

Moduł 6

Techniki i metody wytwarzania części maszyn i urządzeń

1. Odlewnictwo
2. Obróbka plastyczna
3. Obróbka cieplna i cieplno-chemiczna
4. Klejenie, spawanie i zgrzewanie metali
5. Toczenie
6. Frezowanie i struganie
7. Gwintowanie i szlifowanie
8. Bibliografia

1. Odlewnictwo

I. Wiadomości ogólne

Odlewnictwem nazywa się dziedzinę techniki obejmującą wytwarzanie części maszyn lub przedmiotów przez wypełnianie ciekłym metalem odpowiednio przygotowanych form. Otrzymane przedmioty nazywamy ogólnie odlewami, a metodę ich wytwarzania - odlewaniem.

W procesie wytwarzania odlewów rozróżnia się kilka kolejno następujących po sobie etapów:

- przygotowanie modelu przedmiotu, którego odlew ma być wykonany,
- przygotowanie materiałów formierskich,
- przygotowanie formy odlewniczej oraz rdzeni,
- wypełnienie ciekłym metalem formy odlewniczej,
- wyjęcie odlewu z formy,
- oczyszczenie i wykończenie odlewu.

Kształt przedmiotu w formie odtwarza się za pomocą modelu, który swym kształtem musi odpowiadać kształtowi wykonywanego odlewu. Powierzchnie wewnętrzne odlewu (często odlewane części są „puste” w środku) odtwarza się za pomocą odrębnych części formy, zwanych rdzeniami.

Jednym ze sposobów wykonywania odlewów jest zalewanie ciekłym metalem formy jednorazowej, sporządzonej z masy formierskiej. Formę wykonuje się najczęściej z dwóch lub kilku części, aby umożliwić wyjęcie modelu. Większe formy i rdzenie suszy się po wykonaniu, żeby stały się dostatecznie wytrzymałe. Ciekły metal doprowadza się do wnętrza formy kanałami (wykonanymi w czasie formowania), które stanowią tzw. układ wlewowy. Po zalaniu, tj. wypełnieniu formy metalem, jego zakrzepnięciu i ostygnięciu wyjmuje się z formy otrzymany odlew i oczyszcza go z zanieczyszczeń. Oczyszczanie odlewu i usuwanie zbędnych dodatków metalu zakrzepłego w układzie wlewowym i w szczelinach nazywa się wykańczaniem odlewu. Wykończony odlew starannie się sprawdza, czy nie ma wad odlewniczych i czy odpowiada wymaganiom technicznym. Te ostatnie czynności nazywają się odbiorem lub kontrolą odlewów.

Najczęściej stosowaną metodą jest odlewanie kokilowe – polegające na odlewaniu do trwałej formy (tzw. kokili). Stopiony metal może być wprowadzany do formy pod ciśnieniem. Właściwości tak otrzymanych odlewów są lepsze niż przy odlewaniu do form piaskowych (większa dokładność wymiarowa odlewu, mniejsza chropowatość powierzchni, lepsze właściwości mechaniczne, skrócenie czasu obróbki cieplnej odlewów – wzrost wydajności odlewni). Odlewanie kokilowe stosuje się głównie do metali i stopów nieżelaznych, w szczególności do cynku, miedzi, aluminium, ołowiu, lub stopów cyny. W zależności od typu odlewanego metalu, używa się urządzeń odlewniczych z gorącą lub zimną komorą.

Rys. nr 6.1. Forma do odlewów kokilowych



Źródło: <http://www.ampcometal.com/pl/index.php?page=gravity>

Wytwarzanie części metodą odlewania kokilowego jest względnie proste i nie wymaga tworzenia na nowo matrycy (formy). Dlatego jest ono szczególnie przydatne do wykonywania małej i średniej wielkości odlewów w dużych ilościach. Odlewy kokilowe charakteryzują się dobrym wykończeniem powierzchni (według standardów odlewniczych) oraz wysoką jednorodnością materiału.

Rys. nr 6.2. Odlew kokilowy



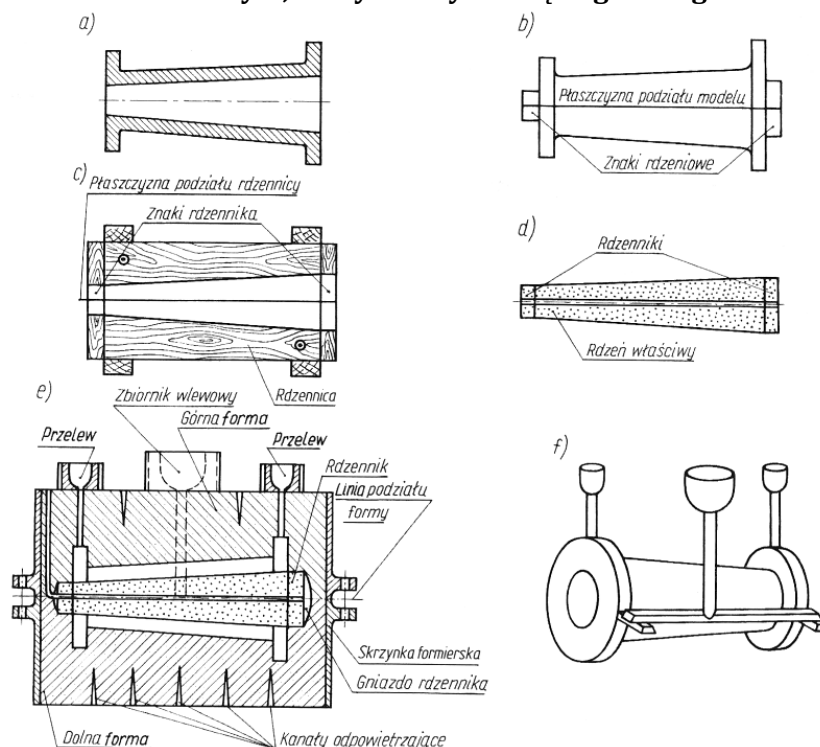
Źródło: <http://www.ru.all.biz>

II. Modele odlewnicze, rdzenie i formy

Zewnętrzne kształty odlewu odtwarza się za pomocą **modelu**. Kształty wewnętrzne odtwarza się za pomocą **rdzeni**, które mocuje się w odpowiednich gniazdach formy. Modele używane do wytwarzania form z rdzeniami powinny nie tylko odtwarzać kształty zewnętrzne odlewów, lecz również kształty gniazd rdzeniowych. Ta część modelu, która odtwarza kształt gniazda, nazywa się **znakiem rdzeniowym**.

Rdzenie wykonywane przeważnie w specjalnych skrzynkach, zwanych **rdzennicami**, powinny mieć tzw. **rdzennik** do mocowania rdzenia w gniazdach rdzeniowych formy. Część rdzennicy, która odpowiada kształtem rdzennikowi, nazywa się **znakiem rdzennika**. W celu wykonania odlewu rury (rys. nr 3a) trzeba sporządzić model (rys. nr 3b), a następnie rdzennicę i z jej użyciem wykonać rdzeń (rys. nr 3c, d). Gotową do zalania ciekłym metalem formę przedstawiono na rys. nr 5e. W celu odtworzenia wewnętrznych kształtów rury wkłada się do formy rdzeń (rys. nr 3d). Modele wykonuje się z drewna, metalu, gipsu, tworzywa sztucznego itp.

Rys. nr 3. Wykonanie formy do odlewu rury z kołnierzem: a) przekrój rury z kołnierzem, b) model rury, c) rdzennica, d) rdzeń, e) forma odlewnicza rury, f) odlew rury wraz z układem wlewowym, który należy usunąć z gotowego odlewu



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Podstawą opracowania kompletu modelowego jest rysunek odlewanej części. Na jego podstawie określa się sposób wykonania poszczególnych części kompletu modelowego, tj.:

- położenie linii podziału modelu w skrzynkach formierskich,
- naddatki wymiarowe, uwzględniające skurcz odlewniczy metalu,
- pochylenia odlewnicze modeli i skrzynek rdzeniowych (w celu ułatwienia wyjmowania modelu i rdzenia z formy),
- naddatki wymiarowe na obróbkę mechaniczną,
- położenie znaków rdzeniowych.

Modele odlewnicze wykonuje się przeważnie jako dzielone, co ułatwia wykonanie formy. Od wyboru linii podziału modelu zależy jego budowa, przebieg formowania oraz dokładność wymiarów odlewu. Główną przyczyną stosowania podziału modelu jest umożliwienie wyjęcia modelu z formy.

Podczas wykonywania modeli i rdzennic uwzględnia się wielkość skurczu metalu w formie, tak żeby otrzymany odlew swymi wymiarami odpowiadał wymiarom podanym na rysunku odlewu. Skurcz różnych tworzyw jest różny i średnio wynosi ok. 1% dla żeliwa szarego, ok. 1,5% dla brązów i stopów aluminium oraz ok. 2% dla staliwa i żeliwa ciągliwego.

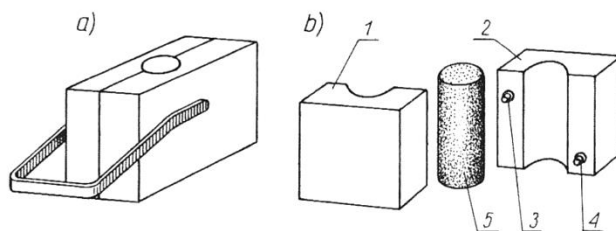
W celu ułatwienia wyjęcia modelu z formy i wyjęcia rdzenia z rdzennicy nadaje się pionowym płaszczyznom modeli i rdzeni odpowiednie pochylenie. Wartość stosowanego pochylenia zależy od materiału, z jakiego jest wykonany model, oraz od wysokości ścianki modelu i sposobu formowania. Pochylenia ścian w modelach metalowych wynoszą zwykle $0,5 \div 1^\circ$, a w modelach drewnianych $1 \div 3^\circ$. Należy pamiętać, że im większa jest wysokość modelu, tym mniejsze pochylenie nadaje się ściankom.

Projektując rysunek odlewu na podstawie rysunku części, która ma być wykonana jako odlew, trzeba uwzględnić naddatki na obróbkę dla obrabianych powierzchni odlewu. Wartości naddatków określają normy. Dla odlewów z żeliwa wynoszą od 3 mm (w drobnych i średnich odlewach) do kilkunastu milimetrów (w odlewach bardzo dużych). Nadatki dla odlewów staliwnych są większe niż dla odlewów żeliwnych. Wartość naddatków zależy nie tylko od materiału, z jakiego jest wykonany odlew, ale również od wymiarów i położenia powierzchni obrabianej oraz od liczby wykonywanych sztuk.

Wykonywanie modeli z drewna i metalu jest bardzo pracochłonne i wymaga wysokich kwalifikacji, zwłaszcza gdy modele mają skomplikowane kształty. Modele drewniane muszą być wykonywane z bardzo suchego drewna i potem pomalowane lakierem, aby zapobiec zawilgoceniu, a tym samym zmianie kształtu.

Rdzenie wytwarza się z masy rdzeniowej, ręcznie według wzorników lub maszynowo. Skrzynki rdzeniowe stosowane do ręcznego wytwarzania rdzeni wykonuje się przeważnie z drewna. Na rys. nr 4 przedstawiono przebieg formowania prostego rdzenia walcowego. Formowanie odbywa się w drewnianej rdzennicy, składającej się z dwóch symetrycznych części 1 i 2. Prawidłowe położenie obu części rdzennicy ustala się za pomocą kołków 3 i 4. Rdzennicę (po jej złożeniu) należy napełnić masą rdzeniową, którą następnie zagęszcza się ubijakiem. W celu ułatwienia odprowadzania gazów wydzielających się w formie podczas zalewania środka rdzenia 5 trzeba przekłuć szpilką.

Rys. nr 6.4. Formowanie prostego rdzenia: a) rdzennica przygotowana do napełnienia, b) rdzennica rozłożona

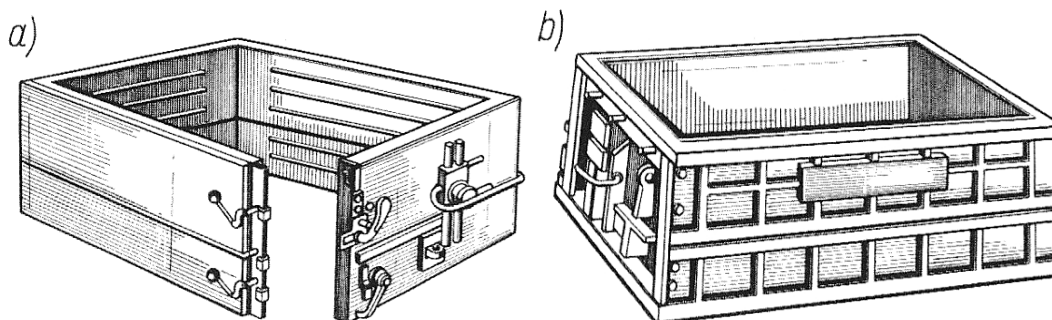


Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Formy większości odlewów wykonuje się w skrzynkach formierskich (rys. nr 5). Skrzynki te stanowią rodzaj sztywnych ram sporządzonych najczęściej z żeliwa, blachy stalowej, lekkich stopów, tworzyw sztucznych, a nawet z drewna. Powinny być wytrzymałe i lekkie.

Skrzynki formierskie mogą mieć różne kształty, przystosowane do kształtu modelu. Najczęściej jednak są używane skrzynki prostopadłocienne.

Rys. nr 6.5. Skrzynki formierskie: a) skrzynka otwierana, b) skrzynka zdejmowana



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

III. Materiały na masy formierskie

Podstawowymi materiałami formierskimi są **piaski formierskie** o określonych własnościach. Piaski formierskie są głównym składnikiem masy formierskiej, z której wykonuje się formy odlewnicze.

Głównymi składnikami piasków formierskich są **kwarc** oraz **glina**, która stanowi naturalne lepiszcze wiążące w masie formierskiej ziarenka kwarcu. Rolę lepiszcza w masach formierskich, przewidzianych głównie na rdzenie, odgrywają również tzw. spoiwa. Do najczęściej stosowanych spoiw należą: ług posulfitowy, melasa, dekstryna, pokost, różne żywice syntetyczne i inne.

Dobre piaski formierskie powinny się odznaczać plastycznością, spoistością, przepuszczalnością, odpornością na wysoką temperaturę i trwałością. **Plastyczność** charakteryzuje zdolność piasków formierskich do zachowywania kształtów odcisniętych w nich modeli. **Spoistość** charakteryzuje w pewnej mierze odporność piasku formierskiego na wstrząsy i uderzenia formą. **Przepuszczalność** piasków formierskich to ich zdolność do przepuszczania gazów; zależy ona od porowatości masy formierskiej. Odporność na działanie wysokiej temperatury jest niezbędna w warunkach działania ciekłego metalu. Niedostateczna odporność masy na wysoką temperaturę jest przyczyną powstawania zanieczyszczeń powierzchni odlewu przypalonymi ziarenkami piasku. Zwiększenie tej odporności uzyskuje się przez dodanie pyłu węglowego lub koksowego do masy formierskiej. **Trwałością** piasków nazywa się zdolność do zachowania dobrych własności formierskich po kilkakrotnym ich użyciu.

W skład **masy formierskiej** wchodzi również gliny, spoiwa, materiały rozluźniające i poprawiające przepuszczalność formy (są to trociny, torf włóknisty, paździerz itp.).

W celu uniknięcia przywierania ziarenek piasku do powierzchni odlewu stosuje się różnego rodzaju pokrycia form, np. grafitem. Często używanym, zwłaszcza w produkcji odlewów aluminiowych, materiałem na pokrycie form jest mączka kwarcowa.

Części składowe formy, skrzynek rdzeniowych oraz części modeli przed przystąpieniem do formowania posypuje się proszkami rozdzielczymi, np. pyłem kwarcowym, kredą, talkiem.

IV. Przygotowanie materiałów formierskich

Przygotowanie mas formierskich obejmuje następujące czynności:

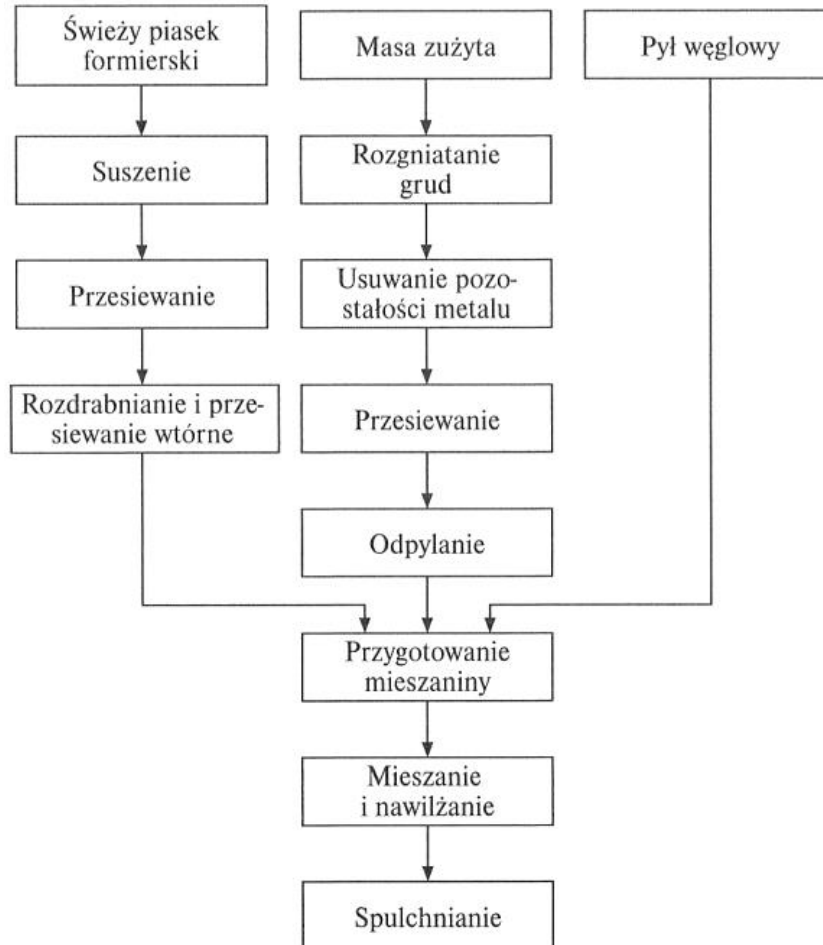
- przeróbkę świeżych materiałów formierskich,
- przeróbkę masy używanej (wybitej ze skrzynek formierskich),
- wymieszanie i spulchnienie masy.

Na rys. nr 6 podano schemat przygotowania mas formierskich. Suszenie materiałów formierskich odbywa się najczęściej w obrotowych piecach bębnowych.

Materiały formierskie po wysuszeniu i przesianiu są rozdrabniane zwykle w **gniotowniku** (rys. nr 7). Główną jego częścią jest misa 1, po której toczą się dwa ciężkie walce 2 i 3, rozgniatające swoim ciężarem umieszczony w misie materiał.

