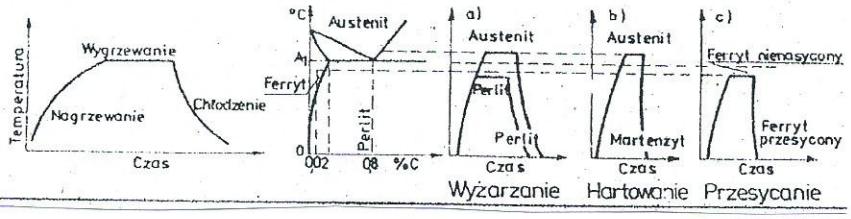
Materiał nauczania na III i IV tydzień kursu

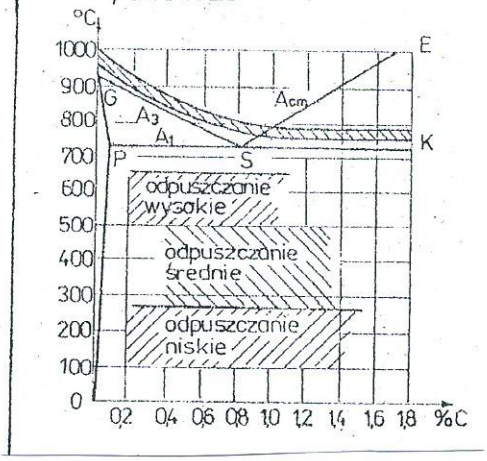
Obróbka cieplna – zbiorcza nazwa obróbek materiałów metalowych polegających na odpowiednim **nagrzewaniu, wygrzewaniu i chłodzeniu** do zadanych temperatur i z określoną szybkością, w celu zmiany własności stopu w stanie stałym. Celem stosowania operacji i zabiegów obróbki cieplnej jest np. zmiana własności mechanicznych i plastycznych poprzez zmianę struktury. Operacje te przeprowadza się również z zastosowaniem dodatkowych czynników np. obróbki **mechanicznej** lub **chemicznej**.

PODSTAWY OBRÓBKI CIEPLNEJ

PRZEBIEG OBRÓBKI CIEPLNEJ — SCHEMATY PRZEBIEGÓW PODSTAWOWYCH RODZAJÓW OBRÓBKI

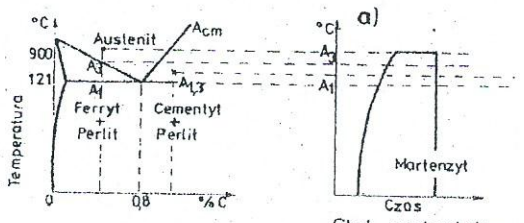


ZAKRES TEMPERATUR HARTOWANIA I ODPUSZCZANIA STALI WĘGLOWEJ



HARTOWANIE STALI

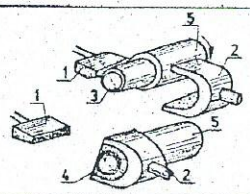
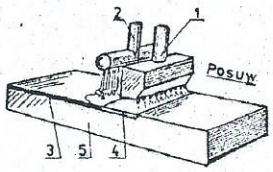
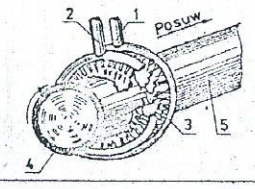
SCHEMAT HARTOWANIA STALI



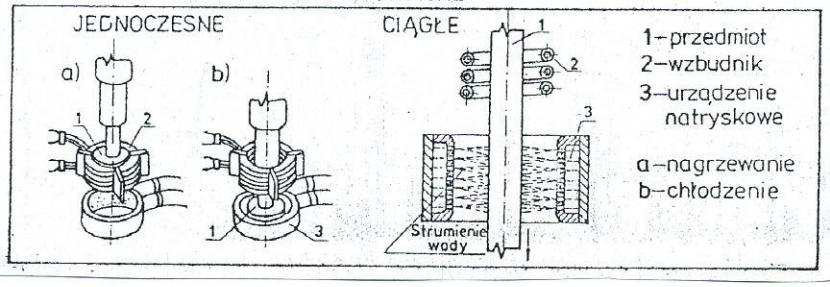
Stal podeutektoidalna

HARTOWANIE POWIERZCHNIOWE

HARTOWANIE PŁOMIENIOWE

JEDNOCZESNE OBROTOWE	1. Grzanie 2. Chłodzenie		1 – palnik 2 – natryskiwacz 3 – warstwa nagrzana 4 – warstwa zahartowana 5 – przedmiot
CIĄGŁE POSTĘPOWE			1 – palnik 2 – natryskiwacz 3 – warstwa zahartowana 4 – warstwa nagrzana 5 – przedmiot
CIĄGŁE ZŁOŻONE			1 – palnik 2 – natryskiwacz 3 – warstwa nagrzana 4 – warstwa zahartowana 5 – przedmiot

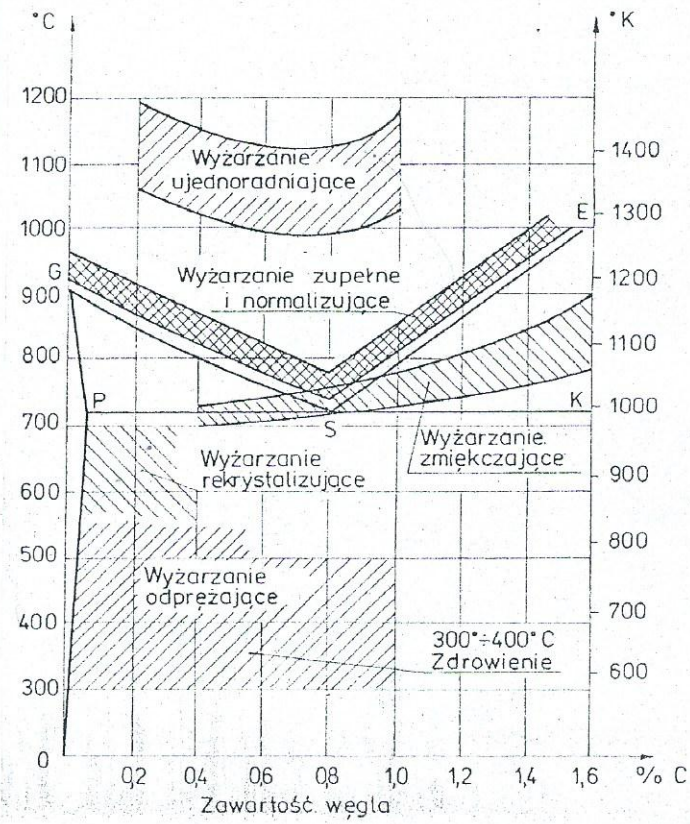
HARTOWANIE INDUKCYJNE



1 – przedmiot
2 – wzbudnik
3 – urządzenie natryskowe

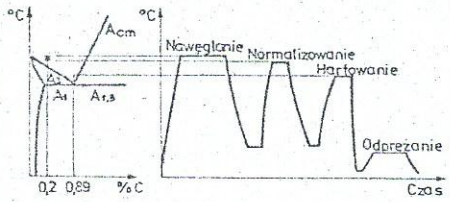
a – nagrzewanie
b – chłodzenie

WYŻARZANIE STALI

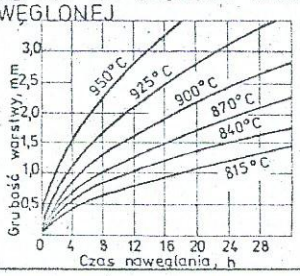


OBRÓBKA CIEPLNO-CHEMICZNA STALI

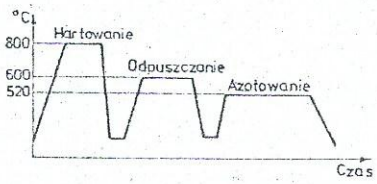
SCHEMAT PROCESU NAWĘGLANIA



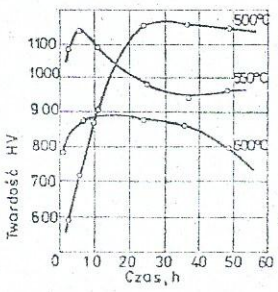
WPŁYW TEMPERATURY I CZASU NAWĘGLANIA NA GRUBOŚĆ WARSTWY NAWĘGLONEJ



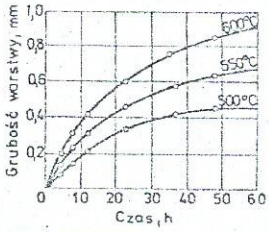
SCHEMAT AZOTOWANIA



WPŁYW TEMPERATURY I CZASU AZOTOWANIA NA TWARDOŚĆ WARSTWY AZOTOWANEJ (GULAJEW)

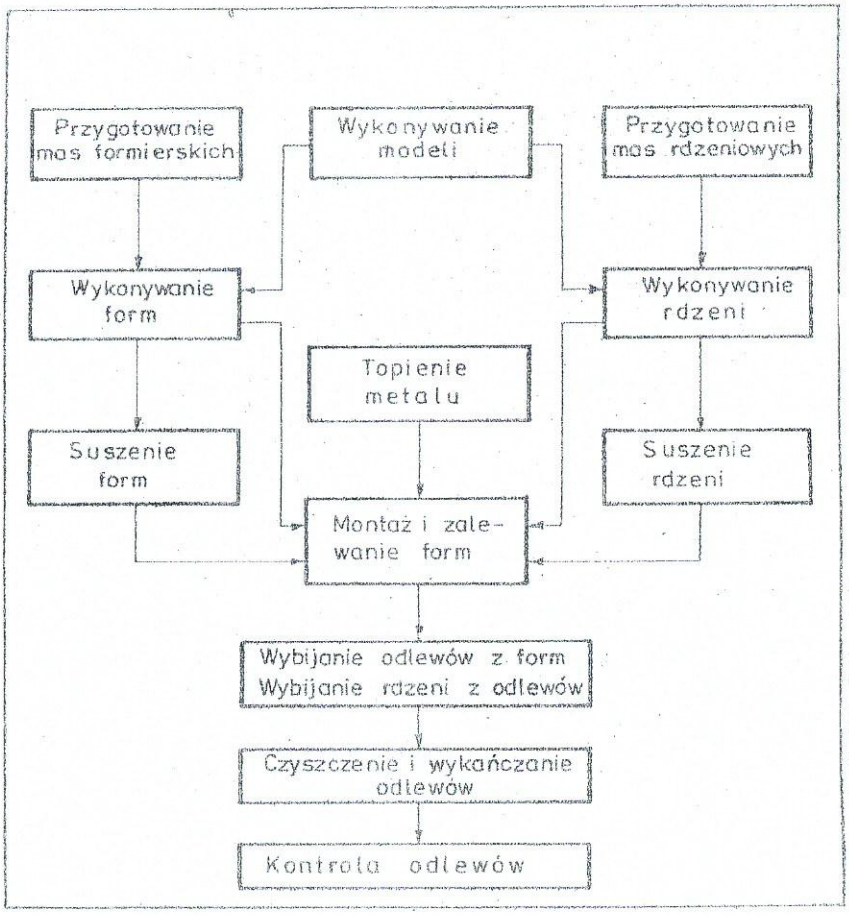


WPŁYW TEMPERATURY I CZASU AZOTOWANIA NA GRUBOŚĆ WARSTWY AZOTOWANEJ (GULAJEW)

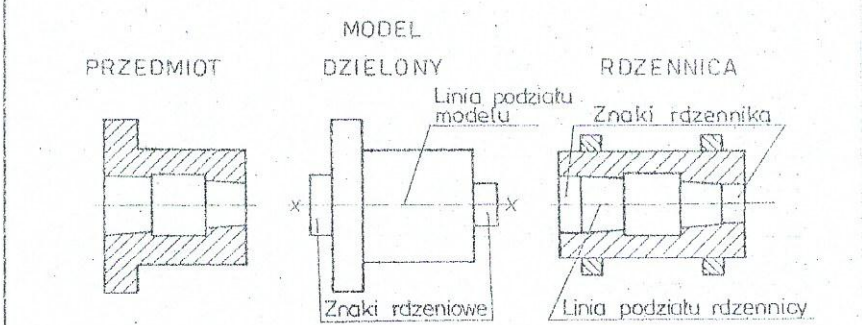


Proces	Rodzaj stali	Środek utwardzający	Sposób przeprowadzenia/Właściwości	Zastosowanie
Nawęglanie	Niestopowe i niskostopowe stale do nawęglania	Sproszkowany środek nawęglający, np. żółty żelazocyjanek potasowy	• nagrzać przedmiot do 880°C (kolor jasnoczerwony), • powierzchnię przeznaczoną do zahartowania posypać środkiem nawęglającym, • ponownie nagrzać do 880°C (kolor jasnoczerwony), • szybko schłodzić wodą do 20 °C.	Łby śrub, nakrętki
Nawęglanie proszkowe		węgiel drzewny, koks, węglan barowy	**Nawęglanie** • przedmiot umieścić w skrzynce, obłożyć środkiem nawęglającym i uszczelnić skrzynkę (gliną lub pastą), • wsad utrzymywać w temp. nawęglania 880 °C … 980 °C (około 0,1 mm na godzinę), • przedmiot po wyjęciu ze skrzynki schładzać w powietrzu. **Hartowanie** • nagrzać przedmiot do temp. hartowania, • schłodzić w wodzie, oleju lub ciepłej kąpieli, • odpuszczać przy 150 °C … 200 °C	Kołki, kliny, koła do przekładni, tuleje przesuwne, synchronizatory, sworznie tłokowe, wałki krzywkowe, sworznie zwrotnic, tarcze napędzające sprzęgieł
Nawęglanie w kąpieli solnej		sole cyjanu (cyjanki + chlorki)	**Nawęglanie** • przedmioty oczyścić i odtłuścić, • nawęglić przedmioty w kąpieli solnej, w temp. 880°C … 950°C • głębokość nawęglania około 0,7 mm na godzinę, • schłodzić lub oziębić w oleju albo wodzie. **Hartowanie** i **odpuszczanie** jak w procesie nawęglania proszkowego	
Nawęglanie gazowe		tlenek węgla, acetylen, propan, gaz ziemny	**Nawęglanie** • czyste przedmioty nagrzać w piecu szybowym do temp. nawęglania, • wprowadzić do pieca nawęglający gaz, • głębokość nawęglania około 0,2 mm na godzinę, • schłodzić w gazie obojętnym lub oziębić w ciepłej kąpieli, w oleju albo wodzie. **Hartowanie** i **odpuszczanie** jak w procesie nawęglania proszkowego	
Nitronawęglanie (gazowe lub w kąpieli solnej)	Przeważnie stale do ulepszania	amoniak + propan lub metan; sole cyjanowe	**Proces typu duplex** **Nawęglanie i doprowadzenie azotu** • wyżarzać w temperaturze do około 700 °C • schłodzić lub oziębić	Przedmioty o dużej wytrzymałości rdzenia uzyskują twardą powierzchnię
Gazowe azotowanie	Niestopowe i stopowe stale; żeliwo; żelazo spiekane. Szczególnie nadającą się stalą do azotowania jest stal z dodatkami stopowymi Al i Cr.	amoniak	**Wprowadzenie azotu do warstwy przypowierzchniowej** • przedmiot poddawany jest działaniu azotu (gazu) w piecu o temp. 500°C … 530°C • warstwa przypowierzchniowa nasyca się azotem, • grubość warstwy naazotowanej około 0,1 mm po 8 godzinach (grubości 0,5 mm są najczęściej stosowane), • nie ma wypaczeń ani zendry	Części, które w wysokich temperaturach muszą mieć dużą odporność na zużycie ścierne, takie jak: tuleje cylindrowe, sworznie tłokowe, koła zębate, wały korbowe, zawory wydechowe, wałki rozrządu
Azotowanie w kąpieli solnej			**Wprowadzenie azotu do warstwy przypowierzchniowej** • wstępnie nagrzać do około 400 °C • azotować w temp. 550 °C … 580 °C • grubość warstwy naazotowanej około 0,1 mm po 2 godzinach, • przedmioty bez dodatków tworzących azotki zamiast utwardzenia powierzchni uzyskują większą wytrzymałość zmęczeniową i odporność na zużycie ścierane.	

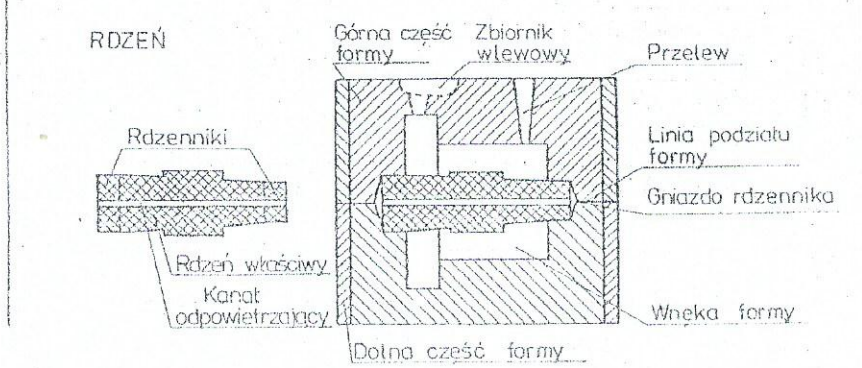
PROCES TECHNOLOGICZNY ODLEWU

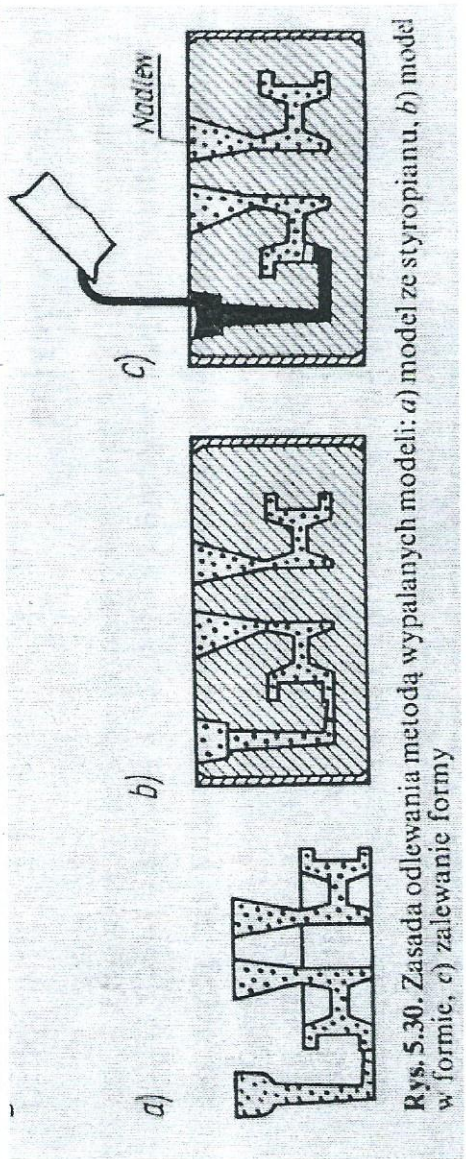


KOMPLET MODELOWY



ODLEWNICZA FORMA PIASKOWA

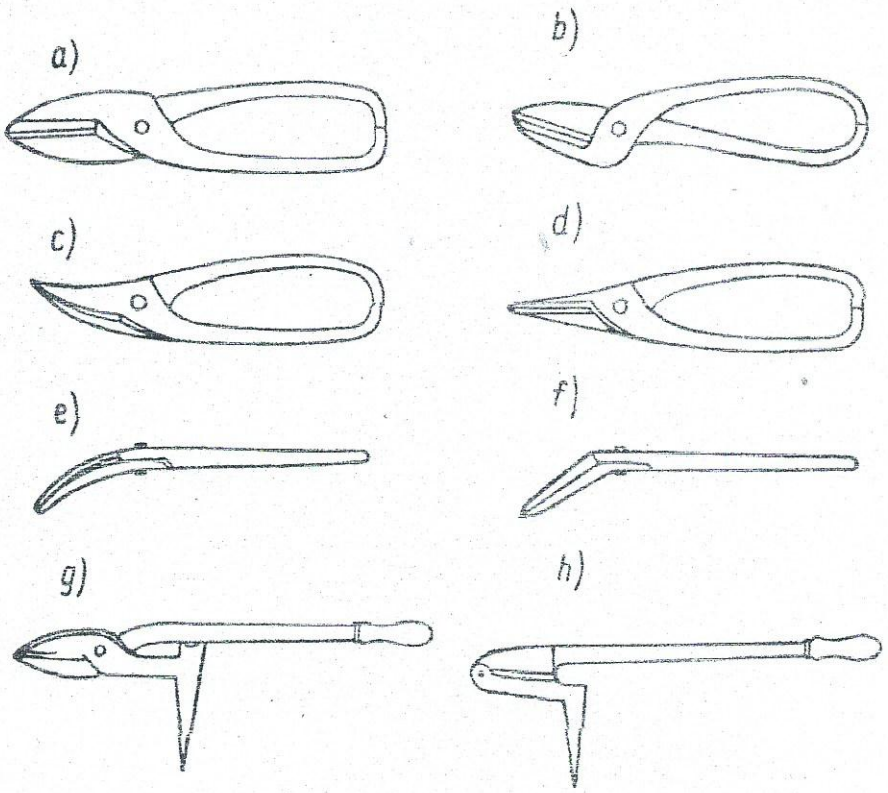




Rys. 5.30. Zasada odlewania metodą wypalanych modeli: *a)* model ze styropianu, *b)* model w formie, *c)* zalewanie formy

Metoda wytapianych modeli umożliwia uzyskanie odlewów z dużą dokładnością wymiarową i o bardzo gładkiej powierzchni. Pozwala na wyeliminowanie obróbki mechanicznej. Wykańczanie odlewów sprowadza się często do szlifowania powierzchni.

a) nożyce proste.
b) nożyce do cięcia przelotowego prostoliniowego



Rys. 3.19
Nożyce ręczne do cięcia blachy

c) nożyce o krótkich, wąskich, lekko łukowych szczękach, nadające się do wycinania otworów;

d) tzw. „żmijki" o bardzo wąskich szczękach, do wycinania krzywizn o małym promieniu w trudno dostępnych miejscach;

e) nożyce wygięte łukowo do wycinania łuków;

f) nożyce wygięte pod kątem do cięcia sztywniejszych, twardszych blach;

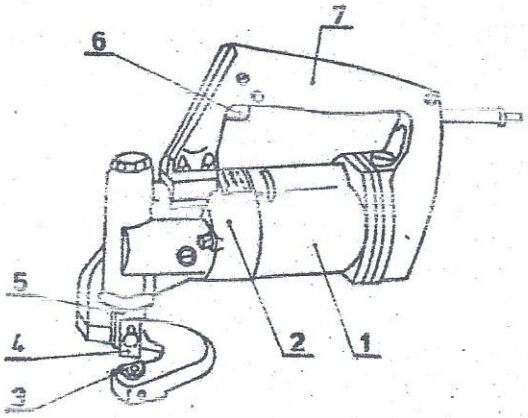
g) nożyce drążkowe ze szpicem służącym do mocowania w stole warsztatowym lub w kowadle, o przedłużonej dźwigni zakończonej drewnianą rękojeścią; służą one do cięcia blach stalowych grubszych (do 1,5 mm); zbudowane na zasadzie dźwigni dwuramiennej;

h) nożyce drążkowe - zbudowane na zasadzie dźwigni jednoramiennej.

Zastosowanie nożyc w zależności od grubości blachy

Rodzaje nożyc	Grubość ciętej blachy stalowej w mm	Zastosowanie
Nożyce dźwigniowe z napędem ręcznym	0,1÷2,5	Cięcie wzdłuż linii prostych i o łagodnych krzywiznach
Nożyce stołowe z napędem ręcznym	0,1÷2	Cięcie wzdłuż linii prostych
Nożyce gilotynowe z napędem elektrycznym	0,1÷32	
Nożyce krążkowe	0,1÷10	Przede wszystkim do wycinania krążków (mniej dokładne cięcie po prostej)

NOŻYCE ELEKTRYCZNE RĘCZNE DO BLACH PRODUKCJI „CELMA"



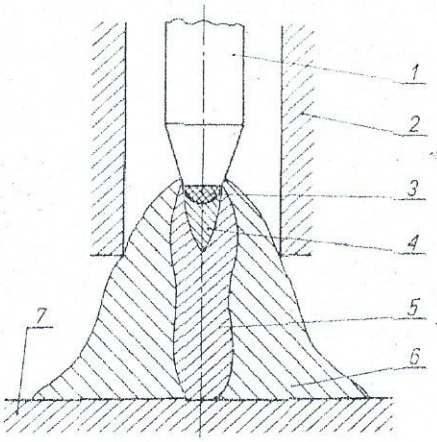
1 – silnik elektryczny
2 – zespół przekładni zmieniający ruch obrotowy silnika na postępowo-zwrotny suwaka
3 – nóż nieruchomy
4 – nóż górny ruchomy
5 – suwak
6 – włącznik
7 – rękojeść

DANE TECHNICZNE NOŻYC – TYP PRMa 3II

– Maksymalna grubość ciętej blachy stalowej	3mm
– Ilość cięć noża pod obciążeniem	1000 cięć/min.
– Szybkość cięcia (średnia)	2 m/min.
– Minimalny promień krzywizny cięcia	50 mm
– Silnik jednofazowy komutatorowy na prąd przemienny	220 V 50 Hz
– Pobór mocy	380 W

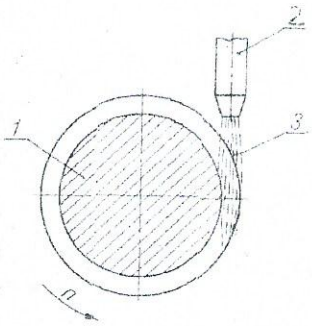
ZASTOSOWANIE

Nożyce przeznaczone są do mechanizacji cięcia wzdłuż linii prostej lub krzywej. Nożyce przystosowane są do pracy ciągłej, nie wymagają uziemienia

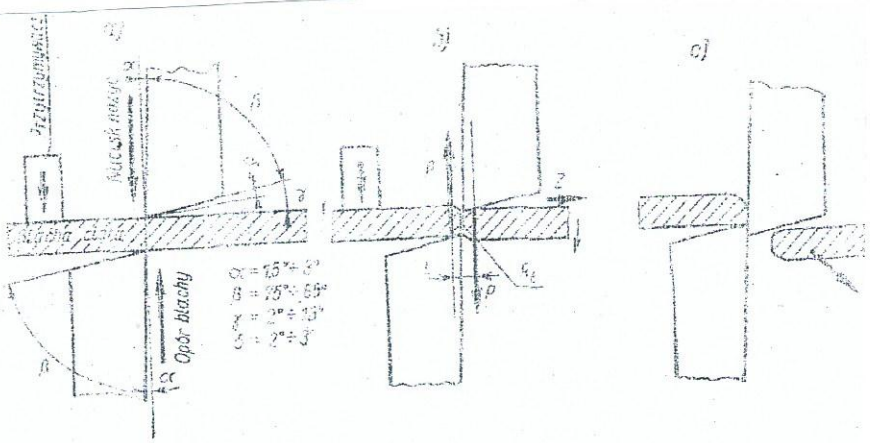


Wysoka temperatura strumienia plazmy (rys. 10–8) jest obecnie wykorzystywana głównie do **spawania i przecinania** materiałów trudno topliwych. Czynione są próby wykorzystania plazmy do drążenia otworów oraz kształtowania zewnętrznych powierzchni przedmiotów wykonanych z materiałów trudno skrawalnych. Schemat toczenia plazmowego przedstawiono na rys. 10–9.

Rys. 10–8. Rozkład temperatury w strumieniu plazmy
1 — katoda, *2* — anoda, *3* — strefa temperatury 20 000 ÷ 30 000°C, *4* — strefa temperatury 17 000 ÷ 20 000°C, *5* — strefa temperatury 15 000 ÷ 17 000°C, *6* — strefa temperatury 10 000 ÷ 15 000°C, *7* — obrabiany przedmiot

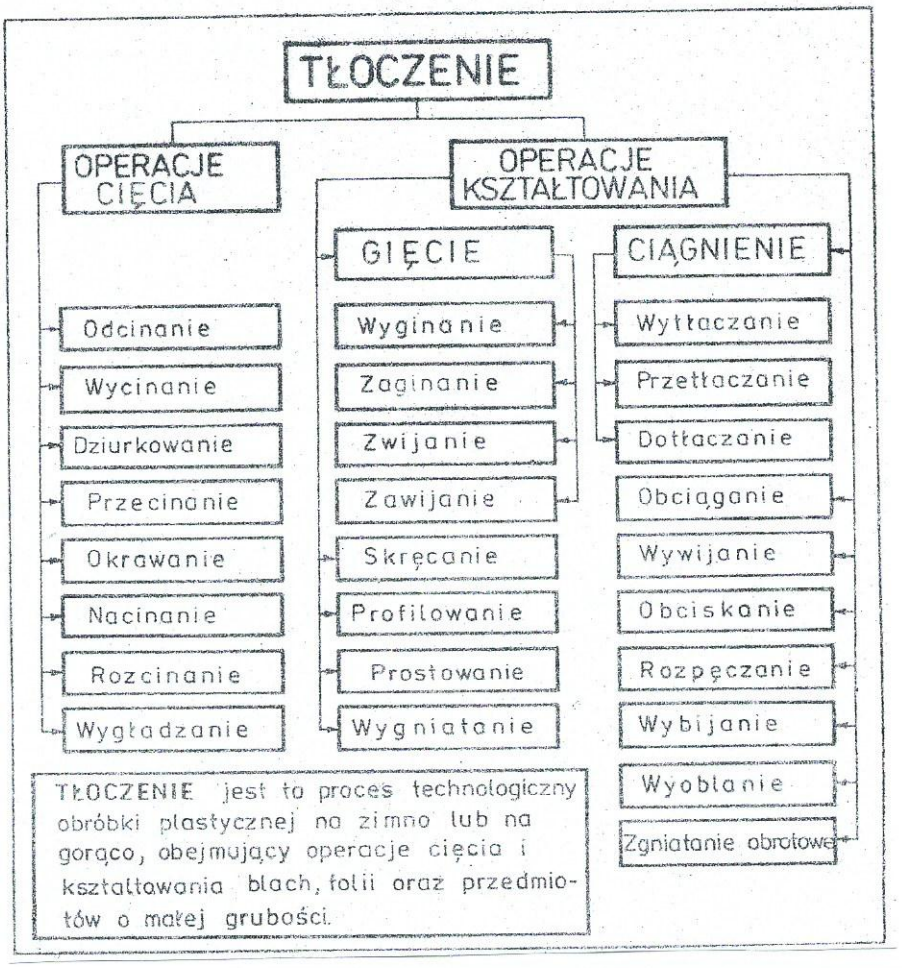


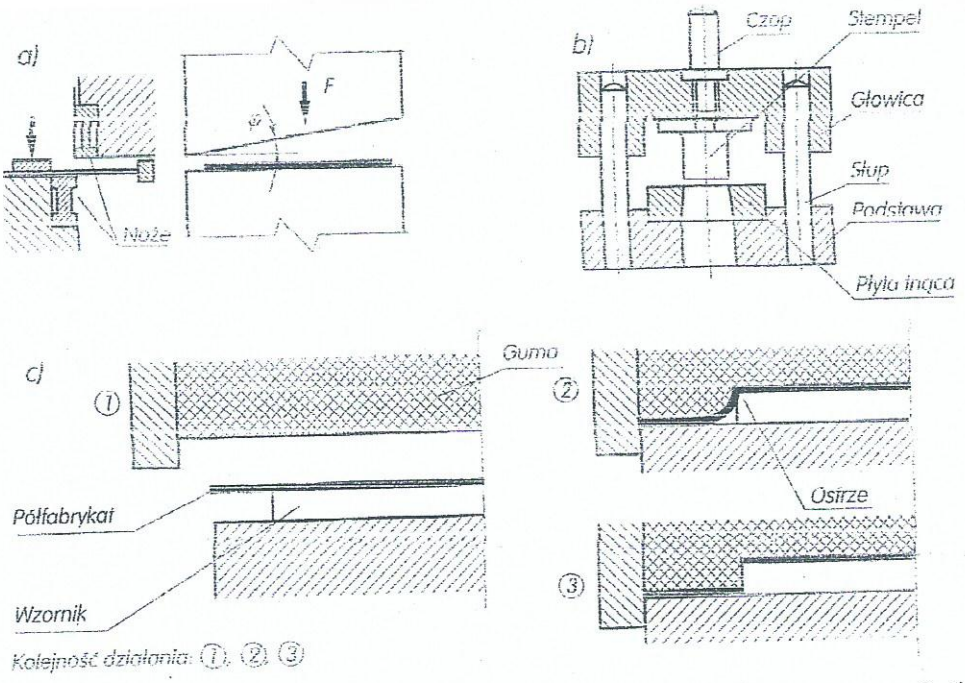
Rys. 10–9. Schemat toczenia plazmowego
1 — obrabiany przedmiot, *2* — palnik plazmowy, *3* — strumień plazmy



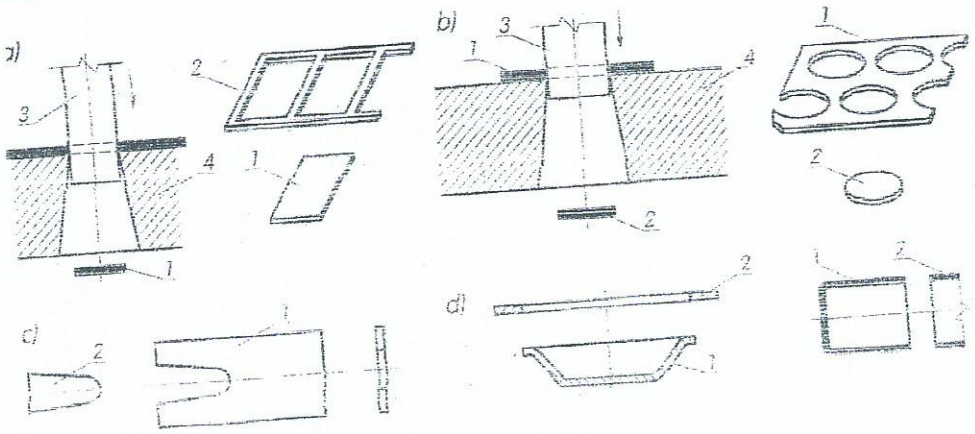
Rys. 3.26
Cięcie na nożycach gilotynowych

PROCESY TŁOCZENIA





Rys. 5.96. Podstawowe procesy cięcia: *a)* na nożycach gilotynowych, *b)* za pomocą wykrojnika, *c)* fazy cięcia gumą (1÷3)



4.Spawarki

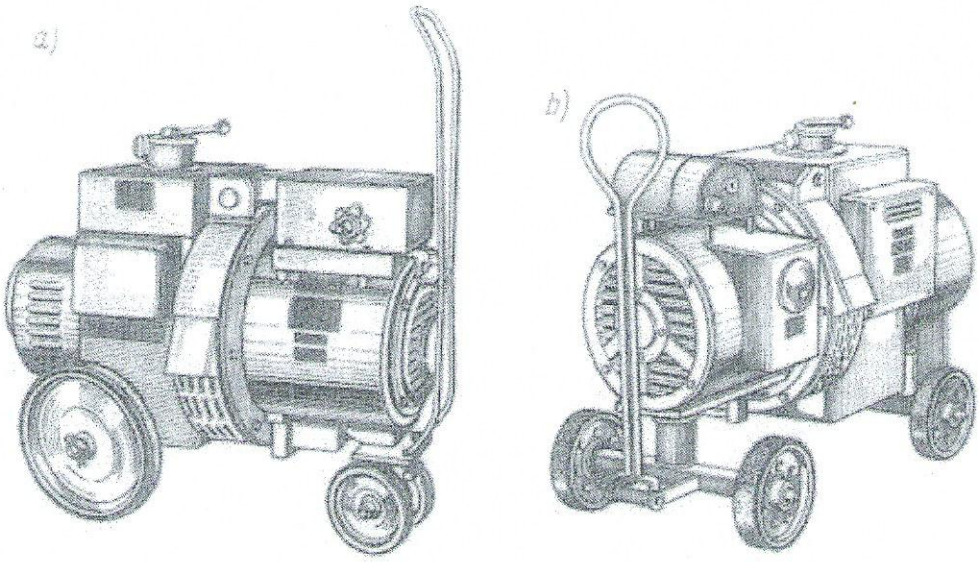
Służą one do spawania oraz łączenia blach lub zatapiania spawów w trudno dostępnych miejscach.

Maszyny spawalnicze do spawania elektrycznego

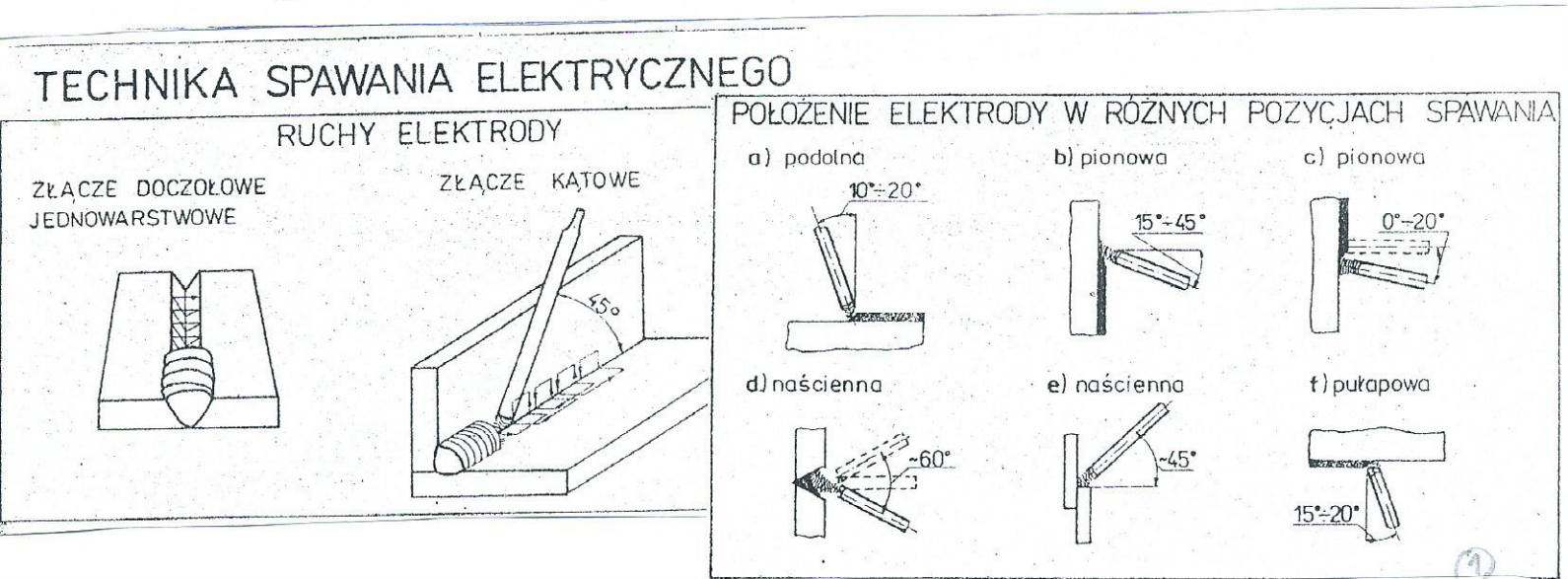
Do maszyn spawalniczych zalicza się: przetwornice, transformatory i prostowniki spawalnicze.

Przetwornica spawalnicza składa się z dwóch zasadniczych zespołów – silnika napędowego i prądnicy spawalniczej. Silnikiem napędowym jest najczęściej trójfazowy asynchroniczny silnik elektryczny, rzadziej silnik spalinowy. Przetwornice spawalnicze mogą być jedno- i wielostanowiskowe.

Przetwornica spawalnicza, zwana również **spawalnicą (spawarką) prądu stałego**, wchodzi w skład stanowiska roboczego spawacza. Daje ona prądy o natężeniu od kilkuset do kilku tysięcy amperów przy napięciu 20÷70 V. Na **rys. 24-3** przedstawiono dwa typy krajowych przetwornic spawalniczych.



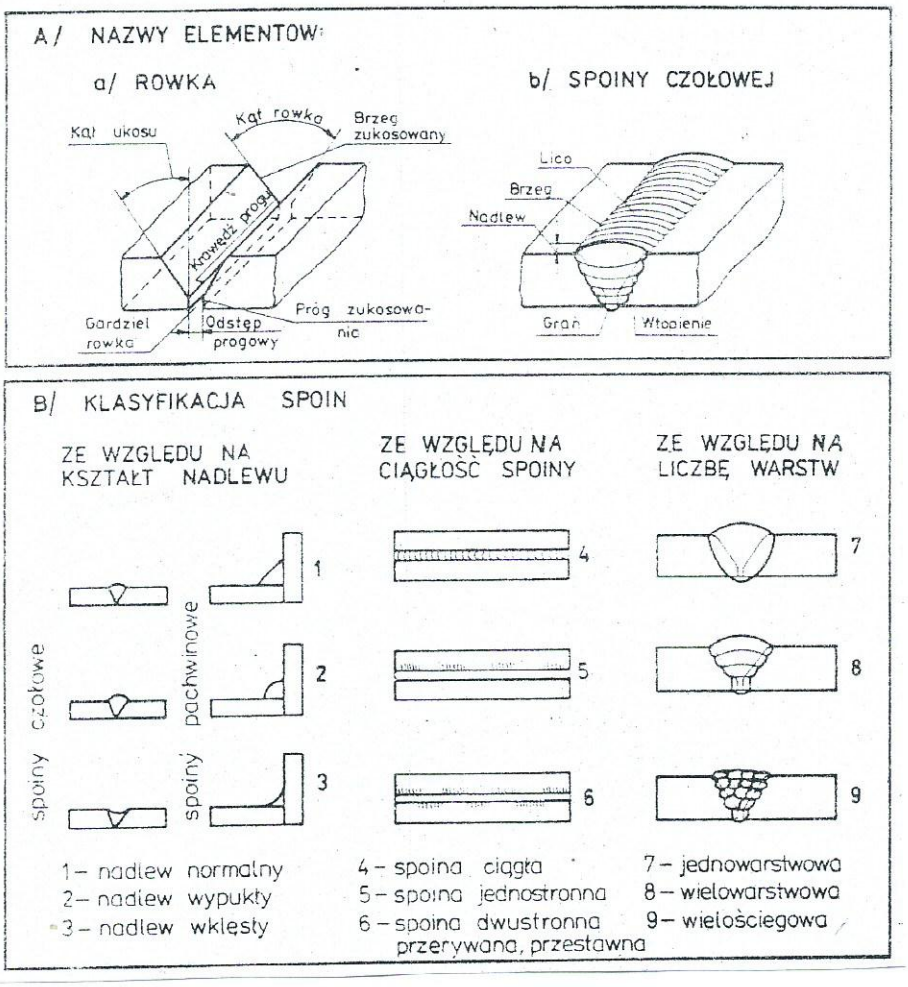
Rys. 24-3. Przetwornice spawalnicze: *a)* typu EW-23u, *b)* typu EW-23a

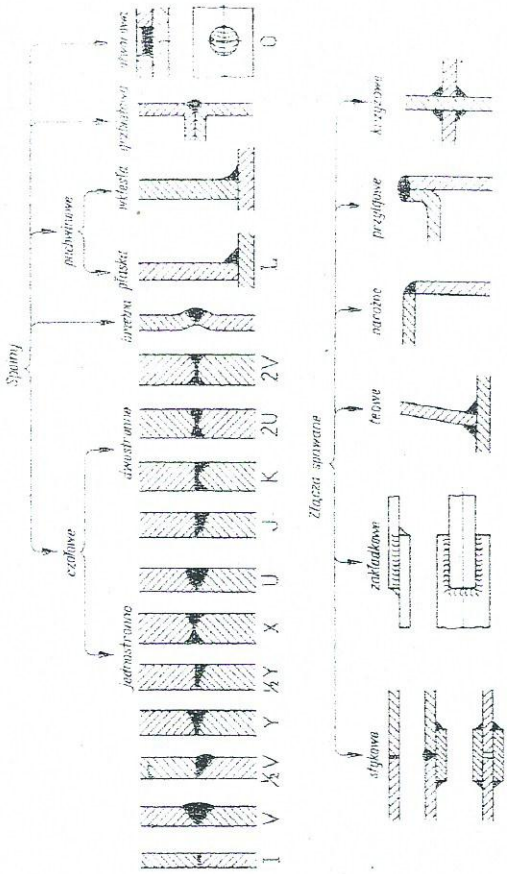


SPAWANIE ELEKTRYCZNE

- Łukowe
  - Elektrodą topliwą
    - Łukiem nieosłoniętym
    - Łukiem osłoniętym
      - Ręczne elektrodą otuloną
      - Elektrodą leżącą
      - Łukiem krytym
      - W osłonie argonu (MIG)
      - W osłonie CO_2 (MAG)
  - Elektrodą nietopliwą
    - Elektrodą węglową
    - Elektrodą wolframową
      - W osłonie argonu (TIG)
      - Atomowe
- Elektro-żużlowe
- Elektronowe
- Plazmowe

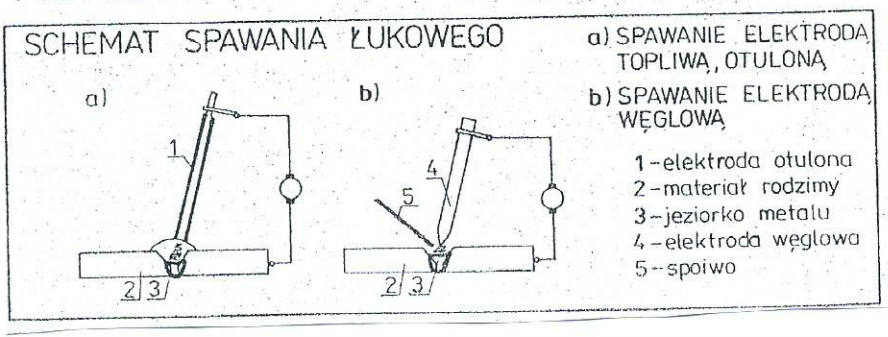
KLASYFIKACJA SPOIN

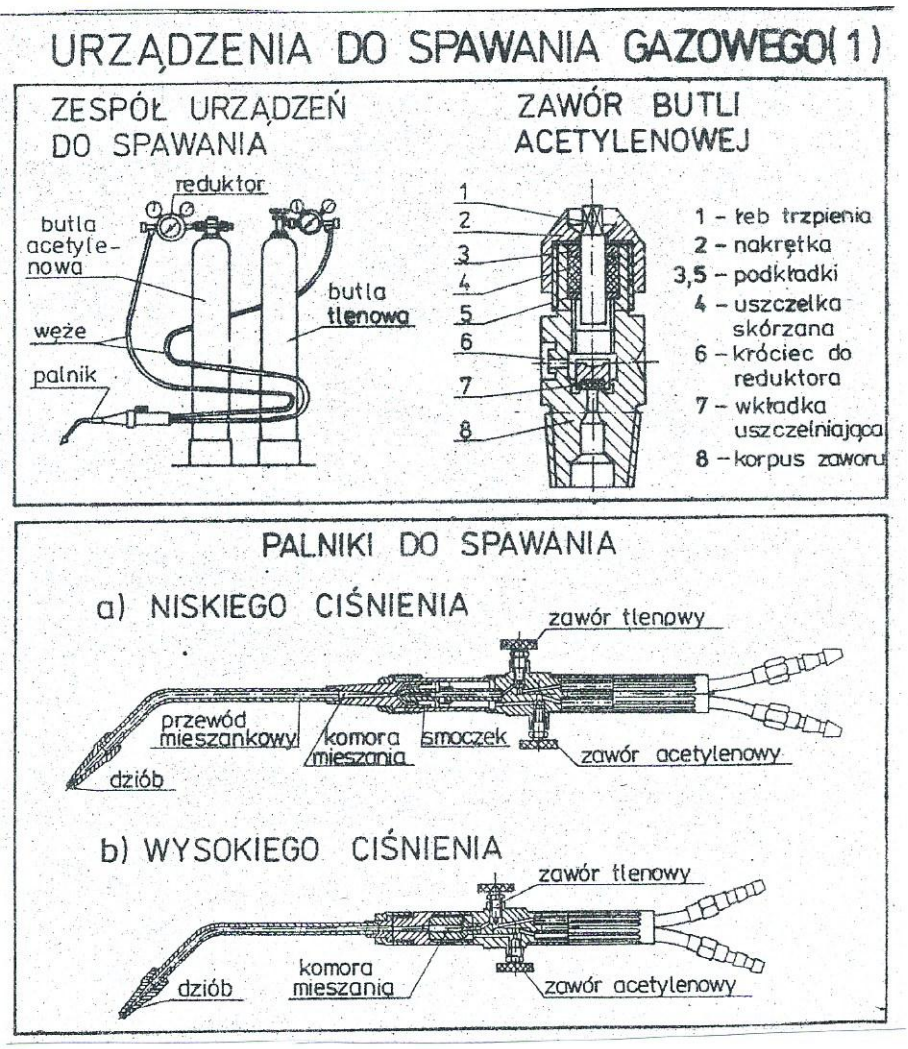


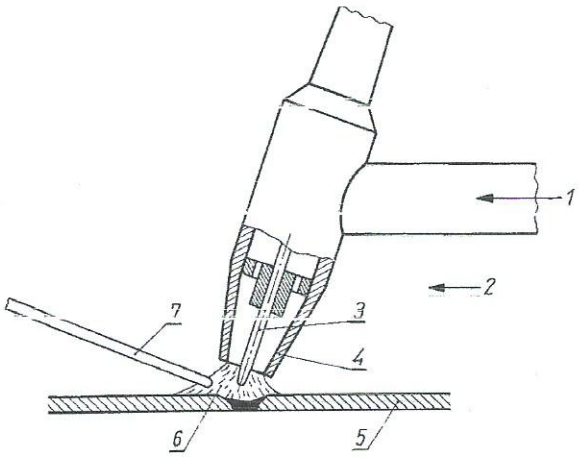


Rys. 1. Rodzaje spoin i złączy spawanych

METODY SPAWANIA ELEKTRYCZNEGO







20.9. Zasada spawania metodą TIG

Urządzenia do spawania gazowego

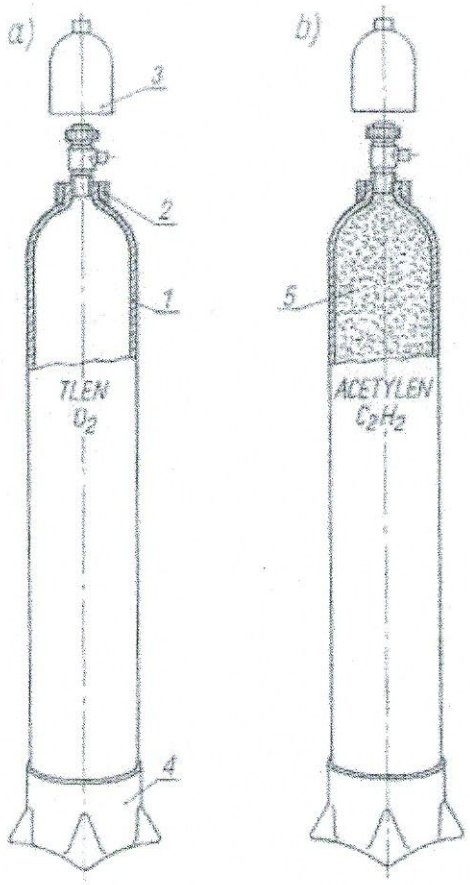
Najczęściej stosowane w spawalnictwie gazy sprężone (tlen i acetylen) są przechowywane w odpowiednich butlach (**rys. 24-8**).

Butla tlenowa (**rys. 24-8***a*) składa się z korpusu *1* (cylindra), szyjki, na którą jest wciągnięty na gorąco pierścień *2* (zewnętrznie gwintowany), kołpaka ochronnego *3* oraz stopy *4*. Stopa umożliwia ustawienie butli w pozycji pionowej.

W kraju produkuje się butle tlenowe o pojemności 0,5÷50 l. Pojemność najbardziej rozpowszechnionych butli do transportu tlenu wynosi 40 l. Ciśnienie robocze butli wynosi 15 MPa przy 15°C.

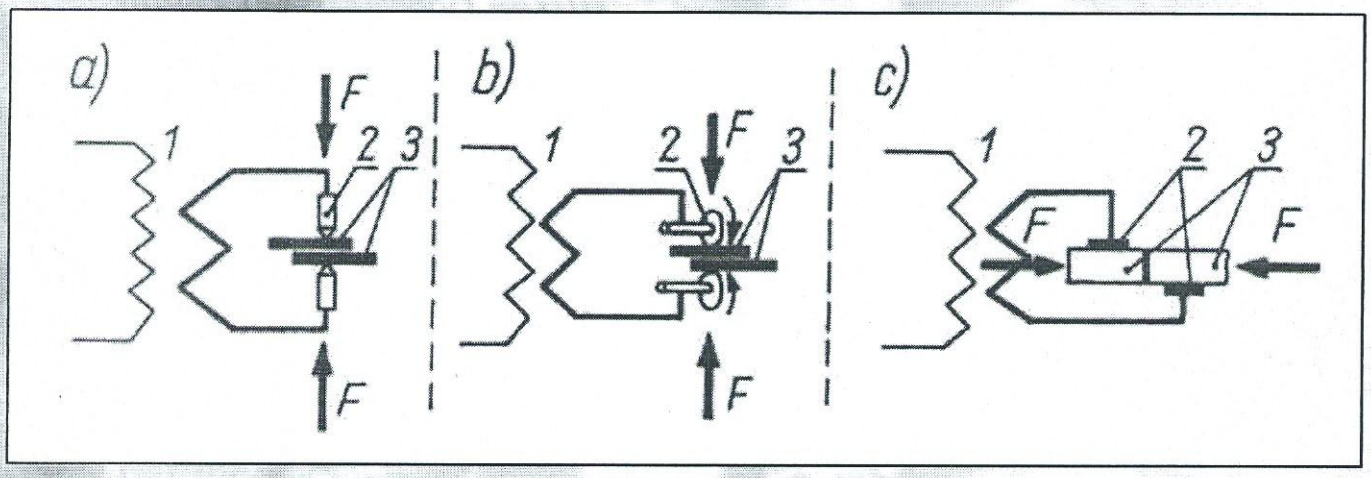
Butle tlenowe maluje się niebieską farbą olejną i oznacza czarnym napisem „**Tlen O_2**".

Butle acetylenowe (**rys. 24-8***b*), ciągnione bez szwu ze stali, są produkowane najczęściej o pojemności 40 l. Dopuszczalne ciśnienie robocze w butlach wynosi 1,5 MPa. Wnętrze butli acetylenowej wypełnia masa porowata *5*, której zadaniem jest zapobieganie rozprzestrzenianiu się acetonu (produktu rozpadu acetylenu) pod wpływem np. wstrząsów.



Rys. 24-8. Butle: *a)* tlenowa, *b)* acetylenowa

Połączenia zgrzewane

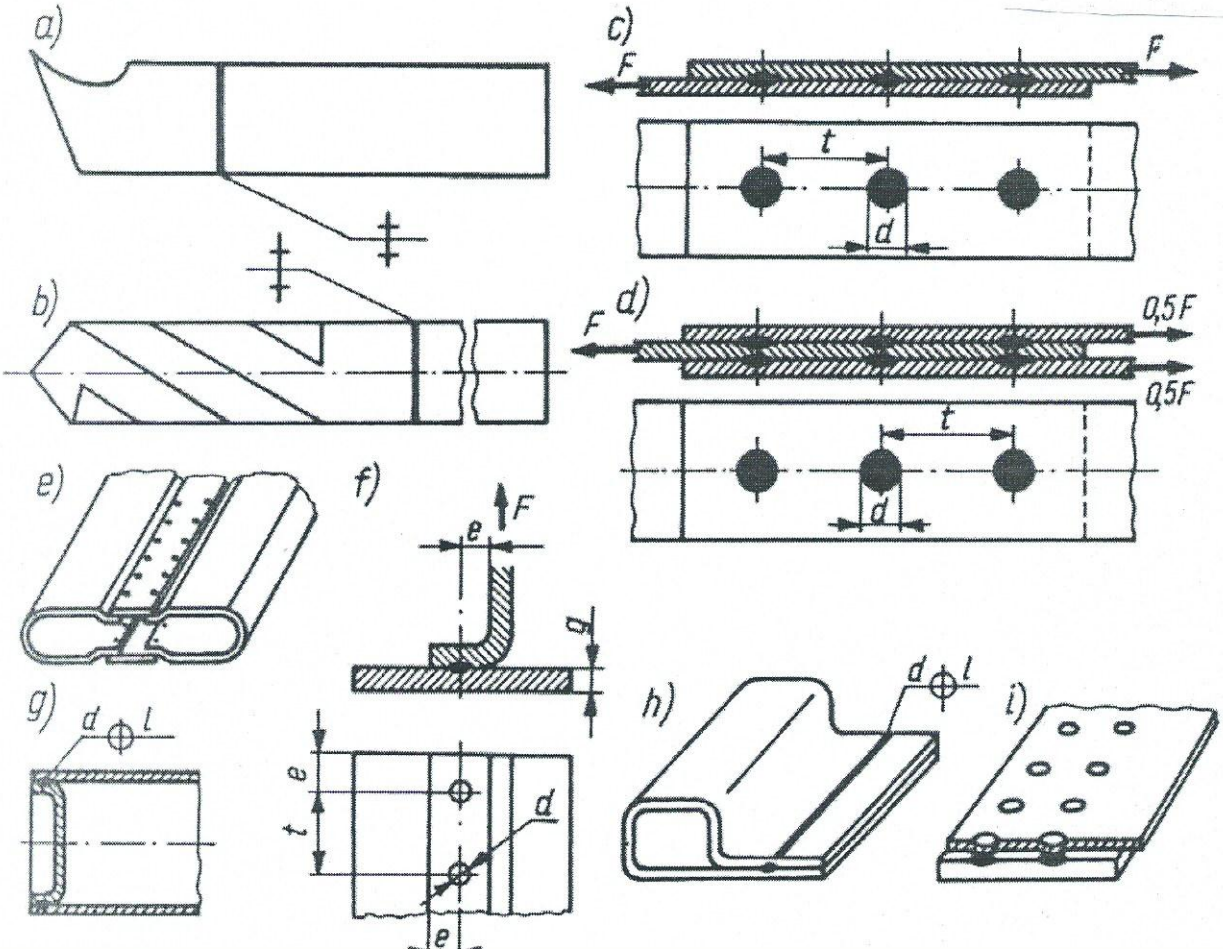


Zgrzewanie oporowe:
a) punktowe, b) liniowe, c) czołowe

1 – transformator, 2 – elektrody, 3 – łączone części

Zgrzewanie polega na połączeniu metali w wyniku miejscowego nagrzania do stanu wysokiej plastyczności i wywarciu silnego nacisku. Do łączenia części maszyn najczęściej stosuje się zgrzewanie elektryczne oporowe, które może być doczołowe, punktowe, garbowe i liniowe. Źródłem ciepła jest prąd elektryczny, który w miejscu największego oporu zamienia się na ciepło. Zgrzewanie doczołowe (zwarciowe lub iskrowe) stosowane jest do łączenia prętów, drutów, rur, ogniw łańcuchów, osi. Do łączenia elementów z blach w przemyśle samochodowym stosowane jest zgrzewanie punktowe

Przykłady zastosowań



POŁĄCZENIA

NIEROZŁĄCZNE

- Nitowe
- Spawane
- Zgrzewane
- Lutowane
- Klejone

Spajane

ROZŁĄCZNE

Gwintowe

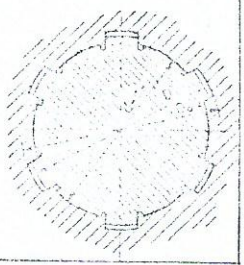
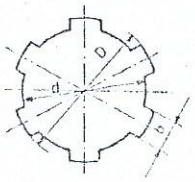
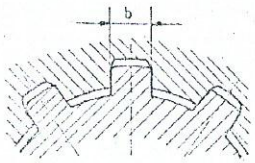
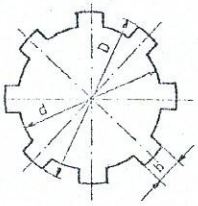
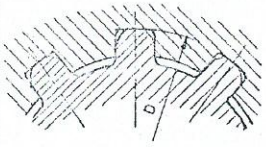
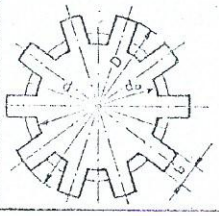
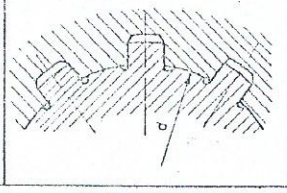
Kształtowe

- Wpustowe
- Wielowypustowe
- Klinowe
- Sworzniowe
- Kołkowe

Wciskowe

- Wtłaczane
- Skurczowe

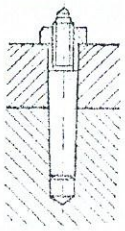
POŁĄCZENIA WIELOWYPUSTOWE

ZARYS BOKU	TYP POŁĄCZENIA	SPOSÓB ŚRODKOWANIA
prosty 	lekki 	na bocznych powierzchniach wpustu 
ewolwentowy	średni 	na zewnętrznej średnicy D wpustów 
trójkątny (wielokarbowy)	ciężki 	na wewnętrznej średnicy d czopa 

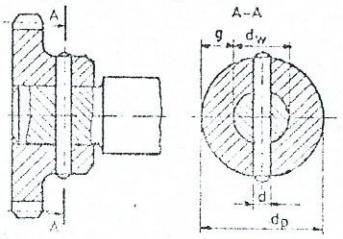
POŁĄCZENIA KOŁKOWE

A) POŁĄCZENIA SPOCZYNKOWE

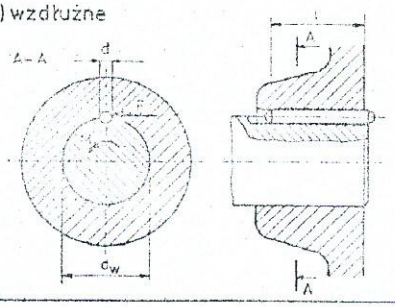
a) ustalające kołkiem



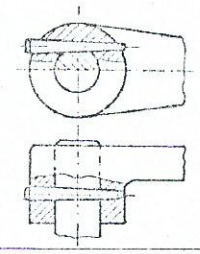
b) promieniowe



c) wzdłużne

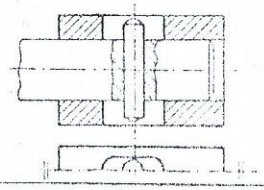


d) styczne

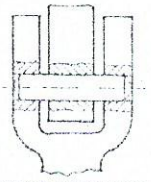


B) POŁĄCZENIA RUCHOWE

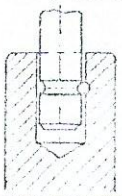
a) suwliwe

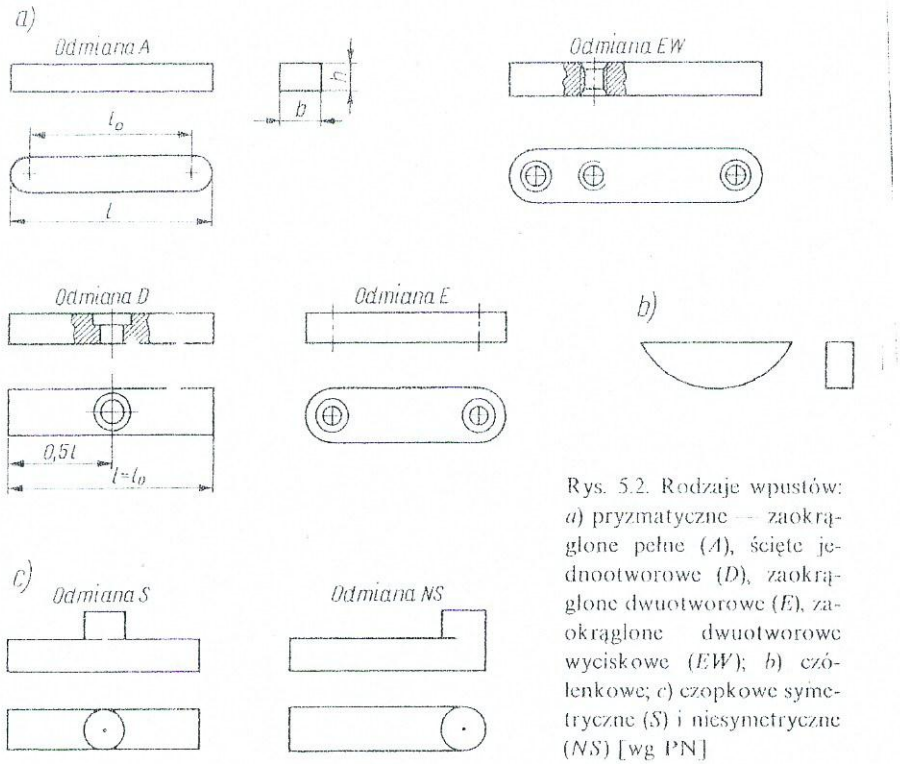


b) wahliwe

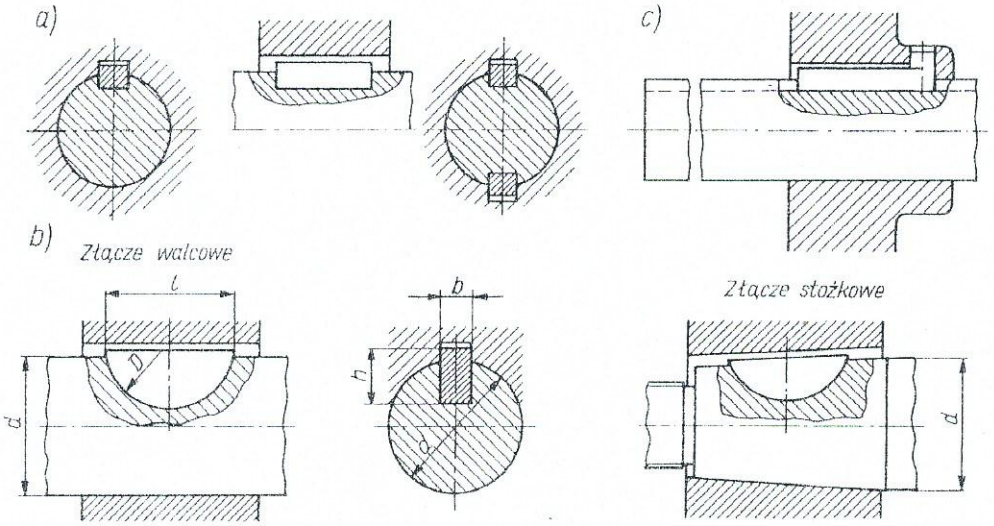


c) obrotowe



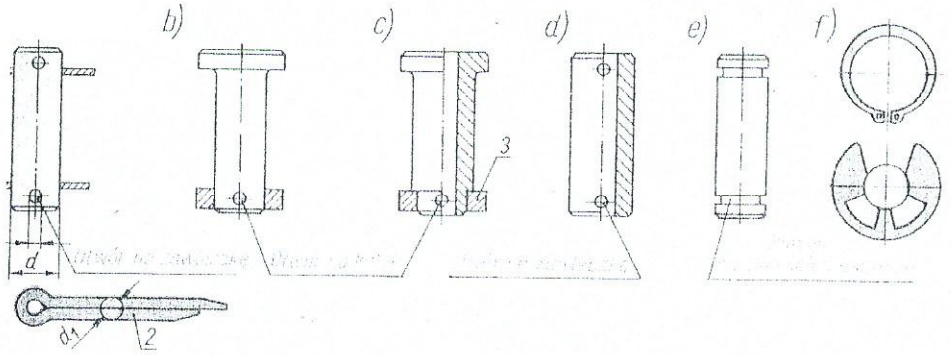


Rys. 5.2. Rodzaje wpustów: *a*) pryzmatyczne — zaokrąglone pełne (*A*), ścięte jednootworowe (*D*), zaokrąglone dwuotworowe (*E*), zaokrąglone dwuotworowe wyciskowe (*EW*); *b*) czółenkowe; *c*) czopkowe symetryczne (*S*) i niesymetryczne (*NS*) [wg PN]



Rys. 5.3. Połączenia wpustowe z wpustami: *a*) pryzmatycznymi, *b*) czółenkowymi, *c*) czopkowymi [częściowo 16]

Osadzanie części na wale z zastosowaniem wpustów czółenkowych wykonuje się zarówno na czopach walcowych, jak i stożkowych (rys. 5.3*b*). Przy osadzaniu na powierzchni stożkowej uzyskuje się dobre osiowanie współpracujących części.



ys. 4.38. Sworznie: *a*) gładki pełny, *b*) kształtowy pełny, *c*) kształtowy drążony, *d*) gładki ążony, *e*) rowkowy, *f*) pierścienie osadcze sprężynujące
— podkładka, 2 — zawleczka, 3 — pierścień

Połączenia wciskowe

Rodzaje i charakterystyka połączeń wciskowych

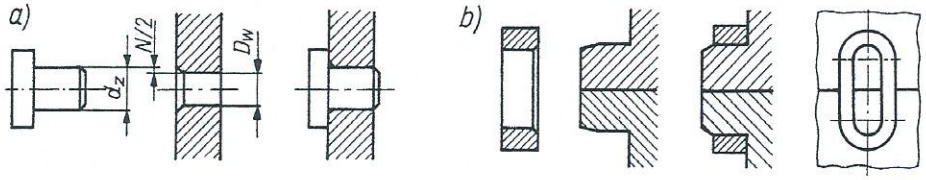
Połączenie wciskowe powstaje w wyniku montażu części o większym wymiarze zewnętrznym (np. czopa wałka) z częścią obejmującą (oprawą) o mniejszym wymiarze wewnętrznym.

Podstawowym parametrem charakteryzującym połączenie wciskowe jest wcisk N (ujemny luz). Wciskiem N nazywa się dodatnią różnicę wymiarów średnic wałka (d_z) i otworu w oprawie (D_w) przed ich połączeniem

$$N = d_z - D_w \tag{4.1}$$

Podczas montażu połączenia w obu częściach powstają odkształcenia sprężyste wywołujące docisk na powierzchniach styku. Dzięki temu jest możliwe przenoszenie obciążeń przez to połączenie (siły wzdłużnej lub momentu skręcającego).

Połączenia wciskowe należą do połączeń spoczynkowych bezpośrednich lub pośrednich (rys. 4.1).



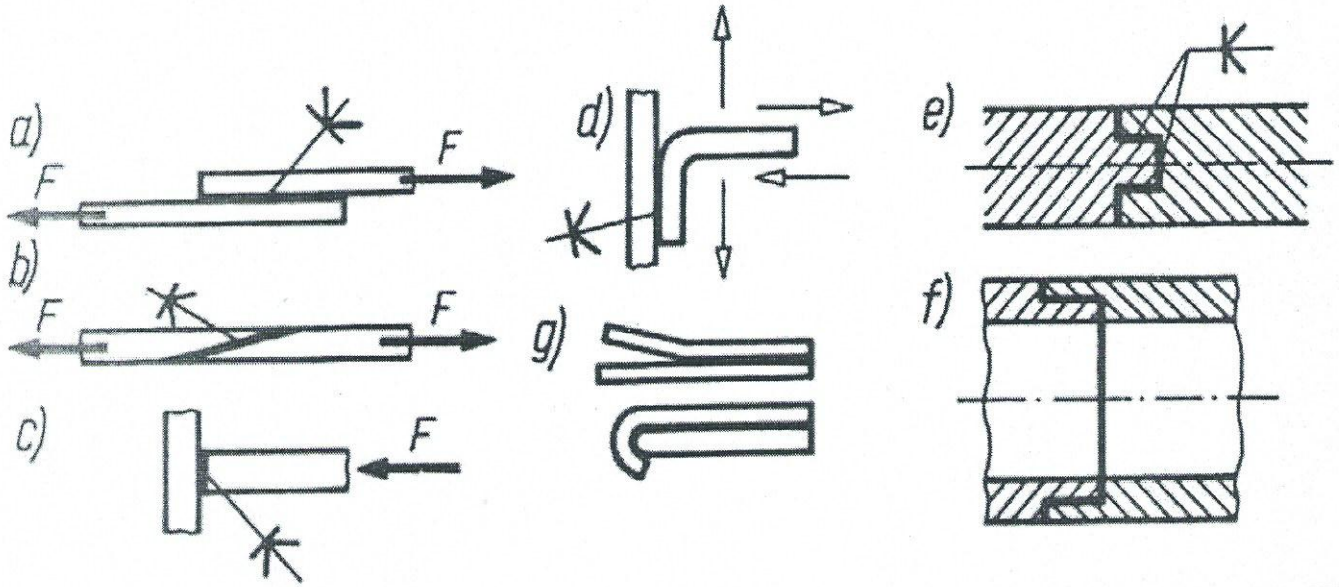
Rys. 4.1. Połączenia wciskowe: *a*) bezpośrednie, *b*) pośrednie

W zależności od technologii montażu rozróżnia się połączenia wtłaczane (walcowe lub stożkowe) oraz połączenia skurczowe (walcowe).

Połączenia wtłaczane uzyskuje się przez wtłoczenie czopa w oprawę. W zależności od wymiaru przedmiotu i wartości wcisku nacisk poosiowy wywiera się za pomocą prasy hydraulicznej lub prasek ręcznych, a w przypadku małych przedmiotów — za pomocą młotka.

Połączenia skurczowe powstają w wyniku zastosowania odpowiednich zabiegów cieplnych przed montażem połączenia: podgrzania oprawy lub rzadziej oziębienia czopu wału (w połączeniach rozprężnych). Zastosowanie jednego z tych zabiegów umożliwia swobodne wsunięcie czopa w oprawę, a po osiągnięciu temperatury otoczenia przez część ogrzaną (oziębioną) — uzyskanie odpowiedniego docisku części łączonych.

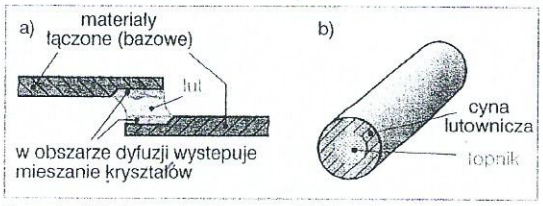
Połączenia klejone



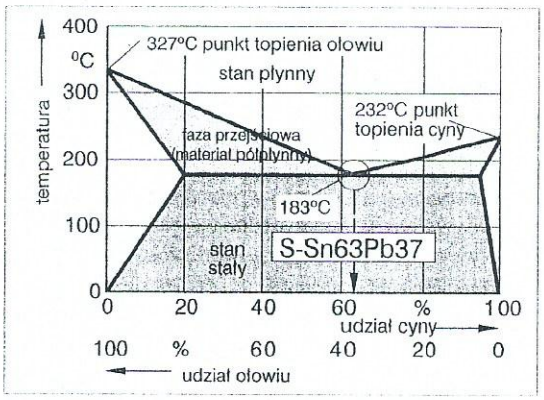
Przegląd różnych rodzajów lutowania (przykłady)

Podział procesów lutowania:

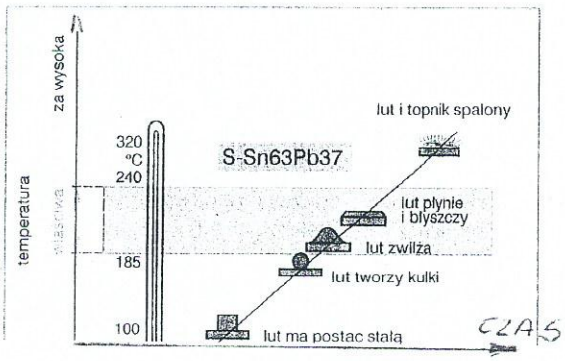
- **Ze względu na temperaturę**
  Lutowanie miękkie ≤450 °C; lutowanie twarde > 450 °C
- **Ze względu na miejsce lutowania**
  powlekanie powierzchni lutem, lutowanie połączeń elektrycznych, lutowanie szczelin, spajanie
- **Ze względu na sposób usuwania tlenków**
  lutowanie z topnikiem, lutowanie w osłonie gazowej
- **Ze względu na technologię lutowania**
  lutowanie na fali, lutowanie na stacji lutowniczej
- **Ze względu na sposób wykonania lutowania**
  lutowanie ręczne, lutowanie maszynowe



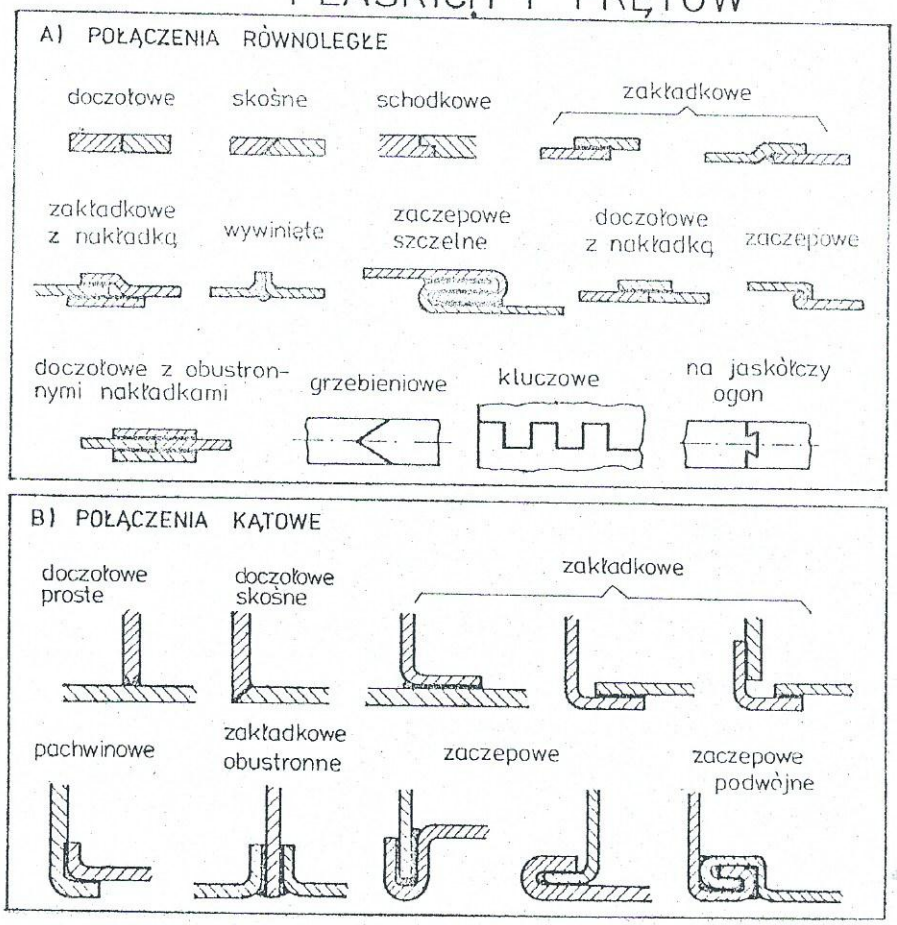
Rys. 1. a) Połączenie lutowane, b) Drut lutowniczy (tinol)



Rys. 2. Wykres stanu równowagi cyna – ołów (uproszczony)



POŁĄCZENIA LUTOWANE ELEMENTÓW PŁASKICH I PRĘTÓW



Rozróżniamy wiele sposobów lutowania

a) miękkie:

-lutowanie za pomocą lutownicy;

-lutowanie piecowe;

-lutowanie kąpielowe;

-lutowanie indukcyjne;

-lutowanie płomieniowe.

b) twarde:

-lutowanie gazowe;

-lutowanie elektryczne oporowe i indukcyjne;

-lutowanie piecowe;

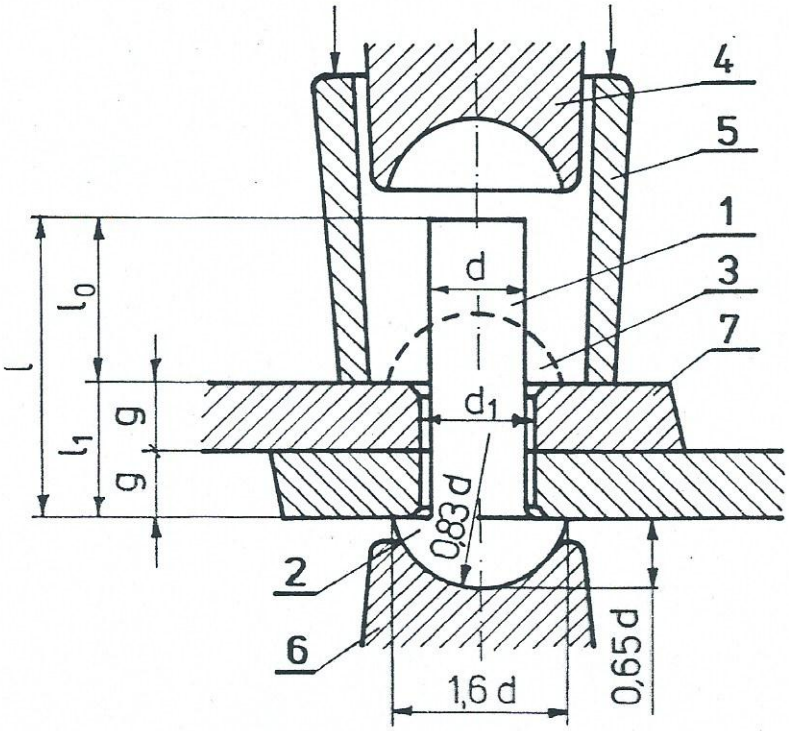
-lutowanie kąpielowe;

Podział i cechy charakterystyczne połączeń spajanych

Cecha	Spajanie			
	spawanie	zgrzewanie	lutowanie	klejenie
Temperatura elementów w miejscu łączenia	powyżej temp. topnienia (nadtopienie)	≈ temp. topnienia (z nadtopieniem lub bez nadtopienia)	≈ temp. otoczenia lub temp. lutu	≈ temp. otoczenia
Rodzaj materiału dodatkowego	metal o składzie zbliżonym do rodzimego (rzadko — bez materiału dodatkowego)	nie występuje	metal o temp. topnienia niższej (w stosunku do materiału rodzimego)	kleje
Stan materiału dodatkowego podczas procesu spajania	pow. temp. topnienia	—	pow. temp. topnienia	zależnie od rodzaju kleju
Docisk części łączonych	bez docisku	z dociskiem	najczęściej bez docisku	zależnie od rodzaju kleju i technologii procesu klejenia.

ISTOTA POŁĄCZENIA NITOWEGO

POWSTAWANIE POŁĄCZENIA

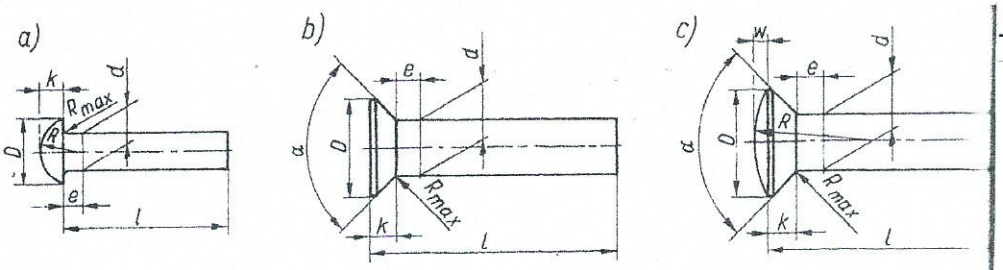


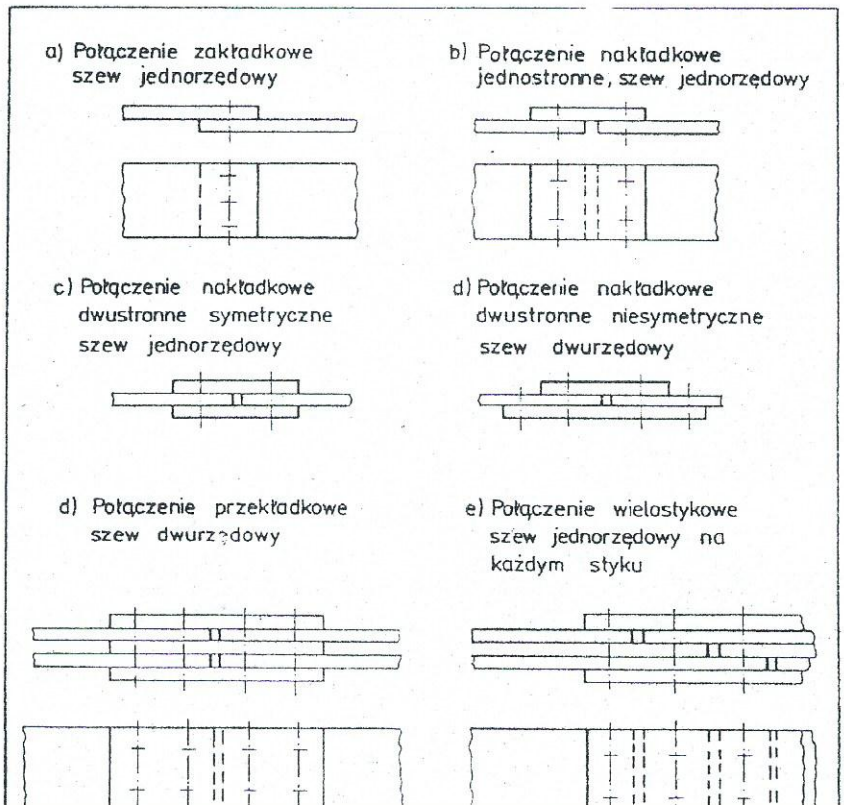
1 – trzon nitu
2 – łeb nitu
3 – zakuwka
4 – zakownik
5 – dociskacz (przycisk)
6 – wspornik (przypór)
7 – części łączone

Długość nitu przed zakuciem

$$l = 1{,}12\, l_1 + 1{,}4\, d$$

l_1 – grubość połączenia
d – średnica nominalna nitu



Rys. 10-1. Wybrane rodzaje nitów normalnych: *a)* z łbem kulistym, *b)* z łbem płaskim, *c)* z łbem soczewkowym, *d* — średnica nominalna, *D* — średnica łba, *l* — długość trzonu nitu

RODZAJE POŁĄCZEŃ NITOWYCH