**Połączenia rozłączne – wpustowe, wielowypustowe, gwintowe, kołkowe, sworzniowe, klinowe**

1. Wstęp

Połączenia w [budowie maszyn](http://pl.wikipedia.org/wiki/Podstawy_konstrukcji_maszyn) wiążą elementy składowe tak, że mogą wspólnie się poruszać oraz przenosić obciążenia.

W zależności od sposobu dokonywanego podziału wszystkie połączenia można pogrupować na:

* rozłączne i nierozłączne,
* pośrednie i bezpośrednie,
* spoczynkowe i ruchowe.

Połączenia nierozłączne to takie gdzie elementów łączonych nie można rozdzielić bez zniszczenia elementów wiążących np. spawanie, zgrzewanie.

Połączenia rozłączne można kilkukrotnie, a nawet wielokrotnie montować   
i demontować wykorzystując te same elementy tak, aby za każdym razem spełniało swoje zadanie.

Połaczenia rozłączne dzielimy jeszcze na połączenia pośrednie (rys. 1.1) i bezpośrednie (rys. 1.2).

|  |
| --- |
| http://pldocs.docdat.com/pars_docs/refs/138/137156/137156_html_b6c823d.png |
| **Rys. 1.1** Połączenie śrubowe pośrednie **Rys. 1.2** Połączenie śrubowe bezpośrednie. |
|  |

Połączenia pośrednie to takie, w których zastosowano dodatkowe elementy łączące   
w postaci [śrub](http://pl.wikipedia.org/wiki/%C5%9Aruba_(z%C5%82%C4%85cze)), [nitów](http://pl.wikipedia.org/wiki/Nit_(technika)), [zawleczek](http://pl.wikipedia.org/wiki/Zawleczka), [sworzni](http://pl.wikipedia.org/wiki/Sworze%C5%84), [kołków](http://pl.wikipedia.org/wiki/Ko%C5%82ek) i innych. Elementy te najczęściej przecinają płaszczyznę styku elementów głównych.

Z kolei połączenia bezpośrednie łączone są poprzez np. ukształtowanie elementów łączonych.

Rozróżniamy jeszcze połączenia spoczynkowe i ruchowe.

W połączeniach spoczynkowych wzajemny ruch elementów jest niemożliwy lub mocno ograniczony. W połączeniach ruchowych natomiast taki ruch jest możliwy.

**2. Połączenia rozłączne**

Połączenia rozłączne w zależności od rodzaju łącznika dzielimy na:

1. pośrednie:

* gwintowe,
* [klinowe](http://pl.wikipedia.org/wiki/Po%C5%82%C4%85czenie_klinowe),
* [kołkowe](http://pl.wikipedia.org/wiki/Po%C5%82%C4%85czenie_ko%C5%82kowe),
* [sworzniowe](http://pl.wikipedia.org/wiki/Po%C5%82%C4%85czenie_sworzniowe),
* [wpustowe](http://pl.wikipedia.org/wiki/Po%C5%82%C4%85czenie_wpustowe),

1. bezpośrednie:

* [gwintowe](http://pl.wikipedia.org/wiki/Po%C5%82%C4%85czenie_gwintowe),
* [rurowe](http://pl.wikipedia.org/wiki/Po%C5%82%C4%85czenie_rurowe),
* [wielowypustowe](http://pl.wikipedia.org/wiki/Po%C5%82%C4%85czenie_wielowypustowe).

3. Charakterystyka i zastosowanie połączeń gwintowych

Połączenia gwitowe są połączeniami kaształtowymi rozlącznymi najczęściej stosowanymi w budowie maszyn. Stosuje się je w takich sytuacjach, aby możliwe było rozłączenie elementów.

Do połączenia dwóch blach za pomocą połączenia gwintowego należy zastosować śrubę (rys. 1.3), nakrętkę (rys. 1.4) i podkładkę (rys. 1.5).

Połączenia gwintowe to również [połączenia rozłączne](http://pl.wikipedia.org/wiki/Po%C5%82%C4%85czenie_mechaniczne) [bezpośrednie](http://pl.wikipedia.org/wiki/Po%C5%82%C4%85czenie_mechaniczne) [kształtowo-cierne](http://pl.wikipedia.org/wiki/Po%C5%82%C4%85czenie_kszta%C5%82towo-cierne), gdyż łącznikami wiążącymi są występy i odpowiadające im wgłębienia,   
w postaci [gwintów](http://pl.wikipedia.org/wiki/Gwint), są ukształtowane na elementach głównych. Połączenia gwintowe zwykle znajdują zastosowanie jako [połączenia ruchowe](http://pl.wikipedia.org/wiki/Po%C5%82%C4%85czenie_mechaniczne) w mechanizmach zamieniających ruch obrotowy na postępowy np. napędach obrabiarek, [prasach](http://pl.wikipedia.org/wiki/Prasa_(maszyna)), czy podnośnikach.

|  |
| --- |
| śruby zwykłe |
| **Rys. 1.3** Śruby standardowe a) łeb sześciokątny, b) łeb kwadratowy, c) łeb kwadratowy wieńcowy, d) dwustronna (szpilka), e) łeb walcowy z gniazdem sześciokątnym |

