Przedmiot: Technologia wykonania połączeń elementów maszyn, urządzeń i narzędzi

Zajęcia: 02.11.2020r.

1. Zajęcia wprowadzające do tematu.

2. Klasyfikacja rodzajów połączeń.

3. Rodzaje połączeń.

Przedmiot: Technologia wykonania połączeń elementów maszyn, urządzeń i narzędzi

Zajęcia: 06.11.2020r.

1. Połączenia rozłączne.

2. Połączenia nierozłączne.

3. Połączenia podatne i rurowe.

Połączenia części maszyn

Połączenia części maszyn, jedna z podstawowych grup elementów maszyn. Połączenia części maszyn dzieli się na: nierozłączne, w których części złączone lub łączniki ulegają uszkodzeniu przy rozłączaniu połączenia, oraz rozłączne, które można rozłączać i łączyć ponownie bez uszkodzenia części złączonych i łączników.

Do najczęściej spotykanych połączeń nierozłącznych zalicza się połączenia: spawane , lutowane , lutospawane , zgrzewane, wciskowe i nitowane .

Najczęściej spotykane połączenia rozłączne: gwintowe (uzyskiwane za pomocą łączników - śrub, nakrętek i wkrętów), kołkowe i sworzniowe (odpowiednio - za pomocą kołków i sworzni), klinowe, wpustowe i wielowypustowe (wpust, wielowypust), sprężyste (uzyskiwane za pomocą sprężyn resorów i sprężnic) oraz rurowe (m.in. gwintowe, kielichowe).

Połączenia rozłączne dzielimy na:

- spoczynkowe- w których łączone elementy pozostają nieruchome względem siebie
- ruchowe- w pewnym zakresie

Połączenia nierozłączne- najczęściej stosowane połączenia to:

- połączenia spawane
- połączenia lutowane
- połączenia zgrzewane
- połączenia klejowe
- połączenia wciskowe
- połączenia nitowe

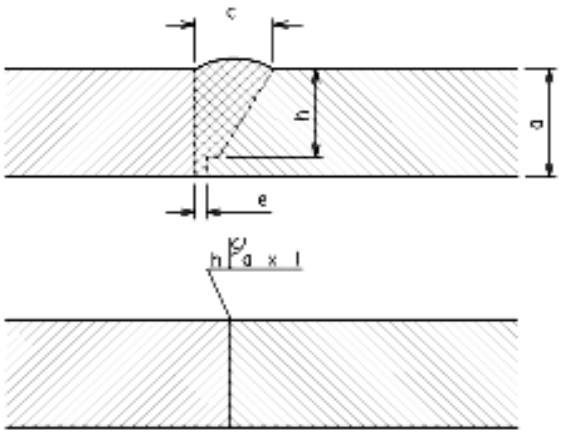
Połączenia spawane- jest to trwałe połączenie części przedmiotów przez miejscowe roztopienie powierzchni stykowych z dodawaniem lub bez dodawania spoiwa. Rozróżnia się spawanie: gazowe, elektryczne (łukowe), oraz rzadziej stosowane termitowe, elektronowe, laserowe i inne.

-spawanie gazowe;: najczęściej przy spalaniu acetylenu w temperaturach do 3200°C, stosowane jest do spajania blach o grubości od 0.4mm do 40mm

-spawanie elektryczne: z wykorzystaniem - urządzenia opierającego swą pracę na zjawisku łuku elektrycznego w temperaturach 3500°C, stosowane jest do spajania blach o grubości od 1mm do 80mm. Istnieją także inne metody spawania, takie jak: spawanie elektryczne w osłonie dwutlenku węgla lub gazów szlachetnych (w celu uniknięcia utleniania spoiny), spawanie laserowe, spawanie elektronowe itp. Połączenie spawane często wymaga dodatkowej obróbki spoiny. Często na powierzchni **spawu** wydzielają się drobne cząstki żużlu, które mogą być niebezpiecznie ostre. Spoiny spawane często szlifuje się zgrubnie, zanim spawana konstrukcja zostanie użyta W czasie spawania w obrębie działania wysokiej temperatury w stali zachodzą pewne przemiany cieplne, osłabiające jej wytrzymałość. Połączenie spawane zmniejsza wytrzymałość materiału o następujące wartości:

- wytrzymałość na rozciąganie $\mathbf{k'}_r = 0{,}8\ \mathbf{k}_r$
- wytrzymałość na zginanie $\mathbf{k'}_g = 0{,}9\ \mathbf{k}_r$
- wytrzymałość na ściskanie $\mathbf{k'}_c = \mathbf{k}_r$
- wytrzymałość na ścinanie $\mathbf{k'}_t = 0{,}65\ \mathbf{k}_r$

W związku z osłabiającym wpływem spoiny, do obliczeń wytrzymałościowych używa się grubości obliczeniowej, która jest o 70% mniejsza niż rzeczywista grubość materiału w miejscu spoiny.



