



MINISTERSTWO EDUKACJI
i NAUKI



Waldemar Kula

**Wykonywanie części maszyn w procesach odlewania
i obróbki plastycznej
311[20].Z1.03**

Poradnik dla ucznia

Wydawca

**Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy
Radom 2005**

Recenzenci:

mgr inż. Janusz Jasek

mgr Janusz Salmanowicz

Konsultacja:

dr inż. Zbigniew Kramek

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Katarzyna Maćkowska

Korekta:

mgr Edyta Koziel

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 311[20].Z1.03 Wykonywanie części maszyn w procesach odlewania i obróbki plastycznej w modułowym programie nauczania dla zawodu technik mechanik.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2005

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	3
2. Wymagania wstępne	5
3. Cele kształcenia	6
4. Materiał nauczania	7
4.1. Wykonanie części maszyn w procesie odlewania	7
4.1.1. Materiał nauczania	7
4.1.2. Pytania sprawdzające	20
4.1.3. Ćwiczenia	21
4.1.4. Sprawdzian postępów	21
4.2. Wykonanie części maszyn w procesie obróbki plastycznej	22
4.2.1. Materiał nauczania	22
4.2.2. Pytania sprawdzające	41
4.2.3. Ćwiczenia	41
4.2.4. Sprawdzian postępów	43
5. Sprawdzian osiągnięć	44
6. Literatura	48

1. WPROWADZENIE

Poradnik będzie Ci pomocny w przyswajaniu wiedzy o metodach odlewania, kolejności operacji technologicznych w procesie wytwarzania odlewu, specjalnych metodach odlewania, operacjach obróbki plastycznej, doborze narzędzi i urządzeń do obróbki plastycznej, a także ułatwi Ci wykonywanie elementów stalowych w procesie kucia swobodnego ręcznego, wykonanie elementu z wykorzystaniem wykrojnika i tłoczniaka.

W poradniku zamieszczono:

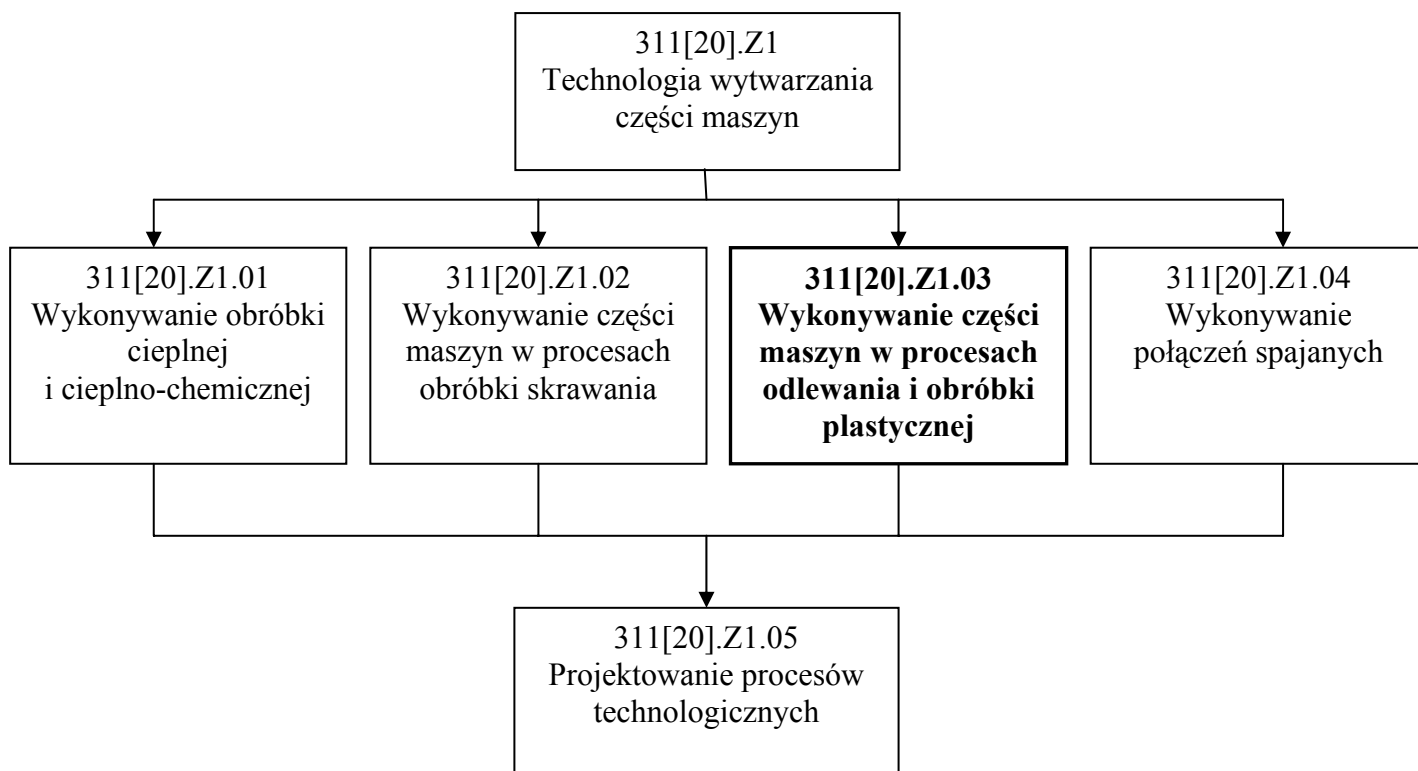
- wymagania wstępne, czyli wykaz niezbędnych umiejętności i wiedzy, które powinieneś mieć opanowane, aby przystąpić do realizacji tej jednostki modułowej,
- cele kształcenia tej jednostki modułowej,
- materiał nauczania (rozdział 4) umożliwia samodzielne przygotowanie się do wykonania ćwiczeń i zaliczenia sprawdzianów. Wykorzystaj do poszerzenia wiedzy wskazaną literaturę oraz inne źródła informacji. Obejmuje on również ćwiczenia, które zawierają:
 - wykaz materiałów, narzędzi i sprzętu potrzebnych do realizacji ćwiczenia,
 - pytania sprawdzające wiedzę potrzebną do wykonania ćwiczenia,
 - sprawdzian teoretyczny,
 - sprawdzian umiejętności praktycznych,
- przykład zadania/ćwiczenia oraz zestaw pytań sprawdzających Twoje opanowanie wiedzy i umiejętności z zakresu całej jednostki. Zaliczenie tego ćwiczenia jest dowodem osiągnięcia umiejętności praktycznych określonych w tej jednostce modułowej. Wykonując sprawdzian postępów powinieneś odpowiadać na pytanie tak lub nie, co oznacza, że opanowałeś materiał albo nie.

Jeżeli masz trudności ze zrozumieniem tematu lub ćwiczenia, to poproś nauczyciela lub instruktora o wyjaśnienie i ewentualne sprawdzenie, czy dobrze wykonujesz daną czynność. Po przerobieniu materiału spróbuj zaliczyć sprawdzian z zakresu jednostki modułowej.

Jednostka modułowa: Wykonanie części maszyn w procesach odlewania i obróbki plastycznej, której treści teraz poznasz jest jednym z modułów koniecznych do zapoznania się z technologią wytwarzania części maszyn - schemat 1.

Bezpieczeństwo i higiena pracy

W czasie pobytu w pracowni musisz przestrzegać regulaminów, przepisów bhp i higieny pracy oraz instrukcji przeciwpożarowych, wynikających z rodzaju wykonywanych prac. Przepisy te poznasz podczas trwania nauki.



Schemat układu jednostek modułowych

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu nauczania jednostki modułowej powinieneś umieć:

- stosować układ SI,
- posługiwać się instrukcjami obsługi maszyn i urządzeń,
- korzystać z różnych źródeł informacji,
- posługiwać się narzędziami pomiarowymi,
- stosować ogólne przepisy bhp.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- sklasyfikować metody odlewania,
- określić właściwości odlewnicze metali i stopów,
- wyjaśnić etapy wytwarzania odlewów różnymi metodami,
- ustalić kolejność operacji technologicznych w procesie wytwarzania odlewu w formach piaskowych,
- scharakteryzować odlewanie pod ciśnieniem, precyzyjne, odśrodkowe, skorupowe, metodą Shawa, metodą wypalania oraz wytapiania modeli,
- dobrać metodę odlewania,
- rozróżnić podstawowe rodzaje obróbki plastycznej,
- określić zalety obróbki plastycznej,
- porównać obróbkę plastyczną na zimno i gorąco,
- scharakteryzować nagrzewanie wsadu do obróbki plastycznej,
- scharakteryzować proces walcowania,
- rozróżnić asortyment walcowniczy,
- scharakteryzować proces ciągnienia i wyciskania,
- sklasyfikować procesy kucia,
- wykazać wpływ kucia na strukturę metalu i jego właściwości,
- rozróżnić operacje kucia swobodnego,
- dobrać narzędzia i urządzenia do kucia swobodnego,
- ustalić kolejność operacji technologicznych podczas kucia ręcznego,
- wykonać element w procesie kucia swobodnego ręcznego,
- wyjaśnić zasadę kucia w matrycach,
- scharakteryzować proces tłoczenia,
- wyjaśnić budowę i zasadę działania pras do tłoczenia,
- wykonać element z wykorzystaniem wykrojnika oraz tłoczni,
- dobrać metodę obróbki plastycznej do wykonania części maszyny,
- zastosować przepisy bhp, ochrony ppoż. i ochrony środowiska.

4. MATERIAŁ NAUCZANIA

4.1. Wykonanie części maszyn w procesie odlewania

4.1.1. Materiał nauczania

Wiadomości podstawowe

Odlewnictwo jest przemysłową metodą wytwarzania wyrobów polegającą na wypełnianiu formy roztopionym metalem, który krzepnąc zachowuje nadany mu w stanie ciekłym kształt.

Typowy proces wytwarzania odlewów składa się z pięciu następujących po sobie etapów:

- wykonania modelu przedmiotu,
- wykonania formy odlewniczej,
- przygotowania metalu do wypełnienia formy,
- zalewania formy odlewniczej,
- wyjęcia z formy i wykończenia odlewu.

Technologia formy i rdzenia

Modele używane w odlewnictwie powinny swym kształtem odpowiadać kształtowi przedmiotu, który mamy zamiar wykonać. Proces formowania, czyli przygotowania formy do odlewu, zależy w znacznej mierze od budowy modelu.

Z tego powodu model należy zaprojektować w ten sposób, żeby nie tylko odtwarzał kształty odlewu, lecz również zapewniał warunki łatwego i dobrego wykonania odlewu.

Za pomocą modelu można odtworzyć jedynie zewnętrzne kształty odlewu. Kształty wewnętrzne odtwarza się za pomocą rdzeni, które zamocowuje się w odpowiednich gniazdach formy. Modele używane do wyrobu form z rdzeniami powinny nie tylko odtwarzać kształty zewnętrzne odlewów, lecz również kształty gniazd rdzeniowych. Część modelu odtwarzająca kształt gniazda nazywa się znakiem rdzeniowym.

Rdzenie wykonywane zazwyczaj w specjalnych skrzynkach zwanych rdzennicami powinny mieć tzw. rdzenniki, czyli części służące do umocowania rdzenia w gniazdach rdzeniowych formy. Część rdzennicy, która odpowiada kształtem rdzennikowi, nazywa się znakiem rdzennika.

W niektórych bardziej skomplikowanych formach używa się do ustawienia rdzenia sprawdzianów. Modele oraz skrzynki rdzeniowe i sprawdziany niezbędne do wykonania formy określonego odlewu nazywamy kompletem modelowym.

Masy formierskie

Podstawowymi materiałami formierskimi są piaski o określonych właściwościach. Są one głównym składnikiem masy formierskiej, z której wykonuje się formy odlewnicze. Do masy formierskiej dodaje się ponadto glinę, spoiwa, pył z węgla kamiennego lub koksu, składniki rozluźniające i utrzymujące wilgoć. Od tych dodatków zależy jakość odlewów. Dobre masy formierskie powinny się odznaczać przepuszczalnością, spoistością, plastycznością, ogniotrwałością i wytrzymałością mechaniczną.

Przepuszczalność mas formierskich, tj. ich zdolność do przepuszczania gazów, mierzy się ilością gazów przepływających w jednostce czasu przez jednostkę objętości masy.

Spoistość (wytrzymałość) mierzy się po zagęszczeniu. Jest to odporność znormalizowanej próbki masy formierskiej na ściskanie i ścinanie. Masy przeznaczone na rdzenie mierzy się na

rozciąganie. Spoistość charakteryzuje w pewnej mierze odporność mas formierskich na wstrząsy i uderzenia formą lub rdzeniem podczas przenoszenia albo zalewania formy.

Plastyczność charakteryzuje zdolność mas formierskich do zachowania kształtów odcisniętych w nich za pomocą modelu lub skrzynki rdzeniowej.

Masy formierskie wykazują w wysokiej temperaturze skłonności do sklejanie się ze sobą, czyli spiekania. Temperatura, w której rozpoczyna się spiekanie, jest miarą spiekalności, tj. ognioodporności. Piaski przeznaczone na formy do żeliwa powinny się odznaczać spiekalnością przekraczającą 1300°C.

Trwałość mas to zdolność do zachowywania dobrych właściwości formierskich po kilkakrotnym ich użyciu.

Masy formierskie klasyfikuje się w zależności od zawartości gliny i ziarnistości piasku.

Glina jest podstawowym naturalnym lepiszczem wiążącym w masie formierskiej ziarenka kwarcu. Występujące w przyrodzie złoża różnych rodzajów gliny są końcowym produktem rozkładu skał. Pod względem chemicznym są to uwodnione tlenki glinu i krzemu ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Zależnie od własności użytkowych rozróżnia się gliny zwykłe, zwane zduńskimi, gliny ogniotrwałe oraz bentonity.

Oprócz gliny zadaniem lepiszcza w masach przeznaczonych głównie na rdzenie spełniają tzw. spoiwa. Ich wiążące działanie objawia się dopiero po wyschnięciu lub po utlenieniu w podwyższonej temperaturze. Do najczęściej używanych spoiw należą: mąka żytnia, ług posulfitowy, melasa, dekstryna, oleje roślinne i zwierzęce, szkło wodne, cement, spoiwa z żywic syntetycznych, oleje.

Poza materiałami wiążącymi do mas formierskich dodaje się jeszcze składniki podwyższające ognioodporność. Są to:

- **pył węglowy**, stosowany do mas formierskich na odlewy z żeliwa oraz odlewy z niektórych metali nieżelaznych;
- **pył koksowy**, używany głównie do mas rdzeniarskich.

Ponadto w skład mas formierskich wchodzi materiały rozluźniające i poprawiające przepuszczalność formy, takie jak torf włóknisty, trociny, paździerz itp. Niektóre składniki stanowiące spoiwa, jak np. melasa i ług posulfitowy, utrzymują formę w stanie wilgotnym i dzięki temu nie, następuje osypywanie krawędzi formy.

W celu zapobieżenia przywieraniu ziarenek piasku do powierzchni odlewu stosuje się różnego rodzaju pokrycia form. Rozróżnia się pokrycia suche i mokre. Najczęściej do pokrywania (nakurzania) form mokrych stosuje się grafit. Bywa on używany również do wyrobu czernidla z dodatkiem wody i gliny. Polega to na malowaniu wnętrza formy czernidłem za pomocą pędzla. Drugim często używanym, zwłaszcza w produkcji odlewów aluminiowych, materiałem na pokrycie form jest mączka kwarcowa. Ponadto stosuje się w tym celu: pył siarkowy do odlewów ze stopów magnezu, pył z węgla drzewnego do odlewów żeliwnych lanych do form mokrych. Pokrycia składające się z mączki kwarcowej, dekstryny, ługu posulfitowego, paku oraz smoły są używane do form na odlewy staliwne.

Części modeli, skrzynek rdzeniowych oraz części składowe formy przed przystąpieniem do formowania przesypuje się proszkami rozdzielczymi, tj. pyłem kwarcowym, kredą, talkiem i likopodium sztucznym, składającym się z próchna, mączki kostnej, pyłu korkowego.

Do wyrobu form używa się kilku rodzajów mas formierskich. Możemy je podzielić na masy przeznaczone do wyrobu form oraz masy do wyrobu rdzeni. Masy do wyrobu form, zależnie od przeznaczenia, można podzielić na masy przymodelowe i masy wypełniające oraz masy jednolite.

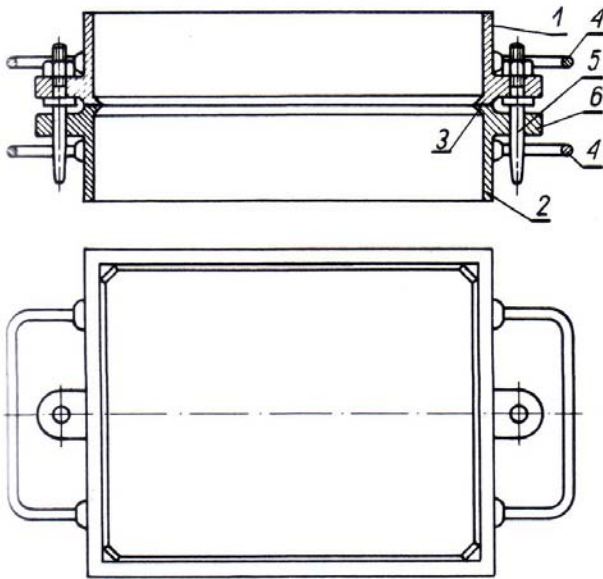
Masy przymodelowe tworzą warstwę wewnętrzną formy i podczas odlewania stykają się bezpośrednio z ciekłym metalem. Wytwarza się również formy odlewnicze z jednego rodzaju masy. Składniki masy formierskiej są zazwyczaj suszone, rozdrabniane, przesiewane, spulchniane, odpylane i nawilżane.

Formowanie

Formy odlewnicze wykonuje się najczęściej w skrzynkach formierskich żeliwnych lub stalowych. Zależnie od wielkości i sposobu formowania rozróżnia się skrzynki do formowania ręcznego oraz do formowania maszynowego. Stosownie do kształtu, wielkości i dokładności odlewu można wykonywać formy w jednej, dwóch lub trzech skrzynkach formierskich.