**Rys. 1.4** Nakrętka   


|  |
| --- |
|  |
|  |

|  |
| --- |
| **Rys. 1.5** Typy podkładek okrągłych a) zwykła, b) dokładna, c) sprężysta, |

3.1 Budowa i podstawowe parametry gwintu

**3.1.1 Linia śrubowa**

Podstawowym pojęciem, związanym z powstawaniem gwintu, jest linia śrubowa. Linia śrubowa jest krzywą przestrzenną, opisaną na pobocznicy walca przez punkt poruszający się ruchem jednostajnym wzdłuż osi walca (osi linii śrubowej) - przy stałej prędkości obrotowej walca. Powstawanie linii śrubowej można sobie łatwo wyobrazić jako nawijanie na walec linii prostej - stanowiącej przeciwprostokątną trójkąta prostokątnego (rys. 1.5).

Rozróżnia się linię śrubową prawą (rys. 1.5a) i lewą (rys. 1.5b). Linią śrubową prawą jest linia, która oglądana wzdłlż osi linii śrubowej oddala się od obserwatora w wyniku ruchu obrotowego zgodnego z ruchem wskazówek zegata, zaś linią śrubową lewą - linia oddalająca się w wyniku ruchu przeciwnego.

|  |
| --- |
|  |
| **Rys. 1.6** Powstawanie lini śrubowej a) prawej, b) lewej.  [http://www.jankowskimarek. ukw.edu.pl/jankowski/CzesciMaszynCz1.pdf] |

**3.1.2 Gwint**

Gwint powstaje przez wycięcie bruzd (rowków) o określonym kształcie wzdłuż linii śrubowej. Powstałe występy oraz bruzdy, obserwowane w płaszczyźnie przechodzącej przez oś gwintu, tworzą zarys gwintu. Zarys gwintu tworzy więc linia konturowa przekroju osiowego gwintu. W zależności od zarysu rozróżnia się gwinty: trójkątne, trapezowe symetryczne i niesymetryczne, prostokątne i okrągłe (rys. 1.7).

|  |
| --- |
| http://pldocs.docdat.com/pars_docs/refs/138/137156/137156_html_5100243.png |
| **Rys. 1.7** Zarysy gwintu: a) trójkątny, b) trapezowy symetryczny, c) trapezowy niesymetryczny, d) prostokątny, e) okrągły |

Wymiary nominalne gwintu śruby i nakrętki, podane w normach (PN), są oparte na zarysie nominalnym, wspólnym dla gwintu zewnętrznego (śruby) (rys. 1.3)   
i wewnętrznego (nakrętki) (rys. 1.4).

Wymiary rzeczywiste gwintów różnią się od wymiarów nominalnych m.in. o wartość promieni, zmniejszających szerokość powierzchni roboczej gwintu, oraz o różnice wynikające z tolerancji gwintu (zależnej od przeznaczenia gwintu i przyjętej klasy gwintu) i niedokładności obróbki.

3.2 Rodzaje gwintów i ich zastosowanie

Do gwintów powszechnie stosowanych należą gwinty trójkątne: metryczne i rurowe walcowe oraz trapezowe: metryczne ISO i niesymetryczne. Ponadto gwinty dzieli się na:

* zwykłe, drobne (drobnozwojne) i grube (grubozwojne);
* jednokrotne (pojedyncze) wielokrotne (dwukrotne, trzykrotne itd.);
* prawe i lewe.

Gwinty zwykłe występują najczęściej w elementach niezbyt dokładnych, produkowanych seryjnie lub masowo. Gwinty drobne mają mniejszą podziałkę niż gwinty zwykłe o tej samej średnicy. Ze względu, na mniejszą głębokość gwintu są one stosowane w celu zwiększenia średnicy rdzenia śruby; są nacinane na tulejach, rurach itd. Charakteryzują się także wysoką samohamownością, zabezpieczając połączenie przed luzowaniem.

Gwinty grube są stosowane w zarysach trapezowych (rys. 1.6 b, c) przy d≥22 mm, głównie w przypadkach, gdy o obciążalności połączenia decydują naciski jednostkowe na powierzchniach roboczych gwintu, np. w połączeniach spoczynkowych często odkręcanych.

W gwintach wielokrotnych istnieje kilka początków (wejść) poszczególnych zwojów gwintu (rys. 1.8). Zwoje są równoległe do siebie, a ich początki są rozstawione symetrycznie na obwodzie walca (np. w gwincie 3-krotnym - co 120° itd.). Dla gwintów wielokrotnych określa się skok gwintu Ph, równy podziałce danej linii śrubowej, oraz podziałce gwintu P, tzn, odległość między jednakowymi punktami sąsiednich zwojów, mierzoną równolegle do osi gwintu.

|  |
| --- |
|  |
| **Rys. 1.8** Rodzaje gwintów: a)jednokrotny prawy, b) dwukrotny lewy, c) trzykrotny prawy |

Gwinty jednokrotne są stosowane głównie we wszystkich połączeniach spoczynkowych, m.in. ze względu na ich samohamowność, zabezpieczenie przed luzowaniem, łatwiejsze i tańsze wykonanie itd. Gwinty wielokrotne stosuje się w połączęniach ruchowych, w których wymagane jest duże przesunięcie przy jednym obrocie śruby, wysoka sprawność, niesamohamowność m.in.

