzny o ciężarze
bijaka 1300 kG typu M 132 do kucia swobodnego

przyspieszone jest ciśnieniem tej pary, która w tym wypadku działa na tłok z góry. Sterowanie młotem (jego podnoszenie i opuszczanie) odbywa się za pomocą stawideł uruchamianych przez młotowego ręczną dźwignią. Te same młoty mogą być poruszane nie tylko parą, lecz również sprężonym powietrzem. Granicę wielkości omawianych młotów należy obecnie określić najwyżej na 10 ton wagi bijaka. W wypadku konieczności użycia cięższych młotów, lepiej zastosować prasę hydrauliczną.

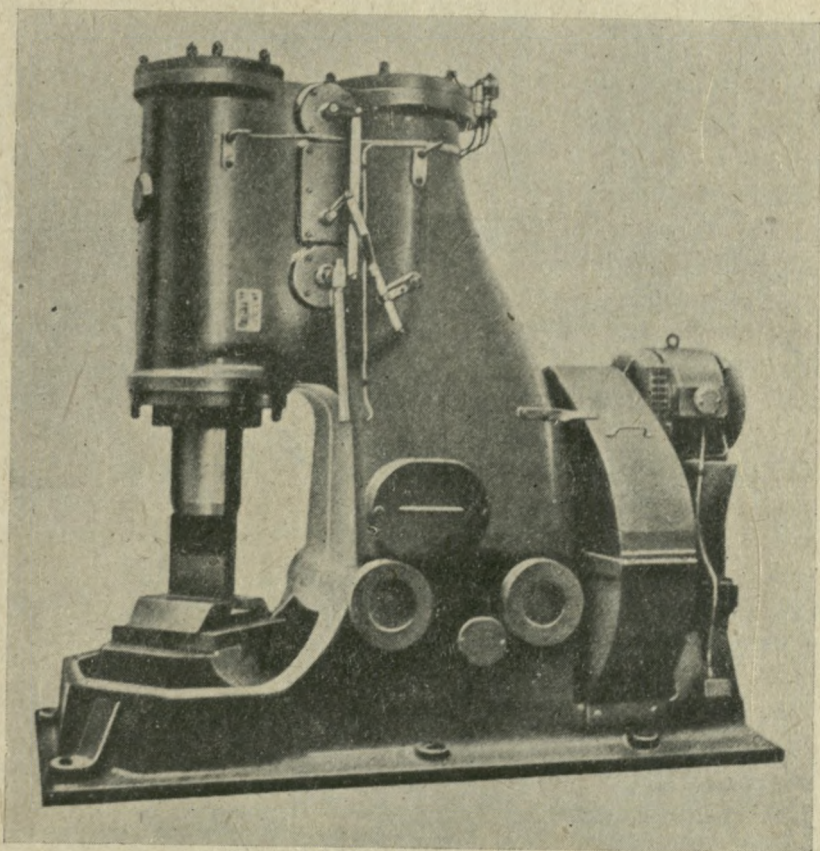
Na rys. 106 pokazany jest młot tego typu produkowany przez przemysł radziecki.

Młoty parowe do kucia swobodnego budowane są również jako wysięgowe (jednostojakowe). W tym wypadku inne szczegóły konstrukcyjne pozostają bez zmiany.



Rys. 107. Młot sprężarkowy: B — bijak; K — kowadło; S — silnik elektryczny; Sz — szabota; T — tłok sprężarki; Z_1Z_2 — zawory regulujące

Do drobnych i średnich odkuć swobodnych służą młoty
wysięgowe powietrzne (pneumatyczne), z wbu-
dowaną sprężarką, zwane młotami sprężarkowymi.
Schemat takiego młota ilustruje rys. 107. Powietrze sprężone
tłokiem *T* w sprężarce, napędzanej silnikiem elektrycznym *S*



Rys. 108. Radziecki młot sprężarkowy typu M-415
o ciężarze bijaka 400 kG

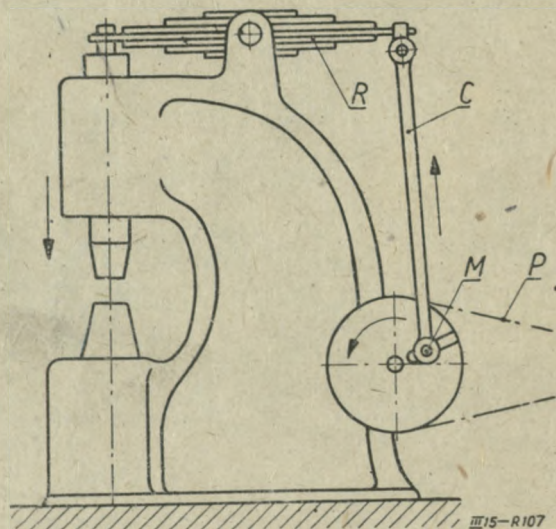
zostaje przetłoczone ponad tłok bijaka *B*, który wskutek tego
zaczyna opadać na kowadło *K* pod wpływem własnego ciężaru

i ciśnienia powietrza. W tym samym czasie powietrze spod tłoka *B* przepływa pod tłok *T* sprężarki. Gdy natomiast tłok *T* opuszcza się, powietrze przetłaczane jest w odwrotną stronę i bijak podnosi się. Przymykają lub otwierają zawory *Z*₁ i *Z*₂, możemy otrzymywać uderzenia młota o dowolnej sile.

