

## POŁĄCZENIA KONSTRUKCYJNE

**Połączenia konstrukcyjne nierozłączne** są to takie połączenia, w których podczas rozłączania następuje zniszczenie lub uszkodzenie elementów łączonych lub łączników.

**Połączenia konstrukcyjne rozłączne** są to takie połączenia, które umożliwiają wielokrotne łączenie i rozłączanie elementów konstrukcyjnych bez ich uszkodzenia.

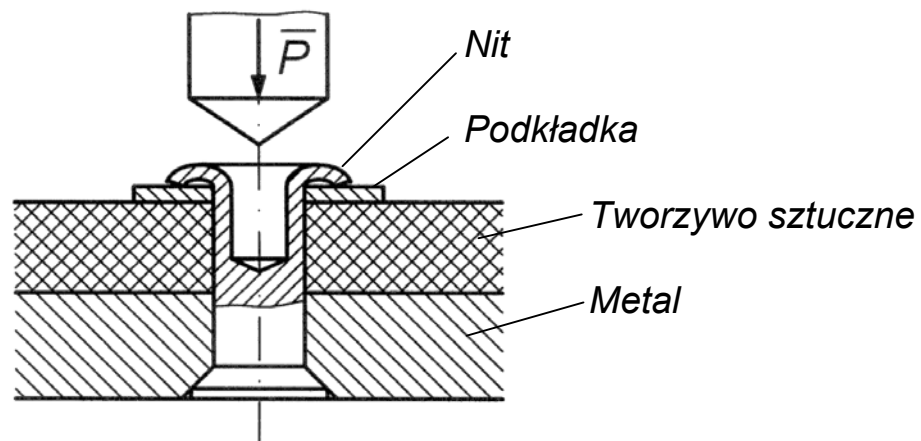
Ze względu na sposób powiązania elementów, połączenia konstrukcyjne można podzielić na:

- **bezpośrednie** – tj. takie, w których elementy są ze sobą połączone bez elementów pomocniczych,
- **pośrednie** – tj. takie, w których wykorzystuje się dodatkowe elementy - łączniki np.: śruby, nity, kołki.

### POŁĄCZENIA NIEROZŁĄCZNE

#### 1) NITOWANE POŚREDNIE

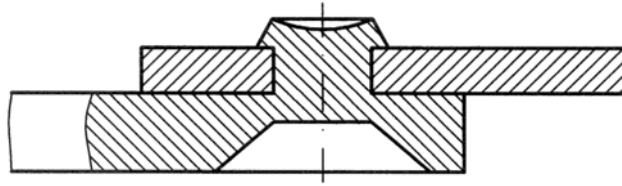
Zastosowanie: łączenie płaskich elementów konstrukcyjnych



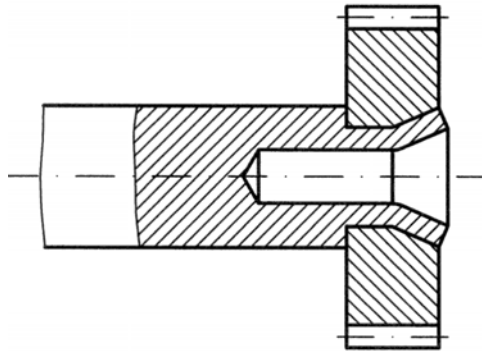
Rys. 1. Połączenie nitowane

W przypadku łączenia części metalowych zaleca się:  $g < d_n < 2g$   
gdzie:  $g$  - grubość blachy,  $d_n$  - średnica nitu

## 2) NITOWANIE BEZPOŚREDNIE

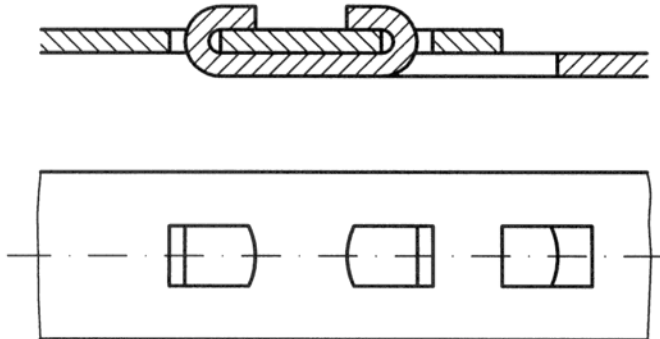


**Rys. 2.** Bezpośrednie połączenie płyt metalowych cieńszej i grubszej



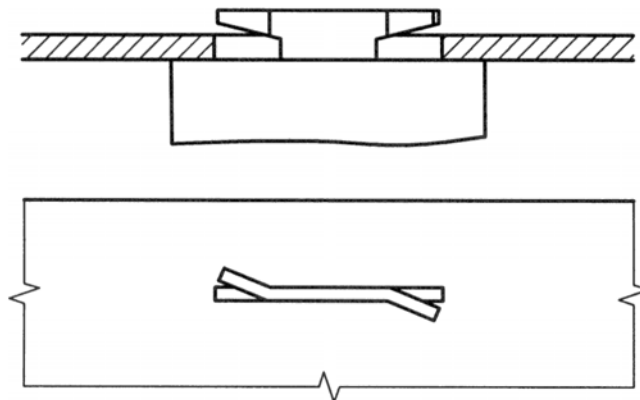
**Rys. 3.** Bezpośrednie połączenie koła zębatego z wałkiem

## 3) POŁĄCZENIE ZA POMOCĄ ŁAPEK



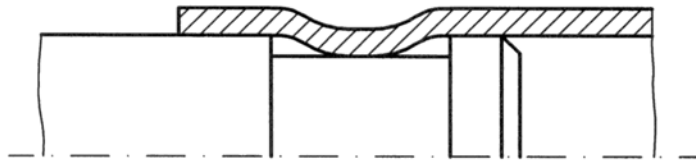
W przypadku blach o grubości  $g < 0,5$  mm, łapki są zaginane lub skręcane, jeżeli  $g = 1 - 2$  mm łapki są roznitowane

**Rys. 4.** Połączenie cienkich blach równoległych za pomocą łapek



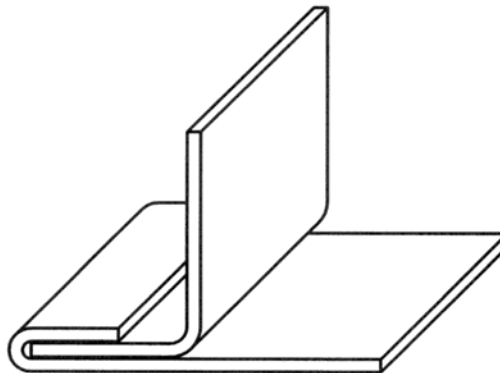
**Rys. 5.** Połączenie cienkich blach prostopadłych za pomocą łapek