Podział gwintów na prawe i lewe wynika z definicji linii śrubowej prawej i lewej (rys. 1.5), Powszechnie stosuje się gwinty prawe. Gwinty lewe stosuje się m.in. w niektórych elementach obrabiarek – gdy użycie gwintu prawego powoduje samoczynne luzowanie połączenia, jako jeden z gwintów tzw. Nakrętki rzymskiej m.in.

**3.2.1 Gwint metryczny**

Podstawowym gwintem o zarysie trójkątnym jest gwint metryczny (rys. 1.9 a), znormalizowany w PN-ISO 965-1,-2,-3:2001 – dla średnic 1 do 600 mm oraz w PN-74/M-02012 dla 0,25 do 0,9 mm. Gwint metryczny jest stosowany głównie w połączeniach spoczynkowych. Do jego zalet zalicza się dużą wytrzymałość ze względu na duży kąt gwintu (α=60°), samohamowność, małą wrażliwość na niedokładność wykonania m.in. Cechy te decydują o powszechnym ich zastosowaniu. Wadą gwintu metrycznego jest niedokładne osiowanie, będące wadą prawie wszystkich gwintów walcowych (naciętych na walcu), oraz niska sprawność.

Zastosowanie gwintów metrycznych drobnozwojnych wynika z omówionych już cech gwintów zwykłych drobnych. Przy zwiększonej dokładności ich wykonania uzyskuje się zwiększoną szczelność połączenia, zmniejszenie szkodliwego działania karbu m.in.

|  |
| --- |
|  |
| **Rys. 1.9** Zarysy nominalne podstawowych gwintów: a) metryczny M, b) trapezowy symetryczny Tr, c) trapezowy niesymetryczny S, d) rurowy walcowy G, e) okrągły Rd |

**3.2.2 Gwinty trapezowe**

Gwinty trapezowę dzieli się na: metryczne ISO (PN-ISO 290I:1995, rys. 1.8b) oraz niesymettyczne (PN-88/M-02019, rys. 1.8c), Wśród nich roztóżnia się gwinty drobne (drobnozwojne), zwykłe (uprzywilejowane) i grube (grubozwojne). Ze względu na stosowanie różnych skoków przy tej samej średnicy gwintu w oznaczeniach zawsze podaje się skok gwintu.

Gwinty trapezowe są stosowane przeważnie w połączeniach ruchowych (mechanizmach śrubowych); charakteryzują się one wysoką wytrzymałością oraz dość wysoką sprawnością.

W połączeniach niesamohamownych stosuje się gwinty wielokrotne, których sprawność (w porownaniu z gwintami jednokrotnymi) jest znacznie większa. Gwinty trapezowe metryczne ISO stosuje się najczęściej przy przenoszeniu dużych obciążeń w obu kierunkach (m.in. w śrubach pociągowych obrabiarek) oraz przy obciążeniach jednokierunkowych i małych prędkościach ruchu (m.in. w śrubach podnośników, wrzecion zaworów m.in.). Dodatkową zaletą jest możliwość regulacji i kasowania luzów poosiowych za pomocą nakrętek dwudzielnych.

Gwinty trapezowe niesymetryczne charakteryzują się największą wytrzymałością. Gwinty te mogą pracować tylko przy jednym kierunku. Stosowane są do przenoszenia dużych obciążeń przy większych prędkościach ruchu, m. in. W prasach śrubowych.

**3.2.3 Gwint rurowy walcowy**

Gwint rurowy (wg PN-ISO 228-I:1995) jest gwintem trójkątnym (rys. 1.8d), stosowanym głównie do łączenia przewodów rurowych. Jest to gwint calowy drobnozwojny (kąt gwintu α = 55°). Oznaczeniem gwintu jest litera G oraz oznaczenie wielkości gwintu (m.in. G 11/4); dla poszczególnych gwintów wymiary można odnaleźć w normie. Gwinty te nie zapewniają szczelności połączenia.

W praktyce można jeszcze spotkać gwinty calowe (Whitwortha) drobnozwojne, które do 1975 roku również były objęte przez PN.

**3.2.3 Gwint okrągły**

Ze względu na zaokrąglony zarys, gwint okrągły (PN-84/M-02035, rys. 1.8e) charakteryzuje się dażą wytrzymałością zmęczeniową, zwłaszcza przy obciążeniach udarowych. Jest on stosowany w połączeniach spoczynkowych często rozłączanych, m.in. w złączach wagonowych, hakach dźwigów, przewodach pożarniczych.

***Oznaczenia gwintów metrycznych***

1. gwint metryczny

Oznaczenie gwintu metrycznego (zgodnie z normą PN-ISO 965-1) składa się z litery M   
i następującą po niej wartością średnicy znamionowej gwintu oraz podziałki, wyrażonych w milimetrach i rozdzielonych znakiem x.

W przypadku gwintów o podziałce zwykłej, oznaczenie podziałki może być pominięte.