Młoty te posiadają elastyczny rozrząd pozwalający na sterowanie bez specjalnego maszynisty, lecz bezpośrednio przez kowala naciskającego nogą odpowiedni pedał. Młoty te budowane są w zakresie od 50 do 2000 kG wagi bijaka i całkowicie wypierają stosowane dotychczas młoty sprężynowe, które tylko rzadko jeszcze są używane, i to jako młoty pomocnicze do zakuwania prętów przy kuciu w foremnikach.

Rys. 108 przedstawia nowoczesny młot sprężarkowy produkcji radzieckiej.

Zasada konstrukcji młota sprężynowego przedstawiona jest na rys. 109. Charakterystyczną cechą tego młota jest



Rys. 109. Młot sprężynowy

C — ciągnio; *M* — nastawny mimośród; *P* — pas napędowy; *R* — resor to, że napęd przenosi się na bijak za pośrednictwem płaskiego resoru *R*, który umocowany jest na korpusie młota na kształt

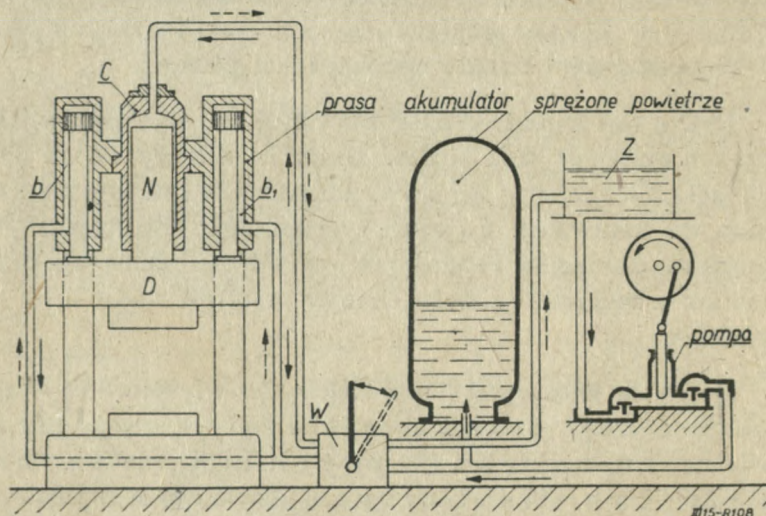
dźwigni dwuramiennej. Jeden koniec resoru połączony jest z bijakiem młota, drugi zaś z ciągnem C, poruszonym za pomocą nastawnego mimośrod *M*. Wspomniany mimośród obraca się w kierunku strzałki wtedy, gdy przerzuci się pas napędowy przekładni z luźnego koła pasowego na zaklinowane na wale mimośrod. Pas ten przerzuca się za pomocą rączki lub pedału za pośrednictwem układu odpowiednich dźwigni.

Ustawiając mimośród dalej lub bliżej osi, uzyskujemy większy lub mniejszy skok bijaka. Ciężar bijaka wynosi od 50 do 200 kG. Młot pracuje szybkimi uderzeniami i nadaje się zwłaszcza do odkuwania drobnych przedmiotów. Elastyczne połączenie mechanizmów poprzez resor umożliwia odkuwanie przedmiotów o zmiennej grubości, lecz w granicach stosunkowo niewielkich.

Do kucia większych (i największych) wlewków używa się obecnie z zasady pras kowalskich parowo- lub powietrzno-hydraulicznych względnie szybkobieżnych hydraulicznych, działających zupełnie bez wstrząsów i nie wymagających skutkiem tego specjalnie dużych fundamentów. Zakres budowy obejmuje 750 do 15 000 ton nacisku, co kwalifikuje te prasy do wykonywania największych odkuś swobodnych.

Schemat prasy powietrzno-hydraulicznej podaje rys. 110. Cylinder roboczy *C* prasy hydraulicznej jest wypełniony wodą (lub olejem). Pod działaniem ciśnienia wody nurnik *N* opuszcza się na dół i zgniata materiał położony na stole. Im większe jest to ciśnienie, tym większy jest nacisk prasy. Zwykle ciśnienie w prasach hydraulicznych wynosi 100 — 300 kG/cm² (atmosfer). Do wywołania tego ciśnienia konieczna jest odpowiednia pompa z samoczynnymi zaworami. Zasysa ona wodę ze zbiornika *Z* i tłoczy rurociągiem do prasy przez rozdzielacz *W*. Rozdzielacz ten, przestawiony w inne położenie, odcina dopływ wody do cylindra *C* otwierając jej przepływ do cylindrów *b* i *b*₁.

w celu wykonania prasy ruchu powrotnego; jednocześnie otwiera się odpływ z cylindra C do zbiornika Z. W tym czasie pompa nadal pracuje i tłoczy wodę do naczynia w kształcie odwróconej butli, zwanej akumulatorem, sprężając zawarte



Rys. 110. Prasa hydrauliczna

C — cylinder; N — nurnik D — górny stół roboczy; b i b₁ — cylindry powrotnika; W — rozdzielacz; Z — zbiornik wody

w nim powietrze. W razie nadmiernego wzrostu ciśnienia w akumulatorze, pompa automatycznie zatrzymuje się.