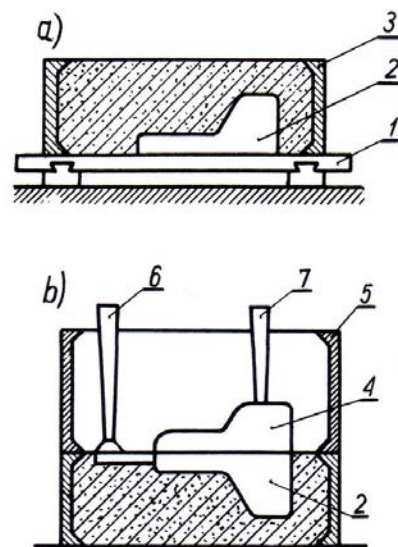
Parę skrzynek żeliwnych przedstawia rys. 1. Takie skrzynki są używane do formowania ręcznego. Skrzynki, górna 1 i dolna 2, stanowiące komplet, są ze sobą połączone za pomocą sworzni ustalających 5, tkwiących w uchach 6 skrzynek. Obrzeża 3, stosowane w niektórych skrzynkach, ułatwiają utrzymanie się na nich masy formierskiej. Klamry 4 służą do podnoszenia i przesuwania skrzynek.

Do zagęszczania masy w formach używa się ubijaków ręcznych lub pneumatycznych.



Rys. 1. Komplet żeliwnych skrzynek formierskich

Źródło: Okoniewski S.: Technologia Maszyn. WSiP, Warszawa 1999

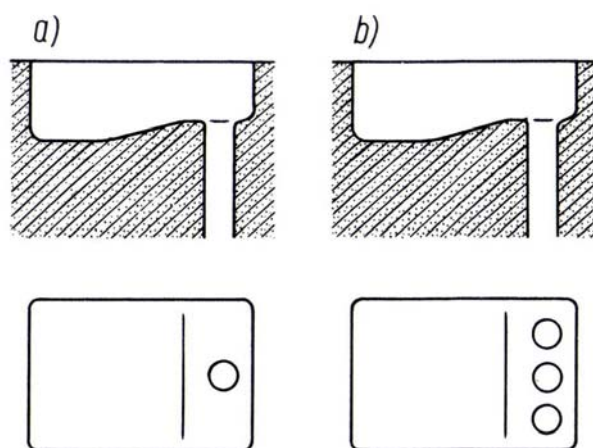


Rys. 2. Formowanie prostego modelu

Formowanie ręczne. Do najczęściej stosowanych należy formowanie prostych modeli w dwóch skrzynkach (rys. 2). Formowanie rozpoczyna się od ułożenia połówki modelu 2 na desce formierskiej 1. Następnie nad modelem ustawia się skrzynkę formierską 3, pudruje model, zasypuje skrzynkę masą formierską i zagęszcza ubijakiem (rys. 2a). Wykonaną w taki sposób połówkę formy nakłuwą się szpilką, aby umożliwić spokojny odpływ gazów z formy podczas zalewania. Po odwróceniu skrzynki o 180° (rys. 2b) ustawia się na dolnej połowce modelu 2 drugą połowę modelu 4 oraz skrzynkę górną 5 i następnie - po opudrowaniu płaszczyzny podziału - formuje się górną część formy. W celu doprowadzenia metalu do formy w górnej połowie ustawia się model układu wlewowego 6 i model przelewu 7. Po uformowaniu górnej skrzynki należy wykonać zbiorniki wlewowe, ułatwiające zalewanie formy, oraz zbiorniki przelewów.

Kształt i wielkość zbiornika wlewowego zależą od wielkości odlewu. Na rysunku 3 przedstawiono typowe zbiorniki wlewowe. Kształty zbiorników przelewów przedstawiono na rys. 4.

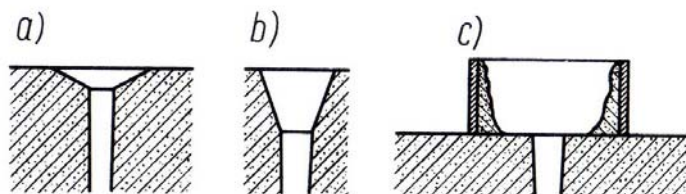
Po tych czynnościach następuje nakłucie formy, rozebranie jej, wyjęcie modelu oraz, jeżeli nie zastosowano do tego celu modelu, wycięcie wlewu doprowadzającego metal z wlewu głównego do formy



Rys. 3. Zbiorniki wlewowe:

- a) z jednym wlewem głównym,
- b) z wieloma wlewami głównymi

Źródło: Okoniewski S.: Technologia Maszyn. WSiP, Warszawa 1999



Rys. 4 Zbiorniki przelewów: a, b) stożkowe, c) z nadstawką

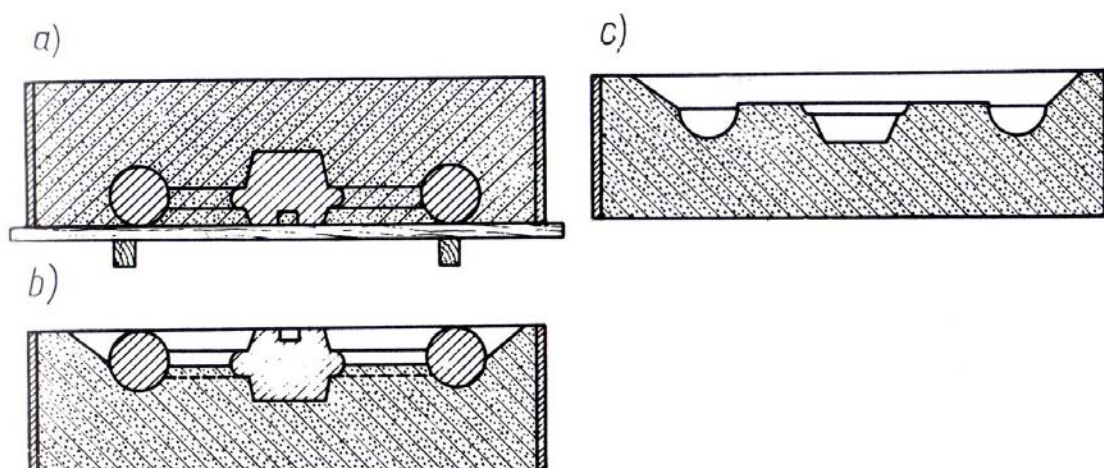
Źródło: Okoniewski S.: Technologia Maszyn. WSiP, Warszawa 1999

Do ostatnich czynności podczas formowania należy wykończenie formy, tj. naprawa uszkodzeń powstałych podczas wyjmowania modelu, wygładzenie powierzchni oraz opudrowanie formy.¹

Formowanie z obieraniem stosuje się zwykle do modeli, które po zaformowaniu w skrzynce nie dadzą się wyjąć bez usunięcia części masy formierskiej. Na rysunku 5a przedstawiono koło zaformowane taką metodą. Obieranie polega na wykonaniu nad modelem stożkowego wybrania, które umożliwia później wyjęcie modelu bez uszkodzenia ścianek formy. Spód formy obrócony po usunięciu masy formierskiej do połowy grubości wieńca i ramion pokazano na rys. 5b, a spód formy obrany - na rys. 5c. Po popudrowaniu modelu górną skrzynkę formuje się na dolnej, tak samo jak w przypadku modelu dzielonego.

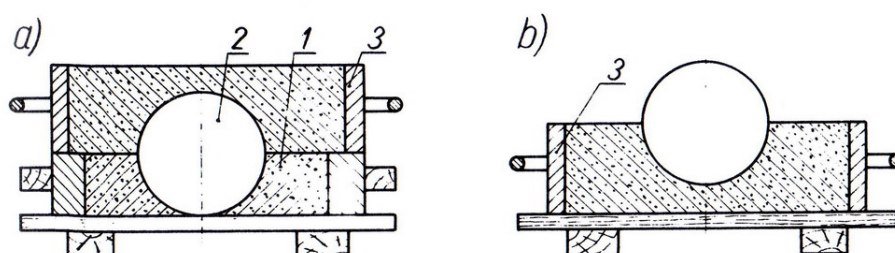
Formowanie na fałszywce stosuje się zwykle do modeli niedzielonych, których ustawienie na desce formierskiej nie zapewnia właściwego położenia, lub w produkcji seryjnej, gdy obieranie jest kłopotliwe i długotrwałe. Zasadę formowania na fałszywce wyjaśniono na rys. 6. Fałszywkę 1 wykonuje się na desce pomodelowej z masy formierskiej lub gipsu. Jest to właściwie forma pomocnicza, zwana „fałszywką”. Zaformowanie modelu 2 w dolnej skrzynce 3 umożliwia - po odwróceniu skrzynek i usunięciu fałszywki – uformowanie skrzynki górnej w sposób opisany poprzednio.

¹ Rutkowski A.: Części Maszyn. WSiP, Warszawa 1996



Rys. 5. Formowanie z obieraniem

Źródło: Okoniewski S. : Technologia Maszyn. WSiP, Warszawa 1999



Rys. 6. Formowanie na fałszywce:

a) formowanie dolnej skrzynki,

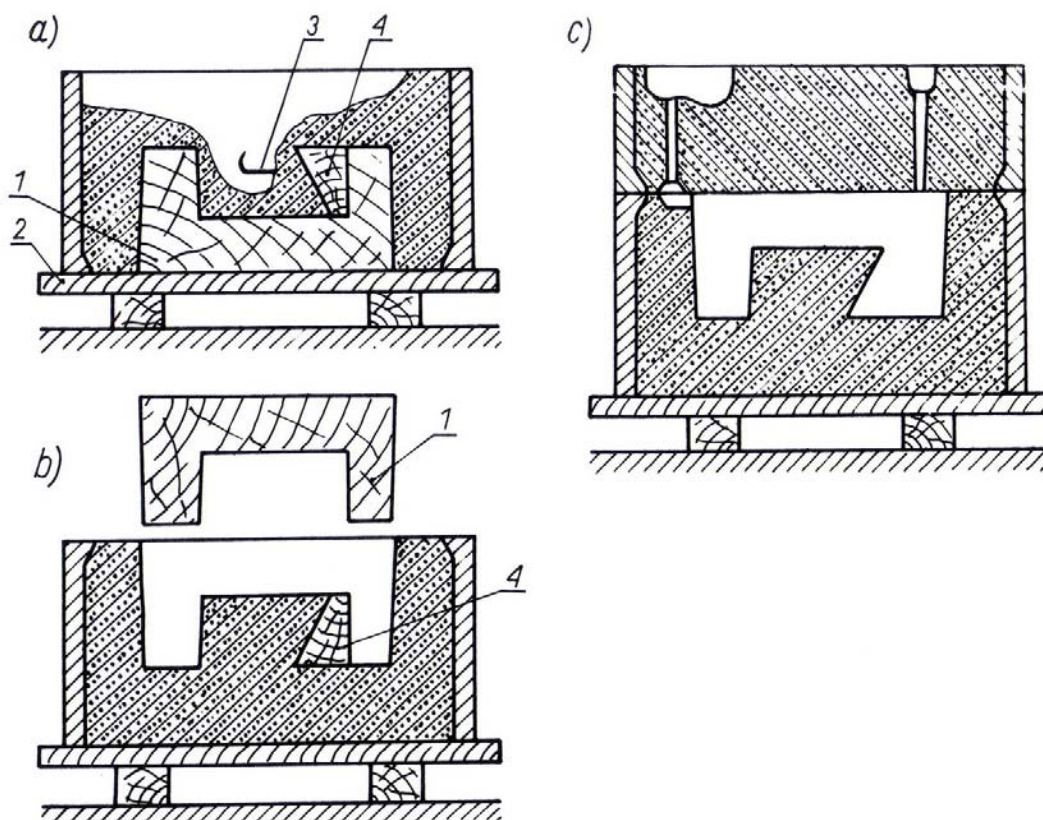
b) dolna skrzynka odwrócona

Źródło: Okoniewski S.: Technologia Maszyn. WSiP, Warszawa 1999

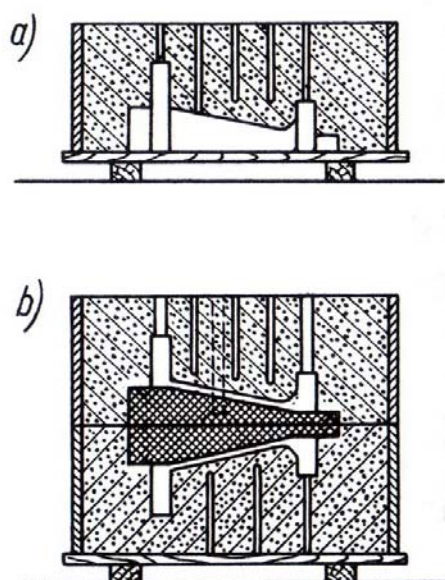
Niekiedy fałszywkę wykonuje się w postaci kształtowej płyty podmodelowej, która odtwarza pomocnicze kształty formy umożliwiające wyjęcie modelu z formy bez obierania.

Formowanie modelu z częściami odejmowanymi² stosuje się wtedy, gdy wyjęcie modelu nie jest możliwe nawet z zastosowaniem obierania. Wówczas modele są budowane tak, żeby części utrudniające wyjęcie modelu z formy można było bez trudu oddzielić od zasadniczej części modelu. Zwykle części odejmowane są przytwierdzone do modelu za pomocą łatwo usuwalnych szpilek (rys. 7). Formowanie rozpoczyna się od ułożenia modelu na desce podmodelowej 2 i ubiciu wokół niego masy formierskiej. Po unieruchomieniu modelu w skrzynce należy odgarnąć masę w tym miejscu formy, w którym wystaje szpilka 3 łącząca część odejmowaną 4 z modelem (rys. 7a). Wyjęcie szpilki umożliwia rozdzielenie obu części modelu (rys. 7b). Dalsze formowanie przebiega w znany sposób. Po uformowaniu obu skrzynek wyjmuje się najpierw główną część modelu 1 i następnie – wykorzystując powstałe w formie miejsce - usuwa część odejmowalną 4. Formę gotową do odlewania przedstawiono na rys. 7c.

² Okoniewski S. : Technologia Maszyn. WSiP, Warszawa 1999



Rys. 7. Formowanie modelu z części odejmowanymi
Źródło: Okoniewski S.: Technologia Maszyn. WSiP, Warszawa 1999



Rys. 8. Formowanie modelu dzielonego
Źródło: Okoniewski S.: Technologia Maszyn. WSiP, Warszawa 1999

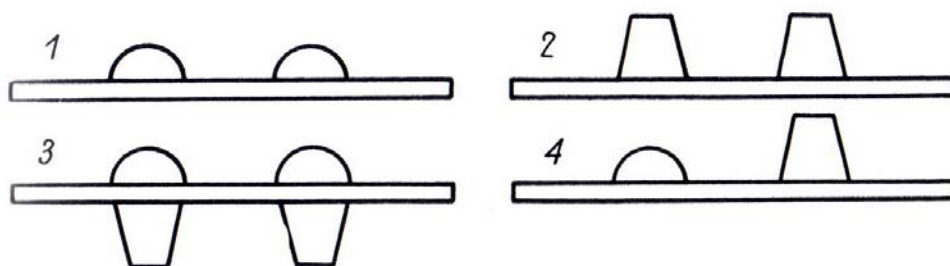
Na rysunku 8 przedstawiono formowanie modelu dzielonego. Dolną skrzynkę (rys. 8a) formuje się na połowce modelu, a po odwróceniu skrzynki formuje się skrzynkę górną. Po rozebraniu formy i usunięciu modelu składa się formę, umieszczając w niej rdzeń wykonany w rdzeniach (rys. 8b).

Formowanie maszynowe³ ułatwia i przyspiesza proces wytwarzania form. Ponadto wpływa na poprawę dokładności wymiarów i jakości odlewów otrzymanych w formach wykonanych maszynowo.

Maszyny używane do produkcji form odlewniczych noszą nazwę formierek. Zadanie ich polega na zagęszczaniu masy i wyjmowaniu modelu z formy. Modele są mocowane na stole formierki do płyty podmodelowej, tworząc wraz z nią tzw. płytę modelową. Płyta modelowa jest zaopatrzona w sworznie ustalające, na których podczas formowania ustawia się skrzynki formierskie.

Na rysunku 9 przedstawiono różne rodzaje płyt modelowych używanych do formowania maszynowego. Podczas formowania na płytach jednostronnych (rys. 9-1,2) jedną z nich wykorzystuje się do formowania górnej skrzynki formy, a drugą — do formowania dolnej skrzynki formy. Formowanie na płytach dwustronnych (rys. 9-3) odbywa się podobnie jak w poprzednim przypadku z tą różnicą, że dwie połówki tego samego modelu są rozmieszczone po obu stronach tej samej płyty. Często płyty dwustronne są obrotowo osadzone w łożyskach formierki, dzięki czemu podczas formowania można łatwo odwracać płytę modelową na drugą stronę. Płyty rewersyjne (rys. 9-4) umożliwiają formowanie obu połówek skrzynki formierskiej na jednej stronie płyty. Na płycie rewersyjnej są rozmieszczone symetrycznie dwie połówki modelu. Każda zatem formowana na tej płycie skrzynka odtwarza obie części modelu. Odpowiednie złożenie dwóch dowolnie wybranych skrzynek daje formę dla przynajmniej dwóch jednakowych odlewów odwrotnie w niej ułożonych.

Najczęściej stosowanymi sposobami zagęszczania masy formierskiej są prasowanie, wstrząsanie i narzucanie.