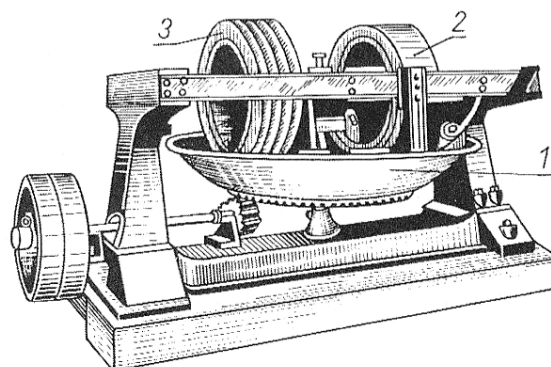
Niekiedy rozdrobnione składniki masy formierskiej przesiewa się jeszcze raz przez sita, w celu oddzielenia rozdrobnionych cząsteczek od jeszcze nierozdrobnionych. Do tego celu stosuje się **sita wstrząsowe** lub **bębnowe**, a w małych odlewniach – sita ręczne.

Rys. nr 6.6. Schemat przygotowania masy formierskiej



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

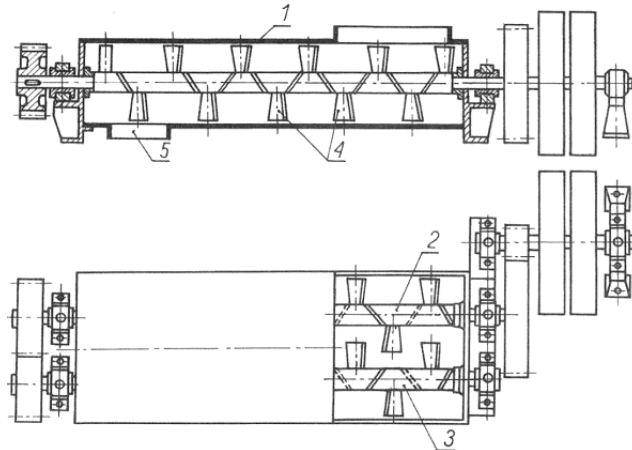
Rys. nr 6.7. Gniotownik



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Do mieszania składników masy w odmierzonych ilościach służą **mieszarki**. **Mieszarka łopatkowa** (rys. nr 8) składa się z żeliwnego koryta 1 oraz obracających się w przeciwnych kierunkach dwu wałów 2 i 3 z łopatkami 4, umieszczonymi pod pewnym kątem do osi wału. Dzięki takiej budowie składniki masy nie tylko mieszają się ze sobą, lecz również są przesuwane wzdłuż mieszarki do otworu zsykowego 5. Niekiedy do mieszania masy formierskiej stosuje się również **mieszarki krążnikowe**.

Rys. nr 6.8. Schemat mieszarki łopatkowej

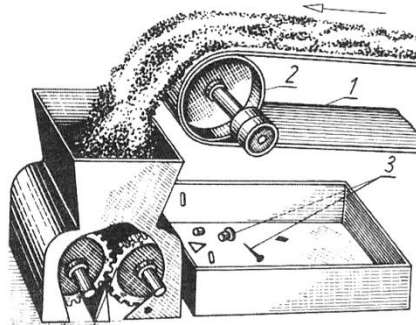


Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Zużytą masę formierską przed dalszym jej użyciem przepuszcza się przez oddzielacz magnetyczny (rys. nr 9) w celu wyeliminowania z niej części metalowych. Po wymieszaniu masę formierską spulchnia się za pomocą spulchniarek.

Rys. nr 6.9. Oddzielacz magnetyczny i walce rozdrabniające

1 – taśma przenośnika, 2 – bęben metryczny, 3 – oddzielone kawałki metalu, 4 – walce rozgniatające grudy masy formierskiej

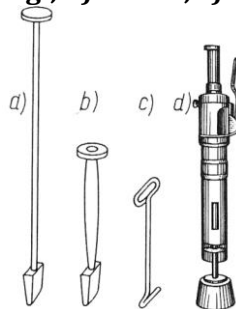


Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

V. Formowanie

Proces mający na celu przygotowanie form odlewniczych nazywa się formowaniem. Rozróżnia się formowanie **ręczne i maszynowe**. W czasie wykonywania formy używa się narzędzi do ubijania masy formierskiej i wykańczania formy. Na rys. nr 10 przedstawiono różne rodzaje ubijaków do ubijania form, a na rys. nr 11 – komplet narzędzi stosowanych do wykańczania form.

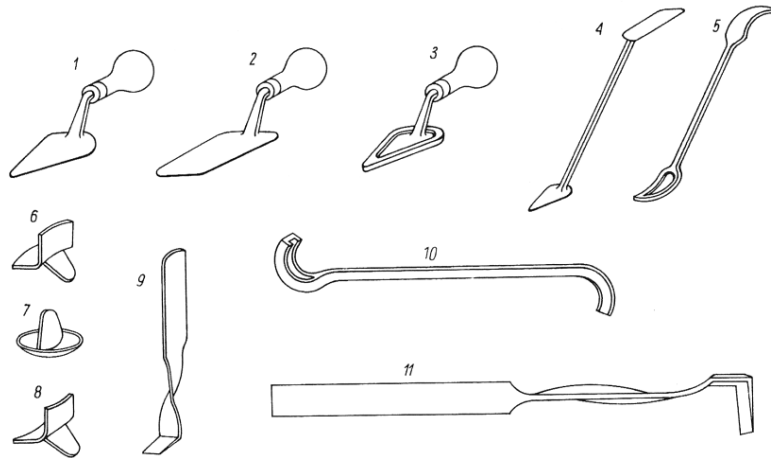
Rys. nr 6.10. Ubijaki: a) długi, b) krótki, c) hakowy, d) pneumatyczny



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Rys. nr 6.11. Narzędzia do gładzenia form

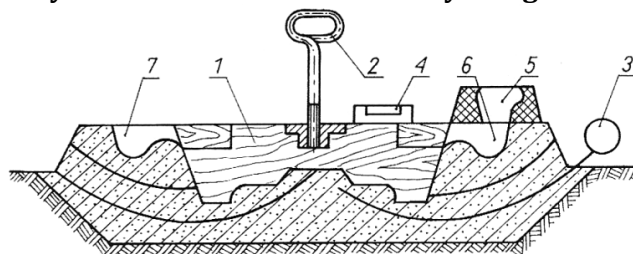
1, 2 – gładziki płaskie, 3 – sercówka, 4 – jaszczurka, 5, 10 – esy, 6, 7, 8 – gładziki kształtowe, 9, 11 – lancety



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Najprostsze jest formowanie ręczne w gruncie. Dzieli się je na formowanie zakryte i odkryte. Na rys. nr 12 przedstawiono sposób formowania odkrytego w gruncie. Model 1 przedmiotu przewidzianego do odlania osadza się w masie formierskiej i za pomocą poziomnicy 4 sprawdza położenie modelu. Po ustaleniu modelu za pomocą ubijaków zagęszcza się dookoła niego masę, a jej nadmiar zgarnia do poziomu górnej powierzchni modelu. W celu odprowadzenia gazów nakłuwka się formę nakłuwakiem 3, potem wykonuje się wlew 5, zbiornik wlewowy 6 i przelew 7. Model wyjmie z formy za pomocą uchwytu 2.

Rys. nr 6.12. Formowanie odkryte w gruncie

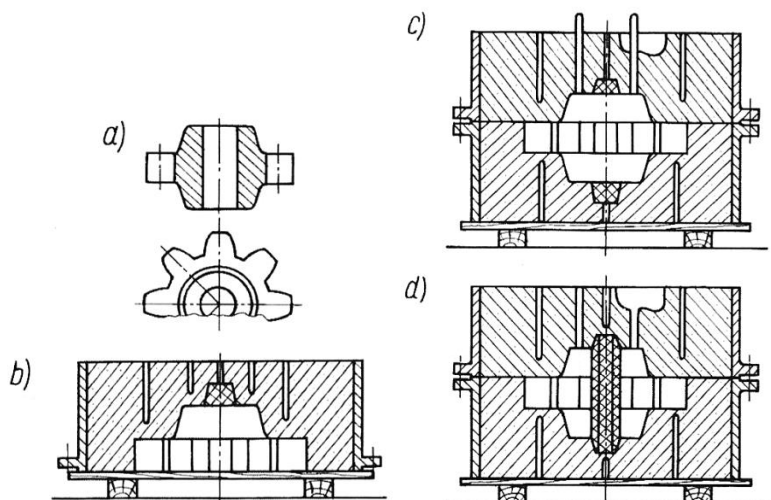


Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Formowanie odkryte stosuje się do przedmiotów, których strona wierzchnia będzie stanowić płaszczyznę. W formach odkrytych odlewy mają górną powierzchnię chropowatą, zanieczyszczoną żużlem.

Najczęściej stosowana metoda formowania, zwłaszcza gdy model jest dzielony, to formowanie w **dwóch skrzynkach** (rys. nr 13). Na płycie podmodelowej układa się płaszczyznę podziału część modelu i po ustawieniu skrzyni formierskiej ubija masę (rys. nr 13b). Następnie odwraca się skrzynkę i na zagłębioną w dolnej skrzynce część modelu nakłada górną część modelu. Dokładne ustawienie drugiej części modelu uzyskuje się za pomocą kołków ustalających i otworów w obu częściach modelu. Po nałożeniu górnej skrzynki formierskiej i ustawieniu modeli układu wlewowego ubija się masę w górnej skrzynce (rys. nr 13c). Z kolei zdejmie się górną skrzynkę i wyjmie ze skrzynek obie części modelu. Po wykonaniu poprawek i włożeniu rdzenia następuje złożenie formy (rys. nr 13d), która po wysuszeniu będzie gotowa do zalania ciekłym metalem.

Rys. nr 6.13. Formowanie w dwóch skrzynkach z modelu dzielonego: a) rysunek części odlewanej, b) wykonanie dolnej formy, c) wykonanie górnej formy, d) forma złożona

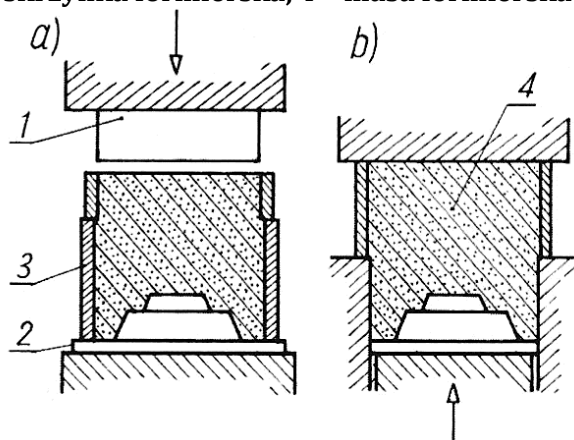


Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Formowanie maszynowe stosuje się przeważnie w wielkoseryjnej i masowej produkcji odlewów. Ułatwia ono i przyspiesza proces wykonywania form, a ponadto wpływa na poprawę dokładności wymiarów i jakości odlewów. Maszyny stosowane do produkcji form odlewniczych nazywa się **formierkami**. Rola formierek sprowadza się przeważnie do zagęszczania masy i wyjmowania modelu z formy.

Modele stosowane do formowania maszynowego są mocowane na stole do płyty podmodelowej i stanowią wraz z nią tzw. **płytę modelową**. Płyta modelowa jest wyposażona w sworznie, na których podczas formowania ustawia się skrzynki formierskie. Formierki różnią się między sobą sposobem zagęszczania masy i sposobem wyjmowania modelu. Najczęściej stosowanymi sposobami zagęszczania masy formierskiej są: prasowanie, narzucanie i wstrząsanie. Na rys. nr 14 przedstawiono formowanie prasowaniem, które można wykonywać przez nacisk płyty prasującej od góry (rys. nr 14a) lub dociskanie płyty modelowej od dołu (rys. nr 14b).

Rys. nr 6.14. Formowanie prasowaniem I – płyta prasująca, 2 – płyta modelowa, 3 – skrzynka formierska, 4 – masa formierska



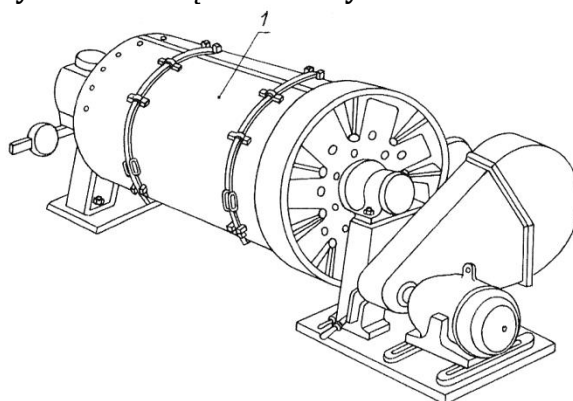
Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

VI. Oczyszczanie i wykańczanie odlewów

Oczyszczanie odlewów polega na usunięciu z ich powierzchni cząstek masy formierskiej lub zgorzeliny powstałej podczas obróbki cieplnej. Oczyszczać można szczotkami stalowymi lub przez bębnowanie i piaskowanie, a także ręcznie przez młotkowanie za pomocą młotków pneumatycznych.

Bębnowanie odbywa się w specjalnych bębnach (rys. nr 15). Do wnętrza bębna 1 załadowuje się, oprócz odlewów, tzw. gwiazdki z białego żeliwa. W czasie obrotu bębna znajdujące się wewnątrz niego odlewy uderzają o siebie wzajemnie i o gwiazdki i w ten sposób ulegają oczyszczeniu.

Rys. nr 6.15. Bęben do oczyszczania odlewów



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Piaskowanie polega na tym, że na oczyszczoną powierzchnię odlewu kieruje się pod ciśnieniem sprężonego powietrza strumień piasku lub śrutu żeliwnego. Podczas oczyszczania piaskiem powstają ogromne ilości pyłu i dlatego przeważnie stosuje się oczyszczanie śrutem.

Zalewki i nierówności usuwa się przecinakami pneumatycznymi lub za pomocą szlifierek. Do szlifowania odlewów często znajdują zastosowanie szlifierki z giętkim wałkiem. Niektóre odlewy wymagają specjalnych zabiegów wykańczających, jak malowanie, emaliowanie i trawienie.

Malowania dokonuje się zwykle przez natryskiwanie w specjalnych komorach lub przez zanurzanie w kadziach z farbą.

Emaliowanie może być wykonywane na mokro lub na sucho. W pierwszym przypadku odlewy po dokładnym opiaskowaniu pokrywa się masą emalierską rozmieszaną z wodą. Następnie suszy się je i wypala w specjalnych piecach w temperaturze ok. 700°C. Podczas emaliowania suchego (wanien, umywalek) nagrzewa się odlewy do temperatury ok. 700°C, a następnie posypuje je sproszkowaną emalią i natychmiast wsuwa z powrotem do pieca.

Trawieniu podlegają odlewy żeliwne, a niekiedy staliwne. Odlewy trawi się w kwasie siarkowym lub solnym w celu dokładnego usunięcia śladów piasku. Odlewy ze stopów magnezu są trawione w kwasie azotowym (z dodatkiem soli chromowych), żeby nadać powierzchni większą odporność na korozję.

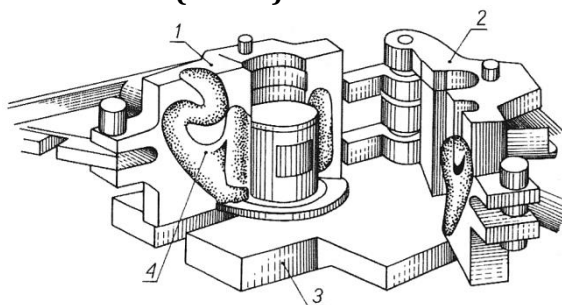
VII. Odlewanie w kokilach

Odlewaniem w kokilach nazywa się zalanie ciekłego metalu do formy metalowej, zwanej kokilą. Najczęściej jest stosowane w odlewniach stopów aluminium i magnezu oraz stopów miedzi.

Zależnie od kształtu odlewu wykonuje się kokile, które składają się z dwóch lub więcej części. Na rys. 16 przedstawiono kokilę złożoną z trzech części 1, 2, 3 do odlewania tłoków samochodowych. Układ wlewowy 4 znajduje się na płaszczyźnie podziału, dzięki czemu po rozebraniu formy można z niej wyjąć odlew wraz z częściami układu wlewowego.

Wytrzymałość kokili mierzy się liczbą sztuk odlanych odlewów. Liczba ta wynosi kilkanaście tysięcy odlewów aluminium.

Rys. nr 6.16. Forma metalowa (kokila) do odlewania tłoków samochodowych



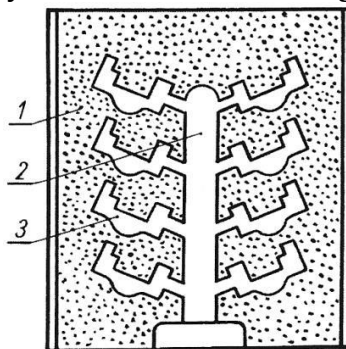
Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

VIII. Specjalne metody odlewania

Do specjalnych sposobów odlewania, oprócz odlewania w kokilach, należy **odlewanie pod ciśnieniem**, odlewanie **odśrodkowe**, odlewanie do **form skorupowych** oraz odlewanie **precyzyjne**, tzw. metodą wytapianych modeli (dawniej zwaną metodą traconego wosku). Ta ostatnia metoda zapewnia dokładność wymiarów oraz gładkość powierzchni i polega na wykonaniu pod ciśnieniem w stalowej matrycy modelu z wosku ziemnego, parafiny i żywicy syntetycznych. Otrzymany w ten sposób model pokrywa się cienką warstwą zawiesiny mielonego piasku kwarcowego, wymieszanego z grafitem w szkle wodnym. Po wyschnięciu formuje się go w skrzynce formierskiej, a następnie umieszcza w piecu i w temperaturze $100\div 120^{\circ}\text{C}$ wytapia model woskowy (rys. nr 17).

Rys. nr 17. Schemat formy do odlewania metodą wytapianych modeli

1 – masa formierska, 2 – woskowy model układu wlewowego, 3 – modele woskowe wyrobów



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

IX. Zasady bezpiecznej pracy w odlewniach

Ze względu na charakter procesu technologicznego i warunki eksploatacji urządzeń odlewniczych praca w odlewniach musi być podporządkowana w sposób szczególnie przepisom bhp. Najczęstszymi chorobami zawodowymi występującymi wśród pracowników zatrudnionych w odlewniach są schorzenia: dróg oddechowych (m.in. krzemica), układu krążenia (choroby serca), układu ruchu (reumatyzm) oraz skóry.

W odlewniach najwięcej wypadków zdarza się podczas przenoszenia i przewożenia ładunków. Następną grupę stanowią oparzenia, przeważnie ciekłym metalem lub żużlem.

Do czynników szkodliwych występujących w odlewniach zalicza się: pył krzemowy powstały podczas przerobu masy formierskiej, gazy i pary wydzielane podczas topienia metalu, zalewanie form i suszenie rdzeni oraz hałas spowodowany pracą maszyn. W związku z tym w każdej odlewni musi być dobrze zorganizowany transport, powinna być dobra wentylacja i klimatyzacja oraz prawidłowe oświetlenie.