II. MŁOTY I PRASY DO KUCIA FOREMNIKOWEGO

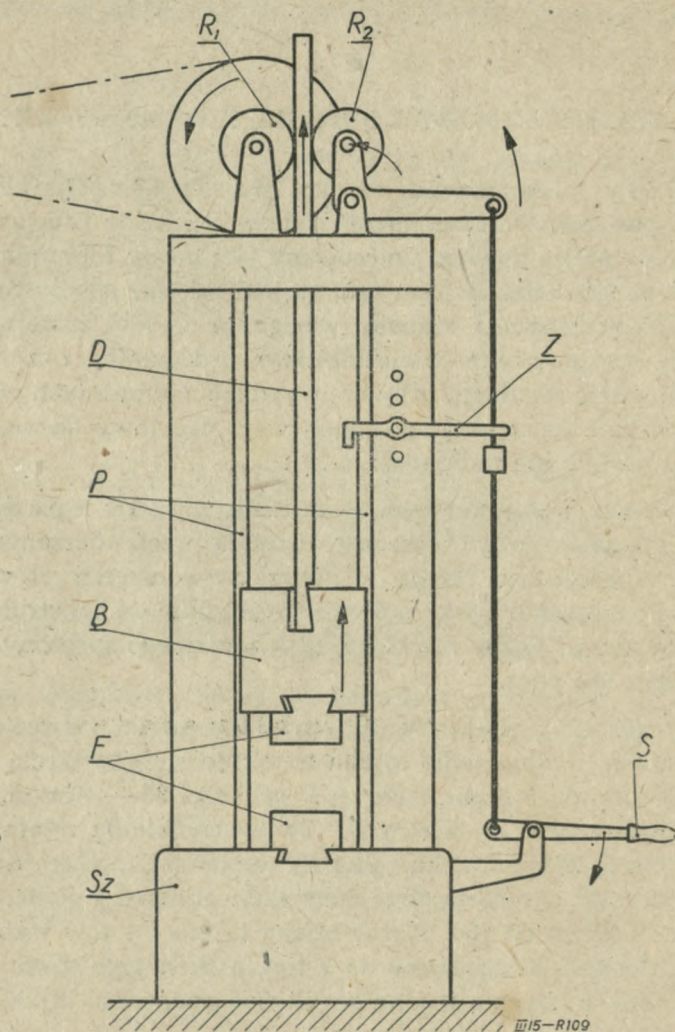
Młoty przeznaczone do kucia w foremnikach muszą posiadać w stosunku do szaboty dokładne prowadzenie bijaka, w bijaku bowiem umocowany jest górny foremnik, dolny zaś na kowadle. W tym celu stojaki młotów spoczywają na wspólnej podstawie z szabotą (względnie na niej samej) i posiadają często nawet wielożłóbkowe prowadnice dla bijaka z możliwością regulacji. Aby nie wywołać nadmiernych wstrząsów i drgań konstrukcji, stosunek wagi podstawy do wagi bijaka musi być nie mniejszy niż 20 : 1.

Do kucia w foremnikach stosuje się młoty spadowe, które jak sama nazwa wskazuje, działają przez uderzenie swobodnie spadającego bijaka w dobrze wykonanych prowadnicach. Podnoszenie bijaka odbywa się zależnie od konstrukcji za pomocą deski, taśmy lub tłka, uruchamianego sprężonym powietrzem lub parą.

Na rys. 111 pokazany jest młot spadowy cierny z deską. Podnoszenie bijaka uzyskuje się siłą tarcia napędzanej rolki R_1 o deskę bukową D grubości 25 — 40 mm, która umocowana jest w bijaku B . Do uruchomienia młota, służy dźwignia S , która dociska rolkę R_2 wspomnianą deskę do rolki R_1 . Zderzak ogranicza zbyt duży skok bijaka ku górze, wyłączając docisk rolki R_2 . Ciężar bijaka takich młotów wynosi od kilkudziesięciu kilogramów do 3 ton, a skok jego około 2 metrów. Siłę uderzenia można regulować podnosząc bijak wyżej lub niżej.