#### 4) POŁĄCZENIE ZA POMOCĄ ZAWALCOWANIA



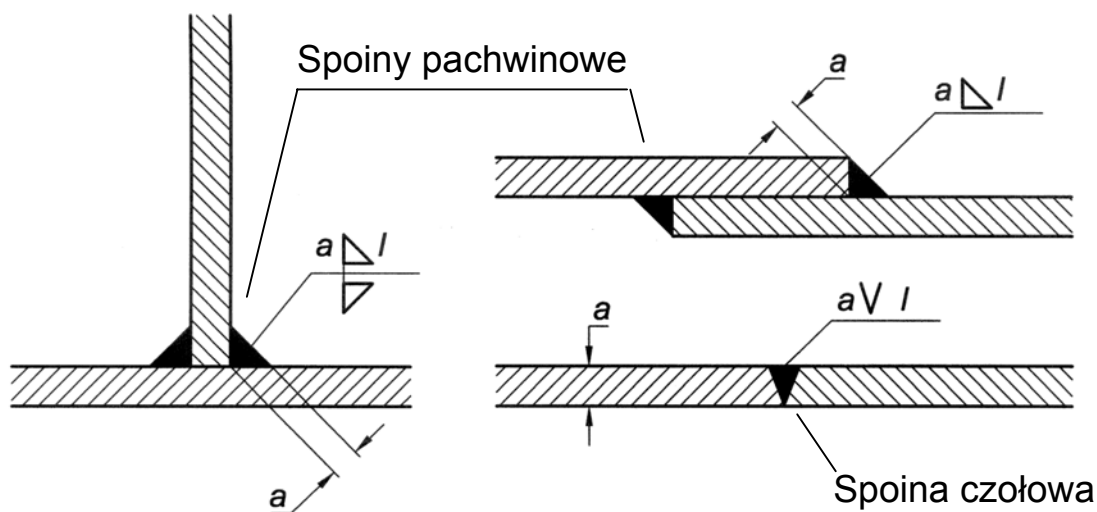
**Rys. 6.** Połączenie rury cienkościennej z rurą lub prętem

#### 4) POŁĄCZENIE POPRZECZ ZAWINIĘCIE



**Rys. 7.** Połączenia blach cienkich poprzez zawinięcie

**5) POŁĄCZENIA SPAWANE** są stosowane rzadziej w konstrukcjach drobnych i konstrukcjach mechanicznych urządzeń elektronicznych. Wykorzystywane są natomiast głównie w konstrukcjach dużych szaf sterowniczych, konstrukcjach wsporczych, dużych obudowach, pulpitach i szkieletach konstrukcyjnych.



**Rys. 8.** Spawanie czołowe i pachwinowe blach

Naprężenia dopuszczalne w spoinach:

$$k'_r = 0,8k_r; k'_c = k_r; k'_g = 0,9k_r; k'_t = 0,65k_r$$

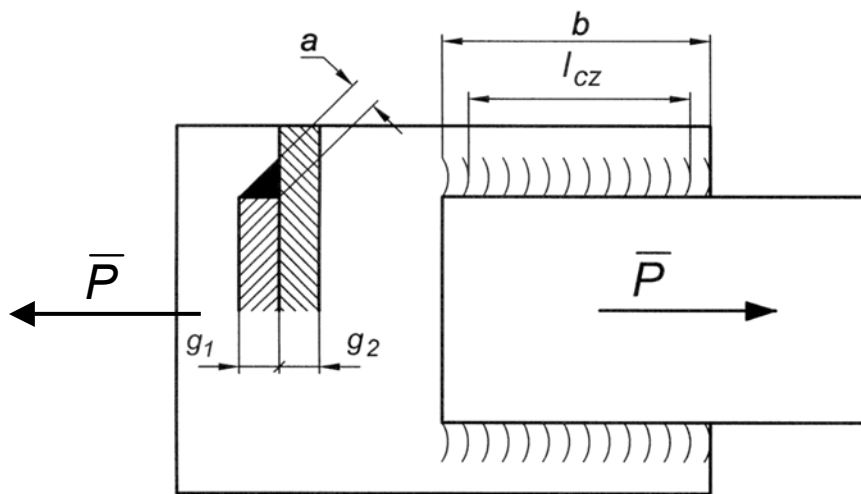
gdzie:  $k_r = k_c = 120 \text{ MPa}$

### Obliczenia wytrzymałościowe złączy spawanych

Złącza spawane obliczamy uwzględniając każdorazowo rodzaj naprężeń występujących w spoinie.

#### Przykład obliczeń wytrzymałościowych złącza spawanego

Ze względu na układ sił zewnętrznych w spoinie na rys. 9 wystąpią naprężenia ścinające.



Rys. 9. Złącze spawane poddane działaniu sił rozciągających

Naprężenia ścinające w spoinie: 
$$\tau_{sp} = \frac{T}{A_{sp}} \leq k'_t$$

gdzie:

$T$  – siła tnąca w spoinie:  $T = \frac{P}{2}$

$A_{sp}$  – powierzchnia czynna przekroju spoiny:  $A_{sp} = l_{cz} \cdot a$

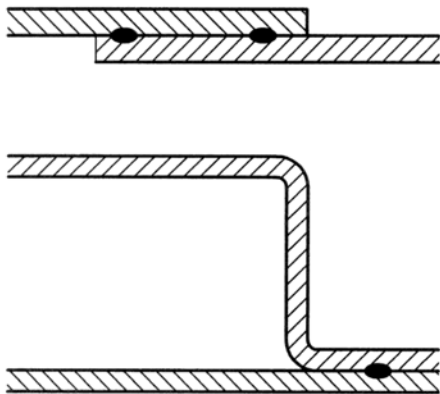
$l_{cz}$  – długość czynna spoiny

$a$  – szerokość spoiny

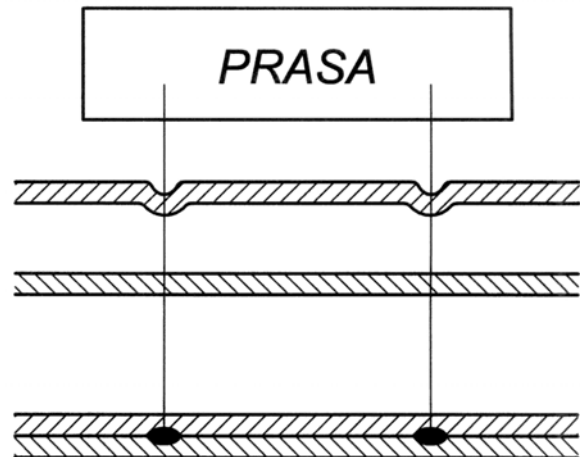
**6) POŁĄCZENIA ZGRZEWANE** są stosowane w konstrukcjach wsporników, ścianek, obudów, szaf sterowniczych itp.

Zgrzewanie jest procesem łączenia elementów konstrukcji polegającym na ich podgrzaniu w miejscu styku do temperatury plastyczności przy równoczesnym odpowiednim nacisku.

Najczęściej jest stosowane zgrzewanie elektryczne **oporowe**: doczołowe, punktowe, garbowe i liniowe.



Rys. 10. Zgrzewanie punktowe



Rys. 11. Zgrzewanie garbowe

Metodą zgrzewania można łączyć ze sobą różnorodne **metale i ich stopy**

Do łączenia blach cienkich powszechnie stosowane jest zgrzewanie punktowe.

Norma PN-74/M –69020 określa parametry zgrzein punktowych w zależności od grubości łączonych blach.

Np. dla blach o grubości:  $g_1 = g_2 = 1,0 \text{ mm}$  ;

średnica zgrzeiny wynosi 5 mm, siła niszcząca  $F=2100 - 5500 \text{ N}$

Dopuszczalne stałe obciążenie złącza zgrzewanego można obliczyć ze

wzoru:  $F_r \leq \frac{n \cdot F}{x}$  ; gdzie:  $n$  – liczba zgrzein,

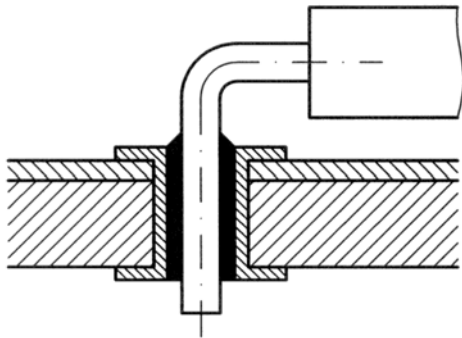
$x$  – współczynnik bezpieczeństwa  $x = \frac{R_m}{k_r}$

dla stali -  $x \approx 4$

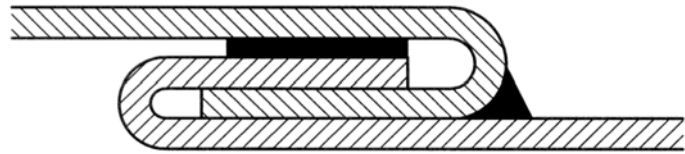
**6) POŁĄCZENIA LUTOWANE** są to połączenia części metalowych za pomocą spoiwa nazywanego lutem, którym jest metal o niższej temperaturze topnienia niż łączone elementy.

**Lutowanie miękkie** - jest stosowane często w połączeniach przewodzących prąd, lecz nie przenoszących dużych sił. Ten typ lutowania stosowany jest również w konstrukcjach z blach cienkich np. obróbki dachów, rynny itp.

**Luty miękkie** są to stopy cyny i ołowiu z dodatkami o temperaturze topnienia  $183 - 300^{\circ}\text{C}$ . Luty te posiadają małą wytrzymałość na ścinanie  $14 - 22 \text{ MPa}$ .



**Rys. 12.** Przyłączenie elementu elektronicznego do płytki



**Rys. 13.** Kształtowe łączenie blach połączone z lutowaniem

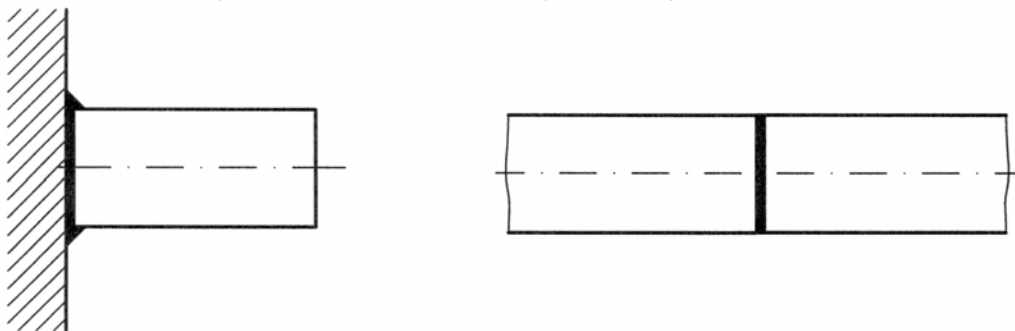
**Lutowanie twarde** jest połączeniem o własnościach pośrednich pomiędzy lutowaniem miękkim i spawaniem

**Luty twarde** są to spoiwa mosiężne, srebrne, brązowe, niklowe, o temperaturze topnienia wyższej niż  $500^{\circ}\text{C}$ .

Metale łączone: stal, miedź, stopy miedzi, stale stopowe.

Wytrzymałość znaczna, na ścinanie  $k_t = 140 \div 250 \text{ MPa}$

Grubość warstwy spoiwa powinna być mniejsza niż  $0,05 \text{ mm}$



**Rys. 14.** Przykłady zastosowania lutowania twardego

## POŁĄCZENIA ROZŁĄCZNE

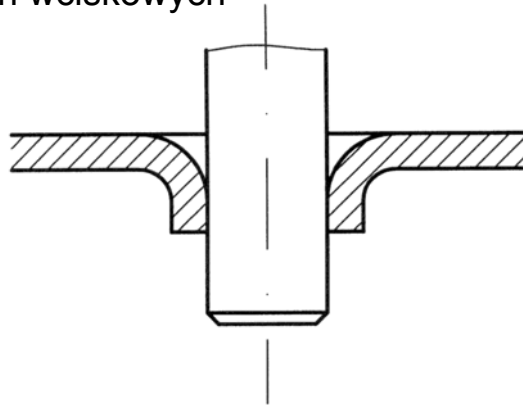
### POŁĄCZENIA WCISKOWE

Mogą być wielokrotnie łączone i rozłączane pod warunkiem nieuszkodzenia powierzchni styku.

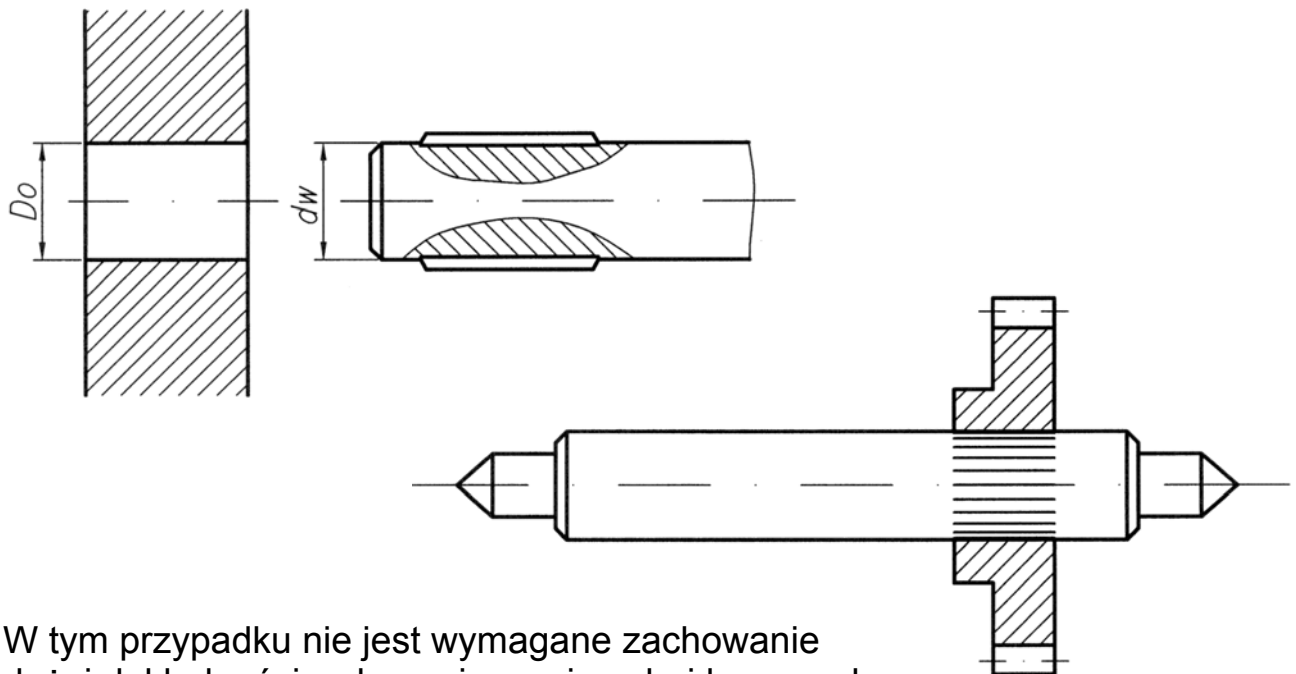
Połączenie wciskowe uzyskuje się poprzez wtłoczenie czopa jednej części do otworu drugiej. Na skutek wtłoczenia w obydwu elementach powstają odkształcenia sprężyste.

W połączeniach wciskowych stosowane jest **pasowanie wtłaczane np. H7/s7**, dlatego można je nazywać połączeniami wtłaczanymi.

Przykłady połączeń wciskowych



Rys. 15. Połączenie wciskowe wałka z kołnierzem o wywiniętej piaście



W tym przypadku nie jest wymagane zachowanie dużej dokładności wykonania powierzchni łączonych

Rys. 16. Połączenie wciskowe kształtowe

## Obliczenia wytrzymałościowe połączeń wciskowych

**Wartość siły wzdłużnej**, którą można obciążyć złącze włączane wynosi:

$$F \leq p_r \cdot \pi \cdot d \cdot l \quad \text{w [N]}$$

$p_r$  - wartość jednostkowej siły rozłączającej złącze w Pa.  
 $d$  – średnica nominalna w m,  
 $l$  – długość połączenia w m.

$p_r$  - zależy od wartości wcisku względnego „w” tj. wartości wcisku odniesionego do wymiaru nominalnego  $d$ .

$$w_{min} = \frac{W_{min}}{d} = \frac{d_{w min} - D_{o max}}{d} \quad \left[ \frac{\mu m}{mm} \right]$$

$$w_{max} = \frac{W_{max}}{d} = \frac{d_{w max} - D_{o min}}{d} \quad \left[ \frac{\mu m}{mm} \right]$$

Wartość  $p_r$  - określa się na podstawie wcisku względnego, rodzaju materiału oraz prędkości łączenia elementów wyrażonej w  $m \cdot s^{-1}$ .  
 Wartości  $p_r$  są stabelaryzowane. Przykład: czop stalowy, tuleja stalowa,  
 $w = 10 \mu m / mm$ ,  $v = 0,001 m \cdot s^{-1}$ ,  $p_r = 29 MPa$ .

**Wartość momentu skręcającego** jakim można obciążyć złącze włączane wynosi:

$$M_s \leq 0,5 p_r \cdot \pi \cdot d^2 \cdot l \quad \text{[Nm]}$$

*Materiały połączeń włączanych: stal – stal, stal – mosiądz  
 np. koło zębate - mosiądz,  
 wałek - stal*



## POŁĄCZENIA KSZTAŁTOWE

### 1) POŁĄCZENIA KOŁKOWE

Są to połączenia realizowane przy pomocy elementów konstrukcyjnych o kształcie walca lub stożka – nazywanych **kołkami**.

Rozróżnia się:

**kołki złączne** – przeznaczone do łączenia części mechanicznych,

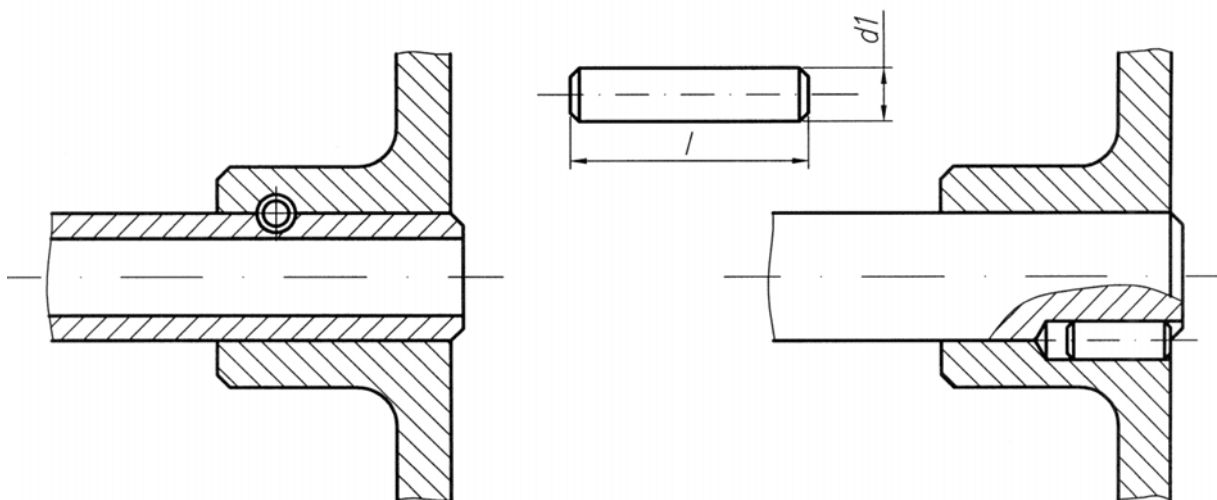
**kołki ustalające** – przeznaczone do ustalania wzajemnego położenia części mechanicznych,

**kołki prowadzące** – pełniące rolę elementów prowadzących w parach kinematycznych.

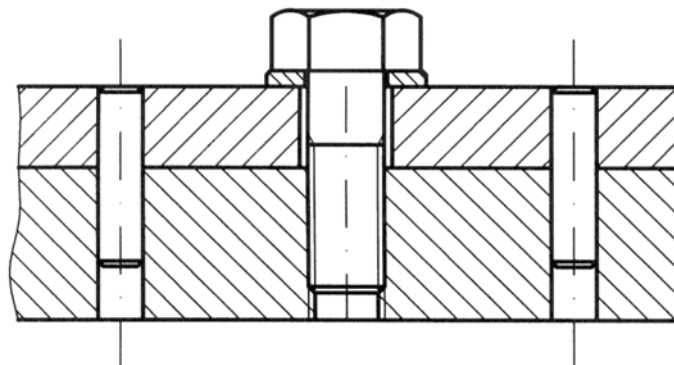
Materiał kołków: stal 45, 55.

Kształty i wymiary kołków określają normy. Parametry kołków walcowych określa norma PN-66/M-85021.

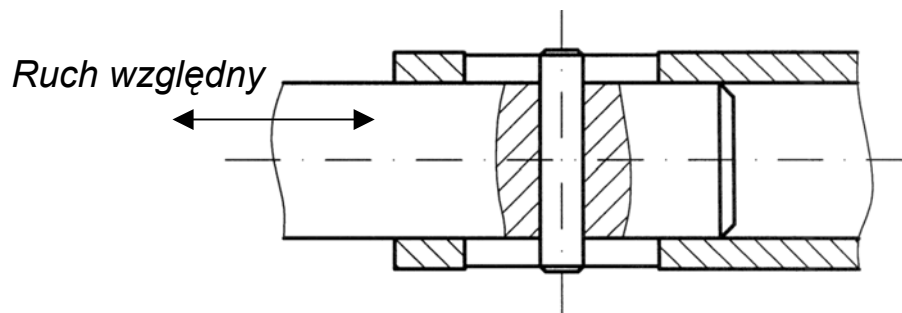
Przykłady połączeń



**Rys. 17.** Połączenia konstrukcyjne przy pomocy kołków złącznych



**Rys. 18.** Zastosowanie kołków do ustalania położenia części



**Rys. 19.** Zastosowanie kołka do prowadzenia części w przypadku ich ruchu względnego

### Obliczenia wytrzymałościowe kołków

W przypadku kołków złącznych sprawdzamy warunek na ścinanie

$$d_k \geq \sqrt{\frac{4T}{\pi \cdot k_t}}, \text{ gdzie } T - \text{ siła tnąca w przekroju kołka.}$$

W mechanizmach drobnych przyjmuje się:  $d_k = \left(\frac{1}{3} \div \frac{1}{4}\right)d$

gdzie  $d$  – średnica wałka

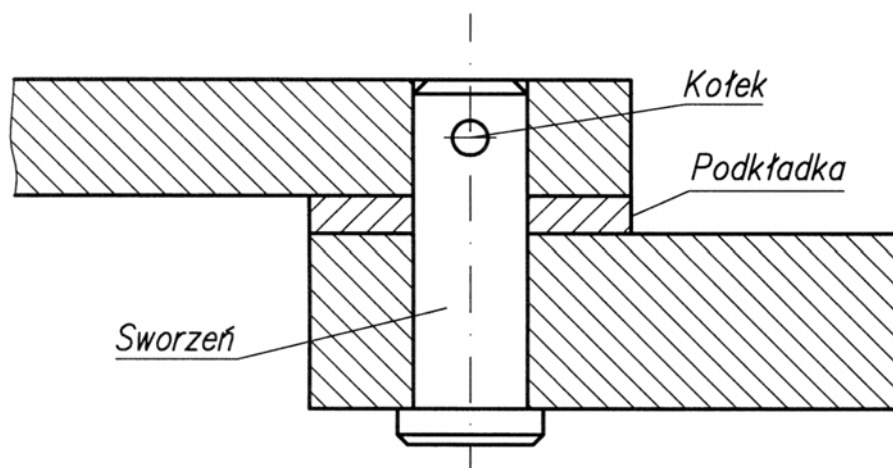
## 2) POŁĄCZENIA SWORZNIOWE

**Sworznie** są to krótkie wałki służące zwykle do tworzenia połączeń przegubowych (par kinematycznych).

Sworznie są wykonywane jako: walcowe (pełne i drażnione) oraz kształtowe z łbem lub bez łba.

Sworznie walcowe gładkie – PN-63/M-83001

Sworznie walcowe z łbem – PN-63/M-83001



**Rys. 20.** Typowe połączenie sworzniowe tworzące przegub walcowy

## Obliczenia wytrzymałościowe połączeń sworzniowych:

Sworznie ciasno pasowane – należy sprawdzić **warunek na ścinanie i nacisk powierzchniowy**

Sworznie luźno pasowane – należy sprawdzić **warunek na zginanie i nacisk powierzchniowy**

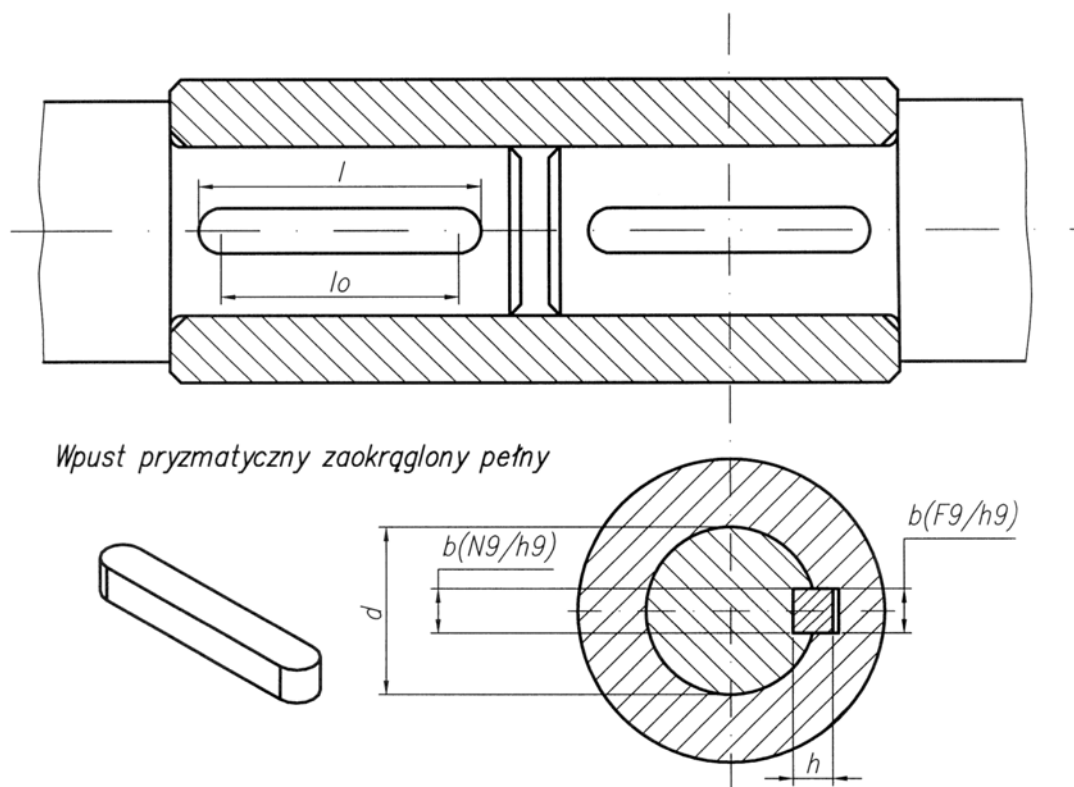
## 2) POŁĄCZENIA WPUSTOWE

W połączeniu wpustowym elementem łączącym jest **wpust**.

Kształty oraz wymiary wpustów są znormalizowane. Wymiary wpustów pryzmatycznych określa norma PN-70/M-85005, natomiast wpustów czółenkowych norma PN-70/M-85008.

Zastosowanie wpustów:

połączenia kół z wałkami, sprzęgieł z wałkami oraz korb, dźwigni z wałkami itp.



**Rys. 21.** Połączenie wpustowe czopów wałów i sprzęgła

Połączenia wpustowe są wykonywane jako:

**spoczynkowe** - pasowanie **N9/h9** w wałku i w piaście,

**ruchowe** – pasowanie **N9/h9** w wałku oraz **F9/h9** w piaście.

**Obliczenia wytrzymałościowe połączeń wpustowych:**

Połączenia wpustowe przenoszą moment skręcający

Wymiary poprzeczne wpustu: szerokość i wysokość ( $b \times h$ ) dobiera się z tablic na podstawie średnicy wałka  $d$ . Długość wpustu  $l$  wyznaczana jest na podstawie obliczeń wytrzymałościowych.

Podstawą obliczeń wytrzymałościowych jest sprawdzenie nacisków powierzchniowych wywołanych przez wpusty.

Długość czynną wpustu  $l_0$  określa się ze wzoru:

$$l_0 \geq \frac{4M_s}{d \cdot h \cdot z \cdot p_{dop}} \quad [m],$$

gdzie:

$M_s$  - moment skręcający,

$z$  – liczba wpustów (1 lub 2),

$p_{dop}$  - nacisk dopuszczalny w  $Nm^{-2}$ ,

$d, h$  – poprzeczne wymiary wpustu w  $m$ ,

$p_{dop} = (0,7 \div 0,8) \cdot k_c$  - dla połączeń spoczynkowych,

$p_{dop} = (0,35 \div 0,4) \cdot k_c$  - dla połączeń ruchomych.

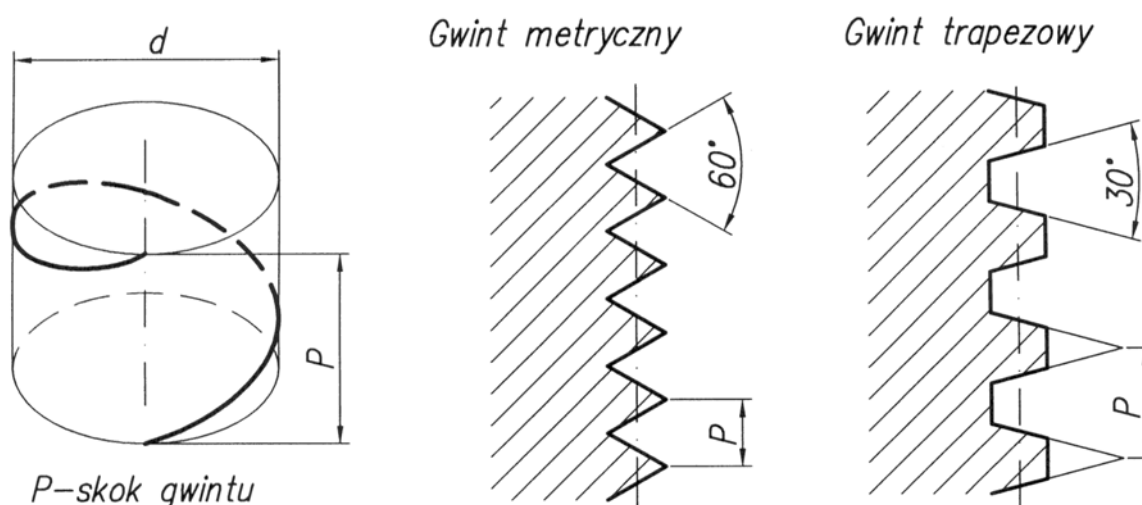
## POŁĄCZENIA GWINTOWE

Rodzaje: połączenia pośrednie, połączenia bezpośrednie

W połączeniach pośrednich wykorzystywane są łączniki gwintowe: wkręty, śruby, nakrętki.

W połączeniach bezpośrednich części są łączone za pomocą wykonanego na nich gwintu wewnętrznego i zewnętrznego.

Najczęściej stosowany jest **gwint metryczny zwykły lub drobnozwojowy**



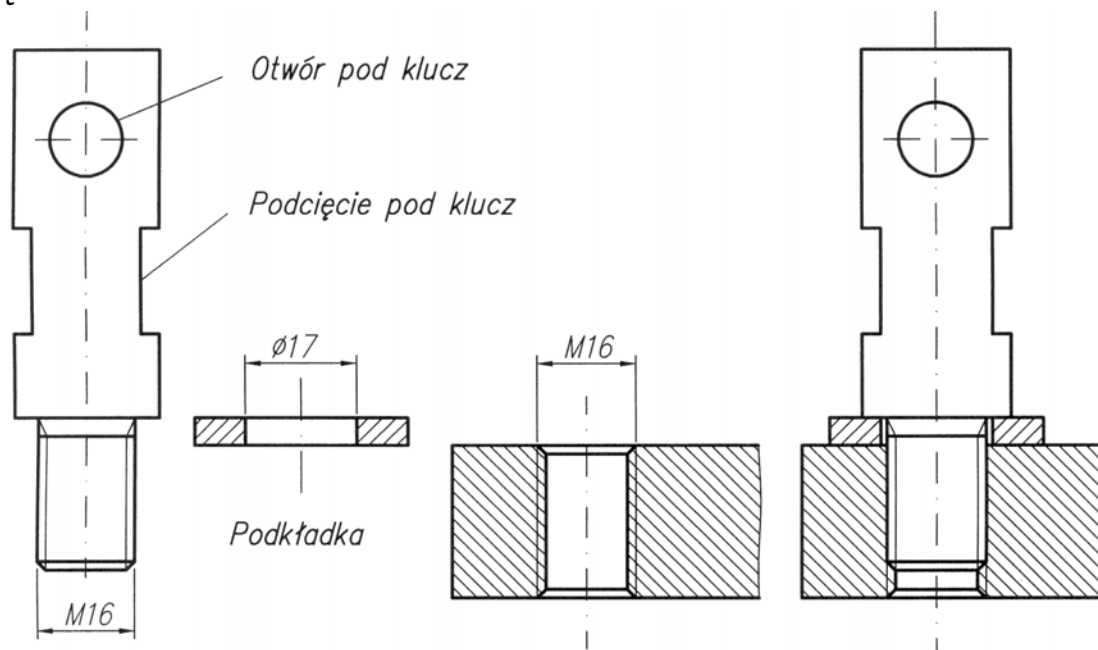
Rys. 22. Parametry geometryczne gwintu

Tablica 1. Wybrane rodzaje połączeń gwintowych i ich oznaczenia

Rodzaj gwintu	Wymiary które należy podać w oznaczeniu	Znak	Przykład
Metryczny zwykły	średnica zewnętrzna śruby w mm	M	M20
Metryczny drobnozwojowy	średnica zewnętrzna śruby x skok w mm	M	M16x1
Calowy	średnica zewnętrzna śruby w calach		3/4"
Rurowy walcowy	średnica wewnętrzna rury w calach	G, Rp	G1/2"
Trapezowy symetryczny	średnica zewnętrzna śruby x skok w mm	Tr	Tr24x5
Trapezowy niesymetryczny	średnica zewnętrzna śruby x skok w mm	S	S22x6
Okragły	średnica zewnętrzna śruby w mm x skok w calach	Rd	Rd32x1/8"
Stożkowy metryczny	średnica nominalna x skok w mm	St. M	St. M6x1
Rowerowy	średnica nominalna gwintu w mm	Rw	Rw9,5

## Połączenia gwintowane bezpośrednie

Części łączone bezpośrednio muszą mieć kształt umożliwiający ich skręcenie



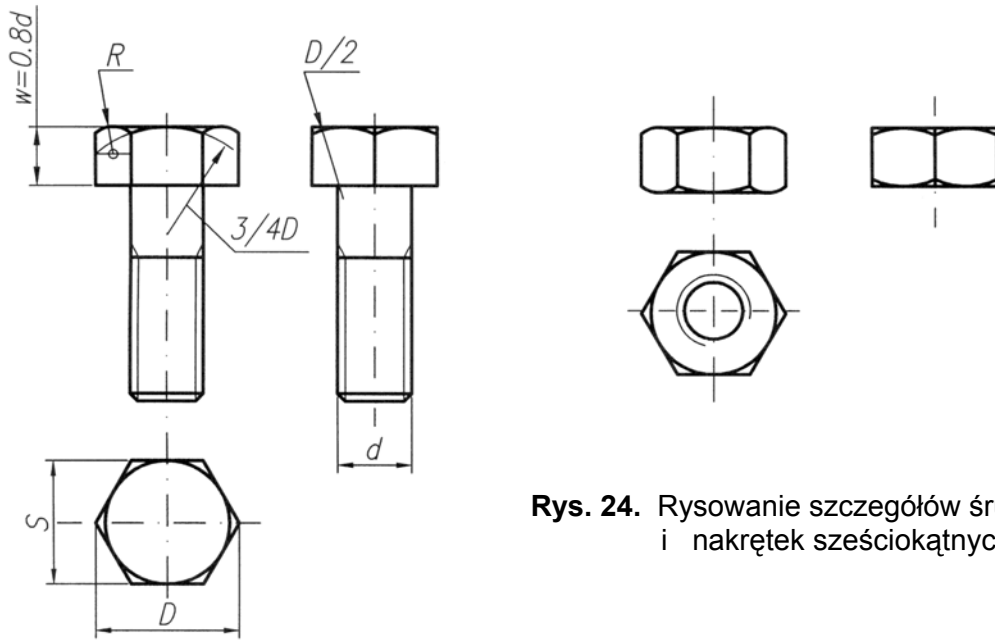
Rys. 23. Przykład bezpośredniego połączenia gwintowego

## Połączenia gwintowane pośrednie

**Wkrętami** nazywane są łączniki gwintowe z gwintami zewnętrznymi i łbem zaopatrzonym w odpowiednie w nacięcia umożliwiające wkręcenie ich w otwór gwintowany za pomocą wkrętaka.

**Śruby** są stosowane razem z **nakrętkami** i służą do łączenia dwóch lub więcej części. Śruby są zakończone łbem kształtowym umożliwiającym ich przykręcenie za pomocą klucza. Najczęściej są stosowane śruby z łbem sześciokątnym.

Łączniki gwintowe można rysować w sposób dokładny, uproszczony lub symboliczny. Przedstawienie dokładne łącznika pokazuje wszystkie szczegóły postaci konstrukcyjnej zgodnie z zasadami rzutowania. Przedstawienie uproszczone pomija pewne szczegóły jak: wyjście gwintu, zaokrąglenia, fazowania krawędzi itp. Przedstawienie symboliczne polega na rysowaniu odpowiednich symboli jest stosowane na rysunkach złożeniowych o dużej liczbie części.

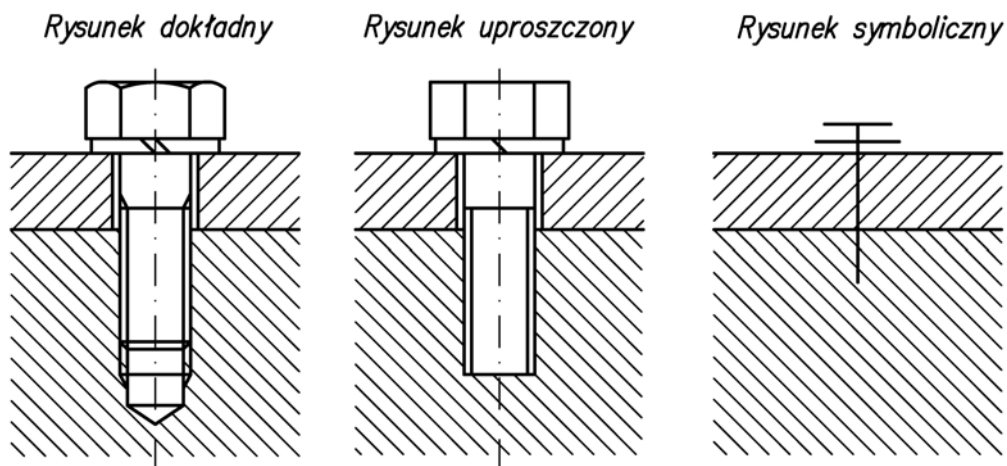


**Rys. 24.** Rysowanie szczegółów śrub i nakrętek sześciokątnych

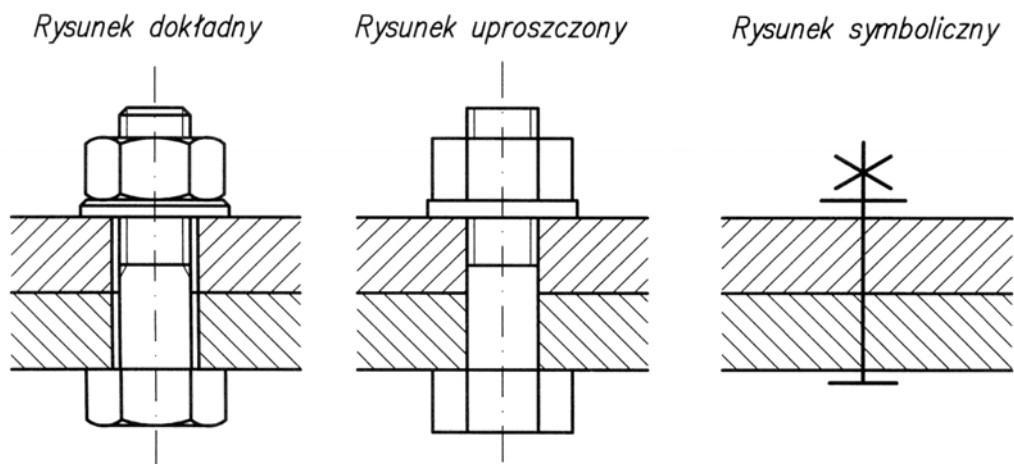
**Tablica. 2.** Rysowanie dokładne, uproszczone i symboliczne wybranych łączników gwintowych

<i>Rysunek dokładny</i>	<i>Rysunek uproszczony</i>	<i>Symbol</i>
<p><i>Wkręt</i></p>		
<p><i>Śruba</i></p>		
<p><i>Nakrętka</i></p>		
<p><i>Podkładka</i></p>		

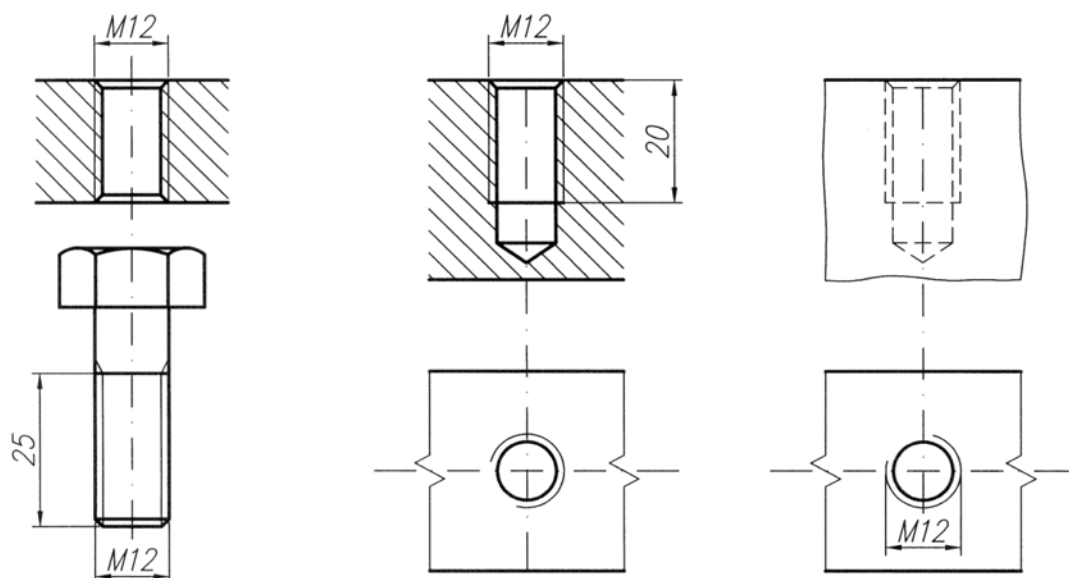
## Rysowanie połączeń gwintowych pośrednich



**Rys. 25.** Połączenie elementów konstrukcyjnych za pomocą śruby



**Rys. 26.** Połączenie elementów konstrukcyjnych za pomocą śruby i nakrętki



**Rys. 27.** Wymiarowanie gwintów



## Literatura:

1. Bober A., Dudziak M.: Zapis Konstrukcji. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej. Poznań, 1996.
2. Dobrzański T.: Rysunek Techniczny Maszynowy. WNT, Warszawa, 1998.
3. Lubiński Z., Kociszewski M., Szczurek K.: Rysowanie i projektowanie części maszyn. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne. Warszawa 1989.
4. Praca zbiorowa.: Mały Poradnik Mechanika. WNT. Warszawa, 1994.
5. Rydzanicz I.: Zapis Konstrukcji. Podstawy. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 1996.