Ważną rolę odgrywają również środki ochrony osobistej. Formierze wykonujący formy w gruncie powinni być wyposażeni w skórzane nakolanniki, chroniące przed działaniem wilgoci. Pracownicy zatrudnieni w transporcie powinni mieć rękawice oraz specjalne obuwie, chroniące stopy przed zmiażdżeniem w razie przewrócenia się ciężkiego odlewu. Robotnicy pracujący przy zalewaniu form lub przy piecach do topienia metalu powinni być wyposażeni w specjalną odzież trudno palną lub ogniotrwałą. Bluza pod szyją i na przegubach rąk musi być zapięta; bluza powinna wychodzić na spodnie, a spodnie na buty.

Na stanowiskach pracy, na których występują odpryski metali, duży blask lub odpryski śrutu i piasku (przy oczyszczaniu odlewów) konieczne należy używać okularów zabezpieczających oczy.

2. Obróbka plastyczna

I. Wiadomości ogólne

Obróbka plastyczna to taka, podczas której - w wyniku działania sił zewnętrznych - następuje zmiana kształtu i własności materiału. Rozróżnia się obróbkę plastyczną na **zimno i na gorąco**. Gdy odkształcenie plastyczne następuje w temperaturze niższej od temperatury rekrytalizacji, mamy do czynienia z obróbką plastyczną na zimno, gdy zaś powyżej tej temperatury - z obróbką plastyczną na gorąco.

Temperatura rekrytalizacji różnych metali i stopów zależy głównie od ich temperatury topnienia i wynosi dla:

- stali ok. 550°C,
- aluminium ok. 200°C,
- miedzi ok. 250°C,
- mosiądzu ok. 300÷400°C,
- cyny i cynku ok. 20°C.

Wynika z tego, że np. obróbka plastyczna stali w temperaturze ok. 500°C to obróbka plastyczna na gorąco, natomiast obróbka plastyczna cynku w temperaturze ok. 30°C jest już obróbką plastyczną na zimno. Nie znaczy to jednak, że obróbki plastycznej na gorąco dokonuje się w temperaturze niewiele przekraczającej temperaturę rekrytalizacji, gdyż w miarę jej wzrostu zwiększa się plastyczność materiału i do kształtowania są potrzebne mniejsze naciski. Temperatura obróbki plastycznej na gorąco wynosi dla:

- stali 800÷1200°C,
- aluminium 350÷450°C,

- miedzi 900÷1050°C,
- mosiądzu 700÷800°C,
- cyny i cynku ok. 150÷170°C.

Podczas **obróbki plastycznej na zimno** nieodwracalne odkształcenia plastyczne zachodzą przy obciążeniach przekraczających granicę sprężystości materiału. Materiałowi odkształconemu na zimno towarzyszy zjawisko **umocnienia**, które powoduje wzrost wytrzymałości i twardości oraz zmniejszenie plastyczności odkształcanego materiału. Zmienia się również struktura zgniecionego materiału. Następuje deformacja ziaren, które ulegają wydłużeniu, co powoduje otrzymanie struktury o charakterze włóknistym. W celu przywrócenia materiałowi odkształconemu na zimno pierwotnych właściwości należy dokonać wyżarzenia rekrytalizującego, które usunie skutki umocnienia. Wyżarzanie rekrytalizujące zachodzi w temperaturze przekraczającej temperaturę rekrytalizacji.

Zjawisko umocnienia uniemożliwia niekiedy dokonywanie dalszej obróbki plastycznej na zimno. Jeżeli np. wytłacza się element z blachy w paru operacjach, to na skutek umocnienia i związanego z tym zmniejszenia plastyczności materiału trzeba stosować po każdej lub co drugiej operacji wyżarzanie rekrytalizujące, aby w następnej operacji uniknąć pęknięcia blachy.

Podczas obróbki plastycznej na gorąco nie zachodzi zjawisko umocnienia. Powstaje jednak struktura włóknista materiału zwiększająca jego wytrzymałość wzdłuż włókien. Rozróżnia się następujące podstawowe sposoby obróbki plastycznej:

- kucie,
- tłoczenie,
- walcowanie,
- ciągnięcie.

II. Kucie

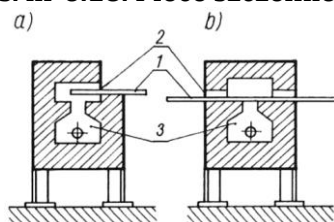
Kucie dzieli się na **ręczne i maszynowe** (szczegółowo metody te zostaną omówione w module VII). Proces kucia obejmuje następujące czynności:

- przygotowanie materiału do kucia, tj. cięcie, czyszczenie, nagrzewanie,
- kucie,
- wykańczanie odkuwek, tj. ich okrawanie, oczyszczanie, wyżarzanie i ewentualne dogniatanie.

Nagrzewanie materiału do kucia

Do kucia ręcznego materiał nagrzewa się przeważnie w **ogniskach kowalskich** lub małych **piecach komorowych**. Do miejscowego nagrzewania materiału stosuje się **piece oczkowe** lub **szczelinowe**, opalane gazem lub mazutem. Są to piece komorowe, które zamiast drzwiczek wsadowych mają w przedniej ścianie otwory lub szczelinę do wkładania prętów w celu nagrzania ich odcinków. Piec szczelinowy dostosowany do nagrzewania końców pręta przedstawiono na rys. nr 18a, a do nagrzewania prętów w dowolnym miejscu – na rys. nr 18b. Komora spalania 3 znajduje się pod komorą grzejącą, do której przez szczelinę 2 wkłada się pręty 1, przeznaczone do ogrzania.

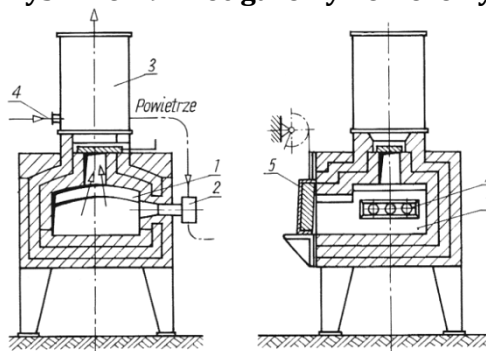
Rys. nr 6.18. Piec szczelinowy



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Do nagrzewania całkowitego materiałów są stosowane piece komorowe gazowe lub na paliwo ciekłe (rys. nr 19). W ścianie komory 1 znajdują się palniki 2. Uchodzące spaliny przechodzą przez rekuperator 3, który nagrzewa powietrze 4, doprowadzane do palników. W ścianie przedniej znajdują się drzwiczki 5 do załadowywania wsadu. Piece te mają bardzo prostą konstrukcję i różne wielkości. Piece małe wykonuje się jako przenośne, a większe (o powierzchni trzonu powyżej 4 m²) – jako stałe. Piece na paliwa ciekłe różnią się od gazowych tylko konstrukcją palników oraz brakiem rekuperatorów, gdyż przy opalaniu paliwem ciekłym podgrzewanie powietrza nie ma większego znaczenia. Stosuje się też piece elektryczne i urządzenia do grzania oporowego prądem elektrycznym, ale są bardzo drogie w eksploatacji ze względu na duże zużycie prądu.

Rys. nr 6.19. Piec gazowy komorowy



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

III. Tłoczenie

Tłoczenie jest obróbką plastyczną na zimno lub na gorąco, obejmującą operacje cięcia i kształtowania blach, a także folii i płyt niemetalowych.

Rys. nr 6.20. Elementy wykonane w procesie tłoczenia

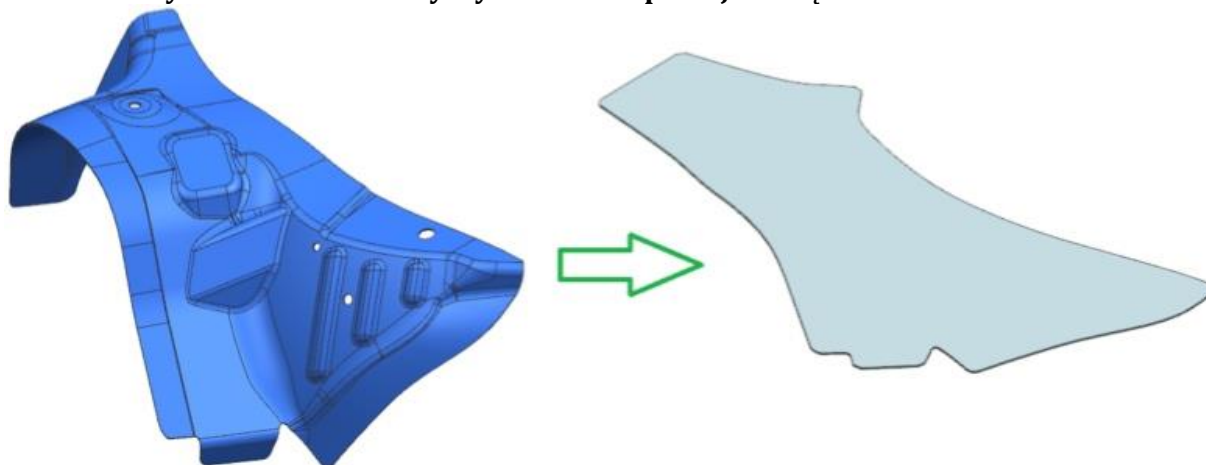


Źródło: pl.aptggroup.com

Cieciem blach nazywa się proces tłoczenia, podczas którego następuje całkowite lub częściowe oddzielenie jednej części materiału od drugiej.

Kształtowanie blach polega na nadawaniu blachom założonego z góry kształtu i wymiarów.

Rys. nr 6.21. Elementy wykonane w operacjach cięcia i kształtowania

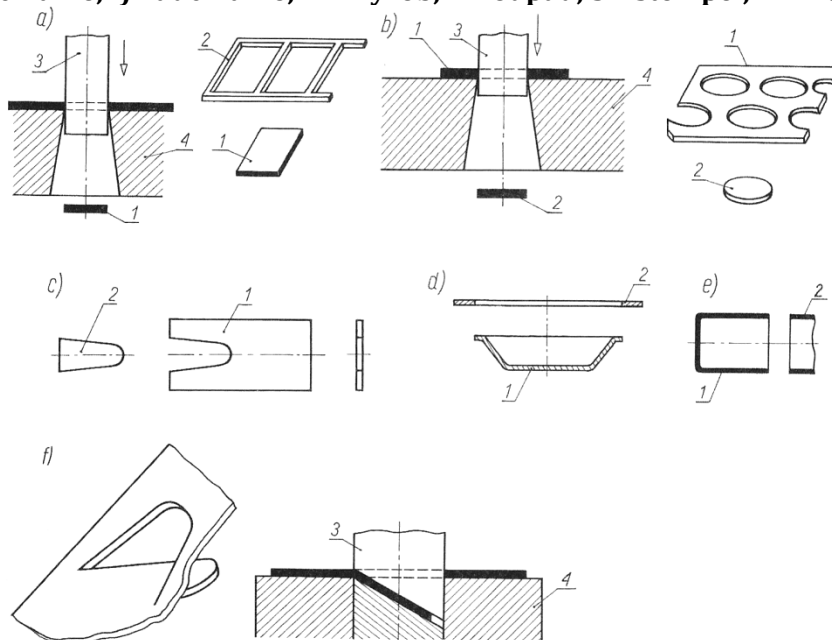


Źródło: www.4metal.pl

Cięcie

Operacje cięcia można podzielić na: **wycinanie, dziurkowanie, przycinanie, okrawanie, odcinanie, nadcinięcie** (rys. nr 22), a także rozcinanie i wygładzanie (rys. nr 22).

Rys. nr 6.22. Operacje cięcia: a) wycinanie, b) dziurkowanie, c) przycinanie, d) okrawanie, e) odcinanie, f) nadcinięcie; 1 – wyrób, 2 – odpad, 3 – stempel, 4 – matryca

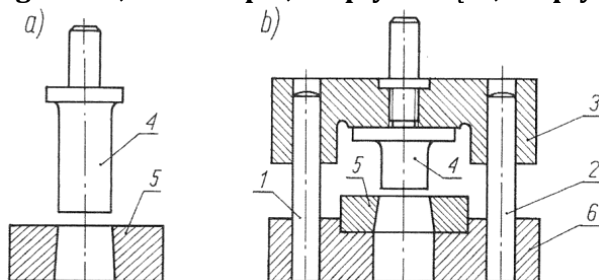


Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Najczęściej stosowanymi operacjami cięcia są wycinanie, zwane również wykrawaniem, i dziurkowanie. Operacje te wykonuje się na prasie za pomocą przyrządu, zwane-

go **wykrojnikiem** (rys. nr 23). Rozróżnia się wykrojniki bez prowadzenia (rys. nr 23a) i z prowadzeniem płytowym lub słupowym (rys. nr 23b).

Rys. nr 6.23. Wykrojniki: a) bez prowadzenia, b) z prowadzeniem słupowym
1, 2 – słupy, 3 – głowica, 4 – stempel, 5 – płyta tnąca, 6 – płyta podstawowa



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

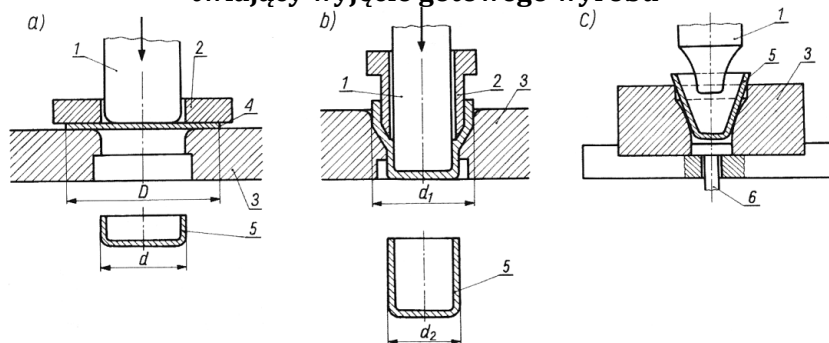
Wykrojnik bez prowadzenia służy do mniej dokładnego wykrawania. Stempel jest zamocowany w suwaku prasy, a płyta tnąca 5 – na stole prasy, dokładnie w osi stempla. W wykrojniku z prowadzeniem stempel 4 jest zamocowany w głowicy 3, prowadzonej na dwóch słupach 1 i 2. Płyta tnąca jest zamocowana na płycie podstawowej 6, mocowanej do stołu prasy. Wykrojniki z prowadzeniem zapewniają większą dokładność wycinania lub dziurkowania. Należy zaznaczyć, że między wycinaniem a dziurkowaniem jest tylko różnica w określeniu, która część ciętej blachy jest wyrobem, a która odpadem. Przy dziurkowaniu blacha z otworami jest wyrobem, a przy wycinaniu – odwrotnie. Wszystkie operacje cięcia są wykonywane przeważnie za pomocą wykrojników na prasach mimośrodowych.

Kształtowanie

Operacje kształtowania dzieli się na: **gięcie, ciągnięcie, obciąganie, wywijanie, wygniatanie, rozpęczanie, obciskanie, wyoblanie, wyciskanie** itp.

Ciągnięcie składa się z następujących operacji: wytłaczanie, przetłaczanie i dotłaczanie. Pierwszą operacją ciągnięcia jest wytłaczanie, czyli wykonanie np. z krążka blachy o średnicy D naczynia w kształcie miseczki za pomocą stempla o średnicy d (rys. nr 24a). Następną operacją ciągnięcia jest przetłaczanie, w czasie którego następuje zmniejszenie wymiarów miseczki uprzednio wytłoczonej, np. ze średnicy d_1 na średnicę d_2 (rys. nr 24b). Jeżeli chcemy uzyskać miseczkę o małej średnicy i dużej wysokości, to należy powtórzyć operację przetłaczania nawet kilkakrotnie, stosując międzyoperacyjne wyżarzanie rekrytalizujące w celu usunięcia skutków umocnienia. Dotłaczanie stosuje się po wytłoczeniu, gdy przedmiotowi należy nadać ostateczny kształt (rys. nr 24c).

Rys. nr 6.24. Operacje ciągnięcia: a) wytłaczanie, b) przetłaczanie, c) dotłaczanie; 1 - stempel, 2 - dociskacz, 3 - matryca, 4 - krążek blachy, 5 - miseczka, 6 - wyrzutnik ułatwiający wyjęcie gotowego wyrobu

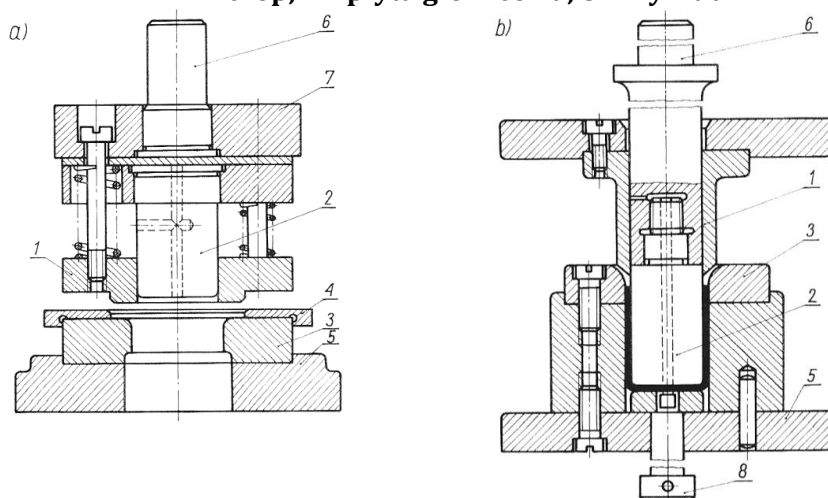


Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Wytlaczanie wykonuje się za pomocą wytłaczaka (rys. nr 25a), a przetłaczanie – za pomocą przetłaczaka (rys. nr 25b). Oba przyrządy ogólnie określamy jako ciągowniki. Są podobnej konstrukcji.

Podstawa 5 jest mocowana do stołu prasy, a czop 6 - w suwaku prasy. Ciągowniki różnią się konstrukcją dociskacza 1. Wytłaczak ma dociskacz sprężynowy, a przetłaczak dociskacz przystosowany do prasy podwójnego działania, tzn. że nacisk na niego wywiera prasa. Kształt tego dociskacza musi odpowiadać średnicy wewnętrznej przetłaczanej miseczki. Pierścienie ciągowe 3 różnią się promieniem zaokrąglenia krawędzi. Wytłaczak ma pierścień ustalający położenie krążka wyjściowego 4. Wytłaczak ma pierścień ustalający położenie krążka wyjściowego 4.

Rys. nr 6.25. Ciągowniki: a) wytłaczak, b) przetłaczak; 1 – dociskacz, 2 – stempel, 3 – pierścień ciągowy, 4 – pierścień ustalający położenie krążka wyjściowego, 5 – podstawa, 6 – czop, 7 – płyta głowicowa, 8 – wyrzutnik



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Poza omówionymi metodami kształtowania stosuje się tłoczenie gumą, w którym zadanie stempla lub matrycy spełnia guma albo ciecz w worku gumowym w przypadku tłoczenia hydraulicznego. Zaletą tłoczenia gumą i tłoczenia hydraulicznego jest zmniejszenie kosztu wykonania tłoczniaka, wadą – mniejsza wydajność tłoczenia i mniejsza trwałość tłoczniaka.