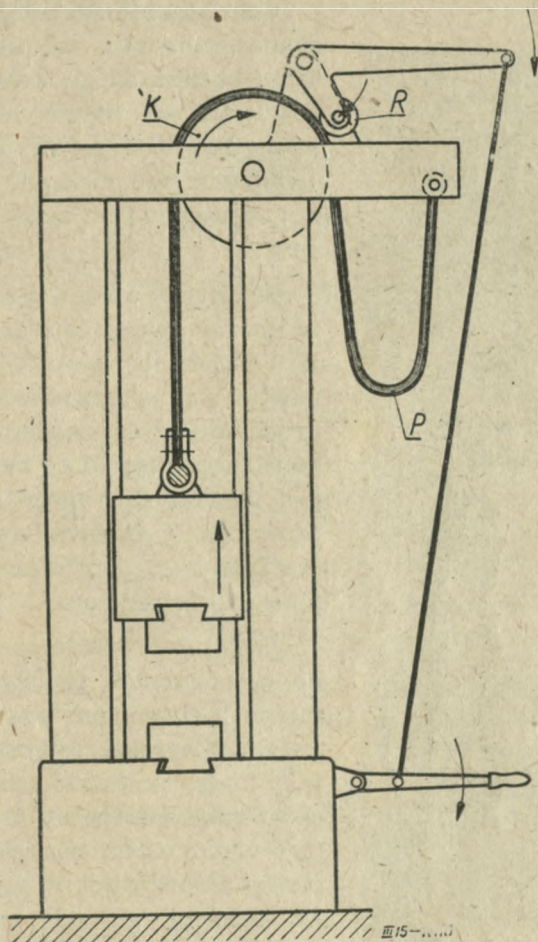
Największą wadą tego typu młotów jest niedogodność używania deski, która prędko niszczy się oraz konieczność budo-

wania wysokich pomieszczeń, gdyż podczas podnoszenia bijaka deska wysoko wysuwa się ponad młot.



Rys. 111. Młot spadowy cierny z deską
B — bijak; *D* — deska; *F* — foremniki; *P* — prowadnice; R_1 — rolka napędzająca; R_2 — rolka dociskająca; *S* — dwignia sterownicza; *Sz* — szabota; *Z* — zderzak ograniczający

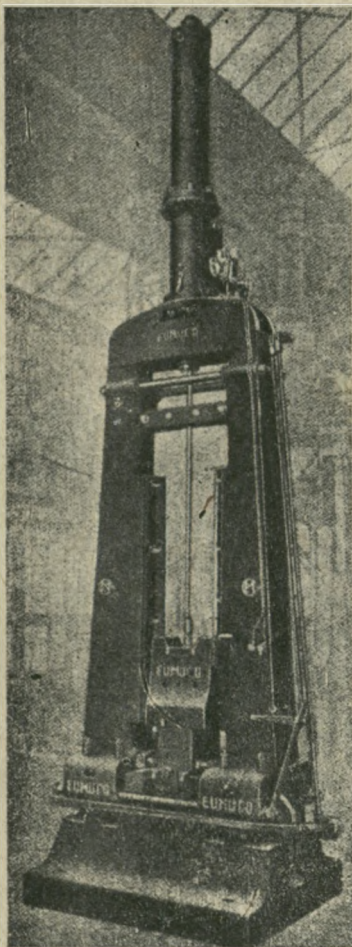
Na rys. 112 pokazany jest schemat młota spadowego ciernego z taśmą. Konstrukcja ta wyróżniła się tym, że



Rys. 112. Młot spadowy, cierny, taśmowy
K — koło napędzające; P — taśma; R — rolka dociskająca

niewygodna deska zastąpiona została taśmą, która dociskana jest rolką *R* do obracającego się koła *K*. Koniec taśmy umocowany jest na stałe do belki. Podczas podnoszenia bijaka taśma

opadając ku dołowi nie zajmuje dużo miejsca. Poza tym pracuje ona znacznie dłużej niż deska.



Rys. 113. Młot spadowy

nie ich może być zwykle (przez maszynistów) lub samoczynnie przez pedał, przyciskany przez samego kowala. W tym wypadku

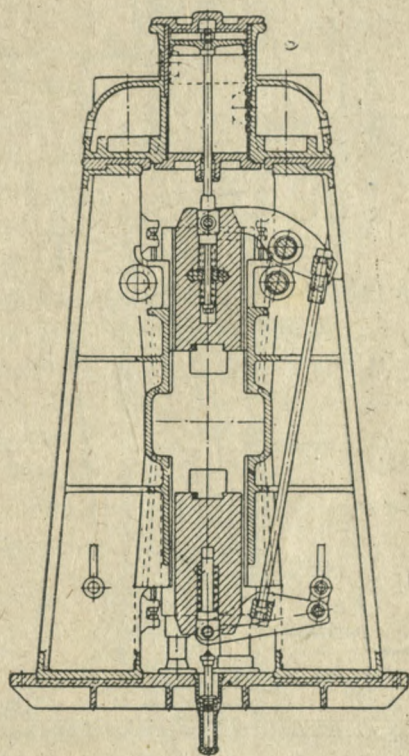
Gdy odsunie się rolkę *R*, bijak opada pociągając za sobą taśmę, która obciera się po kole *K*. Wywiązujące się ciepło niszczyłoby ją prędko, dlatego też dodatkowe urządzenie (nie pokazane na rysunku) odsuwa w tym czasie taśmę od koła *K*.

Młoty taśmowe budowane obecnie nie są cierne, taśma nie jest dociskana rolką do koła, lecz nawija się na odpowiedni bęben, uruchamiany sprzęgłem mocnej konstrukcji (typ *M a s s e y'a*). Napęd mechanizmu może być przeprowadzony od dowolnego silnika (najdogodniej, oczywiście, od silnika elektrycznego).