Rys. 9. Płyty modelowe:

1,2 — jednostronne, 3 — dwustronne, 4 — rewersyjne

Topienie i urządzenia do topienia

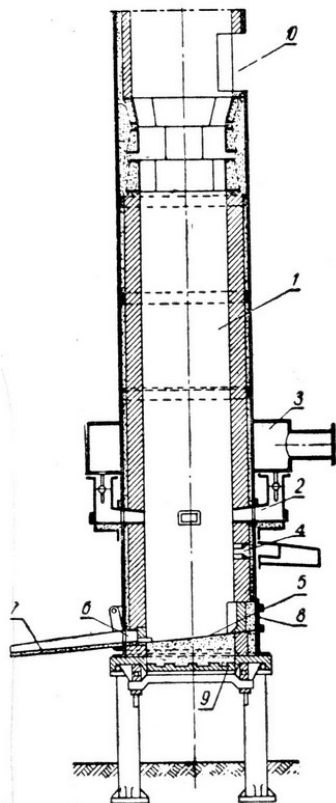
Topienie wsadu przeprowadza się w różnego rodzaju piecach. Do topienia żeliwa stosuje się piece szybowe zwane żeliwiakami (rys. 9a). Żeliwiak zbudowany jest w kształcie walca 1, z cegły szamotowej chronionej z zewnątrz płaszczem z blachy. Od spodu jest on zamknięty kłapą denną 9 wyłożoną masą formierską tworzącą trzon 5 żeliwiaka. Tuż nad trzonem znajdują się drzwiczki włazowe 8, przez które ubija się masę formierską na trzonie żeliwiaka. Wsad ładuje się do pieca przez okno wsadowe 10. Szyb żeliwiaka w górnej swej części wyłożony jest ochronną wykładziną żeliwną, która zabezpiecza obmurze przed uszkodzeniem podczas załadowywania wsadu do pieca. Powietrze potrzebne do spalania koksu wprowadza się do żeliwiaka za pomocą dysz 2 zasilanych z wentylatora poprzez skrzynię powietrzną 3.

³ Okoniewski S. : Technologia Maszyn. WSiP, Warszawa 1999

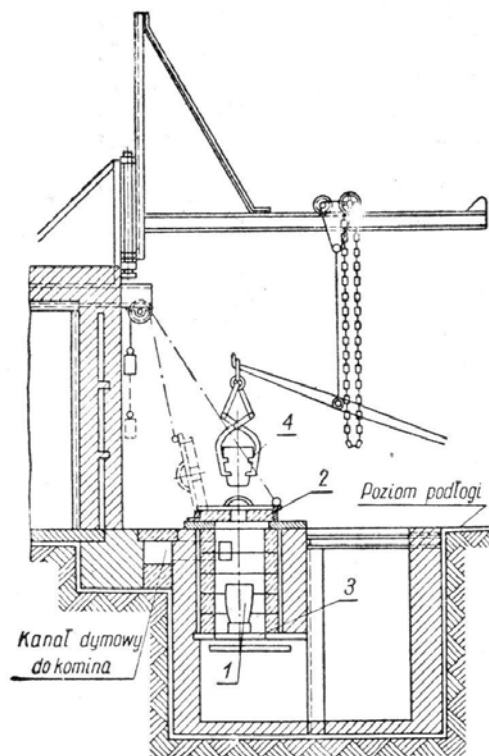
Ciekłe żeliwo odprowadza się otworem spustowym 6, a następnie rynną 7. Tworzące się w piecu nadmiary żużla odprowadza się otworem spustowym 4.

Do topienia metali nieżelaznych używa się często pieców tyglowych. Przedstawiony na rys.9b piec tyglowy opalany jest koksem.

Tygiel 1 znajdujący się w komorze pieca zawiera wsad poddawany topieniu. Komora pieca przykryta jest pokrywą 2. W dolnej części komory znajduje się ruszt 3, na którym spala się koks. Po stopieniu metalu można wyjąć tygiel z pieca za pomocą kleszczy 4.



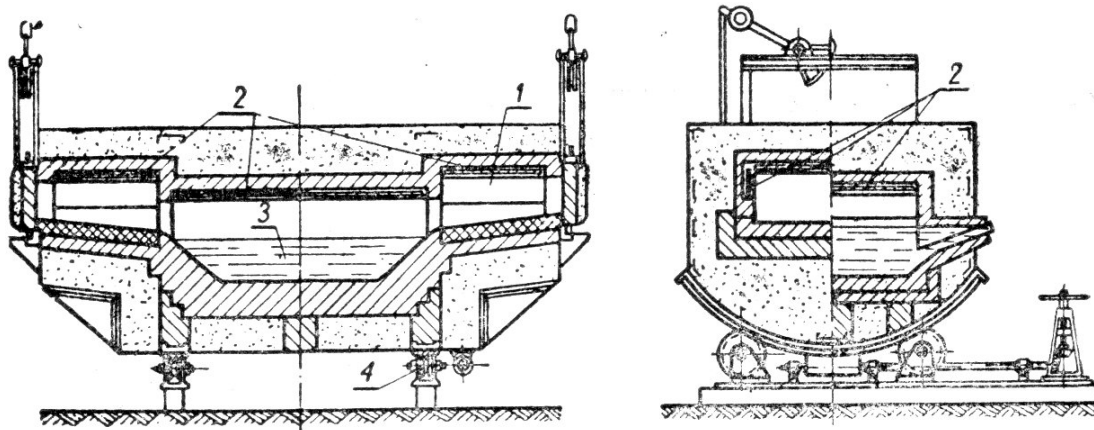
Rys. 9a. Żeliwiak zwykły bez zbiornika z jednym rzędem dysz



Rys. 9b. Piec tyglowy o ciągu naturalnym na koks

Źródło: S. Okoniewski: Technologia metali WSiP, Warszawa 1995

Prócz pieców tyglowych do topienia stopów aluminium używa się często pieców oporowych przechyłnych (rys. 9c). Są to piece o pojemności do kilku ton. Na rysunku widoczna jest komora wstępna 1, gdzie następuje topienie wsadu. Stopiony metal spływa po pochylonym dnie do komory 3, gdzie następuje jego ujednorodnienie, odtlenienie i ewentualnie modyfikacja. Piec jest ogrzewany elementami grzejnymi 2. Przygotowany do odlewu metal pobiera się z pieca, przechylając go na biegunach ślizgających się po rolkach 4. Prócz wymienionych stosuje się niekiedy w odlewnictwie inne rodzaje pieców, jak np. piece płomieniowe konwertowe, indukcyjne i inne.



Rys. 10. Piec oporowy przechylny do topienia stopów aluminium

Źródło: S. Okoniewski: Technologia metali WSiP, Warszawa 1995

Materiały na odlewy

Metale stosowane na odlewy dzieli się na stopy żelaza oraz stopy metali nieżelaznych.

Do surowców żelaznych zalicza się: surówki, żelazostopy oraz złom żeliwny i złom stalowy.

Surówki odlewnicze klasyfikuje się na gatunki zależnie od zawartości fosforu i na odmiany - w zależności od zawartości krzemu.

Żelazostopy to stopy żelaza z innymi metalami, a niekiedy - z niemetalami. W odlewnictwie są one używane jako dodatki do wsadu w celu uzyskania odpowiedniego składu chemicznego żeliwa. Do żelazostopów najczęściej używanych w odlewnictwie należą: żelazokrzem o zawartości 25÷90% krzemu, żelazomangan zawierający zwykle do 80% manganu, 2,5÷8% węgla, surówka zwierciadlista zawierająca około 20% manganu i około 5% węgla, żelazochrom zawierający do 70% chromu i 0,1÷1,0% węgla oraz żelazowapniokrzem służący do odtleniania i modyfikowania żeliwa.

Złom żeliwny stanowią odpadki produkcyjne i części żeliwne maszyn oraz urządzeń nadające się tylko do przetopu. Złom używany w odlewnictwie klasyfikuje się według pochodzenia i postaci.

Surowce nieżelazne stosowane w odlewnictwie to głównie miedź, aluminium, magnez, cynk oraz stopy miedzi, jak mosiądze i brązy, także stopy aluminium z miedzią, stopy aluminium z krzemem, stop magnezu, zwany elektronem i stopy cynku z aluminium, znane pod nazwą znali.

Materiały pomocnicze stosowane w odlewnictwie dzieli się na trzy następujące grupy: koks, topniki i materiały ogniotrwałe.

W odlewnictwie stosuje się **trzy rodzaje koksu**. Koksu opałowego używa się do opalania suszarni, **koksu hutniczego** - do przetapiania metali w piecach tyglowych, a **koksu odlewniczego** - do topienia żeliwa w żeliwiakach.

Topniki stosowane w odlewnictwie, podobnie jak w hutnictwie, chronią metal przed szkodliwym wpływem tlenu oraz służą do usuwania z metalowego wsadu zanieczyszczeń w postaci piasku, popiołu itp. Głównymi topnikami używanymi w odlewnictwie żeliwa lub staliwa są: kamień wapienny (CaCO_3), wapno palone (CaO), dolomit ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) oraz fluoryt (CaF_2).

Jako materiał ogniotrwały w odlewnictwie jest stosowany głównie szamot.

Przygotowanie metalu do odlewania polega na dobraniu jego składu chemicznego, topieniu oraz ewentualnie odtlenieniu, odsiarczeniu, czy modyfikowaniu. W celu uzyskaniażądanego składu chemicznego odlewu należy przy obliczaniu wsadu uwzględnić zmiany zachodzące podczas topienia. Przede wszystkim należy się liczyć z pewnymi stratami powodowanymi utlenianiem się niektórych składników; straty takie nazywamy zgarem.

Do otrzymywania odlewów ze stopów metali nieżelaznych używa się czystych składników lub tzw. zapraw o składzie chemicznym dobranym tak, aby temperatura topnienia tych stopów była niska. Najczęściej jednak używa się stopów o składzie chemicznym zbliżonym dożądanego.

Sposoby wykończenia odlewów

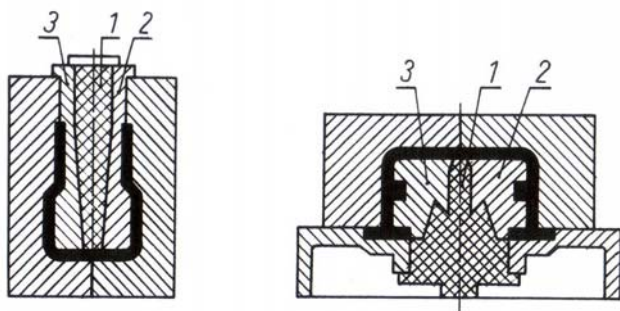
Odlewy wyjęte z formy wymagają zazwyczaj wykończenia. Czynności z tym związane polegają na odcieciu układu wlewowego przelewów oraz różnego rodzaju zalewek za pomocą przecinaków lub młotków pneumatycznych. Do ostatecznego wygładzenia miejsc po obciętych częściach odlewu używa się szlifierek tarczowych stałych lub szlifierek przenośnych z giętkim wałem. Następnie odlewy oczyszcza się z pozostałej na ich powierzchni masy formierskiej. Odbywa się to przez bębnowanie, piaskowanie lub ręcznie. Przedmioty przeznaczone do oczyszczania przez bębnowanie wsypuje się do wnętrza cylindrycznego zbiornika wraz z tzw. gwiazdkami wykonanymi z żeliwa białego. Podczas obrotu przedmioty znajdujące się w bębnie uderzają nawzajem o siebie i dzięki temu się oczyszczają. Piaskowanie odbywa się w urządzeniach zwanych piaskownicami. Są to szczelnie zamykane komory z obrotowym dnem, na którym są ustawiane odlewy podczas oczyszczania. Wypływający z dyszy strumień piasku lub częściej żeliwnego śrutu uderza z dużą prędkością w ścianki odlewów, powodując odrywanie się zanieczyszczeń.

Niektóre odlewy poddaje się obróbce cieplnej w celu zmniejszenia ich twardości przed obróbką skrawaniem lub poprawienia właściwości wytrzymałościowych. Podstawową obróbkę cieplną, którą należy stosować do wszystkich ważniejszych odlewów, jest wyżarzanie odprężające, które umożliwia usunięcie z odlewu naprężeń powstających podczas krzepnięcia.

Specjalne metody wytwarzania odlewów

Odlewanie kokilowe⁴

Odlewanie w formach kokilowych spełnia wymaganie wielokrotnego wykorzystywania jednej formy. Sposób ten jednak wiąże się z trudnościami w procesie produkcyjnym, powodowanymi szybkim krzepnięciem metalu w formie oraz nagrzewania się kokili. Szybkie krzepnięcie może być przyczyną powstawania wad w odlewach, spośród których należy wymienić niedolewy, wywołane krzepnięciem metalu w obszarze cienkich ścianek, oraz zabielenie żeliwa (w warstwie podpowierzchniowej powstaje żeliwo białe). Obecnie używa się kokili cienkościennych zaopatrzonych w żebra wzmacniające i pręty zapewniające lepsze



Rys. 11. Kokile z rdzeniem metalowym

Źródło: Okoniewski S.: Technologia Maszyn. WSiP, Warszawa 1999

⁴ Okoniewski S.: Technologia Maszyn. WSiP, Warszawa 1999

odprowadzanie ciepła. Wnętrza takich form zabezpiecza się jednak przed działaniem gorącego metalu zawieszając pyłu kwarcowego i talku w szkło wodnym. Rdzenie, jeżeli są niezbędne, wykonuje się z metalu lub z masy rdzeniowej. Odlewanie kokilowe znajduje coraz szersze zastosowanie do wykonywania odlewów ze stopów metali nieżelaznych. Odnosi się to głównie do stopów aluminium, magnezu i cynku.

Zależnie od kształtu odlewu wykonuje się kokile złożone z dwóch lub więcej części. Na rysunku 10 przedstawiono metalowe formy z rdzeniami dzielonymi 1, 2 i 3. Wyjmowanie rdzenia po zalaniu formy i zakrzepnięciu metalu rozpoczyna się po usunięciu części środkowej 1 i następnie części bocznych 2 i 3.

Odlewanie w formach skorupowych

Formowanie skorupowe jest wykonywane za pomocą dokładnych płyt modelowych, które pokrywa się piaskiem kwarcowym wymieszanym z niewielką ilością żywicy syntetycznej. Płytę modelową ogrzewa się do temperatury 220÷280°C. Pod wpływem ciepła żywica topi się i tworzy na płycie modelowej cienką warstwę masy. Obrócenie płyty ku dołowi powoduje obsypanie się nadmiaru piasku kwarcowego. Po wykonaniu tej czynności ogrzewa się płytę do temperatury 300°C, co powoduje stwardnienie warstwy masy. Następnie z ostudzonej płyty zdejmuje się tak utworzoną skorupę.

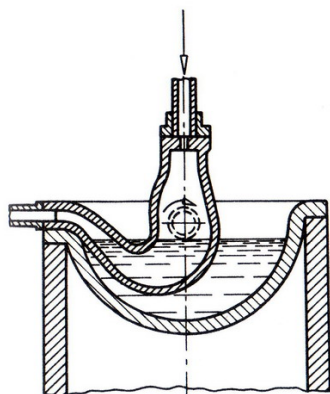
Na jedną formę składają się zwykle dwie połówki skorupowe wykonane na dwóch płytach modelowych. W celu dokładnego złożenia formy jedna płyta jest zaopatrzona w dwa stożkowe występy, a druga w dwa stożkowe wgłębienia. Połówki formy prawidłowo złożone należy połączyć klamrami lub skleić. Otrzymana forma służy do wykonania jednego odlewu.

Formy skorupowe można zalewać w sposób zwykły, tj. przez wlanie metalu łyżką do stojącej formy, lub na specjalnej maszynie pod ciśnieniem wywołwanym ruchem obrotowym formy.

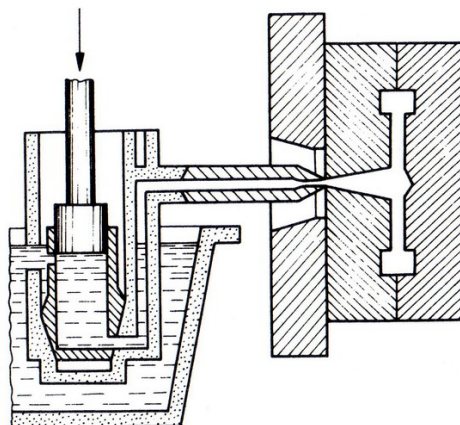
Odlewanie pod ciśnieniem

Odlewanie pod ciśnieniem odbywa się na specjalnych maszynach odlewniczych. Rozróżnia się maszyny do odlewania pod ciśnieniem z gorącą komorą oraz z zimną komorą.

Na rysunku 11 przedstawiono maszynę z gorącą komorą powietrzną. Komorę tę można napęczyć materiałem po obróceniu jej wokół czopa w kierunku strzałki o 90°. Po powrocie do położenia pokazanego na rysunku metal jest wtłaczany do formy (niewidocznej na rysunku) nadciśnieniem sprężonego powietrza (ok. 4 MPa).

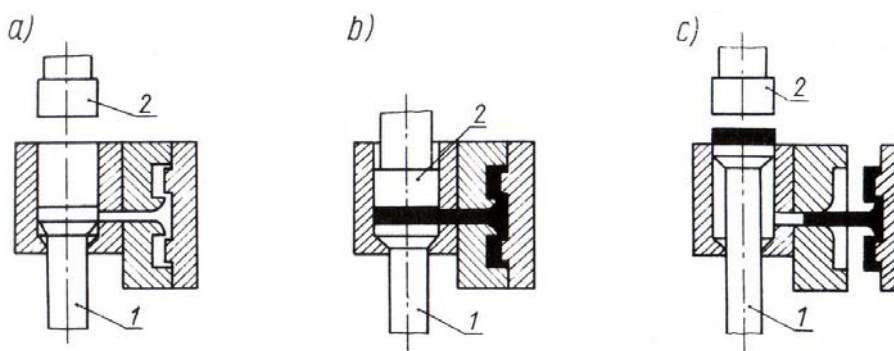


Rys. 12. Zasada działania maszyny odlewniczej z gorącą komorą powietrzną



Rys. 13. Zasada działania maszyny odlewniczej z gorącą komorą tłokową

Źródło: Okoniewski S.: Technologia Maszyn. WSiP, Warszawa 1999



Rys. 14. Zasada działania maszyny odlewniczej z zimną pionową komorą tłokową

Źródło: Okoniewski S.: Technologia Maszyn. WSiP, Warszawa 1999

Zasadę działania maszyny odlewniczej z gorącą komorą tłokową wyjaśnia rys. 12. Na rysunku 13 wyjaśniono zasadę działania maszyny z zimną komorą. Pracuje ona pod ciśnieniem do 200 MPa. Rysunek 13a przedstawia maszynę przygotowaną do przyjęcia metalu. Tłok dolny 1 jest opuszczony, a tłok górny 2 w położeniu najwyższym odsłania otwór komory, którym wlewa się porcję ciekłego metalu. Na rysunku 13b widać, jak pod działaniem tłoka metal został wciśnięty do formy. Rysunek 13c przedstawia sposób wyjmowania odlewu z formy i usuwania z komory nadmiaru metalu.