Do nowoczesnych metod tłoczenia zalicza się:

- tłoczenie wybuchowe, przy którym wykorzystuje się energię detonacji materiałów wybuchowych,
- tłoczenie pneumatyczne, które polega na wykorzystaniu energii wysokoprężnych gazów,
- tłoczenie elektrohydrauliczne, polegające na wykorzystaniu energii wyładowań elektrycznych w cieczy,
- tłoczenie elektromagnetyczne, w którym jest wykorzystane działanie impulsu pola magnetycznego na blachę.

IV. Walcowanie

Walcowanie dotyczy wytwarzania półwyrobów i wyrobów walcowanych ze stali, metali nieżelaznych i ich stopów. Walcowanie metali może się odbywać na **gorąco** lub na **zimno** za pomocą nacisków wywieranych na materiał przez obracające się walce,

które nadają mu wymagany kształt. Bardzo cienkie blachy, taśmy i folie walcuje się na walcarkach wielowalcowych na zimno. **Walcowanie kształtowników, prętów i walców** polega na stopniowym kształtowaniu profilu walcowanego materiału w kolejnych kalibrowanych wykrojach walców bruzdowych. Stosuje się również proces **walcowania** do produkcji: rur, obręczy kół, gwintów, kół zębatach itp.

Walcowanie gwintów

Podczas walcowania zarys gwintu uzyskuje się wskutek plastycznego odkształcenia. Walcowania gwintu można dokonywać:

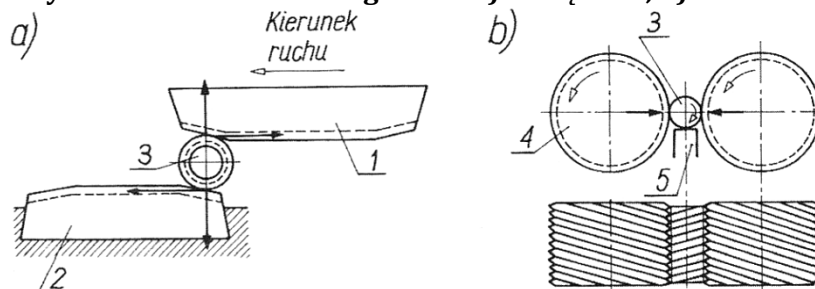
- szczękami,
- rolkami.

Walcowanie gwintu szczękami (rys. nr 26a) polega na tym, że jedna ze szczęk 2 jest umocowana nieruchomo na obrabiarce, a druga 1 – w ruchomym jej suwaku. W czasie pracy szczęki są przesunięte względem siebie o wartość połowy skoku gwintu, a na powierzchniach roboczych szczęk są nacięte rowki, pochylone pod kątem równym kątowi wzniosu gwintu.

Walcowanie gwintu za pomocą rolek (rys. nr 26b) odbywa się na specjalnych obrabiarkach, wyposażonych w obracające się rolki 4, które są ustawione do siebie równolegle. Przy walcowaniu gwintu za pomocą rolek uzyskuje się większą dokładność, ponieważ oś przedmiotu 3 wspartego na prowadnicy 5 znajduje się na linii łączącej środki rolek.

Metodą walcowania wykonuje się również wiertła kręte, które odznaczają się dużą wytrzymałością i trwałością ze względu na korzystny układ włókien, uzyskany podczas walcowania.

rys. nr 6.26 Walcowanie gwintu: a) szczękami, b) rolkami



Źródło: Aleksander Górecki: Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

V. Zasady bezpiecznej pracy podczas obróbki plastycznej

Podczas obróbki plastycznej istnieje szczególnie duże zagrożenie wypadkowe ze względu na operowanie gorącymi materiałami oraz pracę młotów, pras i innych urządzeń. Stałym zagrożeniem bezpiecznej i higienicznej pracy są hałas, zapylenie, dym i gazy oraz wysoka temperatura od pieców grzewczych. Podczas pracy przy takim zagrożeniu niezmiernie ważne jest zapoznanie się każdego pracownika ze stanowiskową instrukcją BHP oraz wyposażenie go w odpowiednią dla danego stanowiska odzież ochronną i sprzęt ochrony osobistej.

W szczególności należy:

- zabezpieczyć ekranami wszystkie młoty mechaniczne w kuźniach od strony przejść, aby odpryskująca zgorzelina nie poparzyła przechodzących,
- zachować szczególną ostrożność podczas przenoszenia gorącego materiału wsadowego z pieca pod młot,

- przestrzegać zasady, że tylko uprawnione osoby mogą rozpalać piece grzewcze, oczywiście z zachowaniem wszystkich wymagań bezpieczeństwa,
- przestrzegać, aby pedał uruchamiający młoty i prasy był zabezpieczony przed przypadkowym włączeniem,
- zabezpieczyć osłonami wszystkie ruchome części młotów i pras,
- przestrzegać, by przy prasach do cięcia i tłoczenia były stosowane osłony lub inne zabezpieczenia obszaru pracy tłoczniaka, uniemożliwiające włożenie rąk do tej niebezpiecznej strefy,
- używać rękawic do przenoszenia wytłoczek z blach i odpadów, aby uniknąć skaleczeń o krawędzie blach.

3. Obróbka cieplna i cieplno-chemiczna

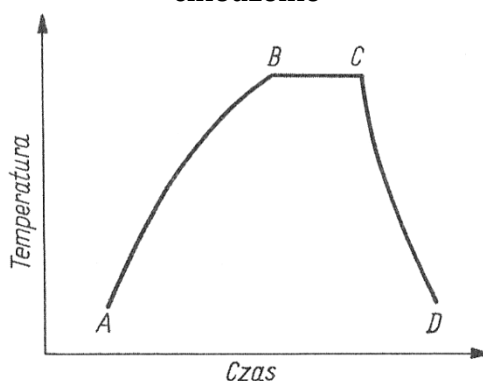
I. Obróbka cieplna

Obróbką cieplną nazywa się celowe zabiegi cieplne, w wyniku których zmienia się własności mechaniczne, fizyczne lub chemiczne metali i stopów w stanie stałym. Wywołane zmiany strukturalne są uzależnione od temperatury, czasu trwania zabiegu oraz działania aktywnego środowiska.

Pojęcia podstawowe z zakresu obróbki cieplnej

Operacją nazywa się część procesu technologicznego, np. hartowanie, odpuszczanie, wyżarzanie (rys. nr 27).

Rys. nr 6.27. Podstawowe pojęcia z zakresu obróbki cieplnej
Operacja: ABCD – hartowanie; Zabiegi: AB – nagrzewanie, BC – wygrzewanie, CD – chłodzenie



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Zabiegiem nazywa się część operacji, np. nagrzewanie, wygrzewanie, chłodzenie (rys. nr 27). Do zabiegów obróbki cieplnej zalicza się:

- grzanie - podwyższanie i następnie utrzymywanie temperatury przedmiotu,
- nagrzewanie – ciągłe lub stopniowe podwyższanie temperatury przedmiotu,
- podgrzewanie – podwyższanie temperatury przedmiotu do wartości pośredniej,
- dogrzewanie – podwyższanie temperatury przedmiotu od wartości pośredniej do docelowej,
- wygrzewanie – wytrzymywanie przedmiotu w temperaturze pośredniej lub do celowej,
- chłodzenie – obniżanie temperatury przedmiotu do temperatury otoczenia lub innej,

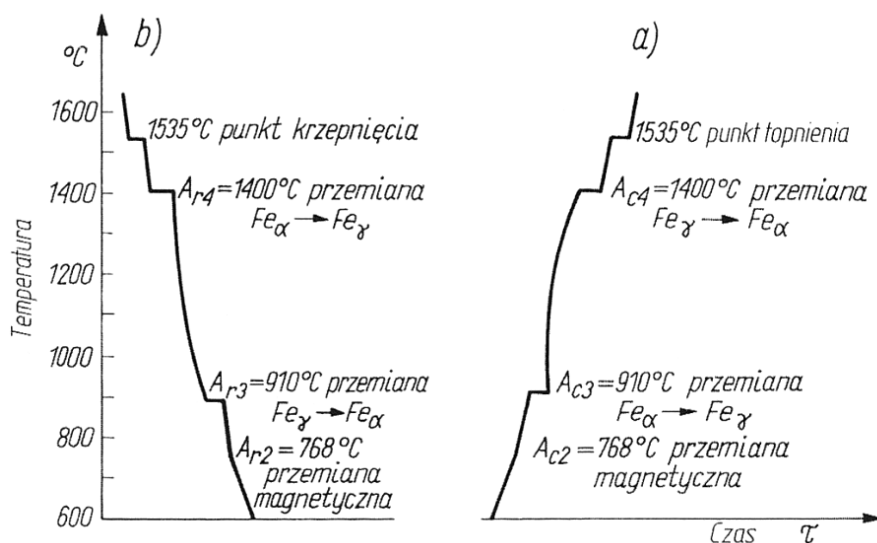
- podchładzanie – obniżanie temperatury przedmiotu do wartości wyższej niż zamierzona końcowa temperatura chłodzenia,
- dochładzanie – obniżanie temperatury przedmiotu od wartości pośredniej do docelowej,
- wychładzanie – wytrzymywanie przedmiotu w temperaturze podchładzania lub w temperaturze końca chłodzenia ciągłego.

Zabiegi cieplne różnią się między sobą szybkością nagrzewania i chłodzenia oraz wysokością temperatury i czasem wygrzewania. Powoli przebiegający proces chłodzenia nazywa się **studzeniem**.

Jeżeli stal nagrzej się do pewnej określonej temperatury, a następnie raptownie oziębi, to będzie znacznie twardsza niż poprzednio, mimo że skład chemiczny pozostanie ten sam. Stosując odpowiednie zabiegi cieplne, można stal utwardzić, zmiękczyć, poprawić jej własności wytrzymałościowe itp.

Istotę obróbki cieplnej stanowią zmiany struktury metali, zachodzące podczas zabiegów cieplnych. Na przykład żelazo może wystąpić w jednej z dwóch odmian alotropowych. Przemiana alotropowa polega na zmianie układu atomów w siatce krystalograficznej metalu, znajdującego się w stanie stałym. Pierwsza odmiana (trwała do 910°C) jest żelazem α . W temperaturze 910°C żelazo α przechodzi przemianę alotropową w żelazo γ . Odmiana żelaza γ jest trwała do temperatury 1390÷1400°C. W temperaturze tej żelazo γ zmienia się ponownie w żelazo α , trwałe do temperatury topnienia (rys. nr 28).

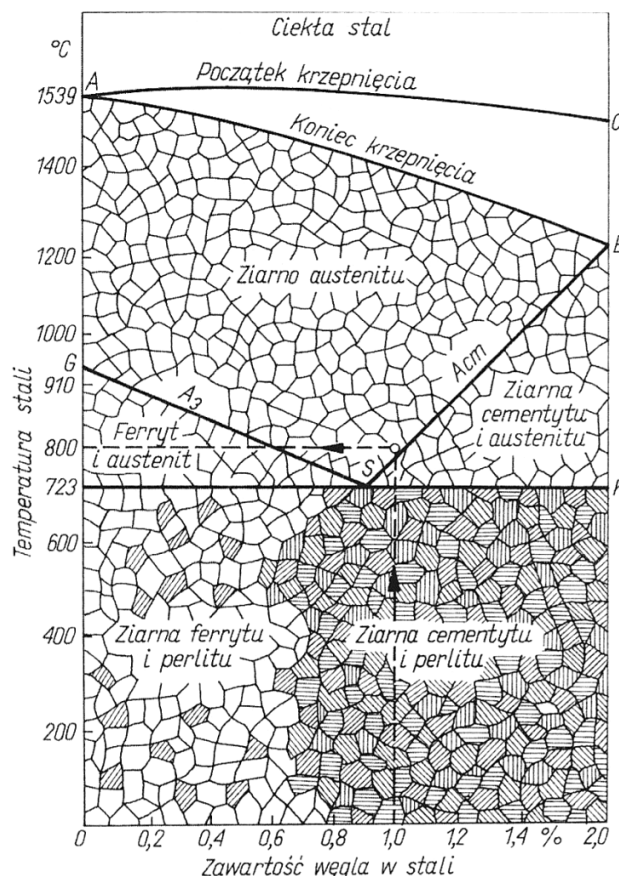
Rys. nr 6.28. Analiza termiczna żelaza: a) krzywa ogrzewania, b) krzywa chłodzenia



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Trzeba pamiętać, że zarówno w żelazie α , jak w żelazie γ węgiel rozpuszcza się w stanie stałym. Roztwór stały węgla w żelazie α nazywa się **ferrytem**, a roztwór węgla w żelazie γ – **austenitem** (rys. nr 29). Największa rozpuszczalność węgla w żelazie α wynosi około 0,025%, a w żelazie γ – około 2%.

Rys. nr 6.29. Uproszczony wykres żelazo – węgiel



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Temperatura powstawania austenitu zależy od zawartości węgla; jej najniższa wartość 723°C występuje w stopie o zawartości 0,8% węgla. Na rys. nr 29 przedstawiono fragment uproszczonego wykresu równowagi faz stopów żelaza, który rozciąga się od czystego żelaza do stopów zawierających 5%, a nawet 6,67% węgla, czyli do **cementytu**. W układzie żelazo-węgiel występują następujące rodzaje składników strukturalnych: ferryt, perlit, austenit, cementyt i inne.

Pokazane na wykresie żelazo-węgiel stopy dzieli się na **surówki i stale**. Stopy na prawo od punktu E nazywa się **surówkami**; natomiast na lewo od punktu E – **stalami**.

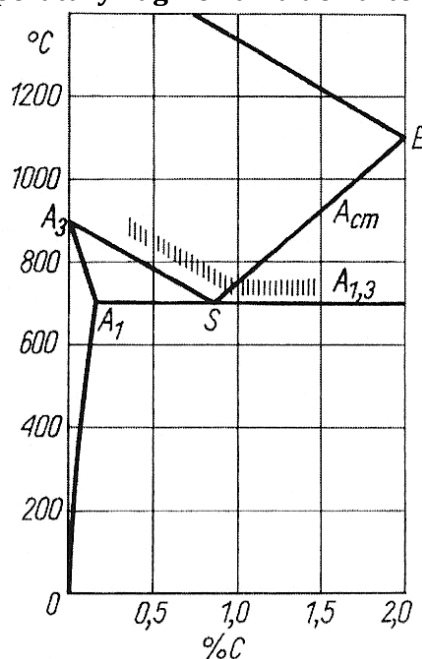
Własności metali zależą od ich składu chemicznego i od charakteru struktury. Stale zawierające mniejsze ilości węgla odznaczają się większą plastycznością i mniejszą wytrzymałością. Natomiast w miarę wzrostu zawartości węgla plastyczność stali maleje, a wytrzymałość wzrasta, ponieważ wzrasta ilość perlitu.

Hartowanie

Hartowanie polega na nagrzewaniu stali do odpowiedniej temperatury, zależnej od rodzaju materiału, zwykle do ok. 30°C wyższej od temperatury przemiany A_3 (rys. nr 30), jej wygrzaniu w tej temperaturze w celu uzyskania jednakowej temperatury w całej masie materiału i szybkim chłodzeniu. Celem hartowania jest uzyskanie struktury materiału o większej twardości. Zwiększenie twardości stali zahartowanej jest spowodowane utworzeniem się tzw. martenzytu. Jeżeli stal nagrzana powyżej temperatury oznaczonej na rys. nr 29 linią GSK ostygnie powoli, to powróci do swej pierwotnej struktury typu perlitycznego. Przy szybkości chłodzenia zwanej **krytyczną** następuje **przemiana mar-**

tenzytyczna. W tym przypadku węgiel nie zdąży się wykrystalizować z austenitu w postaci cementytu zawartego w perlicie i austenit zmienia się w **martenzyt**. Jest to przesycony roztwór węgla w żelazie α , odznaczający się dużą twardością i kruchością.

Rys. nr 6.30. Zakres temperatury nagrzewania do hartowania stali niestopowych



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Szybkie chłodzenie, podobnie jak szybkie grzanie materiału, powoduje powstawanie tzw. **naprężeń hartowniczych**. Korzystne jest zatem zmniejszenie szybkości chłodzenia, zwłaszcza podczas przemiany martenzytycznej. Szybkość chłodzenia dobiera się do gatunku stali. Największą szybkość chłodzenia uzyskuje się w wodzie, mniejszą w oleju, a najmniejszą – w powietrzu.

Zależnie od sposobu nagrzewania rozróżnia się hartowanie z ogrzewaniem na wskroś i hartowanie powierzchniowe.

Hartowanie z ogrzewaniem na wskroś dzieli się na zwykłe, stopniowe i z przemianą izotermiczną.

- **Hartowanie zwykłe** polega na nagrzaniu stali do temperatury powyżej linii GSK, wygrzaniu w tej temperaturze i szybkim chłodzeniu. Odmianą hartowania zwykłego jest hartowanie przerywane. Przedmiot po ochłodzeniu w wodzie do temperatury około 300°C wyjmuje się z niej i zanurza w oleju lub pozostawia w powietrzu, aby przemiana austenitu w martenzyt odbywała się wolniej (w celu zmniejszenia naprężeń własnych i kruchości). Po hartowaniu zwykłym stosuje się przeważnie odpuszczanie. Hartowanie zwykłe stosuje się do nieskomplikowanych części wykonanych ze stali niestopowych oraz różnych części ze stali stopowych.
- **Hartowanie stopniowe** polega na nagrzaniu i wygrzaniu stali jak w czasie hartowania zwykłego, oziębieniu w kąpeli (najczęściej solnej) o temperaturze nieco wyższej od temperatury początku przemiany martenzytycznej, krótkim wygrzaniu w tej kąpeli do wyrównania temperatury w przekroju przedmiotu i następnie chłodzeniu w powietrzu. Zaletą tej obróbki jest uzyskanie budowy martenzytycznej bez powstawania naprężeń towarzyszących hartowaniu zwykłemu. Hartowanie stopniowe stosuje się do obróbki części o skomplikowanych kształtach, wykonanych zwykle ze stali stopowych.

- **Hartowanie z przemianą izotermiczną** polega na ochłodzeniu stali w kąpeli o temperaturze wyższej od temperatury początku przemiany martenzytycznej i utrzymaniu przedmiotu w tej kąpeli aż do zakończenia przemiany austenitu w tzw. bainit. Obróbka ta wymaga stosowania odpuszczania. Hartowanie z przemianą izotermiczną stosuje się do drobnych części ze stali niestopowych. Jego zaletą jest uniknięcie naprężeń, które powodują odkształcenia, a niekiedy pęknięcia hartowanych przedmiotów.

Hartowanie powierzchniowe polega na szybkim ogrzaniu warstwy powierzchniowej przedmiotu do temperatury wyższej od temperatury krytycznej i oziębieniu. Celem jest uzyskanie twardej powierzchni, odpornej na ścieranie z zachowaniem plastycznego rdzenia, który przy zmiennych obciążeniach nie ulega pęknięciu.