Inne młoty spadowe podnoszone są za pomocą łożek, uruchamianych ciśnieniem powietrza lub pary. Charakterystyczną cechą tych konstrukcji jest bardzo cienki, a więc elastyczny trzon łożka (typ *E u m u c o*), posiadający specjalny amortyzator w bijaku, który uchroni go od wyboczenia w chwili uderzenia (rys. 113).

Siłę uderzenia młotów spadowych można regulować wysokością podnoszenia bijaka. Sterowa-

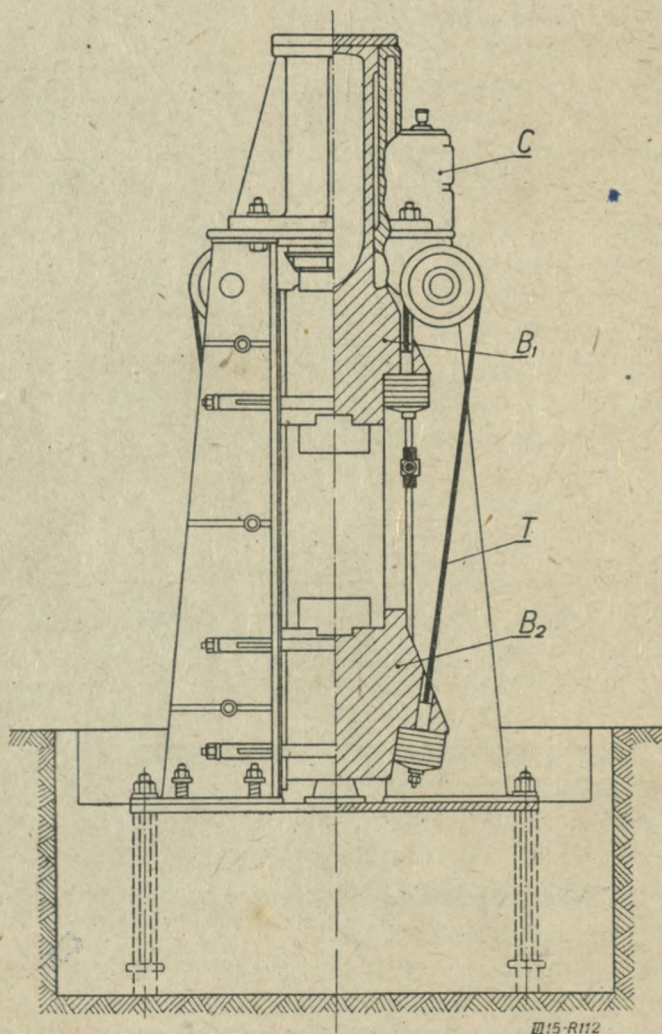
charakterystyczny jest stały ruch bijaka, jak przy maszynie tłokowej. Kowal naciskając pedał, zwiększa tylko zakres wahań i siłę uderzenia bijaka.



Rys. 114. Młot przeciwbieżny dźwigniowy konstrukcji radzieckiej

Zakres budowy młotów spadowych wynosi od kilkudziesięciu kG do 20 ton wagi bijaka.

Ostatnio — przy kuciu w foremnikach — coraz większe uznanie zyskują sobie tzw. młoty przeciwbieżne, po-



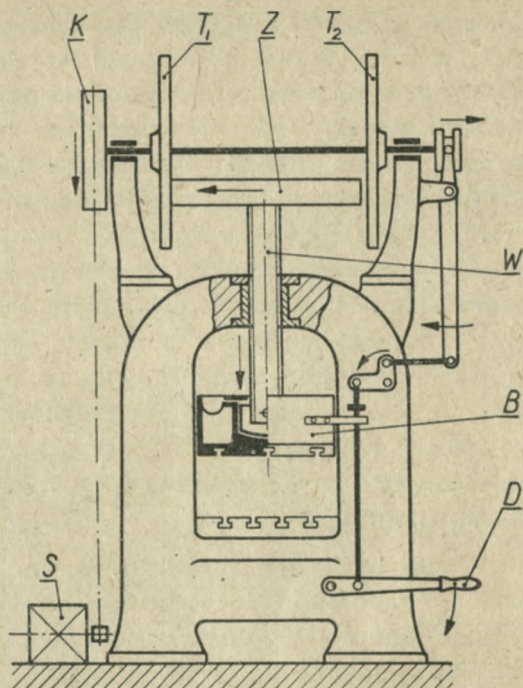
Rys. 115. Młot przeciwbieżny taśmowy

siadające dwa bijaki (górny B_1 i dolny B_2), które związane są albo systemem dźwigniowym (rys. 114), albo systemem stałych taśm T (rys. 115) odpowiednio amortyzowanych.

Napęd bijaków — tj. wzajemny ruch ku sobie lub odwrotnie — powoduje jeden cylinder i tłok ciśnieniem pary lub powietrza. Młoty te nie wymagają specjalnie ciężkich i kosztownych fundamentów i nadają się do instalowania w warsztatach, w których grunt jest nieodpowiedni do budowy.

Ponadto odkucia wykonywane na tych młotach dobrze wypełniają foremniki o kształtach cienkościennych i uźebrowanych.