*Przykłady:*

* M20 x 1,5 – oznacza gwint metryczny o średnicy znamionowej 20 mm i podziałce 1,5 mm.
* M20 – oznacza gwint metryczny o średnicy znamionowej 20 mm i podziałce zwykłej.

1. gwint metryczny wielokrotny (wielozwojny)

Gwinty metryczne wielokrotne oznacza się (zgodnie z normą PN-ISO 965-1) literą M   
i następującą po niej wartością średnicy znamionowej, znakiem x, literami Ph i wartością skoku, litery P i wartością podziałki, poziomej kreski i polem tolerancji. Średnica znamionowa, skok i podziałka wyrażone są w milimetrach.

*Przykład:*

* M20xPh3P1,5-6g – oznacza gwint metryczny dwukrotny (dwuzwojny) o średnicy znamionowej 20 mm, o skoku 3 mm, podziałce 1,5 mm wykonanym w tolerancji 6g.

1. gwint metryczny lewozwojny

W przypadku gwintu lewozwojnego, na końcu oznaczenia gwintu należy dodać litery LH oddzielone poziomą kreską.

*Przykłady:*

* M10 x 1 – LH
* M20 x Ph3 P1,5 – 6g – LH

3.3 Sposoby wykonywania gwintów

Rozróżnia się dwie metody kształtowania gwintów po przez nacinanie i obróbkę plastyczną.

Nacinanie gwintów może odbywać się za pomocą gwintownika (gwinty wewnętrzne), narzynki (gwinty zewnętrzne), noża tokarskiego, freza do gwintów (obrabiarki CNC).

Przy nacinaniu gwintu dowolną metodą, średnica trzpienia/pręta względem otworu powinna być ok. 0,2 mm mniejsza, aby zaistniało pasowanie suwliwe. Podobnie jest z otworami, gdzie średnice wierteł do wykonania otworu dobiera się z katalogów, względnie normatywów.

Przy toczeniu gwintów na tokarce posuw wzdłużny musi być równy wartości skoku P na obrót. Wykonywanie gwintów narzynką i gwintownikiem jest najbardziej rozpowszechnioną techniką warsztatową idealną w produkcji jednostkowej i małoseryjnej. Kształt tych narzędzi pozwala na swobodne usuwanie wiórów podczas nacinania gwintu. Z wyglądem narzędzi do gwintowania możesz zapoznać się w pliku prezentacji multimedialnej.

Istnieje także wiele odmian kinematycznych procesu walcowania i różnych narzędzi kształtujących gwint po przez obróbkę plastyczną (bezwiórową).

Trzpień śruby lub pręt przeznaczony do walcowania musi mieć średnicę podziałową gwintu d2 (rys. 1.8). Ze względu na ścisły związek średnicy podziałowej i nominalnej gwintu, ważna jest dokładność wykonania pręta lub trzpienia. Ilość materiału, która wypływa podczas walcowania jest ściśle związana ze średnicą podziałową.

Dokładność średnicy podziałowej i wewnętrznej kształtowanego gwintu zapewniona jest przez ustawienie narzędzia lub wielkość promieniowego posuwu. Średnica zewnętrzna zależy od średnicy półwyrobu, ponieważ wierzchołek gwintu tworzy się wskutek plastycznego płynięcia materiału wyciskanego przez wierzchołki zarysu narzędzia do obszarów pomiędzy nimi. Przy zbyt małej średnicy półwyrobu, wierzchołek gwintu nie zostanie w pełni ukształtowany. W przypadku przeciwnym może dojść do zniszczenia narzędzia lub wykonania gwintu o wymiarach nie mieszczących się w polu tolerancji. Średnicę półwyrobu oraz tolerancję dobiera się z warunku stałej objętości materiału lub doświadczalnie metodą prób i błędów.

4. Połączenia klinowe

4.1 Charakterystyka i klasyfikacja

Połączenia klinowe należą do połączeń pośrednich rozłącznych. w ktorych łącznikiem jest klin. Powierzchnie robocze klina mogą być płaskie lub walcowe, tworzące kąt α (β)   
z osią klina.

Rozróżnia się kliny jednostronne (rys. 1.10 a) oraz dwustronne symetryczne (rys. 1.10 b) i niesymetryczne.

|  |
| --- |
|  |
| **Rys. 1.10** Rodzaje klinów: a) wzdłużny jednostronny, b) poprzeczny dwustronny |

Wymiary klina jednostronnego określa się m.in. przez padanie jego pochylenia S.

Wyróżnia się dwa typy połączeń klinowych:

1. połączenie klinowe wzdłużne – z klinami znormalizowanymi, służą głównie do osadzania [piast](http://pl.wikipedia.org/wiki/Piasta)  i kół na [wałach](http://pl.wikipedia.org/wiki/Wa%C5%82_(maszynoznawstwo)). Klin umieszczony jest w gnieździe wyżłobionym w wale i piaście (rys. 1.11 a);
2. połączenia klinowe poprzeczne – służą do łączenia [cięgien](http://pl.wikipedia.org/wiki/Ci%C4%99gno), w którym jedno jest zakończone gniazdem lub [tuleją](http://pl.wikipedia.org/wiki/Tuleja) złączną, a drugie drągiem. W czasie montażu klin zostaje wbity w połączenie. Klin przenosi swoją powierzchnią całe obciążenie złącza (rys. 1.11 b).

|  |
| --- |
|  |
| **Rys. 1.11** Rozkład sił w połączeniach klinowych: a) wzdłużnych, b) poprzecznych |

4.2 Połączenie klinowe poprzeczne

Podstawowym typem połączenia klinowego poprzecznego jest połączenie pokazane na rys. 1.10 b. Połączenie to jest samohamowne tylko w przypadku, gdy siła wzdłużna   
F stanowi obciążenie statyczne. Przy obciążeniach wahadłowych siła wzdłużna   
F cyklicznie zmienia zwrot na przeciwny, wskutek czego w chwili zmiany zwrotu (gdy F=0) będzie powstawać chwilowy brak styku powierzchni roboczych oraz luzowanie połączenia i wysuwanie klina.

Połączenia klinowe poprzeczne wykazują dużo wad, wśród których należy podkreślić: znaczne osłabienie części łączonych, nierównomierny rozkład naprężeń, niekorzystny montaż z powodu stosowania dużych sił przy wbijaniu klina, stosunkowo duże wymiary połączenia itd.

Do zalet zalicza się w zasadzie tylko łatwość demontażu (przez wybicie klina) oraz kasowanię luzów. Połączenia te były spotykane w starszych konstrukcjach i obecnie są zastępowane w budowie maszyn przez połączenia wciskowe, sworzniowe lub gwintowe.

4.3 Połączenia klinowe wzdłużne

Połączenia klinowe wzdłlżnę są stosowane do łączenia wałów z osadzonymi na nich częściami (kołami zębatymi, sprzegłami itp.). Po wbiciu klina na powierzchniach styku klina z czopem piasty są wywołane duże naciski, Związane z nimi siły tarcia (rys. 1.11 a)

przenoszą moment obrotowy, niezalężnie od rodzaju klina wzdłużnego.

Klin wzdłużny ma kształt zbliżony do wpustu pryzmatycznego, z tym że jedna z jego płaszczyzn ma pochylenie 1:100. W zależności od położenia klinów względem powierzchni czopa rozróżnia się kliny wpuszczane, wklęsłe, płaskie i styczne (rys. 1.12).

Do zasadniczych wad połączeń klinowych wzdłużnych nalezą: mimośrodowe przesunięcie i skośne ustawienie osadzanej części (zależne od wielkości lazu przy pasowaniu piasty z wałem i długości piasty), nierównomierny rozkład naprężeń, niekorzystny montaż, a także trudności z dopasowaniem klina (przy różnych wymiarach, w ramach tolerancji wykonania, klin może być osadzany za płytko lub za głęboko). Wady te powodują, że kliny wzdłużne są stosowane rzadko, głównie do wałów wolnoobrotowych, w połączeniach obciążonych niewielkim momentem skręcającym oraz przy minimalnych wymaganiach odnośnie współosiowości osadzanych części względem osi wału.

|  |
| --- |
| **Rys. 1.12** Połączenia klinowe wzdłużne; a) z klinem wpuszczanym, b) z wklęsłym, c) z płaskim, d) ze stycznym, e) klin noskowy |

5. Połączenia wpustowe

5.1 Rodzaje i konstrukcje wpustów

Połączenia wpustowe służą do osadzania na wale różnych części maszyn (kół zębatych, pasowych itp.). Na wale i w otworze części osadzanej (w piaście koła) są wykonane odpowiednie rowki, w które jest wprowadzany wpust. Zasadniczym zadaniem wpustów

jest przenoszenie momentu obrotowego z wału na współpracującą część maszynową lub odwrotnie.

Rozrożnia się wpusty pryzmatyczne, czółenkowe i czopkowe; najczęściej są stosowane wpusty pryzmatyczne.

Wpusty pryzmatyczne (PN-70/M-85005) mogą być zaokrąglone lub ścięte, w tym: pełne, jedno- lub dwuotworowe oraz wyciskowe (rys. 1.12). Najczęściej stosuje się wpusty pełne, przy czym wpusty zaokrąglone stosuje się przeważnie przy nieprzelotowych rowkach w wale (wykonywanych frezem palcowym), natomiast wpusty ścięte – przy rowkach przelotowych.

Wpusty jedno- i dwuotworowe szerokości b≥8 mm są przykręcane do wału. Ponieważ otwory gwintowe w czopie wału powodują zmniejszenie jego wytrzymałości zmęczeniowej, dlatego wpusty otworowe stosuje sie tylko w połączeniach przesuwnych, w których konieczne jest zabezpieczenie wpustu przed wysuwanięm z rowka w czasie pracy połączenia. Dla ułatwienia wyjmowania z rowków wpustów ciasno pasowanych stosuje się wpusty wyciskowe z otworem gwintowanym. W przypadku wpustów otworowych wyciskowych można wykorzystać wkręty stosowane do ich mocowania,

|  |
| --- |
|  |
| **Rys. 1.13** 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) |

5.2 Konstrukcja i zastosowanie połączeń wpustowych

Podczas pracy połączeń wpustowych (przenoszenie momentu obrotowego) występują naciski na boczne powierzchnie wpustów, dlatego dla uniknięcia niepożądanych luzów (między bocznymi powierzchniami wpustu i rowków) osadza się je ciasno, stosując pasowania N9/h9 lub P9/h9. W połączeniach ruchowych (przesuwnych) należy zapewnić swobodne przesuwanie kół wzdłuż wału, dlatego pasowania ciasne stosuje się tylko do osadzania wpustu w czopie wału, natomiast rowek w piaście koła wykonuje się w tolerancji D10, otrzymując pasowanie luźne D1O/h9.

Dla ułatwienia montażu połączeń wpustowych suma wysokości obu rowków powinna być większa od wysokości wpustu o 0,2:0,4 mm.

Wał i osadzone na nim elementy powinny być dokładnie osiowane, tzn. powinny mieć wspólną oś obrotu. Jest to niezbędne dla uniknięcia występowania sił odśrodkowych podczas ruchu obrotowego, czyli tzw. ,,bicia". Ponieważ wpusty nie zapewniają osiowania, należy stosować dość ciasne pasowanie czopa z otworem w piaście, np. H7/j6 w połączeniach spoczynkowych i H7/f7 w połączeniach przesuwnych.   
W połączeniach spoczynkowych konieczne jest również ustalanie położenia części   
w kierunku wzdłużnym (np, wg rys. 1.13 a), ponieważ wpusty nie zabezpieczają części osadzanych przed przesunięciami w zdłużnymi.

W połączeniach wpustowych z reguły stosuje się jeden wpust. Stosowanie dwóch wpustów (rys. 1.13a) dopuszcza się przy przenoszeniu większych obciążeń (ze względów wytrzymałościowych) lub w połączeniach ruchowych (dla lepszego prowadzenia części przesuwnej). Rozwiązanie takie jest jednak kłopotliwe, zarówno ze względu na konieczność dokładnego rozstawienia rowków w obu częściach współpracujących, jak i na utrudniony montaż połączenia.

Osadzanie części na wale z zastosowaniem wpustów czółenkowych wykonuje się zarówno na czopach walcowych, jak i stożkowych (rys. 1.14 b). Przy osadzaniu na powierzchni stożkowej uzyskuje się dobre osiowanie współpracujących części.

Dla zabezpieczenia się przed deformacją rowków pod wpływem nacisku, a tym samym przed uszkodzeniem wału lub współpracującej części, wpusty wykonuje się z materiału o mniejszej wytrzymałości niż materiał części łączonych.

|  |
| --- |
|  |
| **Rys. 1.14** Połączenia wpustowe z wpustami: a) pryzmatycznymi, b) czółenkowymi , c) czopkowymi |

6. Połączenia wielowypustowe

6.1 Rodzaje i zastosowanie połączen wielowypustowych

Połączenia wielowypustowe należą do najczęściej stosowanych połączeń kształtowych. Są to połączenia bezpośrednie; na czopie wału są wykonane występy (wypusty), współpracujące z odpowiednimi rowkami w piaście. Podstawowe rodzaje znormalizowanych połączeń wielowypustowych o różnych kształtach wypustów podano na rys. 1.14 (PN-EN ISO 6413:2001).

|  |
| --- |
|  |
| **Rys. 1.15** Połączenia wielowypustowe: ogólnego prżeznaczenia; a) lekkie, b) średnie, c) do obrabiarek, d) zębate ewolwentowe, e) wielokarbowe [wgPN] |

Połączenia wielowypustowe umożliwiają uzyskanie dokładnego osiowania, zmniejszenie naciskow jednostkowych (lub stosowanie większych obciążeń) w porównaniu z połączeniami wpustowymi oraz zmniejszenie oporów tarcia przy przesuwaniu elementów w połączeniach ruchowych. Piasty kół w tych połączeniach mają mniejszą długość niż w połączeniach wpustowych, co decyduje m.in. o bardziej zwartej konstrukcji połączeń oraz o możliwości zmniejszenia wymiarów urządzeń, maszyn itd.

Zalety te powodują, że połączenia wielowypustowe znajdują bardzo szerokie zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu. Pełne wykorzystanie zalet większości połączeń wielowypustowych wymaga zachowania dużej dokładności kształtu i podziałki wypustów oraz małych odchyłek równoległości bocznych powierzchni wypustów i rowków względem osi połączenia (max 0,02 mm na długości 200 mm).

6.2 Połączenia o wypustach prostokątnych

W ogólnej budowie maszyn są stosowane połączenia wielowypustowe równoległe (tzn. o prostokątnym zarysie wypustów wału i rowków w piaście), objęte normą PN-ISO I4:I994 (rys. 1.15a, b). Zależnie od rodzaju połączenia (spoczynkowe lub ruchowe) i wartości obciążenia stosuje się połączenia serii lekkiej lub średniej. W obu seriach liczba wypustów wynosi 6, 8 lub I0, zależnie od wewnętrznej średnicy d, przy czym wypusty w serii średniej są wyższe o 1 do 2 mm od przyjętych w serii lekkiej. Serię lekką stosuje się najczęściej w połączeniach spoczynkowych, a serię średnią – w połączeniach ruchowych. Przy bardzo dużych obciążeniach o zmiennym kierunku i dużej częstotliwości zmian jest stosowana seria ciężka o 10, 16 lub 20 wypustach (o większych wysokościach), nie objęta normami. W obrabiarkach stosuje się połączenia wielowypustowe równoległe, wykonywane wg PN-63/M-85016 (rys. 1.15c); w tych połączeniach liczba wypustów wynosi 4 lub 6.