Odlewy wykonane pod ciśnieniem odznaczają się gładką i czystą powierzchnią oraz tak dużą dokładnością wymiarów, że nawet niektóre otwory gwintowe nie wymagają dodatkowej obróbki.

Odlewanie pod ciśnieniem stosuje się głównie do stopów metali nieżelaznych o niezbyt wysokiej temperaturze topnienia, takich jak stopy aluminium, cynku, cyny, magnezu, miedzi i ołowiu.

Odlewanie w formach wirujących

W odlewnictwie stosuje się dwie metody odlewania do form wirujących: odlewanie odśrodkowe i pod ciśnieniem odśrodkowym.

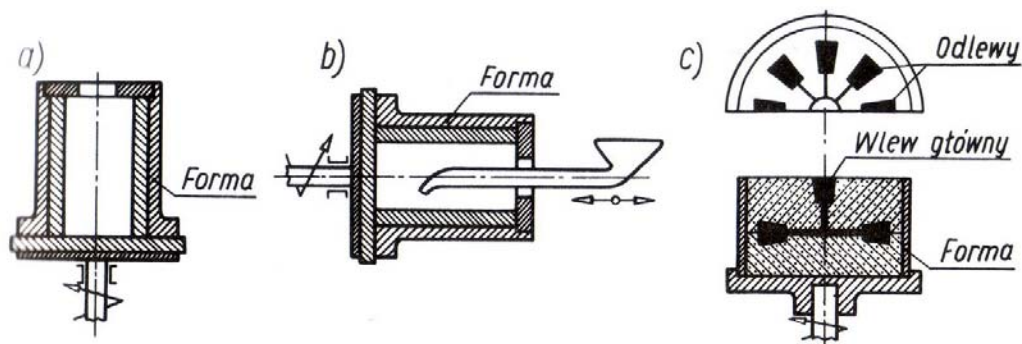
Odlewanie odśrodkowe polega na zalewaniu formy wirującej, której oś pokrywa się z osią wirowania. Otrzymany w tym procesie odlew ma kształt bryły obrotowej z otworem wewnętrznym powstałym pod wpływem działania siły odśrodkowej spowodowanej ruchem obrotowym formy.

Na rysunku 14a i b wyjaśniono zasady odlewania odśrodkowego. W taki sposób odlewa się rury, tuleje, panewki łożysk ślizgowych oraz różnego rodzaju bryły obrotowe. Metoda ta umożliwia produkcję odlewów wielowarstwowych z kilku rodzajów stopów.

Do odlewania odśrodkowego stosuje się kokile żeliwne, niekiedy chłodzone z zewnątrz wodą. Formy wirujące dokoła osi pionowej (rys. 14a) zalewa się bezpośrednio łyżką, z kadzi lub rynny. Zalewanie form wirujących dokoła osi poziomej (rys. 14b) wymaga zawsze zastosowania rynny, która podczas doprowadzania metalu do formy może się przesuwąć wzdłuż osi odlewu od lewej strony ku prawej.

Podczas odlewania odśrodkowego ścianki formy nadają odlewom tylko kształt zewnętrzny, natomiast kształt wewnętrzny powstaje pod wpływem działania siły odśrodkowej na ciekły metal.

Kolejną metodą odlewania w formach wirujących jest tzw. odlewanie pod ciśnieniem odśrodkowym (rys. 14c). Odlewane przedmioty są rozmieszczone w formach metalowych lub piaskowych promieniowo.



Rys. 15. Zasady odlewania odśrodkowego

Źródło: Okoniewski S.: Technologia Maszyn. WSiP, Warszawa 1999

Zalewanie odbywa się przez wlew główny, z którego następnie wlewami doprowadzającymi metal przedostaje się do form.

Odlewy produkowane w formach wirujących uzyskują skutek działania siły odśrodkowej ścisłą budowę wewnętrzną, dobre właściwości mechaniczne oraz przybierają dokładny kształt formy.

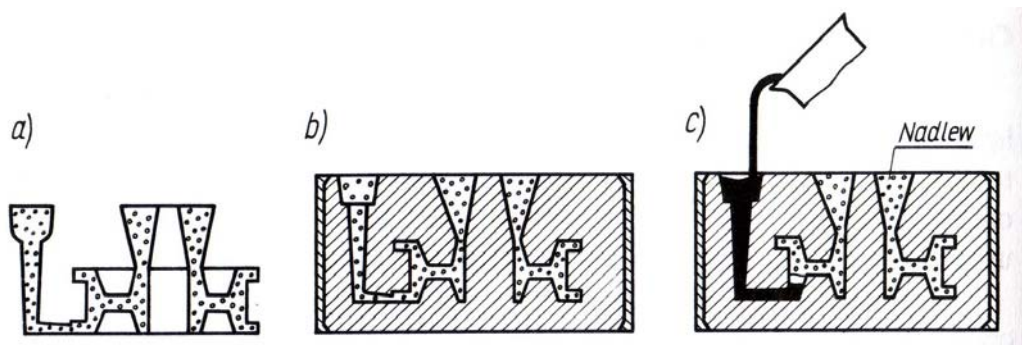
Odlewanie precyzyjne

Odlewanie precyzyjne jest stosowane w produkcji niewielkich odlewów z żeliwa, staliwa oraz innych stopów o wysokiej temperaturze topnienia. Metody odlewania precyzyjnego umożliwiają uzyskanie odlewów o bardzo dokładnych kształtach i wymiarach. Z tego powodu unika się w wielu przypadkach kłopotliwej obróbki skrawaniem.

Za pomocą odlewania precyzyjnego wykonuje się łopatki turbin, części pomp odśrodkowych, narzędzi. Najważniejszymi metodami odlewania precyzyjnego, ściśle mówiąc formowania precyzyjnego, są: formowanie metodą wytapiania modelu, metodą Shawa i metodą wypalanych modeli.

Formowanie metodą wytapianego modelu polega na wykonaniu pod ciśnieniem w dokładnej stalowej matrycy modelu z wosku ziemnego, parafiny i żywic syntetycznych. Otrzymany model zanurza się w ciekłej ogniotrwałej masie ceramicznej, a po wyjęciu — posypuje suchym piaskiem kwarcowym. Zabieg ten powtarza się kilkakrotnie aż do uzyskania skorupy grubości 2÷6 mm. Po wyschnięciu formuje się model w skrzynce formierskiej, którą następnie umieszcza się w piecu. W temperaturze 100÷150°C następuje wytapianie modelu (niekiedy model wytapia się w gorącej wodzie, co umożliwia odzyskanie wosku), po czym forma jest wygrzewana w temperaturze około 850°C w celu nadania jej odpowiedniej twardości. Po wypaleniu forma jest przygotowana do zalewania.

Metoda Shawa polega na formowaniu modeli metalowych, z żywic, gipsu lub drewna w mieszaninie materiałów ogniotrwałych (mączki cyrkonowej, silimanitu, mulitu i innych), wiązanych spoiwem w postaci hydrolizowanego krzemianu etylu. Mieszanina spoiwa i materiałów ceramicznych powinna mieć konsystencję szlamu. Wypełnia się nią skrzynkę formierską z modelem ustawionym na płycie podmodelowej. Po pewnym czasie skutek hydrolizy powstaje żel krzemionki i alkohol etylowy, co przyczynia się do związania materiału formy. Okres żelowania trwa 3÷12 minut. Po tym okresie masa jest dostatecznie związana, aby było możliwe usunięcie modelu z formy. Po wyjęciu modelu formę poddaje się wypalaniu parami wydzielającego się alkoholu. Kończącą operacją wykonania formy jest jej wyżarzanie w temperaturze ok. 1000°C. Formę przed zalaniem poddaje się nagrzanemu. Metodą Shawa produkuje się formy dzielone.



Rys. 16. Zasada odlewania metodą wypalanych modeli: a) model ze styropianu, b) model w formie, c) zalewanie formy

Źródło: Okoniewski S.: Technologia Maszyn. WSiP, Warszawa 1999

W metodzie wypalanych modeli modele są wykonywane ze styropianu. Doprowadzony do formy metal wypala model, zajmując jego miejsce. Przebieg procesu odlewania metodą wypalanych modeli ilustruje rys. 15.

Wady odlewów

Przyczyną wielu wad w odlewach jest nieodpowiednia konstrukcja odlewu lub formy.

Do wad odlewów należą jamy skurczowe, rzadzizny, odkształcenia oraz pęknięcia powstające w odlewach wskutek naprężeń odlewniczych, pęcherze gazowe i wtrącenia żużlowe oraz niedolewy. Powstawaniu tych wad można zapobiec przez odpowiednią konstrukcję odlewu.

Wady występujące w odlewach w mniejszym lub większym stopniu obniżają ich wartość użytkową. Tylko niektóre spośród wykrywanych wad dyskwalifikują odlewy całkowicie.

Niektóre wady można usunąć. O celowości naprawy odlewów decydują zarówno względy techniczne, jak i ekonomiczne. Jako główne względy techniczne należy wymienić łatwość dokonania naprawy oraz możliwość eksploatacji naprawionego odlewu. Głównym względem ekonomicznym jest wysokość kosztów naprawy odlewu.

Sposób naprawy zależy od kształtu, wielkości odlewu oraz od rodzaju wady. Do stosowanych w odlewnictwie metod napraw należą: kitowanie, nasycanie, naprawy mechaniczne, metalizacja, zalewanie ciekłym metalem i spawanie.

4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Wymień etapy procesu wytwarzania odlewów tradycyjnych.
2. Jakie materiały stosujemy do wyrobu mas formierskich?
3. Wymień rodzaje formowania.
4. Opisz, do czego służą rdzenie.
5. Jakie surowce stosujemy na odlewy?
6. Opisz urządzenia do topienia wsadu.
7. Scharakteryzuj proces zalewania, formowania i wykańczania odlewów.
8. Jakie znaczą specjalne metody wytwarzania odlewów?

4.1.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Ustalenie kolejności podczas wykonywania form odlewów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) rozpoznać dokumentację rysunkową odlewu,
- 2) ustalić tolerancję odlewu oraz wielkość naddatków na podstawie tablicy z poradnika odlewnika,
- 3) zaprojektować kolejność czynności przy wykonywaniu formy piaskowej,
- 4) przy projekcie uwzględnić wielkości produkcji, sposób formowania rdzeni, układu wlewowego,
- 5) zapisać wyniki przeprowadzonego ćwiczenia.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- dokumentacja rysunkowa odlewu,
- foliogramy, filmy, plansze,
- literatura zgodna z punktem 6 Poradnika dla ucznia.

Ćwiczenie 2

Ustalenie procesu technologicznego do wykonania odlewu.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) zapoznać się z procesem odlewania w odlewni żeliwa lub aluminium,
- 2) sporządzić sprawozdanie z procesu odlewania,
- 3) sporządzić sprawozdanie z procesu wytwarzania odlewów specjalnymi metodami odlewania.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- typowa odlewnia dostępna w terenie,
- linia produkcyjna procesu odlewania,
- literatura zgodna z punktem 6 Poradnika dla ucznia.

4.1.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- 1) scharakteryzować etapy procesu wytwarzania procesu?
- 2) wymienić materiały stosowane na masy formierskie?
- 3) scharakteryzować metody formowania?
- 4) identyfikować surowce stosowane na odlewy?
- 5) wymienić specjalne metody wytwarzania odlewów?

Tak Nie

☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐

4.2. Wykonanie części maszyn w procesie obróbki plastycznej

4.2.1. Materiał nauczania

Obróbka plastyczna

Obróbka plastyczna polega na wywoływaniu odkształceń plastycznych obrabianego przedmiotu w celu nadania mu wymaganego kształtu, wymiarów i właściwości. Odkształceniami plastycznymi są nazywane takie odkształcenia trwałe, które nie naruszają spójności materiału obrabianego przedmiotu.

Obróbce plastycznej są poddawane głównie materiały metalowe - około 90% wytapianej stali oraz około 55% metali nieżelaznych i ich stopów.

Obróbka plastyczna umożliwia kształtowanie niektórych części na gotowo, bez konieczności późniejszego stosowania obróbki skrawaniem.

W zależności od temperatury obrabianego przedmiotu rozróżnia się:

- obróbkę plastyczną na gorąco, wykonywaną na przedmiotach nagrzanych do temperatury wyższej od temperatury rekrytalizacji materiału;
- obróbkę plastyczną na zimno, wykonywaną w temperaturze niższej od temperatury rekrytalizacji materiału obrabianego przedmiotu.

Odkształcenia plastyczne obrabianego przedmiotu wywołują naprężenia, których wartość przewyższa granicę plastyczności materiału. Naprężenia te powstają w przedmiocie na skutek nacisku narzędzia (lub narzędzi), do którego są przyłożone siły zewnętrzne. Wraz z podwyższaniem temperatury obrabianego przedmiotu w określonej temperaturze obniża się granica plastyczności materiału. Umożliwia to obróbkę plastyczną przy zmniejszonych – w stosunku do przedmiotu zimnego wartościach sił zewnętrznych.

W zależności od budowy narzędzia oraz jego ruchu względem obrabianego przedmiotu rozróżnia się następujące sposoby obróbki plastycznej:

- walcowanie,
- kucie,
- tłoczenie,
- ciągnięcie drutów, prętów lub rur.

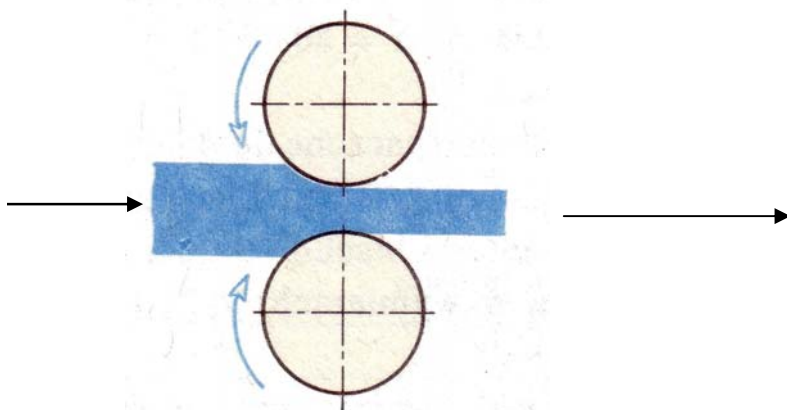
Obróbka plastyczna jest coraz częściej stosowana w procesach wytwarzania różnych części maszyn. Wynika to z takich jej zalet, jak:

- bardzo duża wydajność,
- tworzenie się struktury włóknistej w materiale obrabianych, przedmiotów, korzystnie wpływającej na ich własności mechaniczne,
- znaczna oszczędność materiału w porównaniu z obróbką wiórową.

Walcowanie.

Walcowanie (rys. 17) polega na kształtowaniu materiału przepuszczanego między obracającymi się walcami, tarczami lub rolkami; niekiedy między płaskimi szczękami, których wzajemne równoległe przesunięcie wprawia materiał w ruch posuwisty.⁵

⁵ Rutkowski A.: Części Maszyn. WSiP, Warszawa 1996



Rys. 16. Zasada walcowania

Jednorazowe przejście materiału między walcami jest nazywane przepustem.

Wydział produkcyjny huty wyposażony w urządzenia niezbędne do walcowania nosi nazwę walcowni. W skład walcowni wchodzi piec do grzania przedmiotów obrabianych, zespoły walcownicze oraz urządzenia do wykańczania wyrobów walcowniczych, tj. do dostosowywania końcowego kształtu i wymiarów wyrobów do życzeń odbiorców.

Materiałem wejściowym w walcowni są najczęściej wlewki, kęsy i kęsiska o masie dochodzącej do kilkudziesięciu ton, będące produktem końcowym procesów metalurgicznych. Walcowaniu jest poddawanych około 90-95% wlewków stalowych oraz znaczna część stopów metali nieżelaznych. Walcuje się stale zawierające do 1,3% węgla. W przypadku stali wysokostopowych - o małej plastyczności - wlewki są często najpierw przekuwane na kęsy i dopiero później walcowane.

Wlewki są wstępnie walcowane na półwyroby walcownicze, które można podzielić na:

- kęsiska kwadratowe o przekroju poprzecznym zbliżonym do kwadratu o boku szerokość ≥ 140 mm;
- kęsiska płaskie o przekroju poprzecznym prostokątnym o wymiarach: szerokość = $200 \div 1900$ mm, wysokość = $100 \div 180$ mm;
- kęsy kwadratowe o szerokość = $42 \div 130$ mm;
- kęsy okrągłe o średnica = $50 \div 200$ mm;
- kęsy płaskie o szerokość = $80 \div 150$ mm, wysokość = $60 \div 100$ mm;
- blachówki, przeznaczone do dalszego walcowania w celu otrzymania blach cienkich; przekrój poprzeczny blachówek jest zbliżony do prostokąta o wymiarach: szerokość ≥ 150 mm, wysokość = $5 \div 70$ mm.

Półwyroby walcownicze mają zaokrąglone naroża, duże odchyłki wymiarowe oraz chropowatą powierzchnię, na której często występują ślady walców.

W wyniku walcowania półwyrobów otrzymuje się wyroby walcownicze. Podstawowymi wyrobami walcowniczymi są:

- pręty: okrągłe, kwadratowe, prostokątne, półokrągłe, półeliptyczne, sześciokątne, ośmiokątne oraz do zbrojenia betonu itp.,
- kształtowniki: kątowniki, teowniki, ceowniki, dwuteowniki, zetowniki, szyny kolejowe oraz tramwajowe itp.,
- blachy grube (wysokość $> 4,75$ mm) i cienkie (wysokość $\leq 4,75$ mm); szerokość cienkich blach wynosi $600 \div 2200$ mm, a grubych $600 \div 4800$ mm,
- taśmy, które mają prostokątny przekrój poprzeczny o wymiarach: szerokość ≤ 150 mm, wysokość ≤ 4 mm,
- rury.