W zależności od sposobu nagrzewania rozróżnia się hartowanie powierzchniowe:

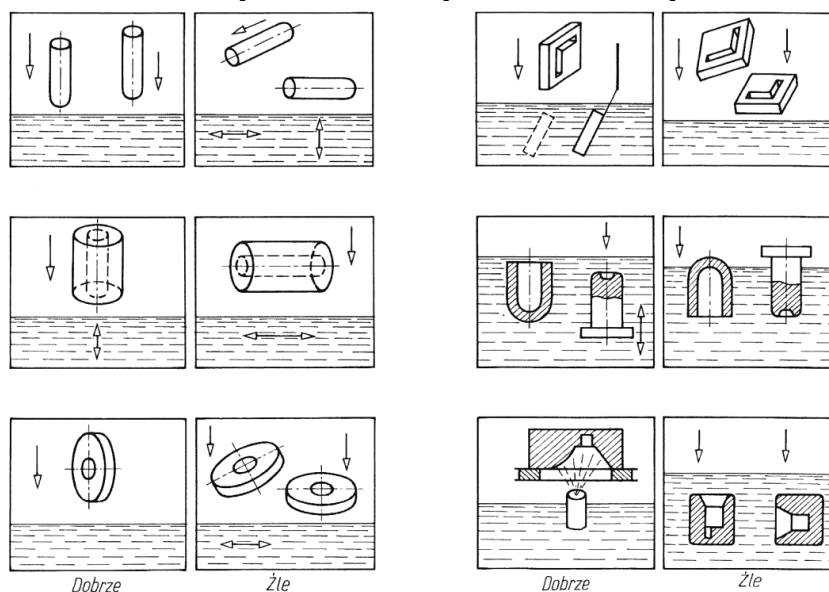
- **płomieniowe**, polegające na nagrzewaniu przedmiotu palnikiem gazowym,
- **indukcyjne**, polegające na nagrzewaniu przedmiotu prądami wirowymi wzbudzonymi w warstwie powierzchniowej przedmiotu oraz prądami szybkodziennymi w induktorze (wzbudniku),
- **kąpielowe**, polegające na nagrzewaniu przez krótkie zanurzenie przedmiotu w kąpeli solnej lub ołowiowej, o temperaturze dużo wyższej niż temperatura hartowania stali.

Podczas hartowania trzeba zwracać uwagę, aby zbyt nie przekroczyć temperatury grzania, ponieważ powoduje to przegrzanie stali, a w konsekwencji jej gruboziarnistość i kruchość.

Urządzenia do hartowania dzieli się na urządzenia do nagrzewania oraz urządzenia do chłodzenia. Przedmioty w czasie obróbki cieplnej nagrzewa się w specjalnych piecach. Zależnie od sposobu nagrzewania rozróżnia się **piece gazowe, elektryczne i z kąpielą**.

Do chłodzenia używa się **wanien hartowniczych**, które wypełnia się cieczami chłodzącymi. Wanny wykonane z blachy stalowej są wyposażone w urządzenia do dopływu wody lub oleju. Wanny olejowe mają zazwyczaj podwójne ściany, między którymi przepływa woda. Przedmiotem należy poruszać w czasie kąpeli, co ułatwia odrywanie się od jego powierzchni pęcherzyków pary utrudniających chłodzenie. Przedmiot powinien być zanurzony w taki sposób, aby wszystkie jego miejsca były ochłodzone jednocześnie. Sposoby zanurzania przedmiotów w kąpeli i poruszania nimi podczas hartowania przedstawiono na rys. nr 31.

Rys. nr 6.31. Zanurzanie przedmiotów i poruszanie nimi podczas hartowania



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

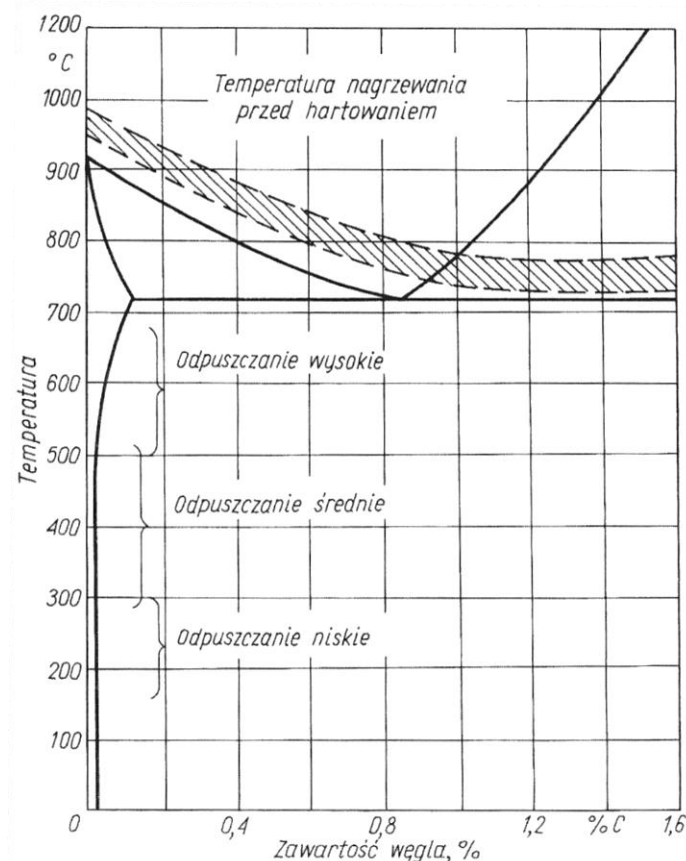
Odpuszczanie

Odpuszczanie umożliwia usunięcie naprężeń wewnętrznych powstałych w przedmiotach podczas hartowania oraz polepsza ich właściwości plastyczne. Odpuszczanie polega na nagraniu uprzednio zahartowanego przedmiotu poniżej temperatury 723°C, wygrzaniu w tej temperaturze, a następnie chłodzeniu. Zależnie od temperatury nagrzewania rozróżnia się odpuszczanie niskie, średnie i wysokie (rys. nr 32).

- **Odpuszczanie niskie** (w temperaturze 150÷250°C) usuwa naprężenia własne materiału z zachowaniem jego dużej twardości. Odpuszczanie niskie stosuje się do narzędzi, sprawdzianów oraz części maszyn ze stali niestopowych i nisko-stopowych.
- **Odpuszczanie średnie** (w temperaturze 250÷500°C) zwiększa wytrzymałość i sprężystość materiału przy dostatecznie dużej ciągliwości. Stosuje się je do przedmiotów narażonych w czasie pracy na uderzenia, jak np. matryce.
- **Odpuszczanie wysokie** (w temperaturze 500÷650°C) zwiększa wytrzymałość i sprężystość materiału z jednoczesnym zachowaniem jego dużej twardości i odporności na uderzenia (uzyskanie możliwie dużej plastyczności). Stosuje się je do materiałów przeznaczonych na części maszyn pracujących pod znacznym obciążeniem i narażonych na uderzenia, jak np. wały, korbowody.

Hartowanie oraz następujące po nim wysokie lub średnie odpuszczanie jest nazywane **ulepszaniem cieplnym**. Obecnie materiał z reguły jest ulepszany już w hutach. Celem tego zabiegu jest uzyskanie optymalnych właściwości mechanicznych materiału z zachowaniem możliwości jego obróbki skrawaniem.

Rys. nr 6.32. Wykres temperatur hartowania i odpuszczania stali niestopowych



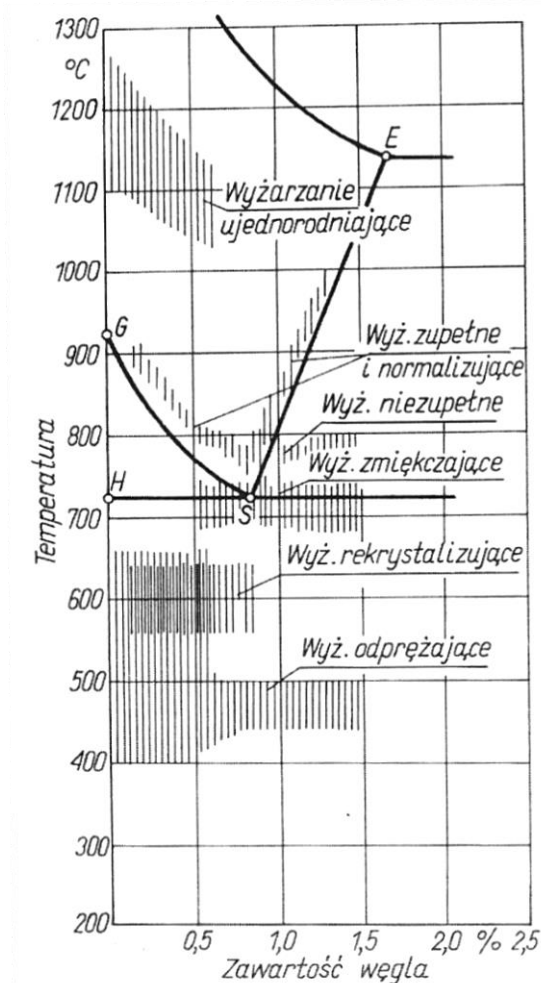
Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Wyżarzanie

Wyżarzanie jest operacją cieplną, polegającą na nagrzananiu materiału do żądanej temperatury, wygrzaniu w tej temperaturze i następnie powolnym chłodzeniu do temperatury otoczenia (rys. nr 33). Zależnie od temperatury wyżarzania, sposobu studzenia oraz celu zabiegu rozróżnia się: wyżarzanie ujednorodniające, normalizujące, zupełne, niezupełne, zmiękczające, rekrytalizujące, odprężające.

- **Wyżarzanie ujednorodniające** ma na celu zmniejszenie miejscowych niejednorodności składu chemicznego, które powstają w czasie odlewania i krzepnięcia materiału, np. wlewków stali stopowych. Ujednorodnienie materiału osiąga się przez wygrzewanie wlewków stalowych w temperaturze $1000\div 1250^{\circ}\text{C}$ w ciągu $12\div 15$ godzin. Po wyżarzeniu ujednorodniającym, wykonywanym w hucie, następuje obróbka plastyczna wlewka, polegająca na kuciu lub walcowaniu.
- **Wyżarzanie normalizujące** ma na celu otrzymanie równomiernej budowy drobnoziarnistej, która nadaje stali lepsze własności mechaniczne niż budowa gruboziarnista. Wyżarzanie to stosuje się również w celu usunięcia naprężeń własnych i polepszenia własności wytrzymałościowych. Polega ono na nagrzananiu stali do temperatury $30\div 50^{\circ}\text{C}$ powyżej linii GSE, wygrzaniu w tej temperaturze i po wyjęciu z pieca chłodzeniu na wolnym powietrzu.
Wyżarzanie normalizujące, zwane również normalizowaniem, w przemyśle maszynowym jest najczęściej stosowane jako operacja przygotowawcza przed hartowaniem i nawęglaniem.
- **Wyżarzanie zupełne** polega na nagrzananiu stali do temperatury $30\div 50^{\circ}\text{C}$ powyżej linii GSE, wygrzaniu w tej temperaturze i następnie studzeniu do przekroczenia temperatury 723°C . Celem wyżarzania zupełnego jest przekształcenie stali, nadanie jej jednorodnej drobnoziarnistej struktury o małej twardości i dużej ciągliwości, usunięcie naprężeń własnych oraz często polepszenie obrabialności.
- **Wyżarzanie niezupełne**, podobne do wyżarzania zupełnego, jest stosowane w celu zmniejszenia twardości, usunięcia naprężeń własnych i zwiększenia plastyczności stali.
- **Wyżarzanie zmiękczające** jest stosowane w celu uzyskania zmniejszenia twardości stali.
- **Wyżarzanie rekrytalizujące** polega na nagrzananiu uprzednio zgnieczonego stopu do temperatury $550\div 650^{\circ}\text{C}$, wygrzaniu w tej temperaturze, a następnie wolnym studzeniu w powietrzu. Wyżarzanie to jest stosowane w celu usunięcia zgniotu i przywrócenia stali początkowej plastyczności.
- **Wyżarzanie odprężające** polega na nagrzananiu stopu (stal, stopy aluminium, stopy miedzi) do temperatury poniżej przemian ($450\div 650^{\circ}\text{C}$), wygrzaniu w tej temperaturze i studzeniu. Jest stosowane w celu zmniejszenia naprężeń własnych w materiale, powstałych wskutek zgrubnej obróbki skrawaniem, spawania, obróbki plastycznej na zimno itp.

Rys. nr 6.33. Zakres temperatur wyżarzania stali niestopowych



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

II. Obróbka cieplno-chemiczna

Obróbka cieplno-chemiczna stali polega na wzbogaceniu w węgiel lub azot powierzchniowej warstwy przedmiotu z miękkiej stali. Zabiegu tego dokonuje się w środowisku chemicznym przez dyfuzję węgla lub azotu w głąb stali w wysokiej temperaturze. W wyniku tego procesu otrzymuje się twardą powierzchnię zewnętrzną oraz miękką i ciągliwą rdzeń.

Do ważniejszych rodzajów obróbki cieplno-chemicznej należą: nawęglanie, azotowanie i cyjanowanie, czyli węgloazotowanie.

- **Nawęglanie**, zwane również cementowaniem, polega na wzbogacaniu powierzchniowej warstwy przedmiotu w węgiel, zwykle na głębokość $0,5 \div 2$ mm, przez dłuższe wygrzewanie w temperaturze $890 \div 930^{\circ}\text{C}$, w ośrodku wydzielającym węgiel. Nawęglanie stosuje się do przedmiotów stalowych o zawartości węgla do 0,25%. Stosuje się je w budowie maszyn podczas produkcji kół zębatych, tulei, osi, czopów, wałów korbowych, wałów rozrządu itp.
- **Azotowanie** polega na nasyceniu warstwy powierzchniowej przedmiotu azotem. Przedmioty azotowane umieszcza się w szczelnie zamkniętej komorze pieca, do której doprowadza się suchy amoniak (NH_3), rozkładający się pod wpływem wysokiej temperatury ($500 \div 850^{\circ}\text{C}$) na azot i wodór. Azot w stanie atomowym jest absorbo-

wany przez stal, tworząc trwałe azotki żelaza, glinu i innych składników stopowych. Azotowanie jest stosowane do przedmiotów z niektórych gatunków stali i żeliw.

- **Cyjanowanie** polega na nasyceniu powierzchni przedmiotów stalowych jednocześnie węglem i azotem w temperaturze $500 \div 950^{\circ}\text{C}$. Po zahartowaniu i odpuszczeniu uzyskuje się twardą i odporną na ścieranie warstwę powierzchniową. W zależności od rodzaju ośrodka wydzielającego węgiel i azot rozróżnia się cyjanowanie kąpielowe i gazowe.

Głównymi zaletami cyjanowania są: skrócenie trwania procesu w stosunku do czasu nawęglania, uzyskanie bardzo twardych powłok odpornych na ścieranie oraz stosunkowo niska temperatura procesu.

Do ważniejszych wad zalicza się: niebezpieczeństwo zatrucia pracowników parami soli cyjanowych oraz konieczność częstego kontrolowania składu kąpeli.

4. Klejenie, spawanie i zgrzewanie metali

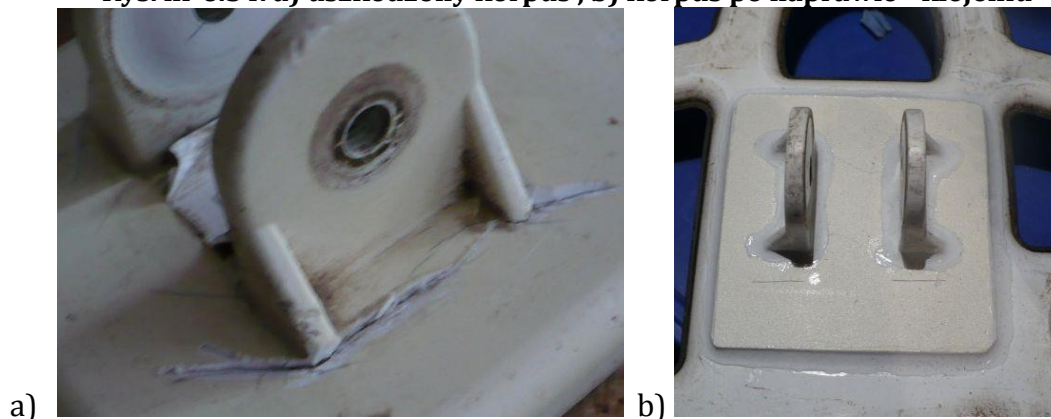
I. Klejenie

Zastosowanie połączeń klejonych

Łączenie metali za pomocą kleju jest coraz częściej stosowane ze względu na dużą wytrzymałość połączenia, brak naprężeń w złączu oraz niskie koszty tej technologii. Zaletami połączeń klejonych są ponadto zdolność tłumienia drgań, możliwość wykonania połączenia bez stosowania obrabiarek, drogich narzędzi i materiałów oraz brak zjawisk elektrochemicznych, występujących zwykle podczas łączenia metali innymi metodami. Wadą połączeń klejonych jest ich stosunkowo mała odporność na wzrost temperatury otoczenia (maleje wówczas wytrzymałość połączenia).

Niektóre kleje są mało odporne na działanie wody, mimo że są jednocześnie odporne na działanie benzyny i olejów. Można jednak uodpornić połączenie na działanie wody przez pomalowanie złącza. Metodą klejenia można łączyć ze sobą nie tylko metale i stopy, ale także metale z niemetalami, metale z tworzywami sztucznymi, szkłem, porcelaną, tkaninami i innymi materiałami. Klejenie metali jest stosowane w produkcji nowych wyrobów oraz w naprawie maszyn i urządzeń. Połączenia klejone metali są obecnie stosowane w konstrukcjach lotniczych, pojazdach samochodowych, taborze kolejowym i wielu innych maszynach i urządzeniach.

Rys. nr 6.34. a) uszkodzony korpus , b) korpus po naprawie - klejeniu



Źródło: <http://www.proscan.gliwice.pl/forum/viewtopic.php?t=1218>

Naprawa części maszyn klejeniem i kitowaniem, najczęściej z użyciem kitów epoksydowych, ma wiele zalet: 1) technologia klejenia i kitowania jest bardzo prosta, niewymagająca stosowania specjalnych maszyn i narzędzi, 2) istnieje możliwość dokonania

naprawy bez demontażu lub przy częściowym demontażu maszyn czy urządzenia oraz bez konieczności używania dźwigów, 3) można dokonać naprawy na miejscu wystąpienia awarii, 4) obróbka wykańczająca po naprawie jest prosta, 5) naprawy można dokonać w miejscach trudno dostępnych, 6) połączenie odznacza się dobrą szczelnością.