Spośród pras mechanicznych, największe zastosowanie do odkuć foremnikowych mają tzw. prasy wrzecionowe (śrubowe), które pracują z pewnym uderzeniem, lecz ze znacznie mniejszą szybkością niż młot. Schemat takiej prasy przedstawia rys. 116. Wrzeciono prasy W posiada nacięty gwint i wkręca się w nakrętkę umocowaną w korpusie. Na wrzecionie umocowane jest poziomo koło zamachowe Z . Drugi koniec



III 15-R113

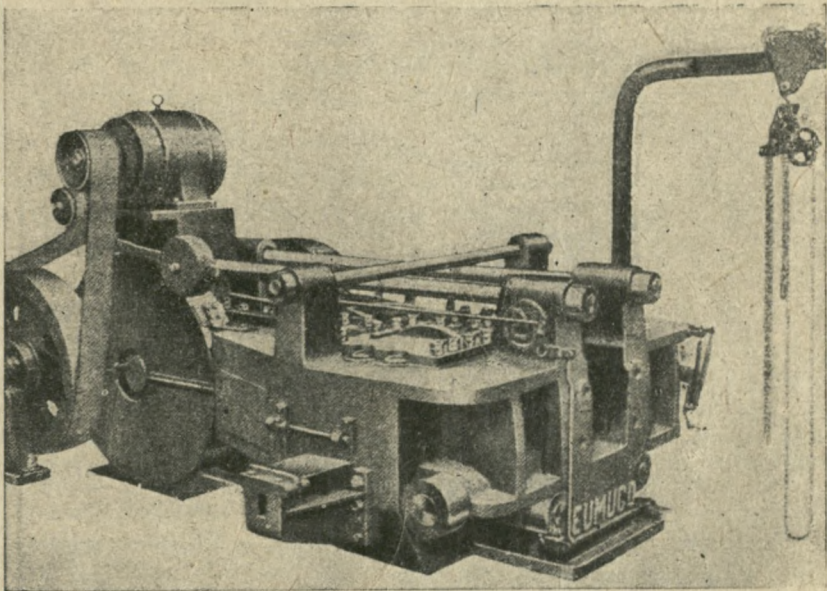
Rys. 116. Prasa wrzecionowa
 B — bijak; D — dźwignia sterownicza; K — koło napędowe pasowe; S — silnik elektryczny; T_1, T_2 — taśmy; Z — koło zamachowe (śruba);

wrzeciona umocowany jest obrotowo w bijaku prasy. Ruch bijaka uzyskuje się przez wkręcanie i wykręcanie wrzeciona z korpusu. Powstaje to przez dociśnięcie do koła zamachowego, stale w jedną stronę obracających się tarcz T_1 względnie T_2 . Tarcze te są sztywno zaklinowane na poziomym wale, wspólnie z kołem pasowym K . Odpowiedni luz w łożyskach pozwala na poziome przesuwanie tego wału za pomocą układu dźwigni sterowniczych D . Gdy bijak znajduje się w górze, koło zamachowe może stykać się z tarczą T_1 w pobliżu jej środka. Lecz w miarę opadania wrzeciona koło zamachowe, trąc się stale o tarczę, będzie stopniowo czerpać ruch z coraz większej średnicy, a więc będzie obracać się coraz to prędzej, bijak zaś będzie opadał z coraz większym przyspieszeniem, aż do zetknięcia się z przedmiotem. Dla podniesienia bijaka poziomy wał przesuwa się w przeciwną stronę, aż do sprzęgnięcia tarczy T_2 z kołem zamachowym. Największe prasy tego rodzaju wywierają nacisk do 1000 ton.

Koszty fuchu tych pras są mniejsze niż młotów i o ile tylko kształt i wielkość odkucia na to pozwalają należy je stosować. Oprócz tego pras tych używa się do operacji zaginania (prętów lub blach) oraz do tłoczenia z blachy na gorąco lub zimno.

Inne prasy mechaniczne korbowe, mimośrodowe, kolankowe) oraz hydrauliczne posiadające bardzo małą szybkość dogniatania, do kucia w foremnikach w szerszym tego słowa znaczeniu nie nadają się, gdyż mają zbyt powolny ruch. Efekt wypełniania bardziej złożonych kształtów foremnika przy powolnym ruchu tłoczniaka jest znacznie mniejszy niż przy uderzaniu, zwłaszcza, że długotrwała styczność przerabianego materiału z narzędziem chłodzi go znacznie i obniża plastyczność. Prasy te tylko w pewnych wypadkach — w warunkach łagodnego i prostego przepływu materiału — służą do wyciskania kształtów (kształty kielichowe, skorupy granatów, butle itd.), aczkolwiek obecnie nieraz stosowane są do wytłaczania w foremnikach zamkniętych odkuć z metali

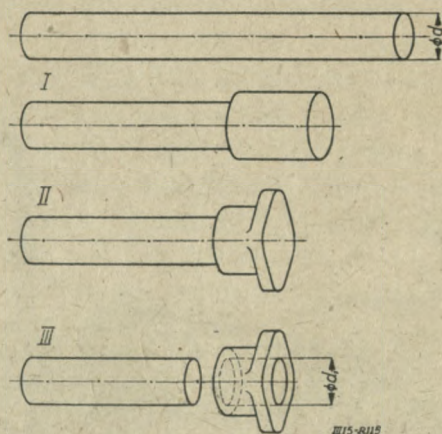
kolorowanych, nawet o bardziej skomplikowanych kształtach. Na ogół w nowych warsztatach prasy hydrauliczne zwłaszcza większe (powyżej 300 ton nacisku) służą do wytłaczania blach na gorąco lub na zimno.



Rys. 117. Kuźniarka

Pewnym specjalnym poziomo ustawionym rodzajem prasy mechanicznej do kucia w foremnikach jest k u Ź n i a r k a (rys. 117). Ostatnio kuźniarki bardzo często są stosowane. Rozwój ten wywołał przede wszystkim przemysł samochodowy. Większość kół zębatach, stanowiących zwłaszcza jednolitą całość z wałkiem lub tuleją, daje się racjonalnie wykonać na kuźniarce wprost z długiego nie ciętego pręta, przez spęczanie w foremniku. Pręt ten musi być uprzednio podgrzany za pomocą niewielkiego piecyka kuźniczego.

Przy produkcji przedmiotów z otworem, średnica materiału wyjściowego musi być nieco mniejsza od tego otworu. W ten sposób materiał z niego wytłoczony, jak to pokazano na rys. 118, tworzy z prętem jedną całość (nie jest odpadkiem) i jest wykorzystany do wytworzenia następnej sztuki. Daje to duże oszczędności w stosunku do innych metod pracy.



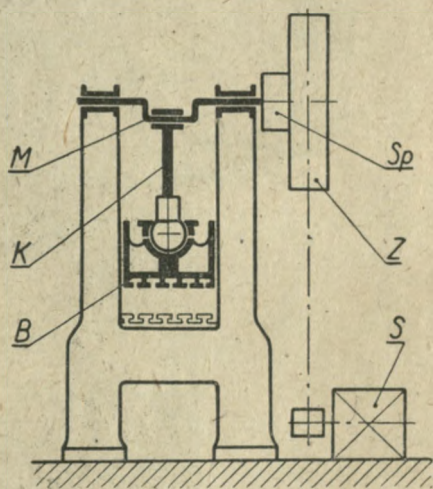
Rys. 118. Wytłaczanie przedmiotów z otworem o średnicy równej lub większej niż średnica pręta (na kuźniarce). I operacja — spęczanie, II operacja — wytłaczanie, III operacja — wytłaczanie otworu z jednoczesnym odcięciem przedmiotu od pręta

Kuźniarki buduje się do pracy z prętów o średnicy najczęściej nie przekraczającej 100 mm.

III. MASZYNY POMOCNICZE I SPECJALNE

Do pomocniczych maszyn w kuźniach należy zaliczyć prasy mechaniczne: mimośrodowe, korbowe i kolankowe.

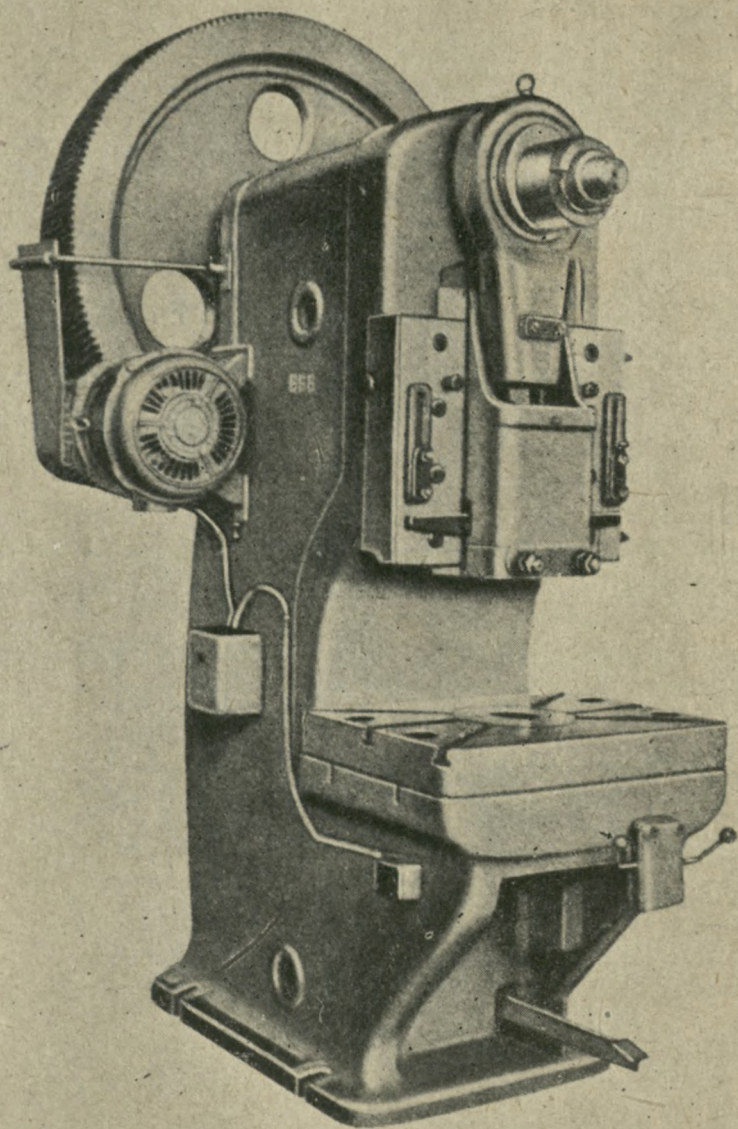
Schemat prasy mimośrodowej albo korbowej przedstawia rys. 119. Bijak *B* połączony jest za pomocą korbowodu *K* z mimośrodem *M* na wale prasy. Na wale tym obraca się luźno koło zamachowe *Z*. Z chwilą naciśnięcia rączki lub pedału, sprzęgło *Sp* zwiera koło zamachowe z wałem i porusza bijak. W razie puszczenia rączki, specjalny mechanizm zatrzymuje bijak prasy w górnym, martwym położeniu. Bijak pracuje najczęściej w pobliżu dolnego, martwego położenia, może bowiem wówczas wyrzucić największy nacisk.



Rys. 119. Prasa mimośrodowa (korbową)
B — bijak; *K* — korbowód; *M* — mimośród (korba); *S* — silnik elektryczny; *Sp* — sprzęgło; *Z* — koło zamachowe

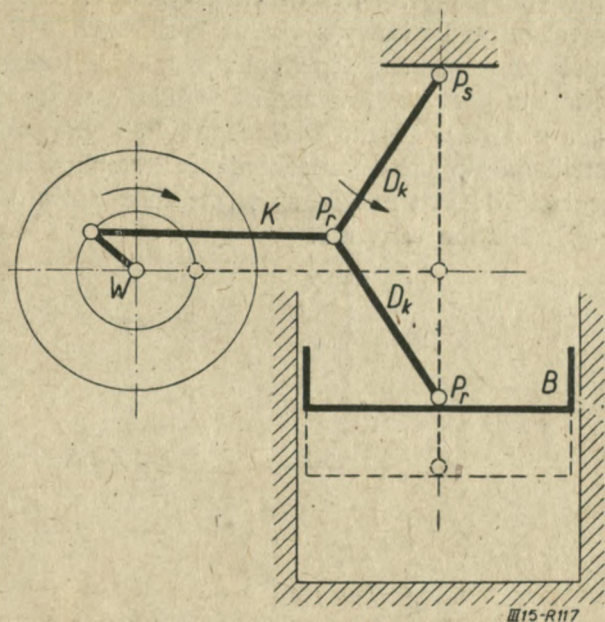
Rysunek 120 przedstawia nowoczesną prasę mimośrodową produkcji radzieckiej. Prasa ma napęd indywidualny przy zastosowaniu przekładki zębatej o zębach skośnych.

Prasy te służą do obcinania nadmiaru materiału (rąbka) na odkuciach foremnikowych, do operacji gięcia, przebijania otwo-



Rys. 120. Radziecka wysięgowa prasa mimośrodowa typu K 117
o nacisku 100 ton

rów, wycinania na wykrojnikach, wygniatania itp. Specjalne odmiany tych maszyn pracują jako giętarki do blach, prętów lub kształtowników. Na zasadzie tegoż mechanizmu oparta jest konstrukcja nożyc mechanicznych oraz tłoczarki do wyrobów tłoczonych i ciągnionych z blach na zimno. Tłoczarki takie posiadają często oprócz tłoczniaka specjalny suport (docisk), przyciskający blachę przy tłoczeniu — aby nie pofałdowała się — oraz wypychacz w stole maszyny.



Rys. 121. Schemat mechanizmu prasy kolankowej
 B — bijak (w górnym położeniu); D_k — dźwignie kolankowej; K — korbowód; P_r — przeguby ruchome; P_s — przegub stały; W — wał wykorobiony

Prasy mechaniczne typu korbowego i mimośrodowego zasadniczo nie nadają się do kucia foremnikowego (poza metalami kolorowymi), gdyż są to maszyny o określonym skoku, także gdy napotkają na swej drodze opór przekraczający wytrzymałość mechanizmu, ulegają zniszczeniu. Tylko niektóre nowoczesne prasy posiadają odpowiednie bezpieczniki

i amortyzatory, pozwalające na chwilowe przeciążenie ich bez uszkodzenia. Takich maszyn używa się do dotłaczania i kalibrowania dokładnych odkuć foremnikowych wymagających małej obróbki mechanicznej.

Szczególnie dobrze przy kalibrowaniu odkuć działają prasylankowe, posiadające bardzo małą szybkość dogniatania (z tego powodu używa się ich także do prasowania odkuć z metali kolorowych w foremnikach zamkniętych). Schemat mechanizmu prasy kolankowej przedstawia rys. 121. Poziomo ustawiony mechanizm korbowy z wałem korbowym W i korbowodem K połączony jest z przegubem P_r (kolanem) dwóch dźwigni D_h , które u góry umocowane są wahliwie w stojaku (przegub P_s), a u dołu w bijaku B (przegub P_r). Odpowiednio silna konstrukcja stojaków i mechanizmu kolankowego pozwala na osiągnięcie dużych nacisków; w ostatniej fazie dogniatania nawet do 10 000 ton włącznie.