Wyroby - w porównaniu z półwyrobami - mają bardziej ostre naroża, mniejsze odchyłki wymiarowe oraz gładszą powierzchnię.

Odkształcenie walcowanego przedmiotu jest charakteryzowane współczynnikiem gniotu (nazywanym również gniotem względnym):

$$\varepsilon = \frac{h_0 - h_1}{h_0},$$

gdzie:

h_0 - grubość przedmiotu obrabianego przed przepustem przez walce, w mm,

h_1 - grubość przedmiotu obrabianego po przepuście, w mm,

ε – odkształcenie walcowe.

Współczynnik gniotu oraz prędkość obwodową walców należy dobierać z uwzględnieniem plastyczności materiału obrabianego przedmiotu. W przypadku materiałów mniej plastycznych należy stosować mniejsze wartości prędkości obwodowych walców i współczynnika gniotu.

Kucie

Kucie polega na kształtowaniu obrabianego przedmiotu za pomocą uderzeń młota lub nacisku prasy. Końcowe produkty kucia noszą nazwę odkuwek. Odkuwki mają drobnoziarnistą strukturę włóknistą oraz korzystne własności mechaniczne.

Wydział zakładu produkcyjnego wyposażony w urządzenia niezbędne do kucia nazywa się kuźnią. W skład kuźni wchodzi takie urządzenia, jak: piece do nagrzewania obrabianych przedmiotów, młoty, prasy, urządzenia do wykańczania odkuwek. Ponadto kuźnia powinna być wyposażona w uniwersalne narzędzia kowalskie.

Materiałami wejściowymi do kucia są wlewki oraz - najczęściej - półwyroby i wyroby walcowane. Odkuwki mogą być wykonywane ze stali węglowych i stopowych, a także z metali nieżelaznych i ich stopów.

Odkształcenie plastyczne odkuwki jest charakteryzowane stopniem przekucia obliczanym wg wzoru:

$$K = \frac{S_0}{S_1},$$

w którym:

S_0 - pole powierzchni przekroju poprzecznego obrabianego przedmiotu przed kuciem, w mm²,

S_1 - pole powierzchni przekroju poprzecznego odkuwki, w mm²,

K – stopień przekucia.

Stopień przekucia znacznie wpływa na właściwości mechaniczne odkuwki i powinien być starannie dobierany w zależności od metody kucia, właściwości plastycznych materiału obrabianego przedmiotu oraz wymagań wytrzymałościowych stawianych odkuwce.

W zależności od metody kształtowania obrabianego przedmiotu rozróżnia się:

- kucie swobodne, podczas którego wyrób jest kształtowany przez zginięcie kowadłami nie ograniczającymi przesuwania się materiału w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku ich ruchu; kucie takie jest stosowane głównie w produkcji jednostkowej i małoseryjnej;
- kucie matrycowe, podczas którego swobodne przesuwanie się materiału jest ograniczone ściankami wykroju matrycy; kucie takie jest stosowane w produkcji wielkoseryjnej i masowej.

Tablica 1. Zalecane temperatury kucia niektórych stali

Oznaczenie gatunku stali	Temperatura kucia °C
SW18	1150÷900
38HMJ; 45HN	1150÷850
40HNMA; 45HNMF	1150÷800
NW9; SW7M; SW12C; SKC; SK5V; SK5M; SK8M	1100÷900
10; 15; 15G; 25; 30; 35; 40; 45; 30G2; 37HS; 45G2; 20HGS; 37HGNM; N5	1100÷850
20G; 45G; 50G; 60G	1100÷800
SK10V	1050÷900
55; 60; 35SG; 30H; 40H; 50H; 30HGS; 25HM; 30HM; 35HM; 40HM; 40H2MF; 36HNM; 34HNM N6; N7; N7E; N8; N8E; NCMS; NC10; NC11; NC11LV; NZ2; NZ3; NMWV; NCLV; NPW	1050÷850
45H	1050÷800
20; N9; N9E; N10; N10E; N11; N11E; N12; N12E; N13; N13E; NV; NMV; NCV1; NC5; NC6; NC4; NW1; NWC	1000÷800

Źródło: Rutkowski A.: Części Maszyn. WSiP, Warszawa 1996

Przed przystąpieniem do kucia, w celu zwiększenia plastyczności, przedmiot powinien być nagrany do odpowiedniej temperatury. Zalecane wartości temperatury kucia niektórych stali zawiera tabl. 1.

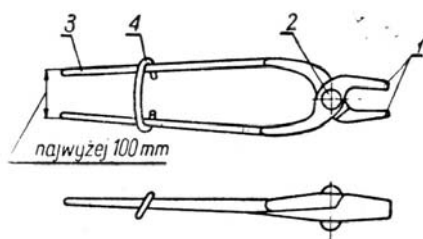
Kucie swobodne

Kucie swobodne można podzielić na:

- kucie ręczne, podczas którego źródłem energii niezbędnej do plastycznego odkształcenia obrabianego przedmiotu są uderzenia ręcznego młota kowalskiego; kucie ręczne charakteryzuje się bardzo małą wydajnością - jest stosowane przede wszystkim do wykonywania niewielkich odkuwek, głównie w małych zakładach produkcyjnych oraz wydziałach naprawczych;
- kucie maszynowe, podczas którego źródłem energii odkształceń plastycznych obrabianego przedmiotu są uderzenia specjalnych młotów lub nacisk pras; kucie maszynowe charakteryzuje się dużą wydajnością i umożliwia wykonywanie odkuwek o bardzo dużej masie dochodzącej do kilkuset ton - masie.

Narzędzia kowalskie do kucia swobodnego

Do przeprowadzenia każdego procesu technologicznego niezbędne są odpowiednie narzędzia. Do kucia używa się szeregu narzędzi pomocniczych, które ułatwiają bądź trzymanie materiału, bądź służą do nadawania mu odpowiedniego kształtu. Do trzymania materiału podczas kucia swobodnego używa się kleszczy (rys. 17). Składają się one z części chwytającej materiał, zwanej szczękami 1, przegubu 2 oraz rękojeści 3. Przedstawiona na rysunku nasuwka 4 ułatwia kowalowi stałe utrzymywanie kleszczy w stanie zaciśniętym bez konieczności wywierania nacisku na rękojeść.

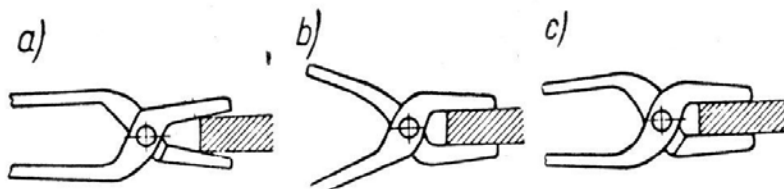


Rys. 17. Kleszcze kowalskie

Źródło: S. Okoniewski : Technologia metali, WSiP, Warszawa 1995

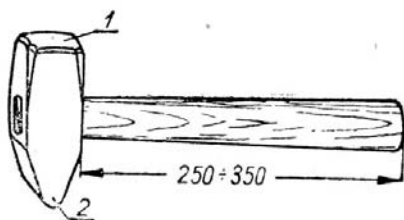
Kształt i rozmiary kleszczy powinny być tak dobrane, żeby zapewniały wygodne i mocne uchwycenie materiału.

Na rys. 18 przedstawiono nieprawidłowo i prawidłowo dobrane kleszcze. Na szkicu lewym przedstawiono materiał słabo uchwyceny w kleszczach. Pod uderzeniem młota materiał słabo trzymany wypadnie z kleszczy. Rysunek środkowy przedstawia kleszcze, które wprowadzie mocno uchwyciły materiał, lecz na skutek nadmiernego rozwarcia rękojeści trzymanie ich w takiej pozycji byłoby uciążliwe. Szkic prawy przedstawia kleszcze dobrane prawidłowo. Spełniony jest tu warunek wygodnego i mocnego uchwycenia materiału. W procesach kucia swobodnego stosuje się różne rodzaje kleszczy kowalskich w zależności od kształtu" przekuwanego elementu.



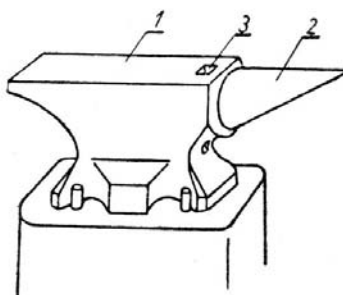
Rys. 18. Dobór kleszczy: a i b - nieprawidłowy, c - prawidłowy

Źródło: S. Okoniewski : Technologia metali, WSiP, Warszawa 1995

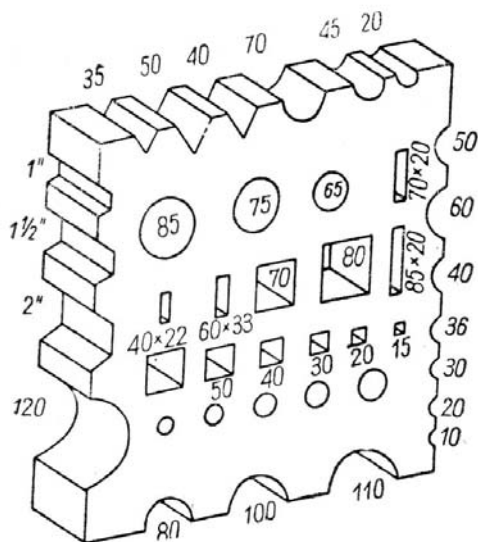


Rys. 19. Młotek kowalski

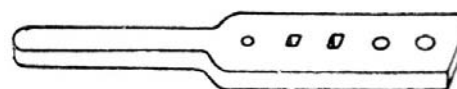
Źródło: S. Okoniewski : Technologia metali, WSiP, Warszawa 1995



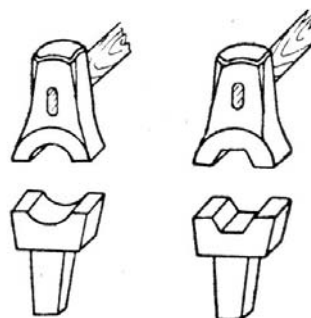
Rys. 20. Kowadło



Rys. 21. Płyta kowalska



Rys. 22. Gwoździownica

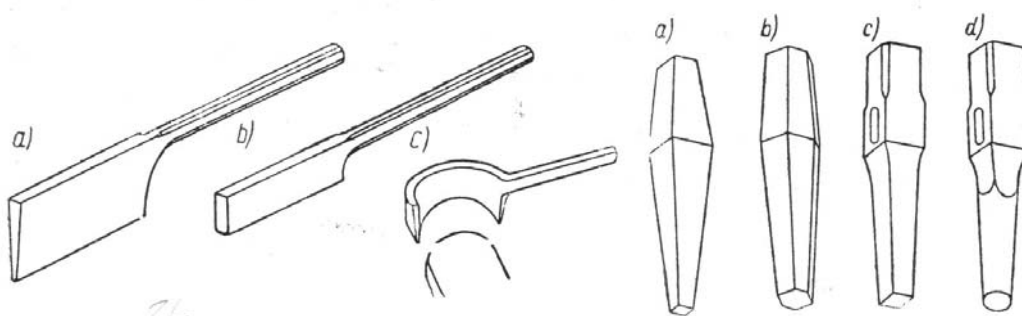


Rys. 22. Spodki i nadstawki

Źródło: S. Okoniewski : Technologia metali, WSiP, Warszawa 1995

Do kucia ręcznego używa się młotków. Można je podzielić na jednoręczne o ciężarze $1 \div 3$ kg i dwuręczne o ciężarze $6 \div 8$ kg. Rys. 19 przedstawia stalowy młotek obsadzony na drewnianym trzonku. Szersza część młota nazywa się obuchem 1, a węższa rąbem 2. Powierzchnia obucha jest wypukła dla zabezpieczenia kutego materiału przed pokaleczeniem krawędziami młotka. Rąb młota może być ustawiony poprzecznie lub podłużnie w stosunku do trzonka.

Kucie swobodne wykonuje się najczęściej na kowadle. Do kucia ręcznego używa się przeważnie kowadła przedstawionego na rys. 20. Górna powierzchnia kowadła nazywa się gładzią 1. Po jednej lub po dwóch stronach kowadła znajdują się rogi 2. Róg kanciasty służy do kucia i zginania, róg stożkowy do wykuwania. W gładzi kowadła znajdują się otwory 3. Otwór kwadratowy służy do zamocowywania w nim narzędzi pomocniczych, jak np. spodki lub podcinki. Otwór okrągły ułatwia przebijanie otworów w materiale. Dolną część kowadła stanowi wystający próg, służący do spęczania dłuższych prętów. Kowadło spoczywa na dębowym pniaku, który jest sprężystym fundamentem kowadła.



Rys. 23. Przecinaki: a - siekierkowy, b - tępy, c - kształtowy

Rys. 24. Przebijaki

Źródło: S. Okoniewski : Technologia metali, WSiP, Warszawa 1995

Rysunek 21 przedstawia płytę kowalską. Używa się jej do przebijania otworów o różnych kształtach oraz do nadawania prętom żądanych kształtów, a rys. 22 - gwoździownicę używaną do ręcznego kucia gwoździ i nitów.

Przedstawione na rys. 23 spodki i nadstawki służą do nadawania prętom odpowiedniego kształtu, najczęściej okrągłego lub sześciokątnego.

Narzędzia służące do cięcia metali to podcinaki lub przecinaki (rys. 24). Do odsądzania materiału używa się o d s a d z a k ó w, a do przebijania otworków — przebijaków (rys. 25).

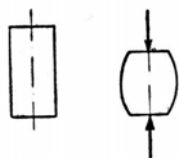
Operacje kucia swobodnego.

Często stosowaną operacją w procesach kucia jest spęczanie. Polega ono na powiększeniu grubości materiału z jednoczesnym zmniejszeniem jego wysokości. Spęczanie może obejmować cały materiał kuty (rys. 26), lub tylko jego część (rys. 27). Częściowe spęczanie nazywa się miejscowym.

Niekiedy powstaje konieczność wydłużenia materiału. Zasadę wydłużania przedstawia rys. 28, a sposób rozszerzania - rys. 29. Cyfry oznaczają miejsca kolejnych uderzeń. Przebijanie grubych materiałów przedstawiono na rys. 40.

Na rys. 31 wyjaśniono ręczne rozkuwanie pierścienia. Przeprowadza się je na stożkowym rogu kowadła.

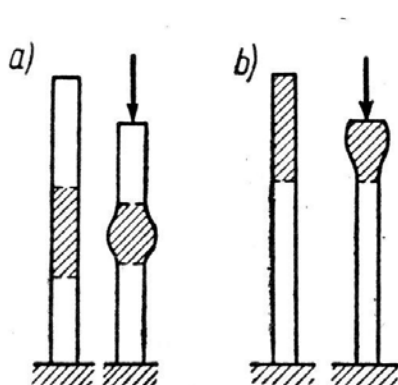
Jedną z operacji częściej stosowanych w procesach kucia stali jest zgrzewanie. Polega ono na zagrzaniu łączonych części do temperatury białego żaru, oczyszczeniu powierzchni łączonych oraz złączeniu ich pod naciskiem prasy lub uderzeniami młota. Podczas ogrzewania do temperatury białego żaru (około 1300 °C) stal utlenia się na powierzchni, a produkty utleniania tworzące zgorzelinę przywarte do nagrzonej powierzchni utrudniają łączenie się części metalowych.



Rys. 25. Zasada spęczania

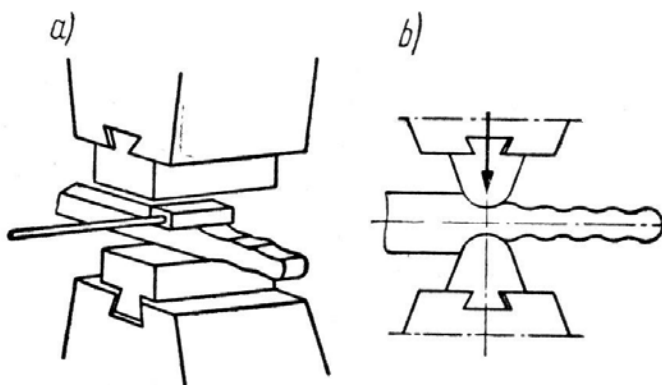
Źródło: S. Okoniewski : Technologia metali, WSiP, Warszawa 1995

Do oczyszczania nagrzaných części używa się różnych topników, które topiąc się w wysokiej temperaturze rozpuszczają w sobie zgorzelinę. Tworzący się w tych warunkach żużel chroni metal przed ponownym utlenieniem. Jeżeli tak przygotowane powierzchnie zostaną do siebie dociśnięte, to ciekły żużel zostanie spomiędzy nich wyciśnięty, a czyste metaliczne powierzchnie połączą się ze sobą.



Rys. 26. Spęczanie: a - środkowej części pręta, b - końca pręta

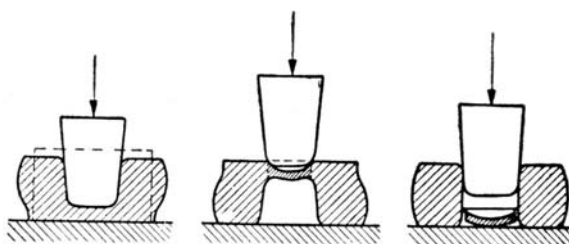
Źródło: S. Okoniewski : Technologia metali, WSiP, Warszawa 1995



Rys. 27. Wydłużanie materiału: a - za pomocą nadkładki, b - za pomocą kowadeł wypukłych



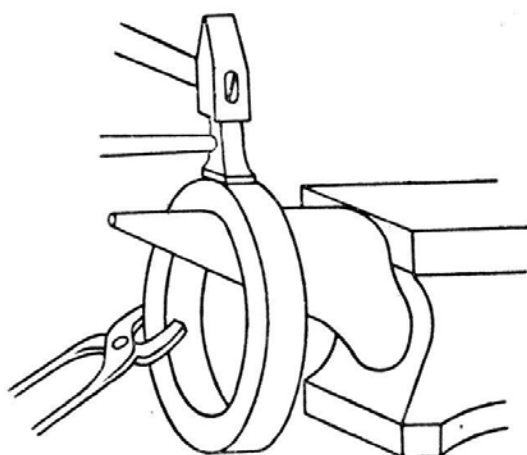
Rys. 28. Rozszerzanie



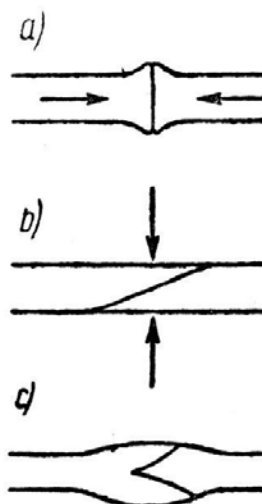
Rys. 29. Przebijanie grubych materiałów

Źródło: S. Okoniewski : Technologia metali, WSiP, Warszawa 1995

Najtańszym topnikiem używanym do oczyszczania powierzchni podczas zgrzewania jest piasek kwarcowy, którym posypuje się przedmiot podczas ogrzewania. Niekiedy do tego celu używany bywa również boraks. Przed zgrzewaniem należy materiał przygotować mechanicznie. Sposób przygotowania zależy od charakteru połączenia. Na rys. 32 a przedstawiono łączenie na styk czołowy, a na rys. 32 b zgrzewanie na zakładkę. Rys. 32 c przedstawia materiał przygotowany do wykonania spoiny klinowej, stosowanej do łączenia ze sobą dużych części.



Rys. 30 Ręczne rozkuwanie pierścienia



Rys. 31. Zgrzewanie: a - na styk czołowy, b - na zakładkę, c - na klin

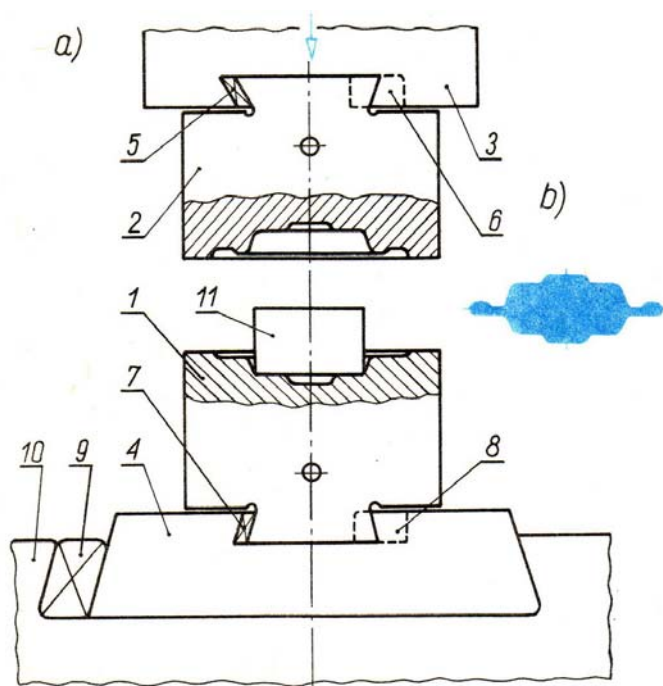
Źródło: S. Okoniewski : Technologia metali, WSiP, Warszawa 1995

Kucie matrycowe

Podczas kucia matrycowego odkuwka jest kształtowana przez wykrój górnej i dolnej części matrycy (rys. 17). Dolna część matrycy 1 jest zamocowana na stole prasy lub szabocie młota 10, a górna 2 - napędzana przez suwak prasy lub bijak młota.

Matryce, nazywane niekiedy foremnikami, można podzielić na:

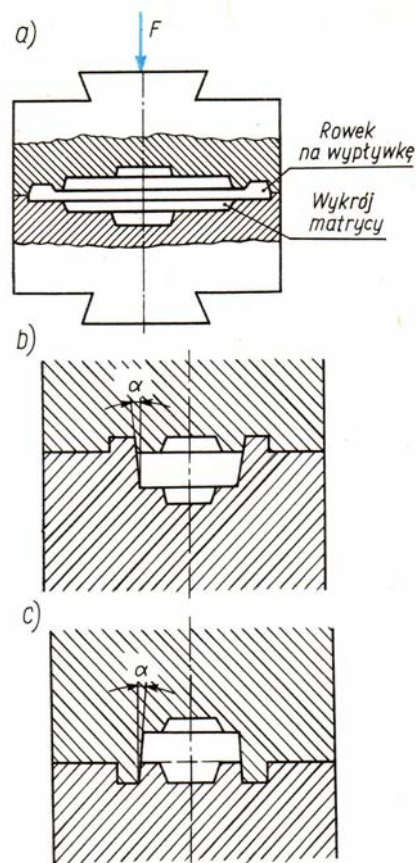
- matryce otwarte (tys. 18a), mające rowek na wypływkę; w matrycach tych, po wypełnieniu wykroju, nadmiar materiału tworzy wypływkę, nazywaną również gratem; usuwanie wypływki odbywa się w urządzeniach zwanych okrojnikami (rys. 19);



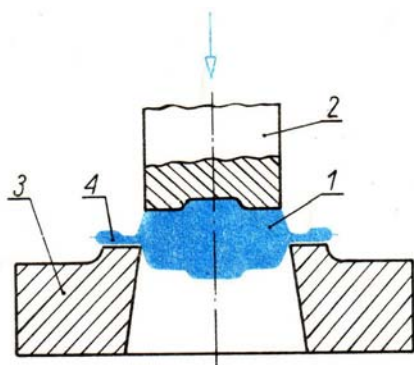
Rys. 17. Kucie w matrycy jednowykrojowej:

a) matryca, b) odkuwka

1 - dolna część matrycy, 2 - górna część matrycy,
5 - bijak młota, 4 - obsada młota, 5 - klin,
6 i 8 - wpusty, 7 i 9 - kliny, 10 - szabota młota



Rys. 18. Matryce: a) otwarta, b) i c) zamknięte



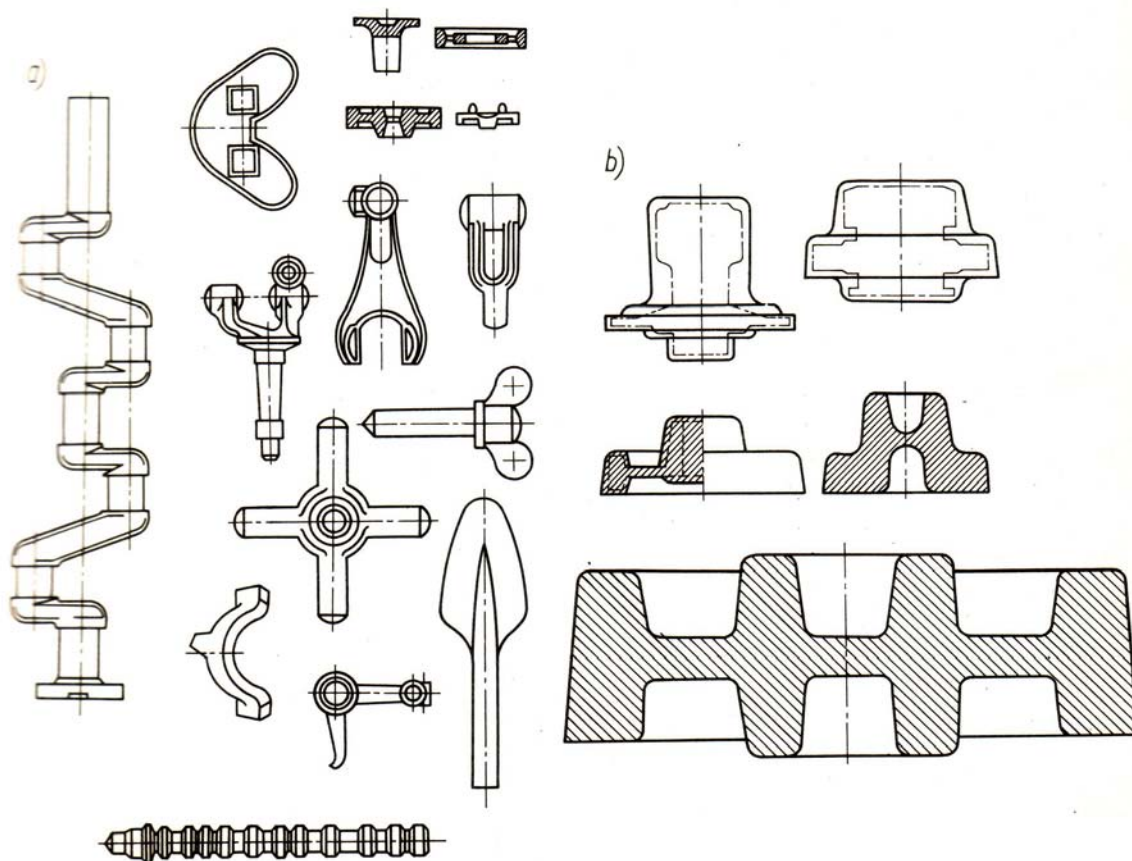
Rys. 19. Schemat usuwania wypływki na okrojniku

1 - odkuwka, 2 - stempel okrojnika,
3 - płyta tnąca okrojnika, 4 - wypływka

Źródło: Rutkowski A.: Części Maszyn. WSiP, Warszawa 1996

– matryce zamknięte (rys. 18b, c), pozbawione rowka na wypływkę i wymagające w związku z tym szczególnie dokładnego dozowania obrabianego materiału.

Przykłady odkuwek otrzymywanych w matrycach otwartych i zamkniętych przedstawiono na rys. 20.



Rys. 20. Przykłady odkuwek otrzymywanych w matrycach: a) otwartych, b) zamkniętych
Źródło: Rutkowski A.: Części Maszyn. WSiP, Warszawa 1996

Matryce mogą być wykonywane jako:

- matryce jednowykrojowe,
- matryce wielowykrojowe, w których odkuvka jest kształtowana stopniowo przez poszczególne wykroje.

Odkuwki oraz matryce powinny być projektowane tak, aby obrabiany materiał mógł dobrze wypełniać wykroje, a odkuvka dawała się łatwo wyjmować z matrycy. Dlatego należy unikać ostrych krawędzi oraz pionowych ścian. Podobnie jak w przypadku odlewów, należy stosować łagodne łuki oraz odchylenia ścianek od pionu o kąt α (rys. 18), wynoszący najczęściej $5 \div 7^\circ$. Powierzchnia podziału matrycy na część górną i dolną odpowiada najczęściej największej wartości pola przekroju poprzecznego lub płaszczyźnie symetrii odkuwki.

Kucie matrycowe - w porównaniu ze swobodnym - charakteryzuje się:

- znacznie większą wydajnością,
- dużą jednorodnością kształtów i wymiarów poszczególnych odkuwek wykonywanych w tej samej matrycy,
- mniejszą chropowatością powierzchni odkuwek; obróbce skrawaniem są poddawane tylko te powierzchnie odkuwek matrycowanych, które mają współpracować z powierzchniami innych części,
- większą dokładnością wymiarową.

Pośród wad kucia matrycowego należy wymienić wysoki koszt matryc oraz ograniczenie masy odkuwek do ok. 200 kg.

Wartości naddatków na obróbkę skrawaniem oraz dopuszczalne odchyłki wymiarowe stalowych odkuwek matrycowanych zawiera PN-74/H-94301. Rozróżnia się cztery klasy dokładności wykonania tych odkuwek: zwykłą (Z), podwyższoną (P), dokładną (D) oraz bardzo dokładną (BD).

Wartości naddatków na obróbkę skrawaniem oraz dopuszczalne odchyłki wymiarowe odkuwek matrycowanych z metali nieżelaznych zawiera PN-68/H-94801. Norma wyróżnia trzy klasy dokładności wykonania tych odkuwek: zwykłą (Z), podwyższoną (P) oraz dokładną (D).

Tłoczenie

Tłoczeniem są nazywane operacje obróbki plastycznej na zimno lub gorąco, podczas których następuje cięcie i kształtowanie blach, folii lub płyt oraz innych przedmiotów o małej grubości w stosunku do innych wymiarów.

Materiałami wejściowymi do operacji tłoczenia są najczęściej blachy i taśmy ze stali niskowęglowych oraz stopowych, a także z metali nieżelaznych i ich stopów.

Przedmioty tłoczone wykazują dobrą dokładność wymiarową oraz wystarczająco małą chropowatość powierzchni. Operacje tłoczenia charakteryzują się dużą wydajnością - do kilkudziesięciu tysięcy sztuk wyrobów w ciągu jednej zmiany roboczej - i dają się łatwo automatyzować. Tłocznictwo należy do szeroko stosowanych i intensywnie rozwijających się sposobów obróbki. Części tłoczone są stosowane w przemysłach maszynowym, lotniczym, zbrojeniowym, elektrotechnicznym itp.

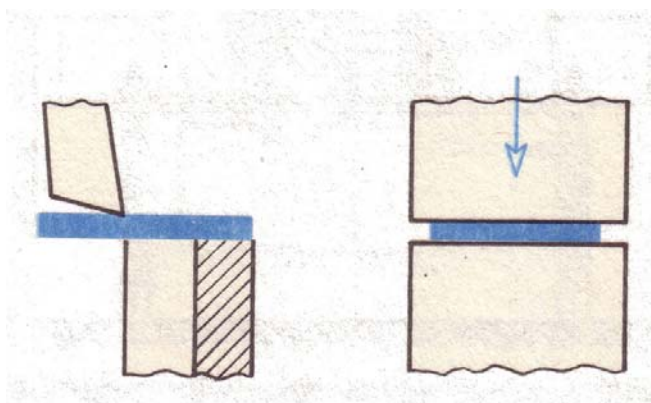
Operacje tłoczenia zostały podzielone na następujące podstawowe grupy:

- cięcie, podczas którego następuje naruszenie spójności materiału obrabianego przedmiotu;
- kształtowanie, podczas którego przedmioty obrabiane uzyskują wymagane kształty i wymiary bez naruszenia spójności materiału;
- łączenie, podczas którego części łączy się pod wpływem odkształceń plastycznych, bez użycia łączników.

Operacje cięcia i kształtowania mogą być proste lub złożone z kilku zabiegów cięcia lub kształtowania, przy czym jest zachowana ciągłość procesu tłoczenia.

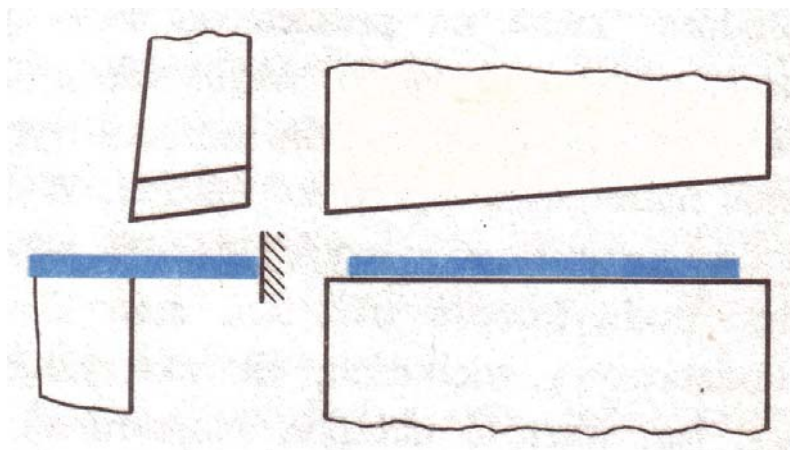
Cięcie może być wykonywane za pomocą nożyc lub pras, z zastosowaniem przyrządów, które noszą nazwę wykrojników. Cięcie w wykrojnikach jest nazywane wykrawaniem.

Cięcie blach wzdłuż linii prostej odbywa się najczęściej za pomocą nożyc gilotynowych o równoległych (rys. 21) lub ukośnych (rys. 22) krawędziach tnących.



Rys. 21. Cięcie blachy za pomocą nożyc gilotynowych o równoległych krawędziach tnących

Źródło: Rutkowski A.: Części Maszyn. WSiP, Warszawa 1996



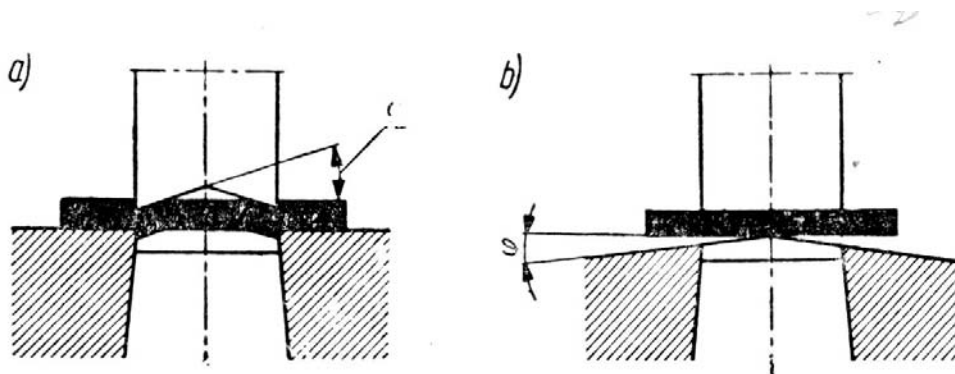
Rys. 22. Cięcie blachy za pomocą nożyc gilotynowych o ukośnych krawędziach tnących

Źródło: Rutkowski A.: Części Maszyn. WSiP, Warszawa 1996

Do wycinania używa się najczęściej przyrządów (tłoczników) (rys. 23) zwanych wykrojnikami. Wykrojnik składa się w zasadzie z płyty tnącej 1 i stempla 2. Podczas wycinania materiał spoczywa na płycie tnącej, a stempel wgniata go do wnętrza otworu. Pod działaniem stempla materiał w miejscu styku z krawędzią płyty tnącej ulega przesunięciu. W tych też miejscach powstają naprężenia przekraczające wytrzymałość materiału na ścinanie, co w konsekwencji prowadzi do wycięcia kształtu odpowiadającego kształtowi otworu w płycie tnącej.

Cięcie przeprowadza się najczęściej między płaską płytą a płaskim stemplem. W tym przypadku cały wykrój ulega równocześnie wycinaniu. Siła potrzebna do równoczesnego wycięcia będzie zatem równa iloczynowi powierzchni ścinanego przekroju i wytrzymałości na ścinanie.

Niekiedy siła potrzebna do wycięcia w ten sposób wykroju ma tak dużą wartość, że na posiadanych prasach nie można jej osiągnąć. Powstaje wówczas konieczność zaprojektowania wykrojnika wymagającego mniejszej siły ścinającej. W tym celu można zastosować albo ukosowanie stempla (rys. 23a), albo ukosowanie płyty tnącej (rys. 23b). Ukosowanie powoduje wyginanie wycinanego materiału. Z tego powodu przy wycinaniu otworów ukosuje się stemple (odpad ulegnie zgięciu), a przy wycinaniu przedmiotów o kształcie stempla ukosuje się płyty tnące.



Rys. 23. Zmniejszenie siły ścinającej: a – przez zukosowanie krawędzi stempla, b – przez zukosowanie płyty tnącej

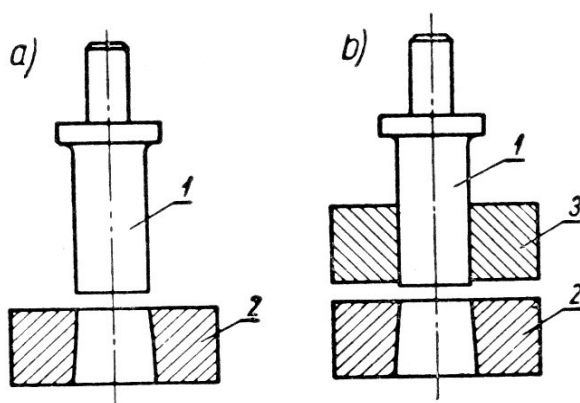
Źródło: S. Okoniewski: Technologia metali, WSiP, Warszawa 1995

Zależnie od sposobu prowadzenia stempla rozróżnia się wykrojniki bez prowadzenia i wykrojniki z prowadzeniem. Na rys. 24a przedstawiono wykrojnik bez prowadzenia.

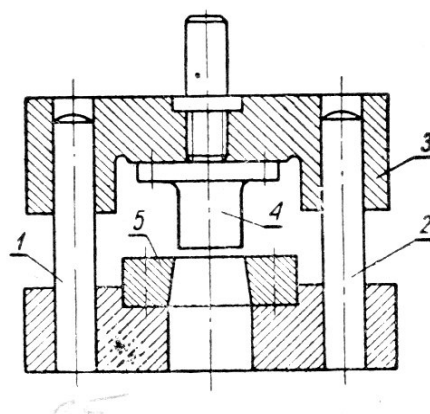
Stempel wykrojnika 1 umocowany w suwaku prasy jest wraz z nim prowadzony w przewodnicach maszyny. Druga część wykrojnika, utrzymująca płytę tnącą 2, jest umocowana na stole prasy w osi stempla. Dokładność wycinania tą metodą nie jest wielka, gdyż elementy prowadzące stempel są zbyt oddalone od płyty tnącej. Z tego powodu wycinanie bez prowadzenia stosuje się do wykrojów, które nie wymagają dużej dokładności.

Do wycinania wykrojów z większą dokładnością stosuje się wykrojniki z prowadzeniem. Nr rys. 24b przedstawiono wykrojnik, którego stempel 1 jest prowadzony w płycie prowadzącej 3 umieszczonej w niewielkiej odległości od płyty tnącej 2. Rys. 25 przedstawia inny sposób prowadzenia stempla. Są tu zastosowane przewodnice słupowe 1 i 2 oraz płyta głowicowa, do której jest umocowany stempel 4, współosiowo ustawiony do otworu w płycie tnącej 5. Na podobnej zasadzie działa walcowe prowadzenie stempla przedstawione na rys. 26.

Wykrawanie można również wykonać w przyrządzie, w którym stempel lub matrycę zastępuje poduszka gumowa (rys. 26). Przyrząd taki składa się z ustawionego na płycie szablonu oraz stempla, w którym umieszczona jest gumowa poduszka. Ścięcie blachy następuje wzdłuż ostrej krawędzi szablonu pod działaniem nacisku poduszki gumowej.



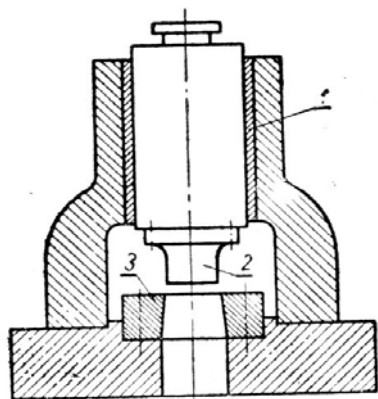
Rys. 24. Wykrojnik: a – bez prowadzenia b - z płytą prowadzącą



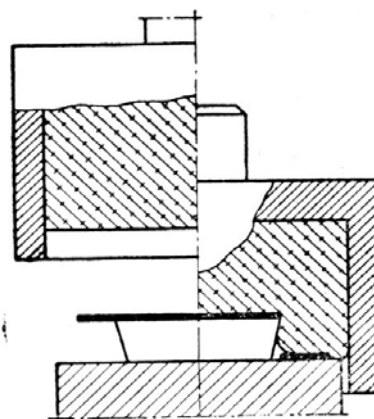
Rys. 25. Wykrojnik z prowadzeniem słupowym

Źródło: S. Okoniewski: Technologia metali, WSiP, Warszawa 1995

Metoda wykrawania gumą ma zastosowanie wówczas gdy przewiduje się wykonanie jedynie niewielkiej liczby wykrojów o stosunkowo prostych kształtach.



Rys. 26. Wykrojnik z prowadzeniem walcowym: 1 - prowadnica walcowa, 2 - stempel, 3 - płyta tnąca



Rys. 27. Wykrojnik z poduszką gumową



Rys. 28. Odcinanie z odpadem

Źródło: S. Okoniewski: Technologia metali, WSiP, Warszawa 1995

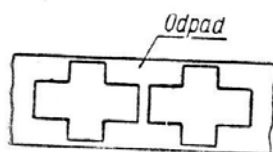
W zakres cięcia wchodzi wiele operacji, z których najważniejsze to: odcinanie, wycinanie, dziurkowanie, przycinanie, okrawanie, nacinanie, rozcinanie oraz wygładzanie.

Odcinanie jest to całkowite oddzielenie wyrobu od materiału wzdłuż linii nie zamkniętej. Rozróżnia się odcinanie z odpadem i odcinanie bez odpadu. Na rys. 28 pokazano odcinanie z odpadem.

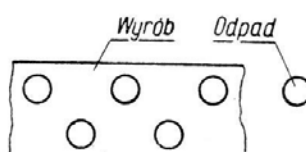
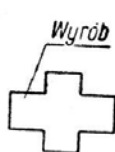
Wycinanie jest to całkowite oddzielenie materiału wzdłuż linii zamkniętej okalającej wycinany przedmiot (rys. 29).

Dziurkowaniem nazywamy całkowite oddzielenie materiału wzdłuż linii zamkniętej, okalającej odpad (rys. 30).

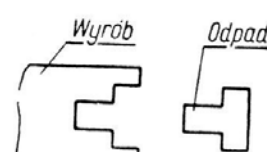
Przycinaniem nazywamy całkowite oddzielenie części materiału od wyrobu wzdłuż linii nie zamkniętej, oddzielona część jest odpadem (rys. 31).



Rys. 29. Wycinanie



Rys. 30. Dziurkowanie



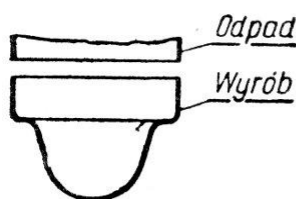
Rys. 31. Przycinanie

Źródło: S. Okoniewski: Technologia metali, WSiP, Warszawa 1995

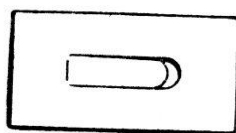
Okrawanie jest to oddzielenie materiału na obrzeżu przedmiotu (rys. 32).

Nacinanie jest to częściowe dzielenie materiału wzdłuż linii nie zamkniętej (rys. 33).

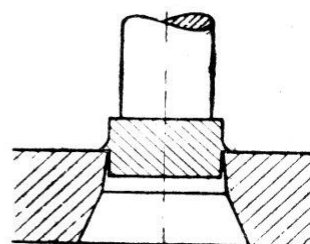
Rozcinanie jest to rozdzielanie na części cięciem. Proces ten można stosować do rozcinania taśm, arkuszy lub nawet tłoczonych wyrobów.



Rys. 32. Okrawanie



Rys. 33. Nacinanie



Rys. 34. Wygładzanie wyciętego przedmiotu

Źródło: S. Okoniewski: Technologia metali, WSiP, Warszawa 1995

Wygładzanie jest operacją oddzielania małego nadkładu materiału od przedmiotu uprzednio wyciętego lub dziurkowanego, w celu utworzenia ostrych krawędzi i gładkiej powierzchni cięcia oraz uzyskania wymiarów w węższym zakresie tolerancji (rys. 33).

Kształtowanie.

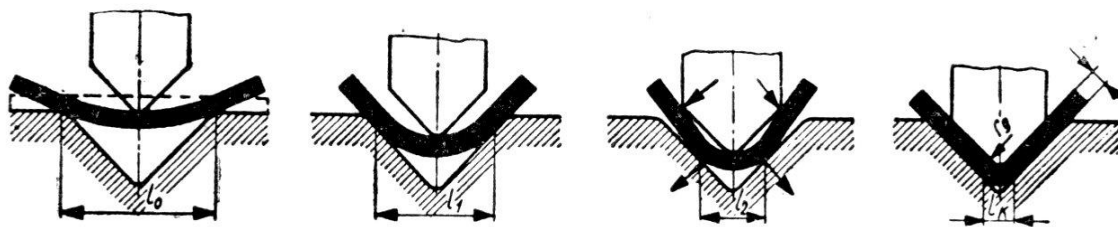
Kształtowaniem nazywamy proces tłoczenia materiału, bez naruszenia jego spójności. Spośród licznych operacji kształtowania wymienić można: gięcie, skręcanie, prostowanie, ciągnięcie, wyoblanie.

Gięcie jest procesem kształtowania, przy którym zostaje zachowana prostoliniowość tworzących, a zmiana krzywizny, giętego materiału zachodzi w jednej płaszczyźnie. Rozróżnia się następujące podstawowe operacje gięcia; wyginanie, zaginanie, zwijanie i zawijanie.

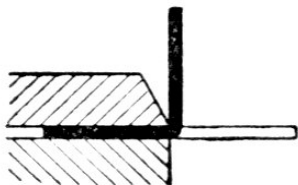
Na rys. 35 przedstawione są operacje wyginania polegające na kształtowaniu materiału z zachowaniem jego prostoliniowości na odcinkach pomiędzy wygięciami.

Przebieg procesu zaginania wyjaśnia rys. 36.

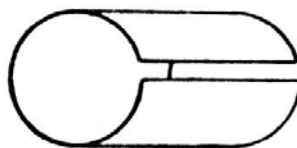
Zwijanie jest gięciem kołowym materiału na całej jego długości. Zasadę tego procesu pokazano na rys. 37.



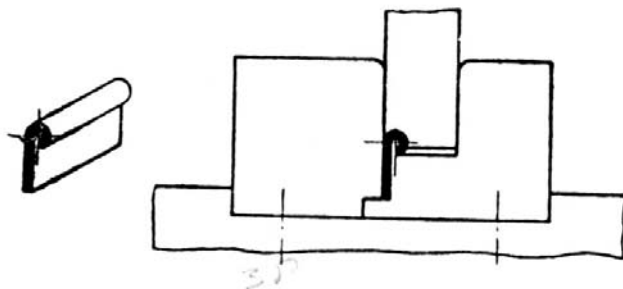
Rys. 35 Wyginanie



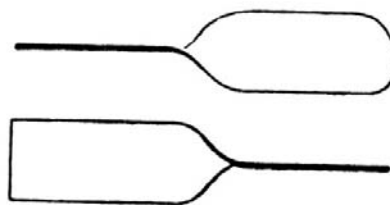
Rys. 36. Zaginanie



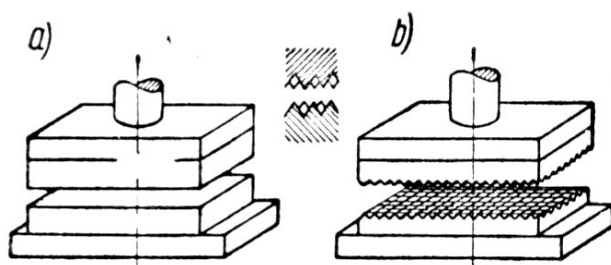
Rys. 37. Zwijanie



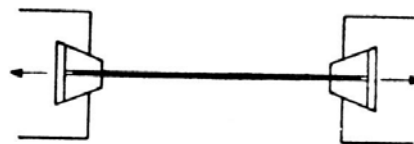
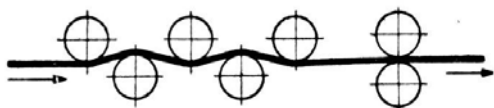
Rys. 38: Zawijanie



Rys. 39. Skręcanie



Rys. 40. Prostowanie między płytami:
a - płyty płaskie, b - płyty nacinane



Rys. 41. Prostowanie między obracającymi się walcami
Źródło: S. Okoniewski: Technologia metali, WSiP, Warszawa 1995

Rys. 42. Prostowanie przez rozciąganie

Zawijanie mające na celu zawinięcie obrzeży przedmiotu jest pokazane na rys. 38.

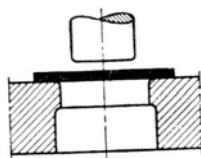
Skrećanie stanowiące jedną z odmian kształtowania polega na przekształceniu materiału prostoliniowego w przedmiot o powierzchni śrubowej. Zasadę skrećania wyjaśnia rys. 39.

Prostowanie ma za zadanie usuwanie zniekształceń blach lub wyrobów w celu otrzymania płaskich powierzchni. Zależnie od kształtu i wymiarów przedmiotów prostuje się je między płytami, między walcami lub przez wyprężanie. Rys. 40, 41, 42.

Ciągnienie.

Ciągnieniem nazywamy głębokie kształtowanie wyrobu w jednej lub kilku operacjach lub zabiegach zwanych ciągnięciami. Rozróżnia się dwie podstawowe operacje ciągnięcia. Są to wytłaczanie i przetłaczanie.

Procesy ciągnięcia są obecnie szeroko stosowane w przemyśle przetwórczym, wykorzystującym surowiec w postaci wszelkiego rodzaju blach do wytwarzania swych produktów. Wymienić tu można przykładowo przemysł elektrotechniczny, przemysł motoryzacyjny, maszynowy, przemysł precyzyjny oraz przemysł drobny produkujący liczne wyroby niezbędne w codziennym życiu każdego człowieka. Cechą charakterystyczną tych procesów jest wielka prostota i szybkość ich przebiegów. Wymagają one jednak kosztownych urządzeń i z tego powodu mogą być opłacalne tylko w masowej produkcji.



Rys. 43. Wytłaczanie

Źródło: S. Okoniewski: Technologia metali, WSiP, Warszawa 1995

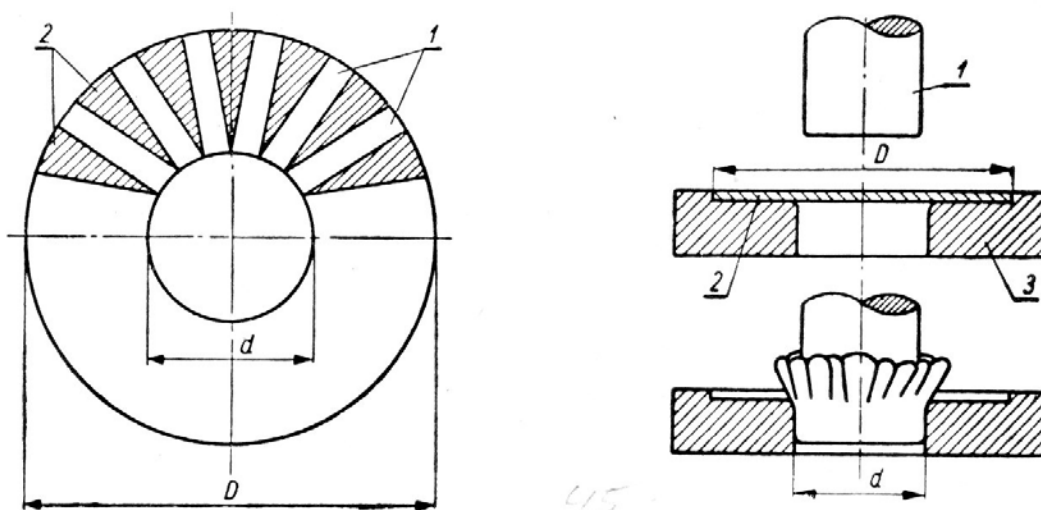
Na rys. 43 przedstawiono schematycznie proces wytłaczania. Podczas wytłaczania z płaskiego krążka powstaje wskutek działania stempla miseczka odpowiadająca kształtem kształtowi stempla. Wytłaczarce można wyjaśnić, rozważając zachowanie się materiału w czasie formowania się miseczki. Przedstawiony na rys. 44 krążek metalowy jest materiałem wyjściowym do wytłaczania miseczki. Nie zakreskowane powierzchnie prostokątne 1 po

zgięciu o kąt prosty utworzyłyby bez trudu miseczkę o średnicy d i wysokości h , stoją jednak temu na przeszkodzie powierzchnie trójkątne 2, które podczas wytłaczania mogą spowodować pofałdowanie się miseczki, gdy nie ulegną w dostatecznym stopniu odkształceniu plastycznemu. Na rys. 45 przedstawiono miseczkę, która uległa pofałdowaniu wskutek nieprawidłowego przebiegu procesu wytłaczania.

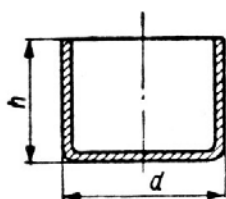
Podczas wytłaczania miseczki z blach cienkich należy stosować urządzenia przytrzymujące, które uniemożliwiają powstawanie fałd (rys. 46). Do chwili powstania miseczki dociskacz 1 dociska blachę 2 do powierzchni matrycy 3 i zapobiega unoszeniu się do góry obrzeży krążka oraz pofałdowaniu. Wartość siły docisku musi być tak dobrana, żeby materiał podczas wytłaczania nie unosił dociskacza do góry lub żeby nie był trzymany zbyt mocno. W pierwszym przypadku miseczka zostanie pofałdowana w drugim dno miseczki zostanie urwane.

Podczas wytłaczania miseczki staramy się otrzymać stosunkowo dużą wysokość miseczki, a tym samym małą średnicę denka, aby zmniejszyć liczbę operacji wyciągania. Proces miseczkowania określa tzw. współczynnik ciągnięcia m wyrażający stosunek średnicy miseczki d do średnicy krążka D $m = d/D$.

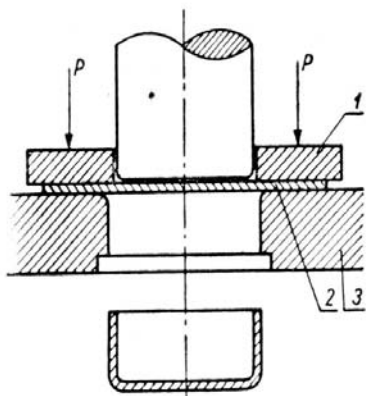
Wartość tego współczynnika dla różnych materiałów jest różna i zawiera się w granicach od $0,5 \div 0,7$. Przy wartości współczynnika mniejszej od dolnej granicy powstaje obawa urwania się denka podczas wytłaczania.



Rys. 45. Miseczka pofałdowana: 1- stempel, 2 - materiał wyjściowy, 3 - matryca

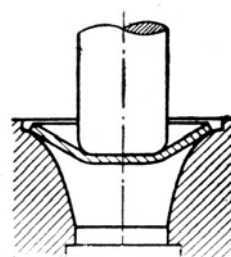


Rys. 44. Kształt materiału wyjściowego do wytłaczania miseczek



Rys. 46.

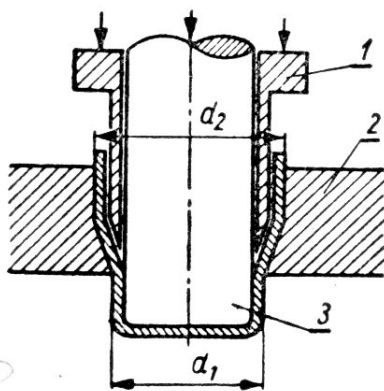
Wytlaczanie z dociskaczem



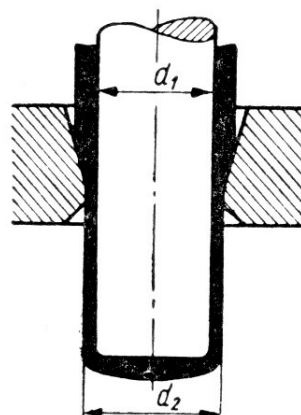
Rys. 47. Zarys matrycy do wytłaczania bez docisku

Źródło: S. Okoniewski: Technologia metali, WSiP, Warszawa 1995

Miseczki z blach grubych można wytłaczać w matrycach bez dociskacza. Do tego celu należy stosować matryce specjalnie ukształtowane (rys. 47). Przedstawiony na rysunku kształt matrycy jest tak dobrany, że przez cały czas wytłaczania obrzeże tworzącej się miseczki przylega do matrycy. Silny nacisk materiału na matrycę zmniejsza w znacznym stopniu skłonność blachy do fałdowania się.



Rys. 48. Ciągownik z dociskaczem:
1 - dociskacz, 2 - matryca, 3 - stempel



Rys. 49. Przetłaczanie ze zmniejszeniem grubości ścianki (przetłaczanie z wyciąganiem)

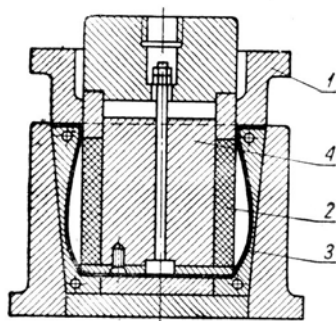
Źródło: S. Okoniewski: Technologia metali, WSiP, Warszawa 1995

Produkt ukształtowany w postaci miseczki podlega przetłaczaniu. W tym celu stosujemy ciągowniki z dociskaczem 1 zapobiegającym tworzeniu się fałd (rys. 48). W przypadku przedstawionym na rysunku zmianie ulegają średnica miseczki i jej wysokość, nie następuje natomiast zmiana grubości ścianki. Można tu również, jak w przypadku miseczkowania, ustalić współczynnik ciągnięcia, który jest stosunkiem średnicy zmniejszonej przez wyciąganie d_1 do średnicy wyjściowej d_2 $m_w = d_1/d_2$.

Wartości współczynnika są głównie zależne od materiału i wynoszą w pierwszym po miseczkowaniu przetłaczaniu $0,60 \div 0,75$, a w następnych $0,65 \div 0,85$.

W przypadku przetłaczania bez zmniejszania grubości ścianek luzu między matrycą a stemplem powinny być większe niż grubość materiału. Jeżeli ustalony w ten sposób luz jest zbyt mały, to podczas przetłaczania wzrasta zapotrzebowanie siły spowodowane zwiększeniem się tarcia. Zbyt duży luz powoduje fałdowanie się materiału.

Na rys. 49 przedstawiono przebieg przetłaczania mającego na celu zmniejszenie grubości ścianek. W takim przypadku luz między stemplem a matrycą jest mniejszy od grubości ścianek w półprodukcie wyjściowym. Po osiągnięciu w procesie przetłaczania produktu o kształcie zbliżonym do ostatecznego następuje operacja końcowa, tzw. dotłaczanie.



Rys. 50. Dotłaczak gumowy: 1 - dociskacz, 2 - pierścień gumowy, 3 - przedmiot przed dotłoczeniem, 4 - stempel

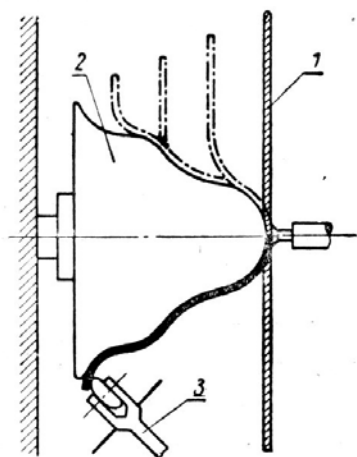
Źródło: S. Okoniewski: Technologia metali, WSiP, Warszawa 1995

Dotłaczanie ma na celu otrzymanie ostatecznego kształtu wyrobu, dokładnych wymiarów oraz odpowiedniej gładkości powierzchni. Proces dotłaczania odbywa się w wykroju narzędzi o wymiarach ściśle odpowiadających wymiarom gotowego produktu. Dotłaczanie można przeprowadzić nie tylko za pomocą stempla metalowego. Niekiedy do tego celu stosuje się dotłaczanie gumą. Rys. 50 przedstawia dotłaczak gumowy. W tym urządzeniu naciśnięcie stemplem pierścienia gumowego powoduje jego spęczenie, a następnie dociśnięcie blaszanego przedmiotu do ścianek wykroju matrycy.

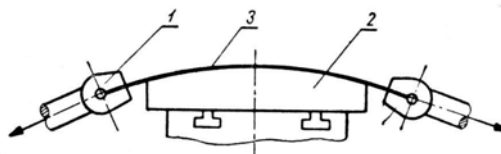
Wyoblanie.

Proces wyoblania przeprowadza się na maszynach zwanych wyoblarkami. Są to maszyny podobne budową do prostych tokarek. Materiał użyty do wyoblania ma kształt krążka, który w swym środku jest dociskany za pomocą konika do wzornika wykonywanego przedmiotu. Wzornik umocowany w głowicy wyoblarki obraca się wraz z nią i wraz z krążkiem blachy (rys. 51). Na wirującą blachę 1 wywiera się nacisk za pomocą wyoblaka 3 starając się ją przygiąć do powierzchni wzornika 2.

Wyoblanie stosuje się w produkcji jednostkowej lub małoseryjnej, gdy wykonanie przy rządów do ciągnięcia byłoby zbyt kosztowne. Wyoblanie wykonuje się zazwyczaj ręcznie, niekiedy jednak wyoblak może być przesuwany mechanicznie. Wyoblaki ręczne mają kształt prętów, a wyoblaki mechaniczne kształt rolek.



Rys. 51 Zasada procesu wyoblania



Rys. 52. Zasada obciągania

Źródło: S. Okoniewski: Technologia metali, WSiP, Warszawa 1995

Obciąganie.

Obciąganie jest procesem polegającym na równoczesnym gięciu i rozciąganiu. Blacha poddawana obciąganiu umocowana jest zazwyczaj w uchwytach 1 i podpierana wzornikiem (rys. 52). Nacisk wzornika 2 na blachę 3 lub odwrotnie, blachy na wzornik, powoduje kształtowanie blach. Metoda obciągania znalazła zastosowanie w budowie karoserii samochodowych.

4.2.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Na czym polega obróbka plastyczna?
2. Wymień sposoby obróbki plastycznej?
3. Wymień co najmniej trzy zalety obróbki plastycznej?
4. Opisz, na czym polega walcowanie?
5. Jakie wyroby powstają w procesie walcowania?
6. Jak dzielimy kucie swobodne?
7. Na czym polega kucie matrycowe?
8. Wymień operacje tłoczenia?
9. Opisz podstawowe zasady bhp podczas obróbki plastycznej?

4.2.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Identyfikowanie procesów obróbki plastycznej na podstawie wykonywanych części maszyn i półwyrobów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinienś:

- 1) na podstawie prezentowanych części maszyn zidentyfikować proces obróbki plastycznej,

- 2) opisać zidentyfikowany proces obróbki plastycznej.
Wyposażenie stanowiska pracy:
- typowe części i półwyroby produkowane w procesie obróbki plastycznej,
 - foliogramy, tablice, gabloty pogładowe,
 - literatura wymieniona w punkcie 6 Poradnika dla ucznia.

Ćwiczenie 2

Projektowanie procesu obróbki plastycznej części maszyn.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z rysunkiem wykonawczym części,
- 2) dobrać proces obróbki plastycznej,
- 3) ustalić kolejność operacji,
- 4) dobrać parametry techniczne obróbki plastycznej części,
- 5) wypełnić kartę technologiczną obróbki plastycznej.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- rysunki części maszyn, dla których uczniowie projektują proces obróbki plastycznej,
- foliogramy, poradniki, plansze oraz przykłady innych procesów technologicznych obróbki części maszyn,
- literatura wymieniona w punkcie 6 Poradnika dla ucznia.

Ćwiczenie 3

Wykonanie części metodą kucia ręcznego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z dokumentacją części do wykonania szczególnie z rysunkiem wykonawczym lub z wzorcem części do wykonania,
- 2) przygotować stanowisko pracy do wykonania operacji kucia ręcznego,
- 3) przeprowadzić operacje kucia ręcznego,
- 4) sprawdzić wykonanie części metodą kucia ręcznego w szczególności wymiary, kształt geometryczny, estetykę wykończenia powierzchni.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko dydaktyczne do kucia ręcznego,
- urządzenie do pomiaru temperatury grzanego elementu,
- dokumentacja techniczna lub wzorniki części do wykonania,
- literatura wymieniona w punkcie 6 Poradnika dla ucznia.

Ćwiczenie 4

Wykonanie elementu na prasie z wykorzystaniem wykrojnika.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) zapoznać się z instrukcją obsługi stanowiska do wykonywania obróbki plastycznej,
- 2) przygotować stanowisko do wykonania obróbki plastycznej ze szczególnym uwzględnieniem mocowania wykrojnika w suwaku,
- 3) przeprowadzić wykonanie elementu na prasie zgodnie z przepisami bhp,
- 4) dokonać pomiaru i sprawdzenia zgodności z dokumentacją lub wzornikiem.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko dydaktyczne do wykonania elementów części z wykorzystaniem wykrojnika,
- dokumentacja technologiczna, instrukcje obsługi stanowiska, filmy, foliogramy,
- literatura zgodna z punktem 6 Poradnika dla ucznia.

Ćwiczenie 5

Wykonanie elementu części na prasie z wykorzystaniem tłoczniaka.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) zapoznać się z instrukcją obsługi prasy z zamontowanym tłoczniakiem,
- 2) przygotować stanowisko do wykonywania operacji tłoczenia,
- 3) przeprowadzić proces tłoczenia na prasie zgodnie z warunkami bhp,
- 4) sprawdzić zgodność wymiarów wykonanych elementów.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko dydaktyczne do wykonywania elementów części z wykorzystaniem tłoczniaka,
- dokumentacja techniczna, instrukcje, filmy dydaktyczne, foliogramy,
- literatura zgodna z punktem 6 Poradnika dla ucznia.

4.2.4. Sprawdzian postępów

	Tak	Nie
Czy potrafisz:		
1) określić, na czym polega obróbka plastyczna?	☐	☐
2) wymienić sposoby obróbki plastycznej?	☐	☐
3) scharakteryzować proces walcowania?	☐	☐
4) scharakteryzować proces kucia swobodnego?	☐	☐
5) wskazać elementy składowe procesu kucia matrycowego?	☐	☐
6) wykonać podstawowe operacje obróbki plastycznej?	☐	☐
7) stosować zasady bhp podczas obróbki plastycznej?	☐	☐

5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

INSTRUKCJA DLA UCZNIA

1. Przeczytaj uważnie instrukcję.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem pytań testowych.
4. Test zawiera 7 pytań. Do każdego pytania dołączone są 4 możliwości odpowiedzi. Tylko jedna jest prawidłowa.
5. Udzielaj odpowiedzi tylko na załączonej karcie odpowiedzi, stawiając w odpowiedniej rubryce znak X. W przypadku pomyłki należy błędną odpowiedź zaznaczyć kółkiem, a następnie ponownie zakreślić odpowiedź prawidłową.
6. Pracuj samodzielnie, bo tylko wtedy będziesz miał satysfakcję z wykonanego zadania.
7. Kiedy udzielenie odpowiedzi będzie Ci sprawiało trudność, wtedy odłóż jego rozwiązanie na później i wróć do niego, gdy zostanie Ci wolny czas.
8. Na rozwiązanie testu masz 20 min.
Powodzenia!

Zestaw pytań testowych

1. Typowy proces wytwarzania odlewów składa się z pięciu następujących po sobie etapów:
 - a) 1) wykonania modelu przedmiotu,
2) wykonania formy odlewniczej,
3) przygotowaniu metalu do wypełnienia formy,
4) zalewania formy odlewniczej,
5) wyjęcia z formy i wykończenia odlewu,
 - b) 1) wykonania formy odlewniczej,
2) wykonania modelu przedmiotu,
3) przygotowaniu metalu do wypełnienia formy odlewniczej,
4) zalewania formy odlewniczej,
5) wyjęcia z formy i wykończenia odlewu,

- c)
 - 1) przygotowaniu metalu do wypełnienia formy odlewniczej,
 - 2) wykonania modelu przedmiotu,
 - 3) wykonania formy odlewniczej,
 - 4) zalewania formy odlewniczej,
 - 5) wyjęcia z formy i wykończenia odlewu,
 - d)
 - 1) przygotowaniu metalu do wypełnienia formy odlewniczej,
 - 2) wykonania formy odlewniczej,
 - 3) wykonania modelu przedmiotu,
 - 4) zalewania formy odlewniczej,
 - 5) wyjęcia z formy i wykończenia odlewu.
2. Podstawowym składnikiem masy formierskiej jest:
- a) kamień,
 - b) piasek,
 - c) żwir,
 - d) glina.
3. W jakim celu wytwarza się rdzeń odlewniczy?
- a) odtworzenia wewnętrznych kształtów odlewów,
 - b) odtworzenia zewnętrznych kształtów odlewów,
 - c) zmniejszenia objętości odlewów,
 - d) doprowadzeniu metalu do formy.
4. Za pomocą jakiej metody odlewania wykonuje się łopatki turbin, pomp odśrodkowych?
- a) odlewania kokilowego,
 - b) odlewania w formach skorupowych,
 - c) odlewania w formach wirujących,
 - d) odlewania precyzyjnego.

5. Obróbkę plastyczną wykonujemy:
- a) tylko na gorąco,
 - b) tylko na zimno,
 - c) na gorąco i zimno,
 - d) nie ma znaczenia temperatura.
6. W wyniku jakiej obróbki plastycznej powstają pręty, kształtowniki, blacha itp.?
- a) kucia swobodnego,
 - b) kucia matrycowego,
 - c) walcowania,
 - d) tłoczenia.
7. Tłoczenie to proces obróbki plastycznej na zimno i gorąco obejmujący operacje:
- a) cięcia i kształtowania,
 - b) gięcia,
 - c) kucia swobodnego,
 - d) walcowania.

KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko.....

Wykonywanie części maszyn w procesach odlewania

Zakreśl poprawną odpowiedź.

Nr zadania	<i>Odpowiedź</i>				Punkty
	a	b	c	d	
1	a	b	c	d	
2	a	b	c	d	
3	a	b	c	d	
4	a	b	c	d	
5	a	b	c	d	
6	a	b	c	d	
7	a	b	c	d	
Razem:					

6. LITERATURA

1. Okoniewski S.: Technologia Maszyn. WSiP, Warszawa 1999
2. Bartosiewicz J.: Obróbka i montaż części maszyn. WSiP, Warszawa 1995
3. Górecki A.: Technologia ogólna WSiP, Warszawa 1994