Rys. nr 6.35. Rodzaj kitu epoksydowego hydraulicznego



Źródło: <http://www.euro-met.com.pl/kleje-epoksydowe,248.html>

Rodzaje klejów

Do klejenia metali używa się najczęściej **klejów epoksydowych, fenolowych, karbinytowych, poliuretanowych, kauczukowych, poliestrowych, silikonowych, winylowych i poliamidowych**. Kleje i kity składają się przede wszystkim z żywicy podstawowej oraz utwardzacza i rozcieńczalnika. Niekiedy stosuje się dodatkowo przyspieszacze, środki modyfikujące i napełniacze. Najczęściej klej przyrządza się bezpośrednio przed użyciem, dodając do żywicy utwardzacza i rozcieńczalnika lub innych środków. Kleje na ogół są dostarczane w zestawach i zawierają dokładny opis przygotowania kleju i technologii klejenia.

Kleje epoksydowe produkuje się w Polsce pod nazwą handlową **Epidian**. Kleje te są oznaczone różnymi numerami, zależnie od zastosowania i własności.

Epidian 5 – utwardzalny na zimno – należy przed użyciem przygotować, dodając do żywicy epoksydowej utwardzacza w ilości dziesięciokrotnie mniejszej od ilości żywicy. Utwardzacz trzeba bardzo dokładnie i równomiernie wymieszać z żywicą, aby otrzymać jednorodność klejonego złącza. Czas mieszania powinien wynosić ok. 3 minut. Do mieszania należy używać szklanej pałeczki.

Rys. nr 6.36. Klej epidian 5 dwuskładnikowy



Źródło: <http://www.nowyelektronik.pl>

Powierzchnię przeznaczoną do sklejenia trzeba dokładnie oczyścić i zmyć załączonym do kleju specjalnym zmywaczem, a następnie nałożyć cienką warstwę kleju na po-

wierzchnię obu klejonych części i dokładnie je docisnąć. Czas utwardzania kleju w temperaturze pokojowej wynosi 12 godzin. Klej ten (podobnie jak pozostałe) jest sprzedawany w zestawie składającym się z żywicy, utwardzacza i zmywacza do oczyszczania klejonej powierzchni.

Epidian 100 – utwardzalny na gorąco – jest klejem gotowym, czyli nie wymaga dodawania przed użyciem utwardzacza ani innych składników. Ma on postać żółtego lub pomarańczowego proszku. W temperaturze $40\div 50^{\circ}\text{C}$ uzyskuje konsystencję ciastowatą, a w temperaturze $100\div 120^{\circ}\text{C}$ staje się cieczą. Klej przed użyciem należy podgrzać i w postaci ciekłej lub półciekłej nałożyć na powierzchnie klejone po uprzednim ich oczyszczeniu. Utwardzenie kleju następuje wyłącznie na gorąco w temperaturze $130\div 190^{\circ}\text{C}$. Czas utwardzania zależy od temperatury utwardzania - minimalny w temperaturze 150°C wynosi 4 godziny, a w temperaturze 190°C - 50 minut. Epidian 100 nanosi się na powierzchnie rozgrzane.

Epidian 51, 52, 53 i 58 jest używany do klejenia oraz do klejenia połączonego z laminowaniem.

Epidian 55 jest stosowany do klejenia, klejenia z laminowaniem i kitowania.

Epidian 101 stosuje się głównie do klejenia i uszczelniania odlewów. W przeciwieństwie do Epidianu 100 może być наносzony na zimne powierzchnie. Klej ten utwardza się tylko w temperaturze $130\div 190^{\circ}\text{C}$, podobnie jak epidian 100. Składa się z dwóch ciekłych składników, które miesza się ze sobą bezpośrednio przed użyciem.

Rys. nr 6.37. Uszczelnianie pokryw korpusu



Źródło: http://hybris.cms.henkel.com/medias/sys_master/8798077321246.jpg

Oprócz klejów stosuje się również pasty. **Pasta Epidian 410** służy przede wszystkim do kitowania, szczególnie elementów ze stopów aluminium. Może być również zastosowana do klejenia.

Epidiany 430 i 433 są kitami i składają się z dwu składników. Oba składniki miesza się ze sobą bezpośrednio przed użyciem. Kity te nadają się do kitowania przedmiotów ceramicznych, betonowych i kamiennych.

Do klejenia metali stosuje się również klej karbinolowy stabilizowany. Czas utwardzania kleju w temperaturze pokojowej wynosi od trzech do pięciu dni.

Obecnie można stosować wiele innych, dostępnych klejów, których cechą eksploatacyjną jest bardzo krótki czas uzyskiwania prawidłowego połączenia (np. Cyjanopan, PA-SCOFIX).

Przygotowanie powierzchni metalu do klejenia

Powierzchnie klejone powinny być czyste i jednorodne. Powierzchnie pokryte smarem lub w jakikolwiek inny sposób zanieczyszczone nie nadają się do klejenia.

Przygotowanie powierzchni stali do klejenia polega na mechanicznym oczyszczeniu powierzchni przez szlifowanie na szlifierce lub za pomocą piaskowania.

Jako operację końcową stosuje się zwykle odtłuszczenie w ciekłym rozpuszczalniku lub w jego parach. Jeżeli powierzchnia jest ogrzewana w czasie nakładania kleju, to wystarczy samo odtłuszczenie.

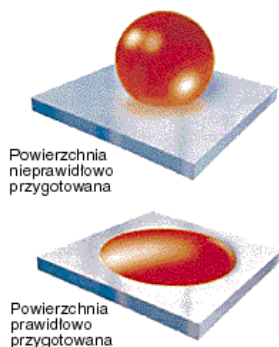
Jako środki obróbki chemicznej stosuje się również krótkotrwałe kąpiele w stężonym roztworze amoniaku, po którym następuje przemywanie wodą i suszenie w piecu.

Przygotowanie powierzchni stopów aluminium polega przeważnie tylko na chemicznym oczyszczeniu. Powierzchnie miedzi i jej stopów mogą być przygotowane mechanicznie i chemicznie.

Przygotowanie powierzchni zapewniające największą wytrzymałość na ścinanie połączeń klejonych składa się z następujących operacji:

- odtłuszczenie w parach rozpuszczalnika w ciągu ok. 5 minut,
- odtłuszczenie w ciekłym rozpuszczalniku w ciągu ok. 20 minut,
- płukanie w zimnej wodzie ok. 5 minut,
- trawienie w temperaturze 60°C w roztworze o składzie: 27,3 części (masy) kwasu siarkowego, 7,5 części dwuchromianu sodowego, 65,2 części wody,
- płukanie w wodzie o temperaturze nie wyższej niż 65°C w ciągu ok. 5 minut,
- suszenie gorącym powietrzem w ciągu ok. 30 min.

Rys. nr 6.38. Przygotowanie powierzchni można sprawdzić „próbą kropli wody”



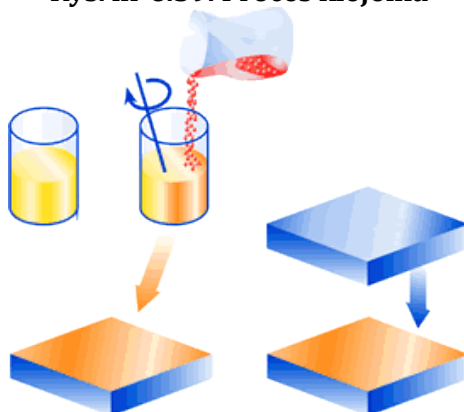
Źródło: <http://www.kleje-loctite.pl/book/i038ch02.htm>

Proces klejenia

Proces klejenia metali składa się z dwóch operacji:

- naniesienia kleju na powierzchnię łączonych elementów,
- docisnięcia klejonych powierzchni do siebie i utrzymania docisku aż do doprowadzenia lepkiej masy kleju do postaci nieodwracalnie utwardzonej.

Rys. nr 6.39. Proces klejenia



Źródło: <http://www.ntr.com.pl>

Klej na powierzchnie łączone nanosi się za pomocą szklanej pałeczki, pędzla lub pistoletu natryskowego. Powierzchnię najczęściej pokrywa się dwiema warstwami. Ilość nałożonego kleju decyduje o wytrzymałości połączenia klejonego. Zbyt mało kleju powoduje obniżenie wytrzymałości połączenia.

Przed sklejeniem części należy pamiętać o wstępnym podsuszeniu warstwy naniesionego kleju do stanu największej przylepności. Po ustawieniu i dociśnięciu sklejanых elementów należy uniemożliwić ich wzajemne przesuwanie się, dlatego często klejenia dokonuje się na prasach. Proces sklejania (utwardzania klejów) wymaga odpowiedniej temperatury, ciśnienia i czasu.

Utwardzanie warstwy klejowej w złączu zależy w znacznej mierze od kształtu klejonych części. Najprościej proces ten przebiega, gdy mamy do czynienia z klejem utwardzalnym w temperaturze pokojowej i bez udziału ciśnienia. W tym przypadku do prawidłowego sklejenia części płaskich wystarczy zastosowanie zwykłych zacisków lub belek dociskowych.

Elementy uważa się za sklezione wówczas, gdy klej dobrze stwardnieje. Należy przestrzegać ściśle czasu wymaganego do utwardzenia, który jest dla każdego kleju podany w opisie używania kleju. Dopiero po upływie tego czasu można użytkować element klejony.

Oczyszczanie sklein może się odbywać – po stwardnieniu wycieków – za pomocą skrobaków ręcznych lub przyrządów zmechanizowanych. Lepiej jednak jest usunąć nadmiar kleju przed jego utwardzeniem poprzez potarcie tkaniną umoczoną w odpowiednim rozpuszczalniku.

Próbki bardziej odpowiedzialnych połączeń klejonych poddaje się badaniom wytrzymałościowym. Jakość klejenia jest kontrolowana w każdym etapie cyklu produkcyjnego. Kontrola wstępna następuje w czasie przyjmowania i przechowywania kleju w magazynie. Kontrola podczas klejenia polega na sprawdzeniu jakości przygotowanej powierzchni i dokładnym przestrzeganiu warunków klejenia oraz na przygotowaniu próbek kontrolnych z zachowaniem tych samych parametrów klejenia i warunków pracy. Kontrola końcowa polega na kontroli gotowego zespołu. W przypadku wykonywania lub naprawy zbiorników metodą klejenia kontrola polega również na sprawdzaniu ich szczelności.

Rys. nr 6.40. Nanoszenie kleju na powierzchnię łączoną





Źródło:

https://www.google.pl/search?q=klejenie+metali&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=zwOPUts_zKGB7KigeAK&ved=0CDIQsAQ&biw=1366&bih=576#q=klejenie+metali&tbm=isch&facrc=_&imgdii=_&imggrc=nlyCqddq1qT9srM%3A%3BD4HN3g9jBfLjzM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.ct-card.pl%252Ffoto%252Fweicon_gmk_2410_gmk_2410_01.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.ct-card.pl%252Fproduct%252F1946%252FgmK-2410%252F%3B705%3B495

Zasady bezpiecznej pracy podczas klejenia

Wszystkie operacje w procesie technologicznym klejenia należy wykonywać w gumowych rękawicach oraz w fartuchu szczelnie przylegającym do szyi i przegubu rąk. Wskazane jest pokrywanie skóry rąk, szyi i twarzy kremem ochronnym.

Jeśli podczas klejenia ma się do czynienia bezpośrednio z odczynnikami chemicznymi, to należy używać okularów ochronnych. Szczególną uwagę trzeba zachować przy posługiwaniu się rozpuszczalnikami (szkodliwymi dla zdrowia); w tych przypadkach praca powinna przebiegać przy włączonych wentylatorach i wyciągach.

W pomieszczeniach, w których dokonuje się klejenia, istnieje duże zagrożenie pożarowe i dlatego nie wolno tam palić papierosów ani używać otwartego ognia. Pomieszczenia te powinny być starannie wietrzone.

I. Charakterystyka procesu i rodzaje spawania

Wiadomości ogólne

Spajanie to metoda łączenia materiałów, w wyniku której uzyskuje się połączenie o fizycznej ciągłości materiałowej. Pojęcie spajania obejmuje **spawanie, zgrzewanie, lutowanie, klejenie** i inne.

Spawanie polega na łączeniu materiałów przez ich nagrzanie i stopienie w miejscu łączenia z dodaniem lub bez dodania spoiwa. Metal części łączonych nazywa się **metalem rodzimym**. Stopione spoiwo łącznie ze stopionymi brzegami części łączonych, czyli materiałem rodzimym, po ostygnięciu tworzy **spoinę**.

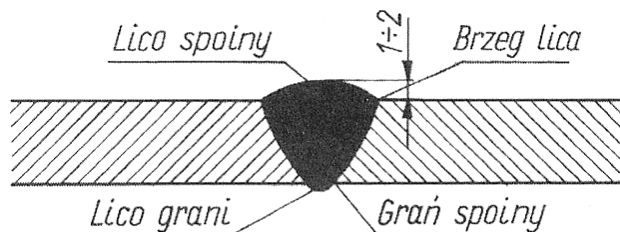
W zależności od źródła ciepła użytego do stopienia materiału rodzimego złącza i spoiwa rozróżnia się: **spawanie elektryczne** (łukowe, elektronowe, elektrożuźlowe), **gazowe i termitowe**. Najbardziej rozpowszechnione jest spawanie elektryczne łukowe oraz gazowe.

Nie wszystkie metale nadają się w jednakowym stopniu do spawania. Szczególnie łatwo spawalne są stale o małej zawartości węgla (do 0,27%) oraz ołów, aluminium i sto-

py magnezu. Do metali trudno spawalnych zalicza się stale o wysokiej zawartości węgla i stopowe, żeliwo, brązy i nikiel.

Spawanie elektryczne łukowe polega na wytworzeniu między elektrodą spawalniczą a materiałem spawanym łuku elektrycznego wydzielającego ciepło, pod wpływem którego topią się brzegi łączonych części i dodawane zwykle spoiwo, oraz na tworzeniu złącza, zwanego spoiną (rys. nr 41). Złącze tworzy się przy przesuwaniu odpowiednim ruchem elektrody wzdłuż łączonych brzegów.

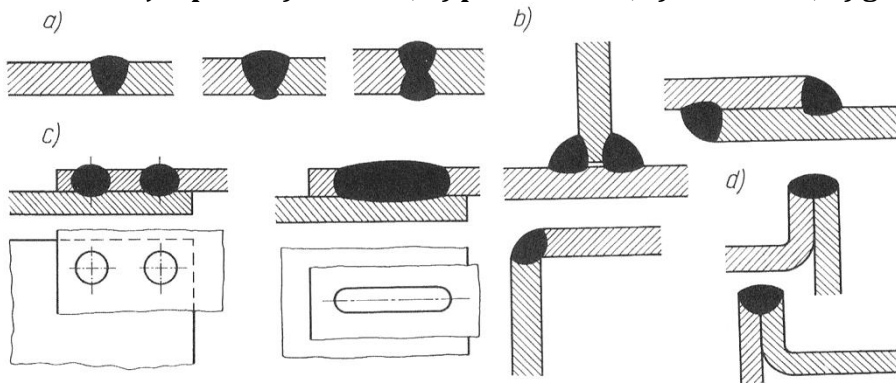
Rys. nr 6.41. Złącze spawane



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Spoina składa się ze stopionego metalu rodzimego oraz ze stopionego spoiwa. Stopiony w obszarze spoiny metal na skutek stygnięcia krzepnie i łączy trwale obie części metalu rodzimego. Zależnie od wzajemnego ustawienia spawanych części rozróżnia się spoiny: czołowe, pachwinowe, otworowe, grzbietowe (rys. nr 42). Spoiny te tworzą złącza o różnych nazwach. Na przykład rys. nr 42a przedstawia złącze doczołowe, mimo że spoina nazywa się czołową. Za pomocą spoin otworowych (rys. nr 42c) tworzy się złącza przylgowe, gdyż łączy się w ten sposób blachę do blachy.

Rys. nr 6.42. Rodzaje spoin: a) czołowe, b) pachwinowe, c) otworowe, d) grzbietowe



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

- Ze względu na rodzaj elektrody i osłony łuku procesy spawania łukowego dzieli się na:
- **Spawanie elektrodą topliwą gołą i łukiem nieosłoniętym** – obecnie już prawie nie jest stosowane, gdyż metal spoiny pod wpływem tlenu i azotu z powietrza staje się porowaty i kruchy.
 - **Spawanie elektrodą topliwą otuloną** warstwą topników – najczęściej stosowane w małych zakładach naprawczych przy spawaniu ręcznym; podczas topienia się otuliny wydzielają się gazy tworzące wokół łuku osłonę oraz powstaje ciekły żużel, któ-

ry oczyszcza metal, wypływa na jego powierzchnię i chroni go przed dostępem powietrza.

- **Spawanie lukiem krytym** elektrodą gołą topliwą pod warstwą topnika w proszku, spełniającym podobne zadanie jak otulina – jest stosowane głównie jako spawanie automatyczne (maszynowe)
- **Spawanie elektrodą gołą** topliwą lub nietopliwą w osłonie gazów szlachetnych (argonu lub helu) - jest stosowane do spawania stali stopowych, np. nierdzewnych, kwasoodpornych, żaroodpornych oraz metali nieżelaznych (aluminium, magnez, miedź) i ich stopów; elektroda jest umieszczona w rurce, przez którą dopływa do łuku gaz szlachetny.
- **Spawanie elektrodą topliwą w osłonie dwutlenku węgla (CO_2)**, wykonywane podobnie jak spawanie w osłonie gazów szlachetnych, jest stosowane w budowie kotłów parowych, okrętów, konstrukcji budowlanych.
- **Spawanie dwiema elektrodami wolframowymi**, między którymi jarzy się łuk, w osłonie wodoru, czyli tzw. spawanie atomowe - elektrody są umieszczone w rurkach, przez które dopływa wodór; podczas jego przejścia przez łuk elektryczny cząsteczki wodoru rozpadają się na atomy, pochłaniając ciepło. W pobliżu spawanego przedmiotu atomy wodoru łączą się w cząsteczki, oddając ciepło i wytwarzając wysoką temperaturę w miejscu spawania. Metoda ta jest stosowana do spawania stali stopowych, m.in. do naprawy narzędzi skrawających, matryc.
- **Spawanie elektronowe** – polega na wykorzystaniu energii wiązki elektronów wysyłanych w próżni przez żarzącą się elektrodę wolframową, do wytwarzania ciepła potrzebnego do spawania. Metoda ta jest stosowana do łączenia bardzo cienkich blach z metali trudno spawalnych, takich jak beryl, cyrkon, molibden, tantal, tytan, wolfram.
- **Spawanie żużłowe** – stosowane do łączenia grubych blach stalowych, ustawianych zwykle pionowo, z pozostawieniem odpowiedniego odstępu między brzegami. Zamiana energii elektrycznej w ciepło odbywa się w warstwie żużła, który spełnia zadanie elementu grzejnego. Przestrzeń, w której ma powstać spoina, zamyka się nakładkami miedzianymi, chłodzonymi wodą. Do przestrzeni tej wprowadza się elektrodę i porcjami wsypuje topnik. Ciepło wytwarza się wskutek oporu elektrycznego, jaki stawia żużel.
- **Spawanie gazowe** – polega na łączeniu przez stopienie materiału łączonych części i spoiwa płomieniem gazowym, otrzymywanym przez spalanie gazu palnego, najczęściej acetyleny, rzadziej wodoru lub propanu, wymieszanego z tlenem. Stosuje się je do spawania przedmiotów stalowych o niewielkiej grubości, żeliwa oraz metali i stopów metali nieżelaznych. Płomień wodorowo-tlenowy jest stosowany również do spawania aluminium, ołowiu i cynku. Obecnie spawanie gazowe jest coraz rzadziej stosowane w produkcji przemysłowej, natomiast szeroko rozpowszechnione w pracach remontowych.
- **Spawanie termitowe** – stosowane np. do łączenia szyn tramwajowych i kolejowych. Źródłem ciepła jest reakcja chemiczna zachodząca w mieszaninie sproszkowanych tlenków żelaza i aluminium, tzw. termicie. W wyniku zaistniałej w tyglu reakcji otrzymuje się ciekłe żelazo (na dnie tygla) i tlenek glinu. Żelazo spuszcza się do formy odlewniczej, w której są ujęte końce łączonych przedmiotów, np. szyn.