6.3 Połączenia zębate

Połączenia zębate ewolwentowe (rys. 1.15 d) są coraz częściej stosowane, zwłaszcza   
w produkcji wielkoseryjnej (m.in. ze względu na wykorzystanie obrabiarek do kół zębatych). W stosunku do połączeń o wypustach prostokątnych charakteryzują się one

znacznie większą wytrzymałością przy zachowaniu pozostałych zalet.

6.4 Połączenia wielokarbowe

Połączenia wielokarbowe (rys. 1.15e) mają kilkadziesiąt drobnych wypustów trójkątnych, zatem tylko nieznacznie osłabiają wytrzymałość czopa. Są to połączenia spoczynkowe o niewielkiej dokładności osiowania. W celu skasowania luzów promieniowych stosuje się połączenia stożkowe o zbieżności 1:16. Połączenia wielokarbowe umożliwiają przestawienie piasty względem czopa wału o mały kąt, co jest niezbędne w niektórych rozwiązaniach konstrukcyjnych. Omówione połączenia wielowypustowe przedstawia się na rysunkach w sposób uproszczony,

6.5 Metody wykonywania wielowypustów

Wypusty na wałkach otrzymuje się najczęściej przez frezowanie. Boki wypustów frezuje się zespołem frezów tarczowych, zaś wypukłe dna rowków - frezem kształtowym.

Drugą metodą jest frezowanie pełnego zarysu rowka za jednym przejściem frezem kształtowym lub metodą obwiedniową (frezem ślimakowym). Wałki wielowypustowe z wypustami na całej długości wykonuje się ostatnio rownież metodą dokładnej obróbki plastycznej (walcowania). Powierzchnie osiujące są szlifowane; jeżeli jest to średnica wewnętrzna d, wówczas szlifuje się także boczne powierzchnie wypustów.

Do wykonania otworów wielorowkowych w piaście stosuje się przeciąganie z użyciem specjalnych narzędzi (przeciągaczy lub przepychaczy). Przy osiowaniu na średnicy d otwór może być szlifowany.

7. Połączenia kołkowe i sworzniowe

7.1 Połączenie kołkowe

Połączenie kołkowe jest to rodzaj [połączenia](http://pl.wikipedia.org/wiki/Po%C5%82%C4%85czenia) rozłącznego spoczynkowego. Służy do ustalania wzajemnego położenia dwóch lub więcej elementów. [Kołek](http://pl.wikipedia.org/wiki/Ko%C5%82ek) może mieć kształt stożkowy lub walcowy, gładki lub karbowany o dość dużej długości w stosunku do ich średnicy; najczęściej 2d<l<20d. Podstawowe rodzaje kołków przedstawia rys. 1.16.

|  |
| --- |
|  |
| **Rys. 1.16** Rodzaje kołków: a) walcowy, b) stożkowy, c) stożkowy z czopem gwintowanym, d, e) karbowy, f) rozcięty |

W zależności od przeznaczenia rozróżnia się kołki złączne i ustalające. Zadaniem kołków złącznych jest przenoszenie sił tnących, działających prostopadle do osi kołka. Kołki złączne są stosowane również do zabezpieczania elementów łączonych przed przeciążeniem (przy przeciążeniu połączenia są one ścinane).

Kołki ustalające stosuje się dla zapewnienia dokładnego położenia współpracujących elementów, połączonych np. za pomocą śrub. Przy ustalaniu elementów o płaskich powierzchniach styku stosuje się dwa kołki, rozstawione w możliwie dużej odległości.

Kołki walcowe i stożkowe są powszechnie stosowane, zarówno jako złączne, jak i ustalające. Zależnie od wymagań konstrukcyjnych są one wtłaczane z różnym wciskiem (pasowania M8/h7, P7/h6 itp.). Stosowane wysokie klasy dokładności powodują, że wykonanie połączenia jest dość kosztowne; kołki są szlifowane, a otwory rozwiercane. W połączeniach wielokrotnie rozłączanych częściej stosuje się kołki stożkowe, ponieważ ich montaż jest łatwiejszy. W przypadku przewidywanych trudności z demontażem połączenia (np. konieczność wybijania kołka z otworów nieprzelotowych) stosuje się kołki stożkowe z czopem gwintowanym lub z gwintem wewnętrznym, co umożliwia wyciągnięcie kołka.

Kołki karbowe (rys. 1.16 d, e) mają trzy karby, tworzące sprężyste zgrubienia, co zapewnia zacisk kołka w otworze. Karby mogą być wykonane na całej długości, na połowie długości lub na środkowej części kołka – zależnie od stosowanej normy. Kołki karbowe są stosowane przy niewielkiej dokładności wzajemnego ustawienia części łączonych, przeważnie w drobnych konstrukcjach.

Kołki sprężyste (rys. 1.16 f), zwijane z taśmy ze stali sprężynowej, są stosowane przy przenoszeniu obciążeń udarowych.

Połączenia kołkowe dzieli się na spoczynkowe (wzdłużne, promieniowe i styczne –   
rys. 1.16) oraz ruchowe (suwliwe, wahliwe i obrotowe – rys. 1.17).

|  |
| --- |
|  |
| **Rys. 1.17** Połączenia kołkowe spoczynkowe: a) ustalające z kołkiem stożkowym, b),wzdłużne,c) promieniowe, d) styczne |

 **Rys. 1.18** Połączenia kołkowe ruchowe; a) suwliwe, b) wahliwe, c) obrotowe

Połączenia kołkowe spoczynkowe z kołkami złącznymi są stosowane np. zamiast połączeń wpustowych lub klinowych, ponieważ ich wykonanie jest tańsze. Niewielki przekrój pracujący kołków powoduje, że połączenia te mogą przenosić tylko niewielkie obciążenia, co ogranicza ich zastosowanie. Połączenia kołkowe ruchowe stosuje się przy wymaganym względnym ruchu współpracujących części, np. przy przesuwie drążka w tulei.

Wymiary kołków ustalających i większości kołków złącznych (przenoszących małe obciążenia) są ustalane tylko konstrukcyjnie, bez wykonywania obliczeń wytrzymałościowych.

7.2 Połączenie sworzniowe

Połączenie sworzniowe jest to [połączenie](http://pl.wikipedia.org/wiki/Po%C5%82%C4%85czenia) rozłączne ruchowe, w którym elementem pośredniczącym jest walcowy [sworzeń](http://pl.wikipedia.org/wiki/Sworze%C5%84) (rys. 1.19). Połączenie sworzniowe tworzą: sworzeń, ucho i widełki. Sworzeń często zabezpiecza się przed wypadnięciem [podkładkami](http://pl.wikipedia.org/wiki/Podk%C5%82adka_(technika)) z [zawleczkami](http://pl.wikipedia.org/wiki/Zawleczka). Sworzniami nazywa się grubsze kołki walcowe, zabezpieczone przed wysunięciem z łączonych części.

|  |
| --- |
|  |
| **Rys. 1.19** Połączenie sworzniowe widełkowe |

Połączenie sworzniowe zwykle wykorzystywane jest do łączenia [przegubów](http://pl.wikipedia.org/wiki/Przegub). Sworzeń może być umieszczony na [wcisk](http://pl.wikipedia.org/wiki/Wcisk) w jednym elemencie przegubu, podczas gdy [pasowanie](http://pl.wikipedia.org/wiki/Pasowanie_(maszynoznawstwo)) z drugim elementem jest luźne. Pozwala to na obrót jednego z elementów względem osi sworznia.

Połączenia sworzniowe są stosowane przede wszystkim w połączeniach ruchowych (wahliwych, przegubowych), np. do łączenia tłoków z korbowodami w silnikach i pompach, ogniw w łańcuchach sworzniowych itd. Za pomocą sworzni łączy się pasy blachy, pręty itp (podobnie jak w połączeniach nitowych), gdy zależy nam na otrzymaniu połączeń rozłącznych.

Zależnie od przewidywanych warunków pracy i wymagań konstrukcyjnych, sworznie mogą być pasowane ciasno w obu częściach łączonych lub też w jednej części ciasno, a w drugiej - luźno. W konstrukcjach, w których obie części współpracujące mają wykonywać ruchy wahliwe względem sworznia, są stosowane sworznie (tzw. ,,pływające"), osadzone luźno w obu częściach.

**Netografia:**

1. Portal branżowy spawaczy <http://www.spawacz.pl/>
2. Portal e-Spawalnik <http://www.e-spawalnik.pl/>
3. Procesy spawalnicze <http://www.esab.pl/pl/pl/education/processes.cfm>
4. Serwis branżowy spawalnictwa - <http://www.spawalnictwo.com.pl/>
5. <http://pl.wikipedia.org/wiki/Po%C5%82%C4%85czenie_kszta%C5%82towe>
6. [http://home.agh.edu.pl/~kmtmipa/dydaktyka/automatyka/1/polkonstrukcyjne.pdf](http://home.agh.edu.pl/%7Ekmtmipa/dydaktyka/automatyka/1/polkonstrukcyjne.pdf)
7. [http://kmpkm.zut.edu.pl/pub/Podstawy\_Konstrukcji\_Maszyn/PKM\_wyklady%20(M.Zebrowski)/Zajecia%20projektowe/5.1.Pol.%20gwintowe.pdf](http://kmpkm.zut.edu.pl/pub/Podstawy_Konstrukcji_Maszyn/PKM_wyklady%20%28M.Zebrowski%29/Zajecia%20projektowe/5.1.Pol.%20gwintowe.pdf)
8. [http://www.pg.gda.pl/~wlitwin/pkm/1\_05.pdf](http://www.pg.gda.pl/%7Ewlitwin/pkm/1_05.pdf)
9. <http://www.jankowskimarek.ukw.edu.pl/jankowski/CzesciMaszynCz1.pdf>