rys.1

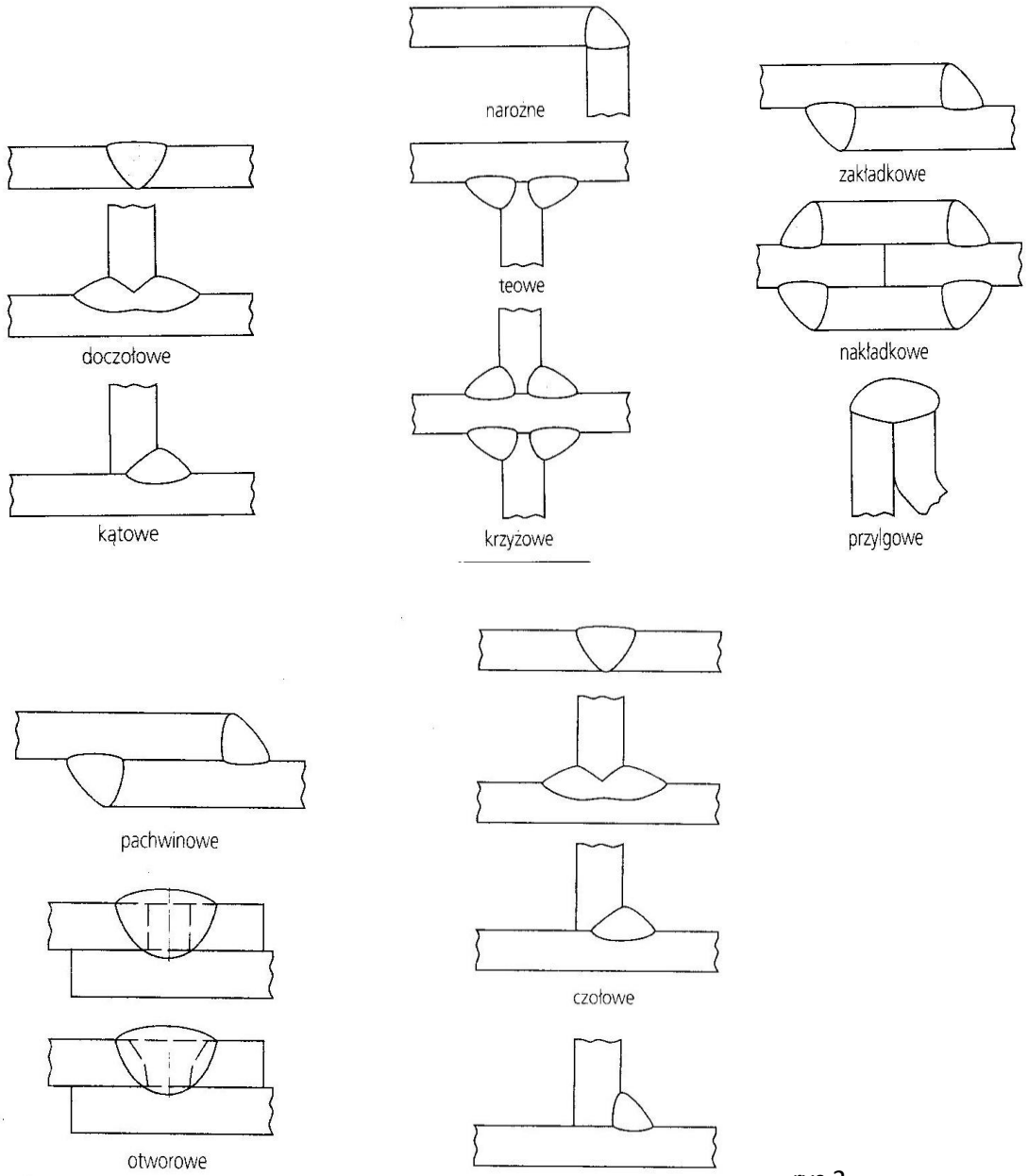
Wymiarowanie spawu na przykładzie spoiny czołowej (rys.1)

Połączenia spawane ze względu na ułożenie spawanych elementów względem siebie oraz na kształt spoiny dzielą się na:

- czołowe jedno- i dwustronne
- pachwinowe
- grzbietowe
- otworowe
- stykowe
- zakładkowe
- teowe
- przyległe
- krzyżowe

W rysunku technicznym połączenia spawane rysuje się, w zależności od stopnia uproszczenia, jak pokazano poniżej. W I stopniu uproszczenia wymiaruje się spawy jak inne części maszyn. W III stopniu uproszczenia zaznacza się je linią oraz symbolem rodzaju spoiny. Przykładowe symbole oraz sposób wymiarowania dla jednego z nich pokazano na rysunku.

Rysunek **2** przedstawia rodzaje złączy spawanych.



rys.2

.

Spawanie w osłonie gazów:

- Metoda MIG (Metal Inert Gas) - jest to spawanie łukowe elektrodą topliwą w osłonie gazu obojętnego (argon, hel, argon+hel). Metoda ta jest stosowana do spawania i napawania we wszystkich pozycjach w sposób automatyczny lub półautomatyczny.
- Metoda MAG (Metal Active Gas) - jest to spawanie łukowe w osłonie gazu aktywnego chemicznie (CO_2, CO_2 + gaz obojętny).

- Metoda TIG (Tungsten Inert Gas) – jest to spawanie łukowe elektrodą nietopliwą w osłonie gazów obojętnych (Ar, He, Ar + He). Umożliwia ona spawanie prawie wszystkich metali i ich stopów oraz łączenie ze sobą różnych metali i stopów. Uzyskiwany metal spoiny jest stopem roztopionej części materiału rodzimego i spoiwa (drut, pręt, pałeczka) podawanego w strefę jarzenia się łuku. TIG charakteryzuje się możliwością stosowania we wszystkich pozycjach.

Połączenia lutowane- metoda łączenia elementów metalowych za pomocą spoiny wypełnionej metalem o temperaturze topnienia niższej niż metale łączonych elementów, gdzie spoina jest nakładana w postaci stopionej, podczas gdy łączone elementy pozostają cały czas w stanie stałym.

Zależnie od temperatury topnienia lutu rozróżnia się:

- lutowanie miękkie (do 450 °C)
- lutowanie twarde (powyżej 450 °C).

Materiałem wypełniającym spoinę jest lut. Narzędzie ręczne służące do lutowania to lutownica lub palnik. Czynność lutowania jest również wykonywana w specjalnych piecach

Występuje także lutowanie bezołowiowe, w którym używa się stopu nie zawierającego ołowiu.

W elektronice najczęściej do lutowania używany jest stop cynowo-ołowiowy. Jednak planowany jest zakaz używania technologii lutowania ołowiowego w sprzęcie powszechnego użytku.

Trudności: kulkowanie się lutowia bezołowiowego w piecach do lutowania rozpływowego ze względu na duże napięcie powierzchniowe.

Podczas lutowania na powierzchni rezystorów i kondenstatorów na korpusie chipu powstawać mogą kulki kapilarne, przy czym w zależności od przyczyny ich powstawania mają one różne rozmiary. Przyczynami takimi są: gorące ześlizgnięcie się (załamanie, hot slump), niedostateczna rozpływność (smarnowność, spreadbility), zwilżalność czy fluidyzacja topnika podczas topienia lutu.

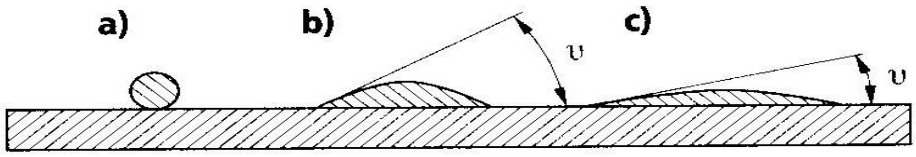
Punkt rozpływu stopu używanego przy lutowaniu bezołowiowym wynosi 215–220°C. Lut bezołowiowy jest matowy o nieco ziarnistej powierzchni, dlatego też wykrywanie niewłaściwych połączeń jest utrudnione.

Skład najczęściej używanych stopów do lutowania bezołowiowego:

- 3,5–4,0% Ag, reszta - Sn (do zastosowań elektronicznych)
- 0,45–0,9% Cu, reszta - Sn (do zastosowań elektronicznych)
- 2,5–3,5% Cu, reszta - Sn (do zastosowań elektrotechnicznych i instalacyjnych)

Dopuszcza się domieszkę poniżej 0,1% każdego z pierwiastków: Pb, Bi, Sb

Schemat zwilżalności lutem podłoża (rys.3a,b,c), a) brak zwilżalności b) zwilżalność mała c) zwilżalność duża.



rys.3

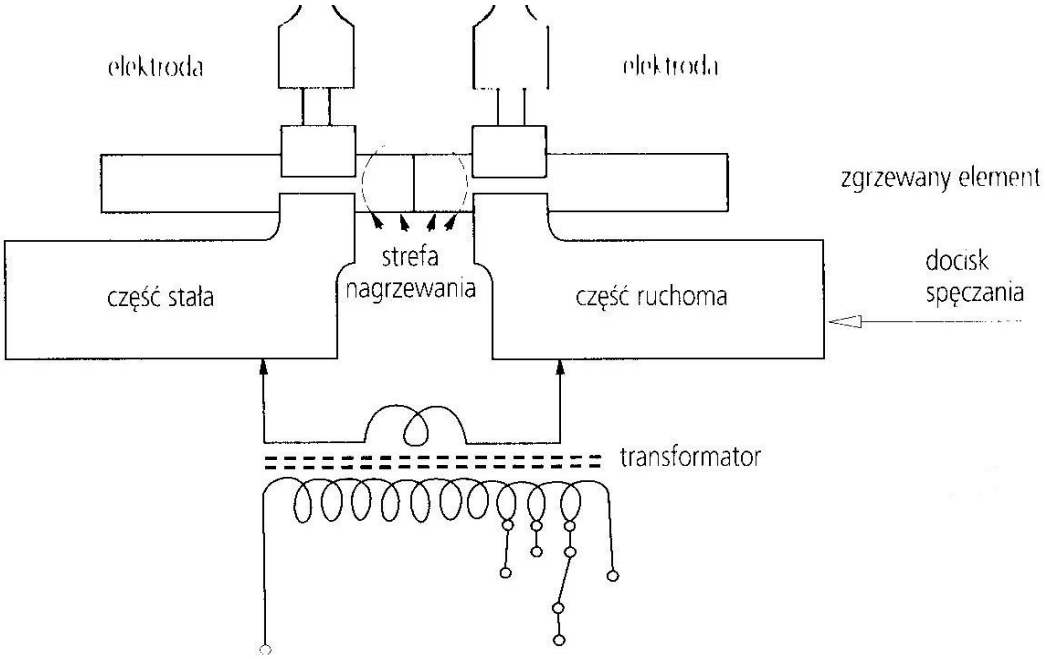
Połączenia zgrzewane- jest to łączenie materiałów przez nagrzewanie ich do stanu plastycznego lub miejscowego stopnienia i wywarcie nacisku.

Najczęściej stosowanymi metodami zgrzewania materiałów są:

- zgrzewanie oporowe
- zgrzewanie tarciowe

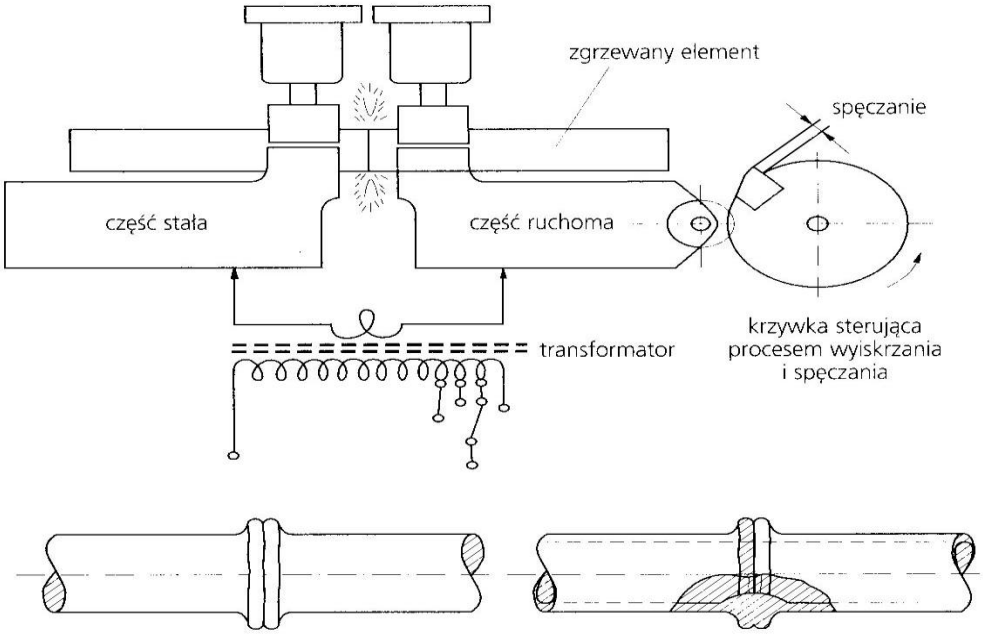
Zgrzewanie oporowe dzielimy na: doczołowe (iskrowe lub zwarciowe) oraz zgrzewanie blach (zawsze zwarciowe), które zależnie od rodzaju zgrzein dzieli się z kolei na: punktowe, garbowe i liniowe.

Zasada zgrzewania zwarciowego i widok złączy (rys.4)



Rys.4

Zasada zgrzewania iskrowego i widok złączy (rys.5)



rys.5

Połączenia klejowe- jest ono uważane za najstarszą technologię łączenia materiałów na świecie. Klejenie następuje dzięki dwóm podstawowym zjawiskom fizycznym: **adhezji i kohezji.**

Jak każda technologia, klejenie wykazuje liczne zalety i wady.

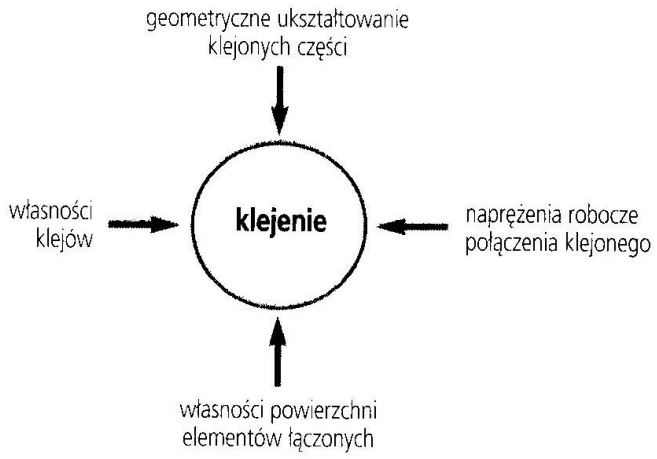
Do jego zalet zaliczyć można:

- łączenie materiałów o odmiennym składzie i właściwościach np.: metal – szkło, guma – drewno, tworzywa sztuczne – metal;
- równomierne (w odróżnieniu od połączeń śrubowych lub nitowanych) obciążenie złącza
- brak strefy wpływu ciepła (w odróżnieniu od połączeń spawanych),
- minimalne naprężenia i odkształcenia w złączy,
- uszczelnienia połączeń i ochrona przed wnikaniem wilgoci i powstawaniem korozji,
- przejmowanie przez warstwę klejoną reakcji wynikającej z różnej rozszerzalności liniowej klejonych materiałów.

Wadami są

- ograniczona odporność na działanie wysokich temperatur powyżej 573 K (300° C)
- niska wytrzymałość mechaniczna połączeń (wytrzymałość na ścinanie nie przekracza 30MPa),
- długi czas wiązania
- ograniczona przydatność składowych klejów (do 12 miesięcy)

Czynniki wpływające na jakość połączenia klejowego (rys.6)



rys.6

Klasyfikacja klejów- najczęściej stosowaną klasyfikacją klejów jest podział uwzględniający ich budowę i sposób utwardzania i tak rozróżniamy kleje:

- kleje polichloroprenowe
- kleje cyjanoakrylowe
- kleje anaerobowe
- kleje dyspersyjne
- kleje termoplastyczne
- kleje epoksydowe

Połączenia wciskowe- połączenie, w którym unieruchomienie części zapewnione jest przez tarcie pomiędzy ich powierzchniami. W połączeniu wciskowym elementy odkształcają się i związane z tym siły sprężystości materiału zapewniają odpowiedni docisk.

Ze względu na budowę połączenia wciskowe dzieli się na

- połączenia wciskowe bezpośrednio, w których uczestniczą tylko elementy łączone
- połączenia wciskowe pośrednie, w których uczestniczą dodatkowe elementy pośredniczące takie jak tuleje, pierścienie itp.

Ze względu na sposób połączenia łączenia wciskowe dzieli się na:

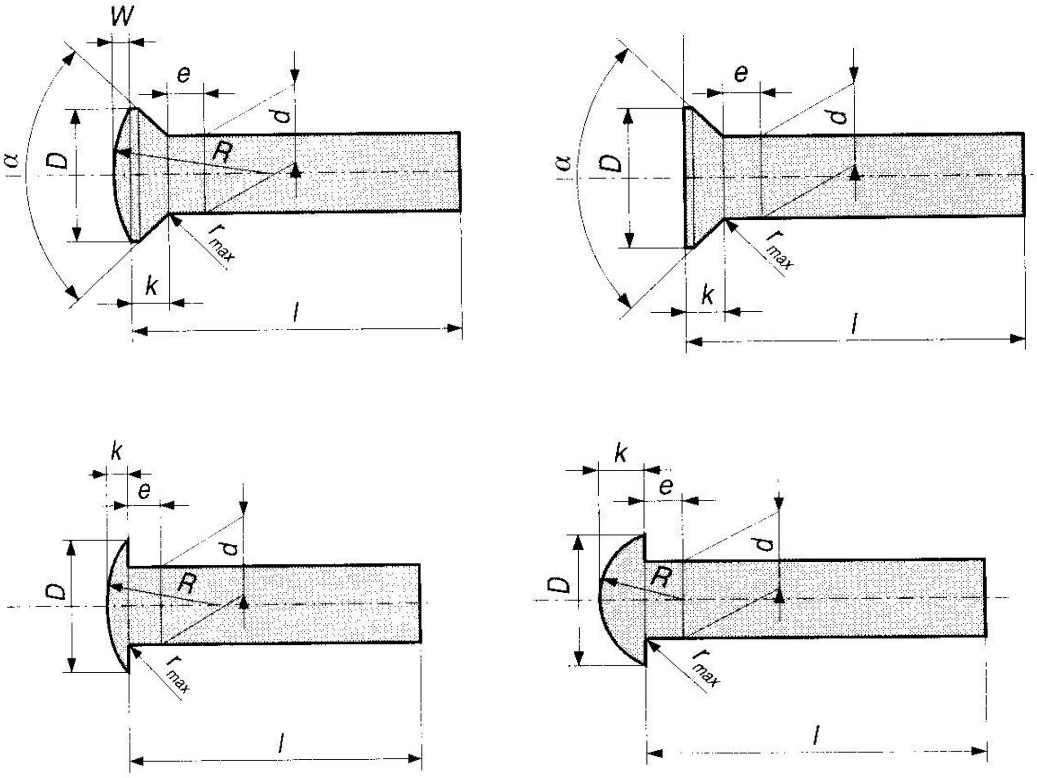
- połączenia wciskowe skurczowe, w których poprzez ogrzewanie lub zmrażanie jednego z elementów uzyskuje się zmianę wymiaru, wystarczającą do zrealizowania połączenia.
- Połączenia wciskowe wtłaczane, w których stosując zewnętrzną siłę (czasami znaczną) wtłacza się jeden element w drugi,

Połączenia wciskowe używane są najczęściej do osadzania obrotowych kół przekładniowych na wałach.

Połączenie wciskowe w rysunku technicznym maszynowym oznacza się poprzez odpowiednie pasowanie.

Połączenia nitowe- nitowanie polega na złączeniu dwóch elementów plastycznych kołkiem (nitem), osadzonym ciasno w specjalnie do tego wywierconych otworach.

Typowe kształty nitów znormalizowanych (rys.7)



rys.7

Maksymalną wartość pojedynczego nitu na ścinanie obliczamy ze wzoru.

$$(P) = \frac{\text{siła /N/ ścinająca połączenie}}{\text{pole przekroju poprzecznego } (m^2)} < k_t \, .$$

Do połączeń nitowych używa się: stali, aluminium, miedzi, brązów i tworzyw sztucznych.

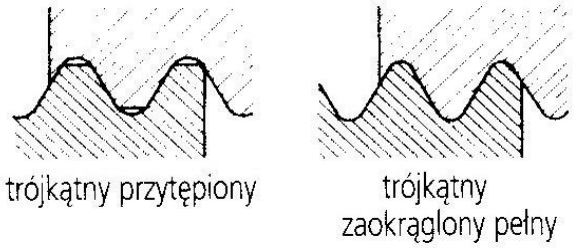
.

Połączenia rozłączne- najczęściej stosowane:

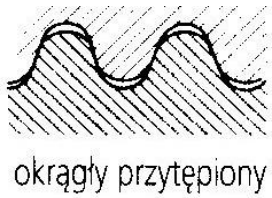
- gwintowe
- kołkowe
- sworzniowe
- klinowe
- wpustowe, wielowypustowe
- sprężyste
- rurowe

Połączenia rozłączne - w których rozłączenie jest możliwe i nie wiąże się z niebezpieczeństwem zniszczenia elementów łączonych.

Połączenia gwintowe- są to połączenia, w których elementem łączącym jest śruba z nakrętką. Wyróżnia się kilka podstawowych rodzajów gwintów (rys7)

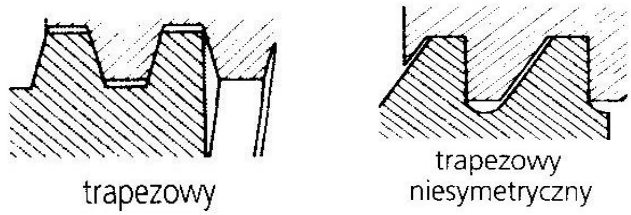


rys.7/1 - gwinty trójkątne

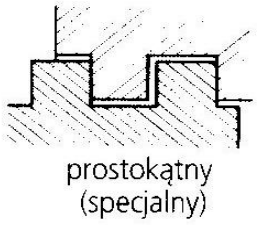


rys.7/2 – gwint okrągły

Gwinty trójkątne i okrągłe stosowane są w połączeniach spoczynkowych.



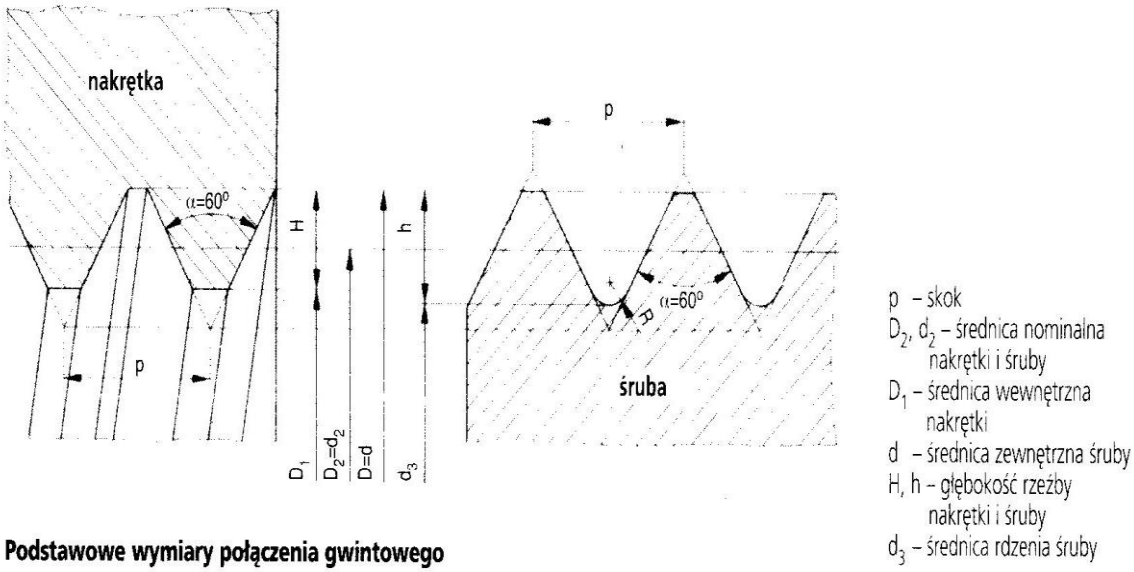
rys.7/3 – gwinty trapezowe



rys.7/4 – gwint prostokątny

Gwinty trapezowe i prostokątne stosowane są w połączeniach ruchomych.

Podstawowe wymiary połączeń gwintowych.

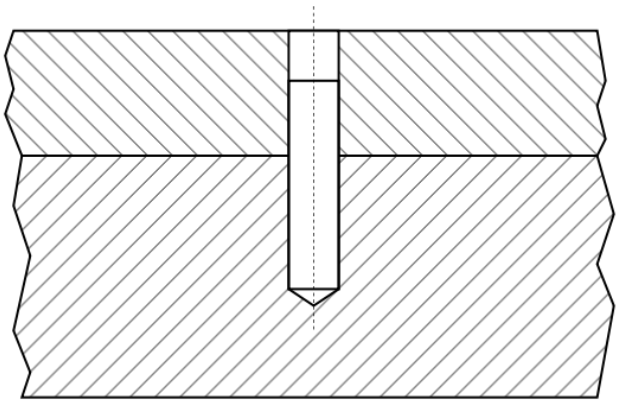


Podstawowe wymiary połączenia gwintowego

rys 8

Połączenia kołkowe- jest to połączenie rozłączne spoczynkowe. Służy do ustalania wzajemnego położenia dwóch lub więcej elementów. Kołek może mieć kształt stożkowy lub walcowy - gładki lub karbowany (rys 9)

Jeżeli kołek jest nieobciążony, nie wymagane są żadne obliczenia wytrzymałościowe. Jeśli złącze pracuje pod obciążeniem, kołek oblicza się ze względu na kryterium maksymalnego dopuszczalnego nacisku powierzchniowego $\mathbf{k}_n$, na zginanie $\mathbf{k}_g$ lub na ścinanie $\mathbf{k}_c$.



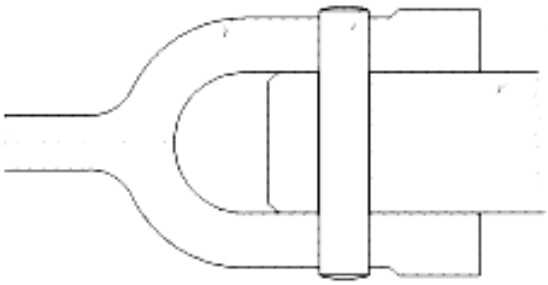
rys.9

Połączenia sworzniowe- połączenia rozłączne ruchowe, w którym elementem pośredniczącym jest walcowy sworzeń

Połączenie sworzniowe zwykle wykorzystywane jest do łączenia przegubów. Na przykładzie sworzeń (1) umieszczony na wcisk w jednym elemencie przegubu (2), podczas gdy pasowanie z drugim elementem (3) jest luźne. Pozwala to na obrót elementu (2) względem osi sworznia (rys 10).

Przykładem połączenia sworzniowego jest połączenie tłoka silnika spalinowego z korbowodem.

Obliczenia wytrzymałościowe połączenia sworzniowego polegają na sprawdzeniu wytrzymałości sworznia na ścinanie $\mathbf{k}_s$, a elementów przegubu zwykle na rozciąganie $\mathbf{k}_c$ lub inne w zależności od rodzaju ich obciążenia.



rys 10

Połączenia klinowe- jest to połączenia rozłączne spoczynkowe. Elementem łączącym jest klin.

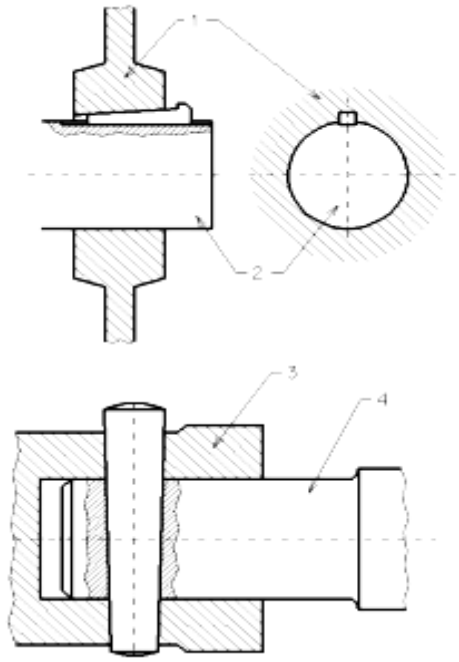
Wyróżnia się dwa typy połączeń klinowych (rys 11)

-połączenie klinowe wzdłużne

z klinami znormalizowanymi, służą głównie do osadzania piast kół na wałach . Klin umieszczony jest w gnieździe wyżłobionym w wale i piaście

-**połączenia klinowe poprzeczne**

służą do łączenia cięgien, w którym jedno jest zakończone gniazdem lub tuleją złączną , a drugie drągiem .

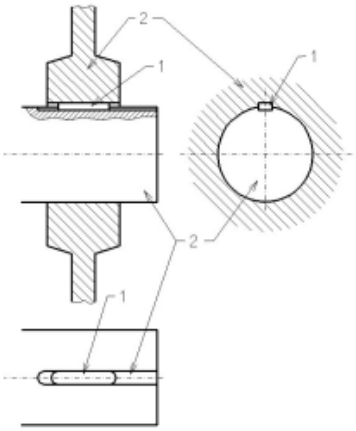


rys11

Połączenia wpustowe-jest to połączenie rozłączne ruchowe, w których elementem pośredniczącym jest wpust.

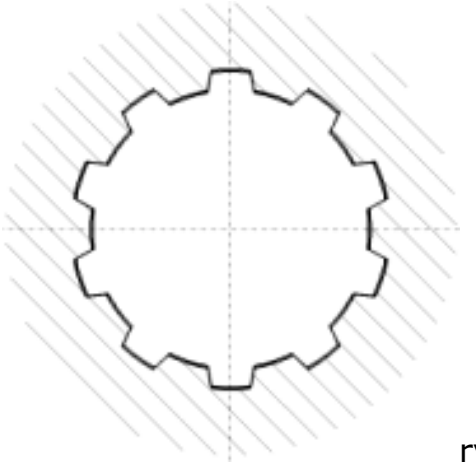
Połączenie wpustowe służy do łączenia piast z wałami. Wpust (1) umieszczony jest w rowku wału (2), podczas gdy piasta (3) posiada odpowiednie nacięcie. Wpust umieszczany jest w rowku z pasowaniem ciasnym, podczas gdy połączenie wpust-piasta jest luźne. połączenie wpustowe w przeciwieństwie do klinowego nie zabezpiecza piasty przed przesuwaniem się wzdłuż wału. Piasta musi mieć dodatkowe zabezpieczenie. Gdy nie występują siły osiowe (w większości przypadków), wystarczy zabezpieczenie pierścieniem oporowym, w przeciwnym razie stosuje się inne rozwiązania (np. nakrętkę lub tuleję dystansową). (rys.12)

Obliczenia wytrzymałościowe połączenia wpustowego opierają się na kryterium dopuszczalnego nacisku powierzchniowego $\mathbf{k}_n$. Jako powierzchnię obliczeniową przyjmuję się powierzchnie styku wpustu z wałkiem lub z piastą, którakolwiek jest mniejsza.



rys 12

Połączenia wielowypustowe-(wielokarbowe) – połączenie rozłączne ruchowe bez elementów pośredniczących. Używane do osadzania piast na wałach (rys13).



rys13

Połączenie wielowpustowe nie posiada wady połączenia wpustowego, polegającej na osłabiającym działaniu rowka wpustowego. Z tego powodu stosowane jest w bardziej odpowiedzialnych zastosowaniach. W połączeniu wielowpustowym na wałku nacięte są rowki, a piasta jest ukształtowana tak, by do nich pasowała. Połączenie wielowpustowe jest trudniejsze do wykonania niż wpustowe.

Obliczenia wytrzymałościowe połączenia wielowpustowego opierają się na kryterium dopuszczalnego nacisku powierzchniowego $\mathbf{k}_n$. Jako powierzchnię obliczeniową przyjmuje się powierzchnię jednej strony pojedynczego styku wału i piasty, pomnożoną przez liczbę karbów.

Wielkości połączeń wielowpustowych są znormalizowane przez Polską Normę PN/M-85016 i PN/M-85010.

Połączenia sprężyste-połączenie rozłączne ruchowe, w którym łącznikiem jest element sprężysty.

Elementy sprężyste (często nazywane podatnymi) to części maszyn charakteryzujące się dużą odkształcalnością, którą osiąga się przez zastosowanie materiałów o małym module sprężystości lub przez odpowiednie kształtowanie elementów.

Elementy podatne spełniają ważne funkcje:

- umożliwiają ruch względny elementów maszyn
- usuwają luzy między elementami maszyn
- wywierają stały nacisk
- łagodzą uderzenia
- kumulują energię

W budowie maszyn najczęściej stosowanymi elementami sprężystymi są sprężyny i sprężniki.

Sprężyna - element sprężysty używany w budowie maszyn, głównie jako łącznik w połączeniach sprężystych. Innym zastosowaniem sprężyny jest akumulacja energii mechanicznej, na przykład w napędzie tradycyjnych mechanizmów zegarowych.

W najprostszym przypadku dla sprężyn zakłada się liniową zależność siły F od wychylenia sprężyny z położenia równowagi x:

$$F = -kx$$

gdzie k jest współczynnikiem sprężystości (stałą sprężyny), określającym przyrost energii potencjalnej sprężyny wraz z jej ugięciem.

Wówczas energia zgromadzona w odkształconej sprężynie wynosi:

$$E_p = \frac{1}{2}kx^2$$

Sprężnik - element sprężysty używany w budowie maszyn jako łącznik w połączeniach sprężystych. Sprężniki wykonane są z materiałów podatnych, o małym współczynniku sprężystości takich jak guma. Buduje się z nich takie złączniki jak poduszki, amortyzatory, wkładki.