Materiały i urządzenia do spawania wraz z opisem szczegółowym w/w metod zostanie omówione w następnym module.

Cięcie termiczne

Cięciem termicznym nazywa się sposób cięcia materiałów, głównie metali i ich stopów, polegający na miejscowym utlenieniu lub wytopieniu w odpowiednio wysokiej temperaturze. Zależnie od źródła ciepła rozróżnia się cięcia: gazowe, łukowe, gazowo-łukowe.

Cięcie gazowe (cięcie tlenowe) polega na miejscowym spalaniu materiału w strumieniu czystego tlenu przy miejscowym ogrzaniu metalu do temperatury spalania. Cięcie to odbywa się za pomocą palnika, który przypomina palnik do spawania, lecz jest wyposażony w dodatkową dyszę tlenową. Jeżeli spawacz zwiększy dopływ tlenu do płomienia palnika, to płomień taki będzie spalał nagrzewany metal, wypalając w nim wąską szczelinę. Cięcie samym tlenem stosuje się do stali konstrukcyjnych niestopowych i niskostopowych, natomiast żeliwo, stale austenityczne oraz metale nieżelazne można przecinać tym sposobem przez wprowadzenie do strumienia tlenu topników, np. proszku żelaza.

Cięcie łukowe elektrodą węglową lub metalową polega na wytapieniu szczeliny w pełnym metalu ciepłem łuku elektrycznego.

Cięcie gazowo-łukowe polega na podgrzaniu metalu ciepłem łuku elektrycznego i jednoczesnym miejscowym spalaniu metalu w strumieniu czystego tlenu.

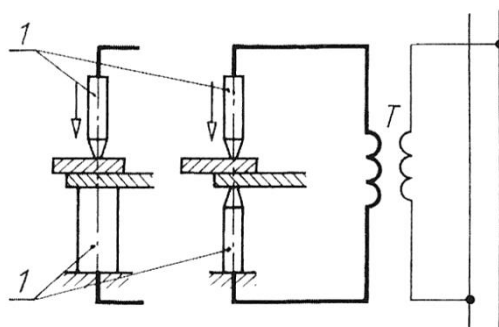
Obecnie można ciąć termicznie wszystkie metale i stopy stosowane w przemyśle, a nawet beton i kamień. Grubość przecinanego metalu może wynosić do 3 m. W zależności od stosowanych urządzeń rozróżnia się cięcie **termiczne ręczne i maszynowe**. Cięcie może być wykonywane w sposób zautomatyzowany za pomocą mechanizmów prowadzących palniki wg określonych linii.

III. Zgrzewanie elektryczne

Zgrzewanie elektryczne dzieli się na: **doczołowe, punktowe, liniowe i garbowe**. Źródłem ciepła w zgrzewaniu elektrycznym oporowym jest prąd elektryczny, który w miejscu największego oporu powoduje przyrost ciepła. Miejsce styku dwóch metali wykazuje tak duży opór dla przepływającego prądu, że przy dostatecznym natężeniu prądu nagrzewa się ono do wysokiej temperatury, a materiał staje się plastyczny. Po wywarceniu nacisku stykające się ze sobą części łączą się bez trudu. Do zgrzewania stosuje się prąd o stosunkowo niskim napięciu, lecz o dużym natężeniu dochodzącym do kilku tysięcy amperów.

Zgrzewanie punktowe stosuje się do łączenia cienkich blach. Łączone brzegi blachy zaciska się dwiema elektrodami dociskowymi 1 w kształcie kłów (rys. nr 43), które zapewniają jednocześnie docisk łączonych części i przepływ prądu przez złącze. Złącze powstaje w jednym punkcie wskutek uplastycznienia metalu pod wpływem ciepła.

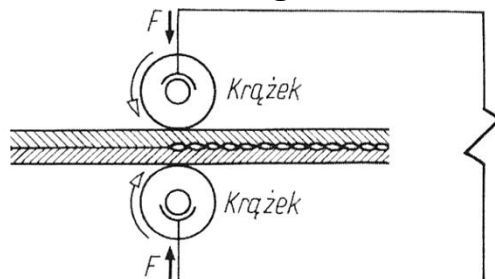
Rys. nr 6.43. Schemat zgrzewania punktowego



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Zgrzewanie liniowe jest stosowane tam, gdzie zależy nam na szczelności szwu. Wykonuje się je za pomocą specjalnych zgrzewarek liniowych, w których elektrody mają kształt krążków (rys. nr 44). Krążki, z których górny jest napędzany silnikiem, obracają się i przesuwają łączone blachy między sobą.

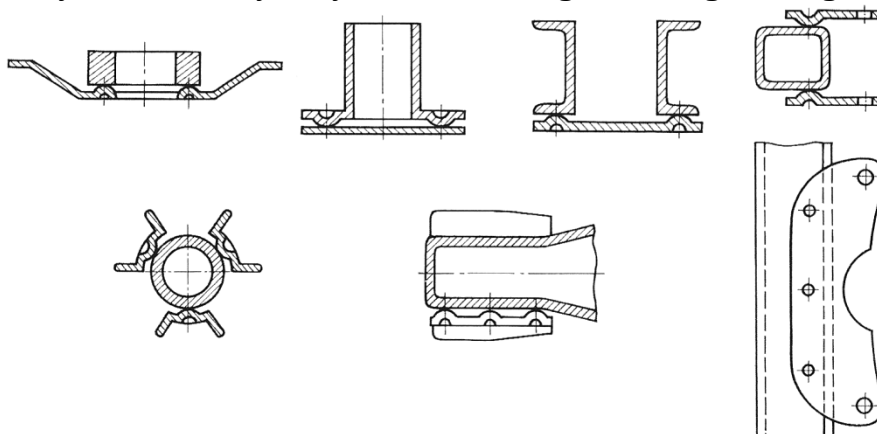
Rys. nr 6.44. Schemat zgrzewania liniowego



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Zgrzewanie garbowe wymaga uprzedniego przygotowania części zgrzewanych. W tym celu w jednej z blach wytłacza się garby w kształcie stożka (rys. nr 45).

Rys. nr 6.45. Przykłady zastosowania zgrzewania garbowego



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

5. Toczenie

Toczenie. Przedmiot obrabiany wykonuje ruch obrotowy, narzędzie zaś (nóż tokarski) przesuwa się równoległe do osi obrotu przedmiotu lub prostopadłe do niej, bądź też wykonuje oba te ruchy łącznie. Toczenie stosuje się głównie w celu otrzymania powierzchni walcowych, stożkowych lub kulistych.

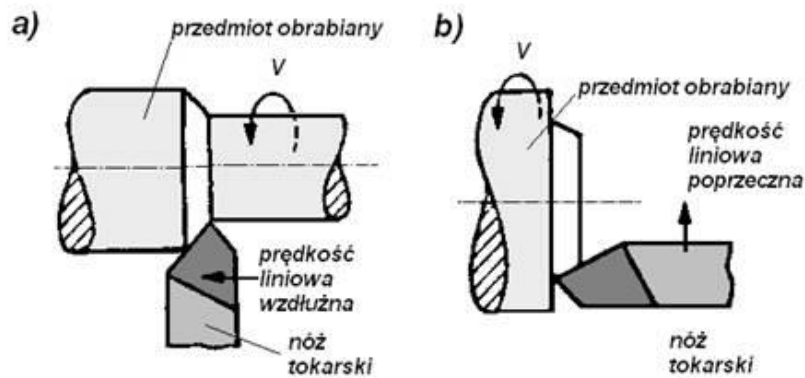
Toczenie jest jednym z najbardziej rozpowszechnionych sposobów obróbki skrawaniem. Polega na oddzielaniu nożem tokarskim warstwy materiału z przedmiotu obrabianego na obrabiarce, zwanej tokarką.

Zależnie od kierunku ruchu posuwowego noża względem osi obrotu przedmiotu różni się toczenie: **wzdłużne** (kierunek posuwu noża równoległy do osi obrotu przedmiotu), **poprzeczne**, tzw. planowanie (kierunek posuwu prostopadły do osi obrotu przedmiotu), i kopiowe, tj. wg wzornika sterującego ruchem posuwowym noża po dowolnej w zasadzie linii. Toczenie może być wykonywane nożem pojedynczym lub jedno-

częście kilkoma nożami, zamocowanymi w jednym imaku (toczenie wielonożowe), co umożliwia zwiększenie wydajności obróbki.

Toczeniem kształtowym nazywa się toczenie niewysokich brył obrotowych niecylintrycznych za pomocą noża, którego ostrze ma kształt tworzącej obrabianego przedmiotu.

Rys. nr 6.46. Toczenie a) wzdłużne, b) poprzeczne



Źródło: www.czek.eu

Rys. nr 6.47. Toczenie wzdłużne



Źródło: www.ferroplast.pl

Rys. nr 6.48. Rolka wykonane w toczeniu kształtowym



Źródło: sakomet.pl

Parametry toczenia

Na przebieg procesu toczenia mają duży wpływ główne parametry skrawania: prędkość, głębokość skrawania oraz posuw. Zależą od nich trwałość ostrza noża, opór skrawania i dokładność wymiarów obrabianej powierzchni.

Prędkością skrawania przy toczeniu wałka nazywa się stosunek drogi krawędzi skrawającej narzędzia (względem powierzchni obrabianego przedmiotu, w kierunku głównego ruchu roboczego) do czasu, w którym pokonanie tej drogi nastąpiło.

Prędkość skrawania v podczas toczenia oblicza się więc wg wzoru

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

w którym:

v - prędkość skrawania w m/min,

d - średnica przedmiotu obrabianego w mm,

n - prędkość obrotowa przedmiotu obrabianego w obr/min.

Prędkość skrawania, wyrażająca się prędkością obwodową obrabianej bryły w punkcie zetknięcia z ostrzem noża, wynosi przy toczeniu stali 40-100 m/min, a przy toczeniu materiałów miękkich i lekkich do 800 m/min, niekiedy nawet więcej (toczenie szybkościowe).

Głębokością skrawania nazywa się grubość warstwy materiału usuwanej podczas jednego przejścia narzędzia skrawającego.

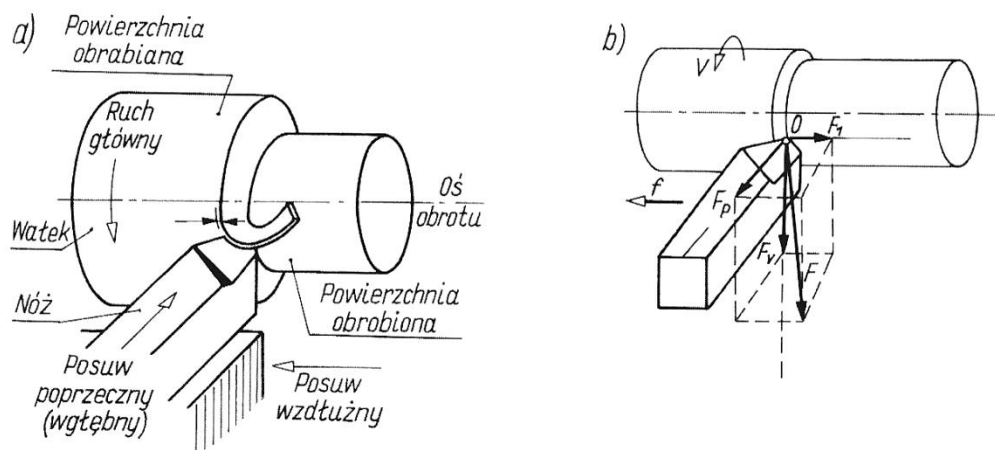
Posuwem nazywa się przesunięcie noża przypadające na jeden obrót przedmiotu, wynosi on od paru setnych mm do kilku mm na jeden obrót; przy toczeniu gwintów posuw równa się podziałce obrabianego gwintu. Posuw oznacza się literą f wyraża najczęściej w milimetrach na obrót (mm/obr).

Jak już wspomniano, podczas toczenia ruch posuwowy narzędzia może się odbywać w kierunku równoległym do prowadnic łoża tokarki i wówczas nazywa się go **posuwem wzdłużnym** (rys. nr 39a). Gdy nóż wykonuje ruch prostopadły do poprzedniego, posuw nazywa się **poprzecznym**.

Siłą skrawania nazywa się taką siłę, z jaką ostrze narzędzia oddziałuje na materiał skrawany w celu oddzielenia wióra od niego. Siłę skrawania F przyłożoną do krawędzi skrawania można rozłożyć na trzy wzajemnie prostopadłe siły składowe (rys. nr 39b):

- Siłę F_v działającą w kierunku zgodnym z wektorem prędkości ruchu głównego v nazywa się **siłą obwodową** lub **siłą styczną** skrawania; jest to jednocześnie główna siła skrawająca, brana pod uwagę przy obliczeniach mocy obrabiarki.
- Siłę F_f działającą zgodnie z wektorem prędkości ruchu posuwowego nazywa się **siłą posuwową** lub **siłą poosiową skrawania**.
- Siłę F_p działającą w kierunku prostopadłym do powierzchni obrabianej nazywa się **siłą odporową** lub **siłą pionową skrawania**.

Rys. nr 6.49. Obróbka tokarska: a) zasada obróbki, b) składowe siły skrawania



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Budowa i rodzaje tokarek oraz narzędzi skrawających zostanie omówione w kolejnym module.

6. Frezowanie i struganie

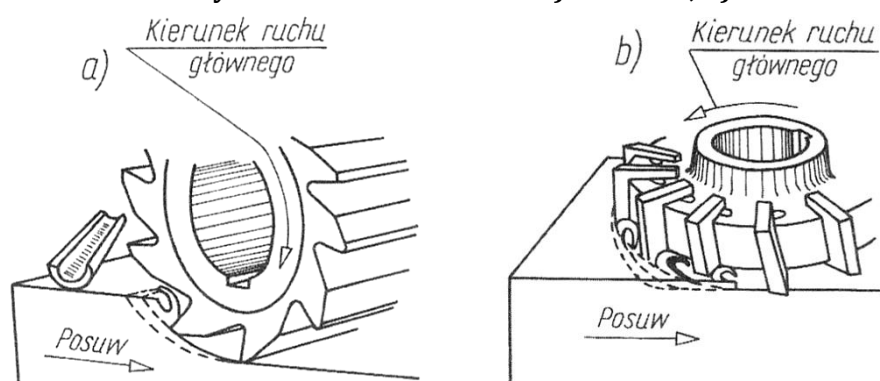
I. Rodzaje i sposoby frezowania

Frezowanie jest jednym z często stosowanych i najbardziej wydajnych sposobów obróbki skrawaniem, polegającym na oddzielaniu warstwy materiału za pomocą obracającego się narzędzia (frezu) na obrabiarce, zwanej frezarką. Frezowaniem można obrabiać płaszczyzny, powierzchnie krzywoliniowe, gwinty, koła zębate itp.

Frez wykonuje obrotowy ruch skrawania, natomiast przedmiot wykonuje względem frezu ruch posuwowy (postępowy lub obrotowy). Zęby frezu, wchodząc kolejno w materiał, zdejmują wióry o zmiennej grubości (kształt w przekroju poprzecznym podobny do przecinaka).

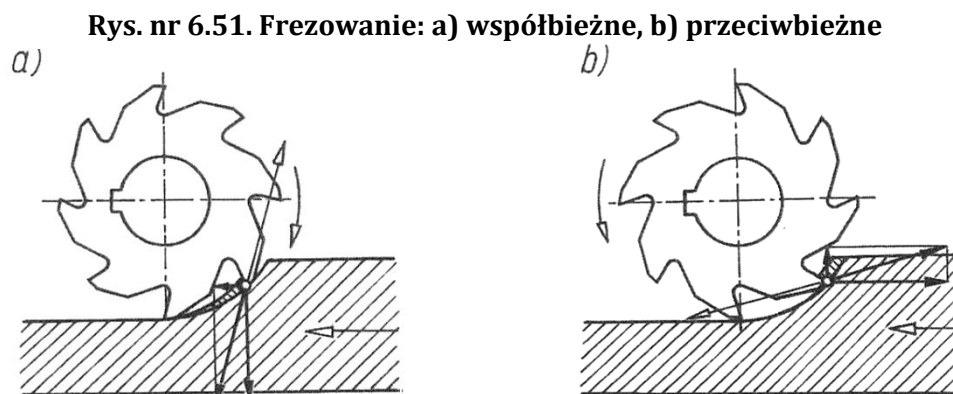
Rozróżnia się **frezowanie walcowe**, w którym frez skrawa ostrzami leżącymi na powierzchni walcowej, i **frezowanie czołowe**, w którym frez skrawa zębami położonymi na powierzchni czołowej (rys. nr 50).

Rys. nr 6.50. Frezowanie: a) walcowe, b) czołowe



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

W zależności od kierunku ruchu posuwowego względem frezu frezowanie może być **przeciwbieżne** (kierunki prędkości ruchu obrotowego frezu i ruchu posuwowego przedmiotu są przeciwbieżne) lub **współbieżne**, gdy kierunek ruchu posuwowego stołu frezarki jest zgodny z kierunkiem ruchu roboczego frezu. Przy frezowaniu przeciwbieżnym kierunek ruchu posuwowego jest przeciwny do kierunku ruchu roboczego (rys. nr 51). Frezowanie współbieżne jest bardziej wydajne, wymaga jednak zastosowania specjalnych mechanizmów ruchu posuwowego i sztywniejszej obrabiarki.



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Przedmioty o złożonych kształtach można obrabiać: 1) frezowaniem kształtowym za pomocą frezu kształtowego o takim zarysie, jaki powinien uzyskać obrabiany przedmiot; w ten sposób obrabia się czasem mało dokładne koła zębate, 2) frezowaniem kopiowym opartym na zasadzie kopiowania, tj. nadawania przedmiotowi obrabianemu kształtu wg wzornika lub bezpośrednio z rysunku (kopiowanie). W ten sposób obrabia się części o kształtach nieregularnych, jak: matryce, wykrojniki, śruby okrętowe, łopatki turbin, korbowody dużych silników, krzywki itp. Frezowanie kopiowe wykonuje się na frezarko-kopiarkach lub na zwykłych frezarkach pionowych, dodatkowo wyposażonych w specjalne przyrządy.

Rodzaje i budowa frezarek i frezów zostanie omówione w kolejnym module.

II. Struganie

Struganie jest obróbką stosowaną do powierzchni płaskich. Prostoliniowy ruch noża względem przedmiotu składa się z ruchu roboczego o mniejszej prędkości i ruchu jałowego (powrotnego) o większej prędkości. Ruch posuwowy, czyli przesuw narzędzia względem przedmiotu w kierunku poprzecznym, jest ruchem przerywanym i następuje po zakończeniu każdego ruchu jałowego narzędzia. Ruch posuwowy odbywa się podczas przechodzenia narzędzia z ruchu jałowego w ruch roboczy.

Rozróżnia się struganie **wzdłużne** oraz struganie **poprzeczne**. Podczas strugania wzdłużnego ruch roboczy wykonuje przedmiot obrabiany, a ruch posuwowy – narzędzie. Natomiast podczas strugania poprzecznego ruch roboczy wykonuje narzędzie, a ruch posuwowy – przedmiot.

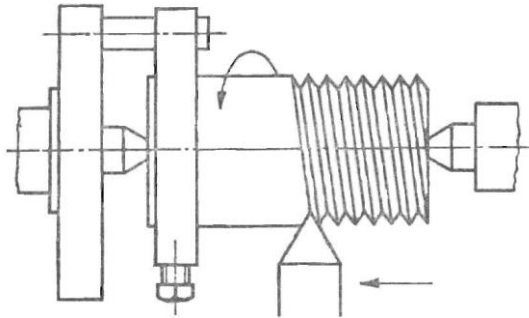
Więcej wiadomości o struganiu i strugarkach zostanie omówione w kolejnym module.

7. Gwintowanie i szlifowanie

I. Gwintowanie

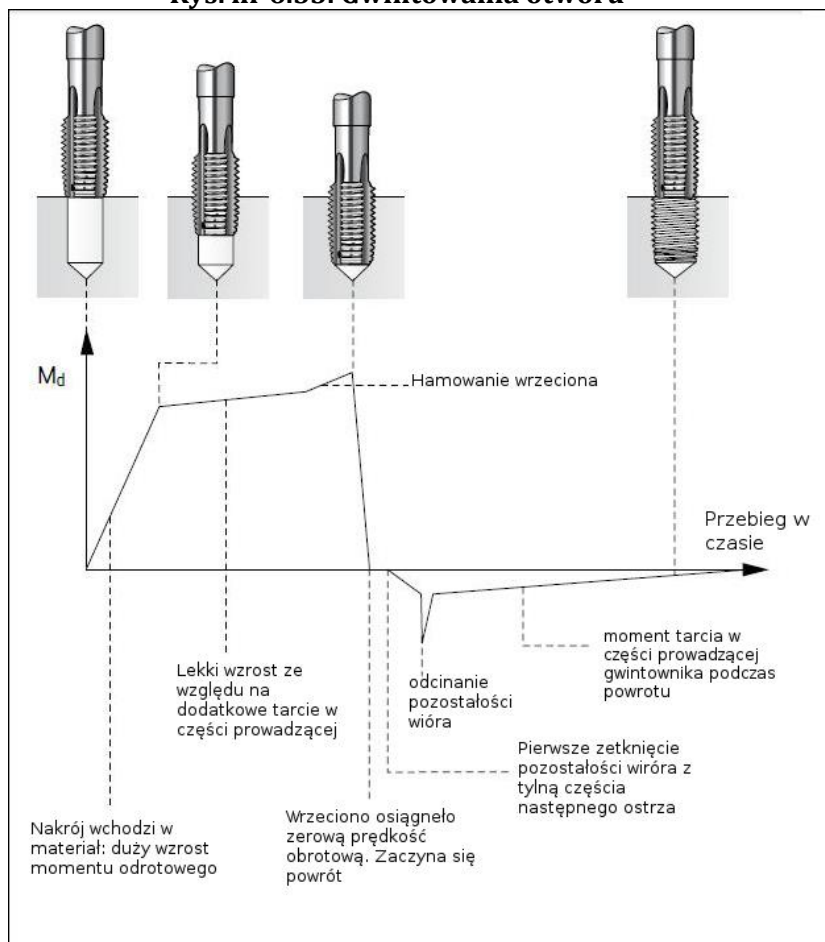
Nacinanie gwintu, czyli gwintowanie, polega na wykonaniu wgłębień wzdłuż linii śrubowej na powierzchni wałka lub otworu.

Rys. nr 6.52. Gwintowania wałka



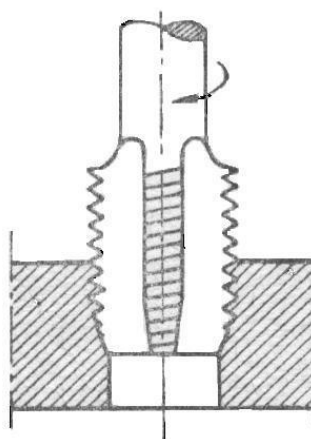
Źródło: www.elektronik.lodz.pl

Rys. nr 6.53. Gwintowania otworu



Źródło: www.koledzypofachu.pl

Rys. nr 6.54. Gwintowania otworu



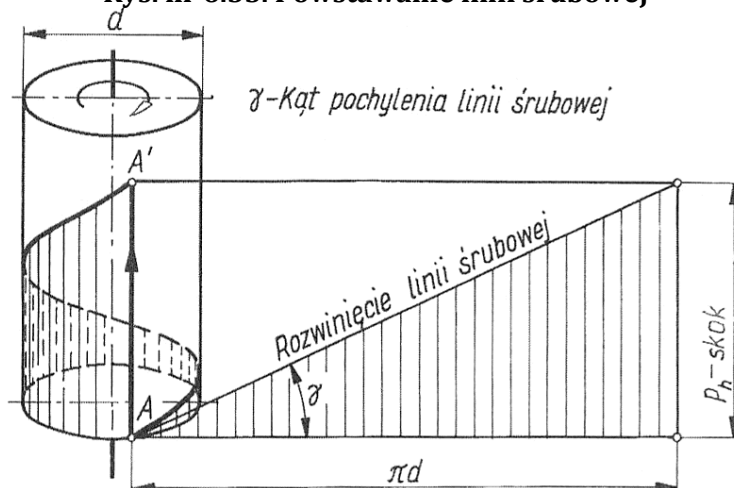
Źródło: www.elektronik.lodz.pl

Powstawanie linii śrubowej na powierzchni walca przedstawiono na rys. nr 55. Jeżeli na walcu punkt A przesuwa się po tworzącej w kierunku A' a jednocześnie walec się obraca, to na powierzchni walca powstaje linia śrubowa. Zależnie od kierunku ruchu obrotowego walca może powstać linia śrubowa prawo- lub lewo-skrętna. Odległość A – A', czyli odcinek drogi, jaką przebył punkt A w ciągu jednego pełnego obrotu walca, nazywamy **skokiem** P_h linii śrubowej (skokiem gwintu).

W czasie nacinania gwintu ostrze narzędzia wykonuje w stosunku do obrabianej części ruch względny po linii śrubowej, tworząc rowek o odpowiednim zarysie gwintu. Gwint można nacinąć na powierzchni walcowej zewnętrznej - otrzymujemy wtedy **śrubę**, lub na powierzchni walcowej wewnętrznej – uzyskujemy **nakrętkę**.

Do gwintowania ręcznego służą **narzynki i gwintowniki** (rodzaje i budowa zostanie omówiona w kolejnym module).

Rys. nr 6.55. Powstawanie linii śrubowej



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

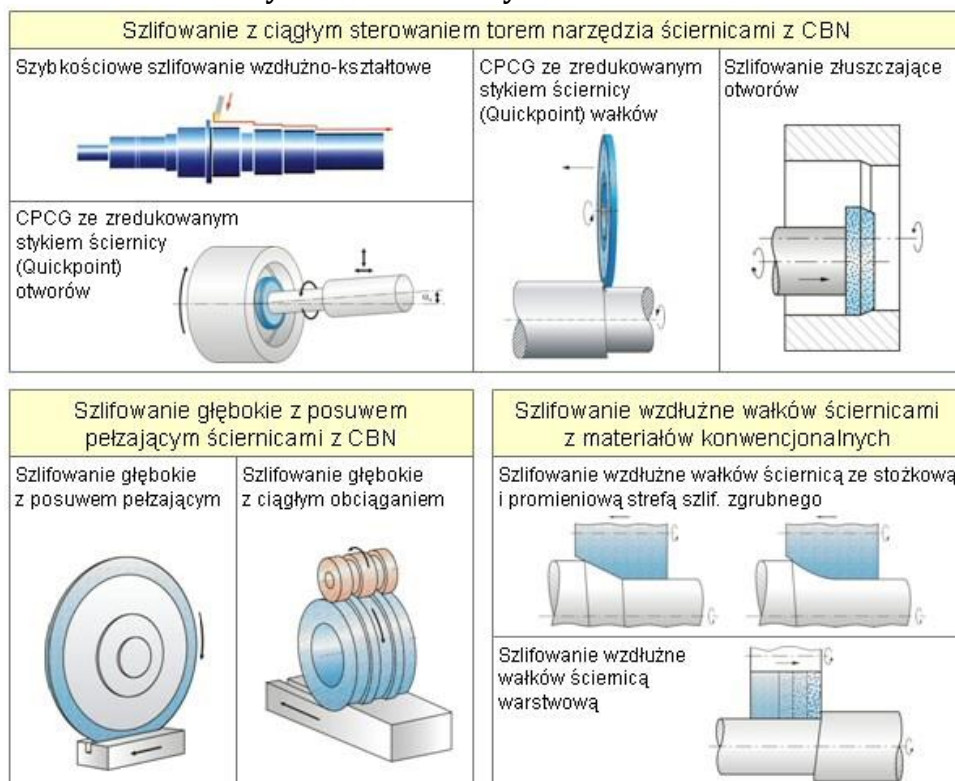
Gwintowanie maszynowe wykonuje się na obrabiarkach, metodami skrawania (nacinania) i metodami obróbki plastycznej. Rozróżnia się następujące metody maszynowego wykonywania gwintów:

- Nacinanie gwintów nożem na tokarce, odbywające się w kilku przejściach przy stopniowym zagłębianiu noża po każdym przejściu (posuw wgłębny). Ruch obrotowy obrabianego przedmiotu musi być związany z ruchem posuwowym noża w ten sposób, aby przy jednym obrocie przedmiotu nóż przesunął się o długość jednego skoku nacinanego gwintu. Takie gwintowanie stosuje się w produkcji małoseryjnej do obróbki gwintów dokładnych.
- Gwintownikiem maszynowym lub narzynką osadzoną w obrabiarce. W celu wycofania narzędzia gwintującego konieczna jest przy tej metodzie zmiana kierunku ruchu obrotowego wrzeciona.
- Nacinanie głowicą gwinciarską na gwinciarkach za pomocą 4 noży grzebieniowych, ustawionych promieniowo lub stycznie względem przedmiotu.
- Frezowanie na specjalnych frezarkach do gwintów za pomocą frezu walcowego wielokrotnego (gwinty krótkie) lub frezu tarczowego (gwinty długie).
- Frezowanie obiegowe za pomocą wirującej głowicy z 4 nożami, przesuwającej się wzdłuż osi obrabianej śruby. Metoda ta jest bardzo wydajna, dzięki dużej prędkości skrawania. Do frezowania obiegowego służą specjalne obrabiarki do gwintów lub urządzenia z odrębnym silnikiem napędowym, zakładane na suporcie tokarki.
- Szlifowanie za pomocą ściernicy wielokrotnej lub pojedynczej na szlifierkach do gwintów. Metodą szlifowania wykańcza się gwinty dokładne o twardej powierzchni, obrabione wstępnie na innej obrabiarce, lub wykonuje się bez obróbki wstępnej gwinty drobne, np. w gwintownikach.

II. Szlifowanie

Szlifowaniem nazywa się sposób obróbki skrawaniem, w którym narzędziem skrawającym jest ściernica, ośłka lub rzadziej taśma ścierna.

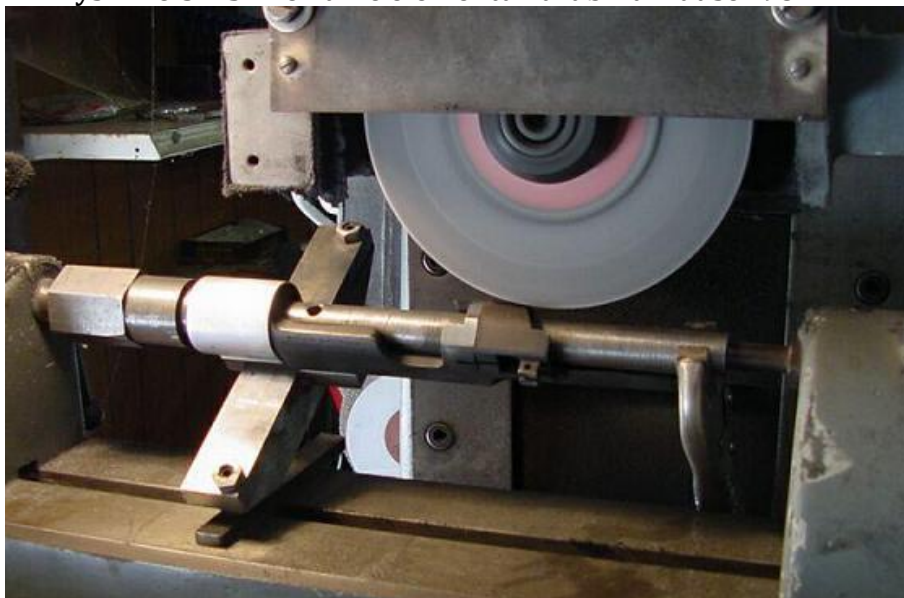
Rys. nr 6.56. Metody szlifowania



Źródło: www.kn.p-net.pl

Szlifowanie stosuje się do obróbki stalowych przedmiotów hartowanych, np. narzędzi skrawających do metali i innych twardych materiałów, do zdzierania warstwy niewielkiej grubości z przedmiotów walcowanych, kutych, tłoczonych lub odlewanych oraz do obróbki wykańczającej przedmiotów metalowych (szlifowanie wykańczające: gładzenie, dogładzanie, docieranie).

Rys. nr 6.57. Szlifowanie elementu karabinu Mauser 98K

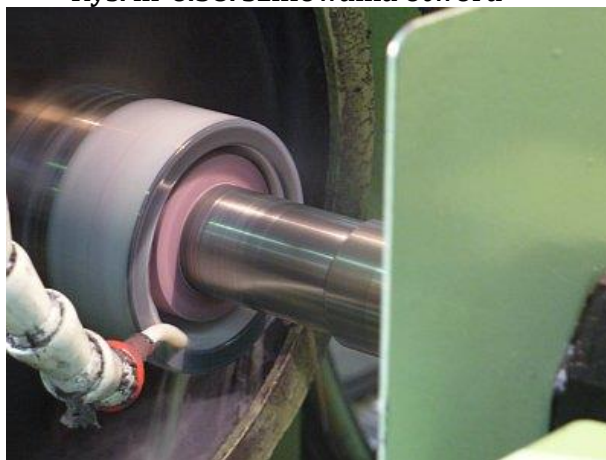


Źródło: mauser98k.internetdsl.pl

W procesie szlifowania bierze jednocześnie udział wiele ziaren ściernicy, stanowiących ostrza, które zdejmują bardzo cienkie i małe wiórki. Przy szlifowaniu metali wiórki te są widoczne w postaci iskier, odrzucanych w kierunku wirowania ściernicy.

Prędkość obwodowa ściernicy wynosi $10\div 80$ m/s, zależnie od rodzaju ściernicy, kształtu obrabianej powierzchni i rodzaju obrabianego materiału. Wskutek tarcia i odrywania cząstek materiału szlifierskiego wydzielające się ciepło sprawia, że konieczne jest obfite chłodzenie cieczami smarująco-chłodzącymi (chłodziwami).

Rys. nr 6.58. Szlifowania otworu



Źródło: www.iskra-zmils.com.pl

W zależności od kształtu szlifowanych powierzchni rozróżnia się szlifowanie: wałków, otworów, płaszczyzn, gwintów i kół zębatych oraz szlifowanie kształtowe i kopiowe.

Podczas szlifowania można osiągnąć bardzo dużą dokładność wykonania obrabianych przedmiotów, np. przy szlifowaniu zwykłym – do 10 μm , przy szlifowaniu wykańczającym – do 1 μm , przy gładzeniu – do 0,1 μm , a przy docieraniu – 0,5 μm . Uzyskuje się też bardzo małą chropowatość powierzchni, której nie daje się osiągnąć innymi metodami obróbki skrawaniem.

Podczas szlifowania ruch roboczy obrotowy wykonuje zawsze ściernica. Ruchy posuwowy, prostoliniowy lub obrotowy wykonuje obrabiany przedmiot lub ściernica, bądź też ruch ten jest złożony z ruchu ściernicy i ruchu przedmiotu.

Budowa i rodzaj szlifierek oraz ściernic zostanie omówiona w kolejnym module.

Bibliografia

- Górecki A. (2009). *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Warszawa: Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne.
- Grzelak K., Telega J., Torzewski J. (2013). *Podstawy konstrukcji maszyn*. Warszawa: Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne.
- Praca zbiorowa (2011). *Maszynoznawstwo*. Warszawa: Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne.
- Surowska B. (2002). *Wybrane Zagadnienia z Korozji i Ochrony przed Korozją*. Lublin: Politechnika Lubelska.
- Zawora J. (2012). *Podstawy technologii maszyn*. Warszawa: Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne.
- Kozak B. (2004). *Mechanika techniczna*. Warszawa: Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne.
- Mały poradnik mechanika*. Tom I i II. (1994). Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne.
- Poradnik mechanika* pod kier. Joachima Potrykusa. (2008). Warszawa: Wydawnictwo Rea.
- Rutkowski A. (2009). *Części maszyn*. Warszawa: Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne.
- Rutkowski A., Stępniewska A. (2009). *Zbiór zadań z części maszyn*. Warszawa: Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne.

Bibliografia:

1. Górecki A. (2009). *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Warszawa: Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne.
2. Grzelak K., Telega J., Torzewski J. (2013). *Podstawy konstrukcji maszyn*. Warszawa: Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne.
3. Praca zbiorowa (2011). *Maszynoznawstwo*. Warszawa: Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne.
4. Surowska B. (2002). *Wybrane Zagadnienia z Korozji i Ochrony przed Korozją*. Lublin: Politechnika Lubelska.
5. Zawora J. (2012). *Podstawy technologii maszyn*. Warszawa: Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne.
6. Kozak B. (2004). *Mechanika techniczna*. Warszawa: Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne.
7. *Mały poradnik mechanika*. Tom I i II. (1994). Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne.
8. *Poradnik mechanika* pod kier. Joachima Potrykusa. (2008). Warszawa: Wydawnictwo Rea.
9. Rutkowski A. (2009). *Części maszyn*. Warszawa: Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne.
10. Rutkowski A., Stępniewska A. (2009). *Zbiór zadań z części maszyn*. Warszawa: Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne.