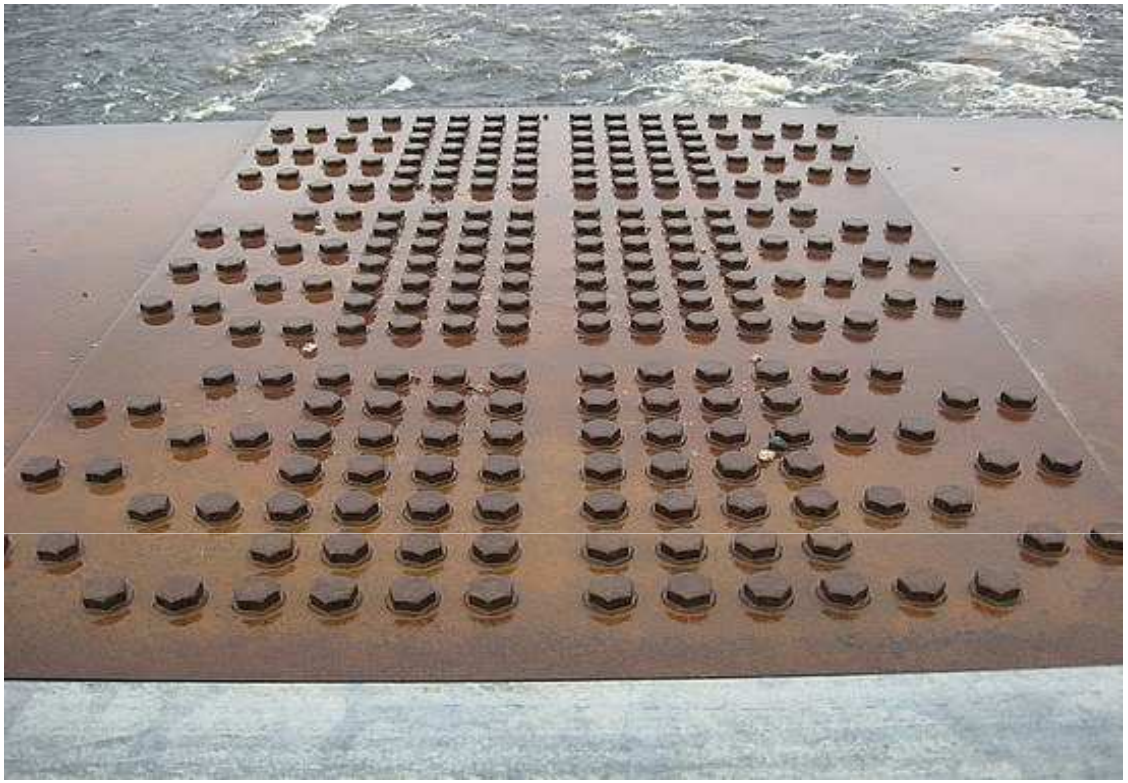


Podstawy Konstrukcji Maszyn

Połączenia gwintowe

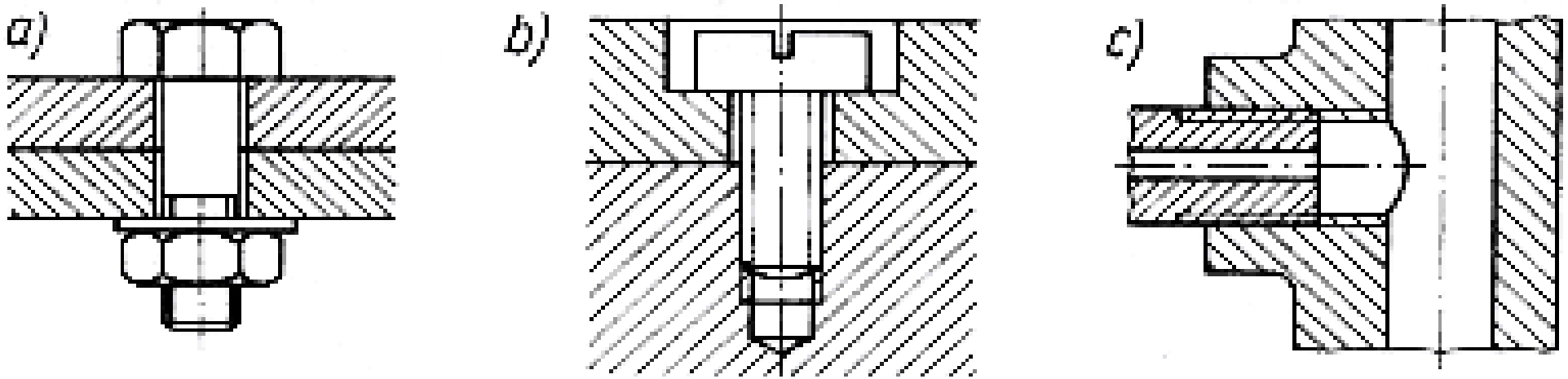
Wprowadzenie

Połączenia gwintowe są połączeniami kształtowymi rozłącznymi najczęściej stosowanymi w budowie maszyn.

Zasadniczym elementem połączenia gwintowego jest *łącznik*, składający się zazwyczaj ze śruby z gwintem zewnętrznym i nakrętki z gwintem wewnętrznym. Skręcenie ze sobą obu gwintów łącznika tworzy połączenie gwintowe.

Wprowadzenie

Połączenia gwintowe dzielą się na *pośrednie* i *bezpośrednie*. W połączeniach pośrednich części maszyn łączy się za pomocą łącznika (a); rolę nakrętki może również odgrywać gwintowany otwór w jednej z łączonych części (b). W połączeniach bezpośrednich gwint jest wykonany na łączonych częściach (c).



Wprowadzenie

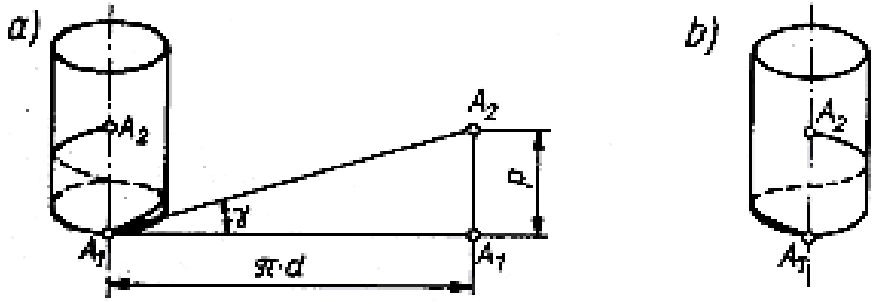
Połączenia gwintowe stanowią połączenia spoczynkowe, wykorzystywane do łączenia części, do regulacji ich położenia itp. Gwinty są stosowane również w mechanizmach śrubowych, określanych także jako połączenia gwintowe ruchowe.

Mechanizmy śrubowe służą do zamiany ruchu obrotowego na postępowo-zwrotny, są stosowane do celów napędowych m.in. do przesuwu stołu lub suportu w obrabiarkach, tworzą zespół roboczy w podnośnikach lub prasach śrubowych itd.

Budowa gwintu

Podstawowym pojęciem, związanym z powstawaniem gwintu jest *linia śrubowa*. Jest to krzywa przestrzenna, opisana 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

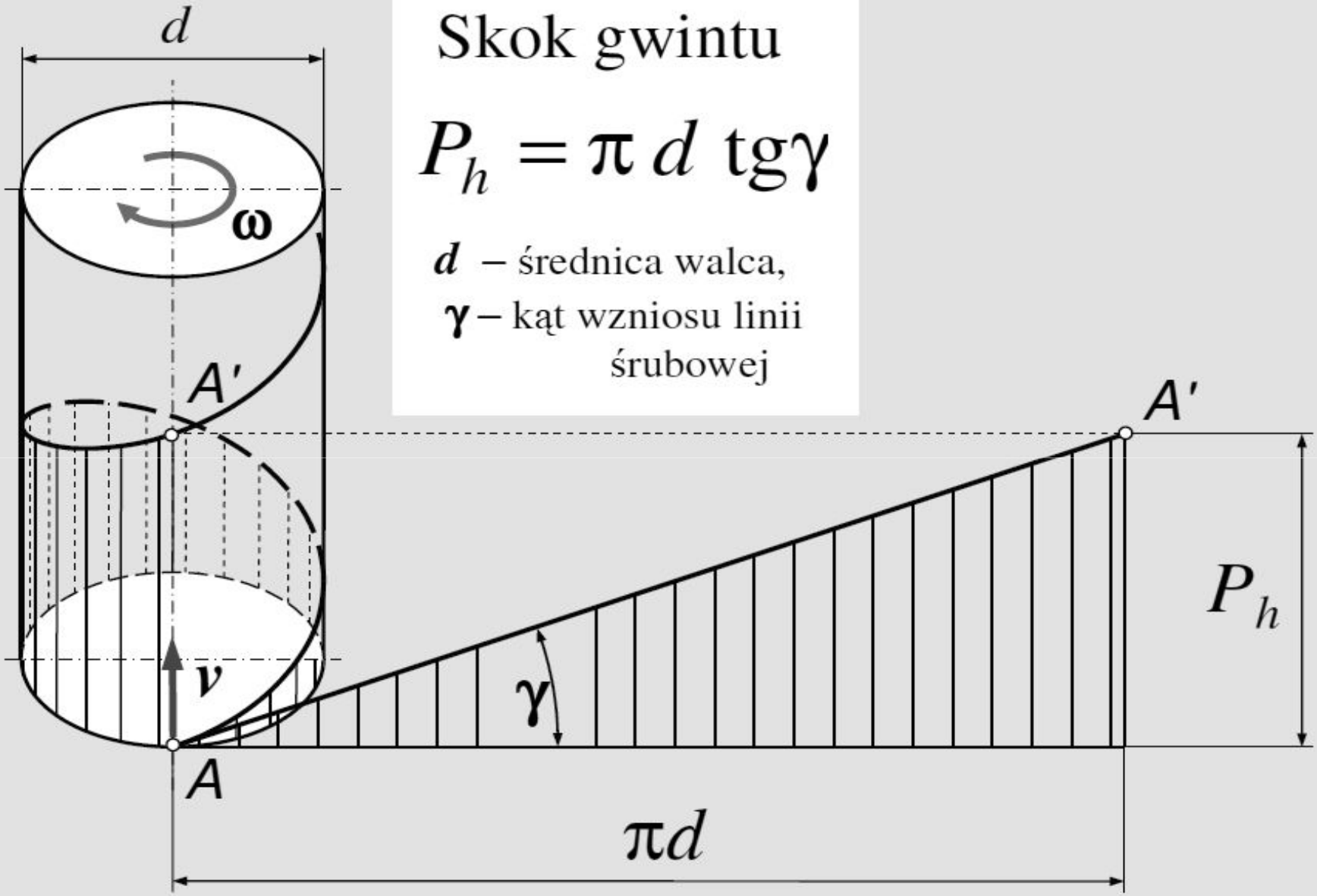


Skok gwintu

$$P_h = \pi\, d\ \mathrm{tg}\gamma$$

d – średnica walca,

γ – kąt wzniosu linii śrubowej



Budowa gwintu

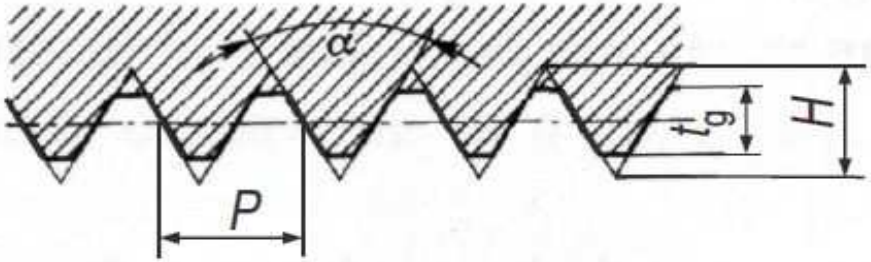
Rozróżnia się linię śrubową *prawą* i *lewą*. Linią śrubową prawą jest linia, która oglądana wzdłuż osi linii śrubowej oddala się od obserwatora w wyniku obrotu zgodnego z obrotem wskazówek zegara, zaś linią śrubową lewą - linia oddalająca się w wyniku obrotu przeciwnego.

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*.

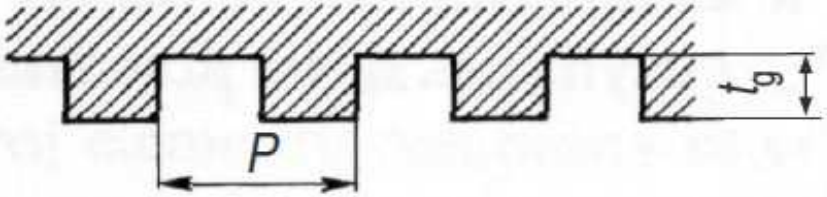
Zarys gwintu tworzy więc linia konturowa przekroju osiowego gwintu. W zależności od zarysu rozróżnia się gwinty: *trójkątne*, *trapezowe symetryczne* i *niesymetryczne*, *prostokątne* i *okrągłe*.

Zarysy gwintu

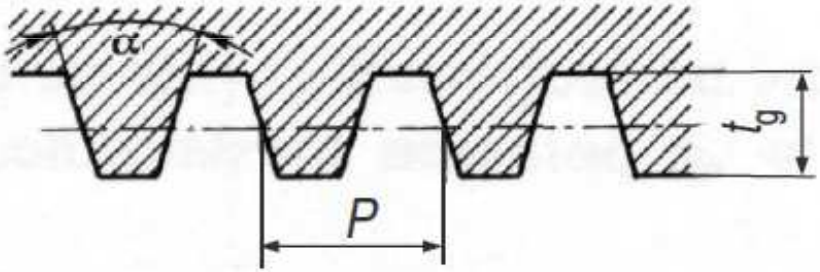
trójkątny



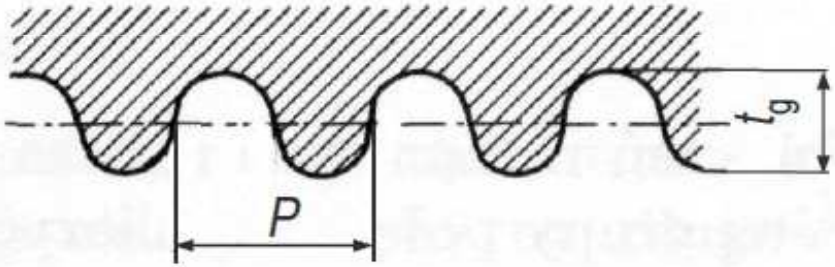
prostokątny



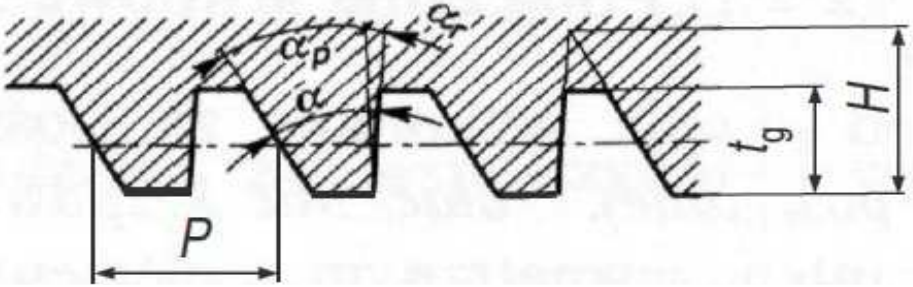
trapezowy symetryczny



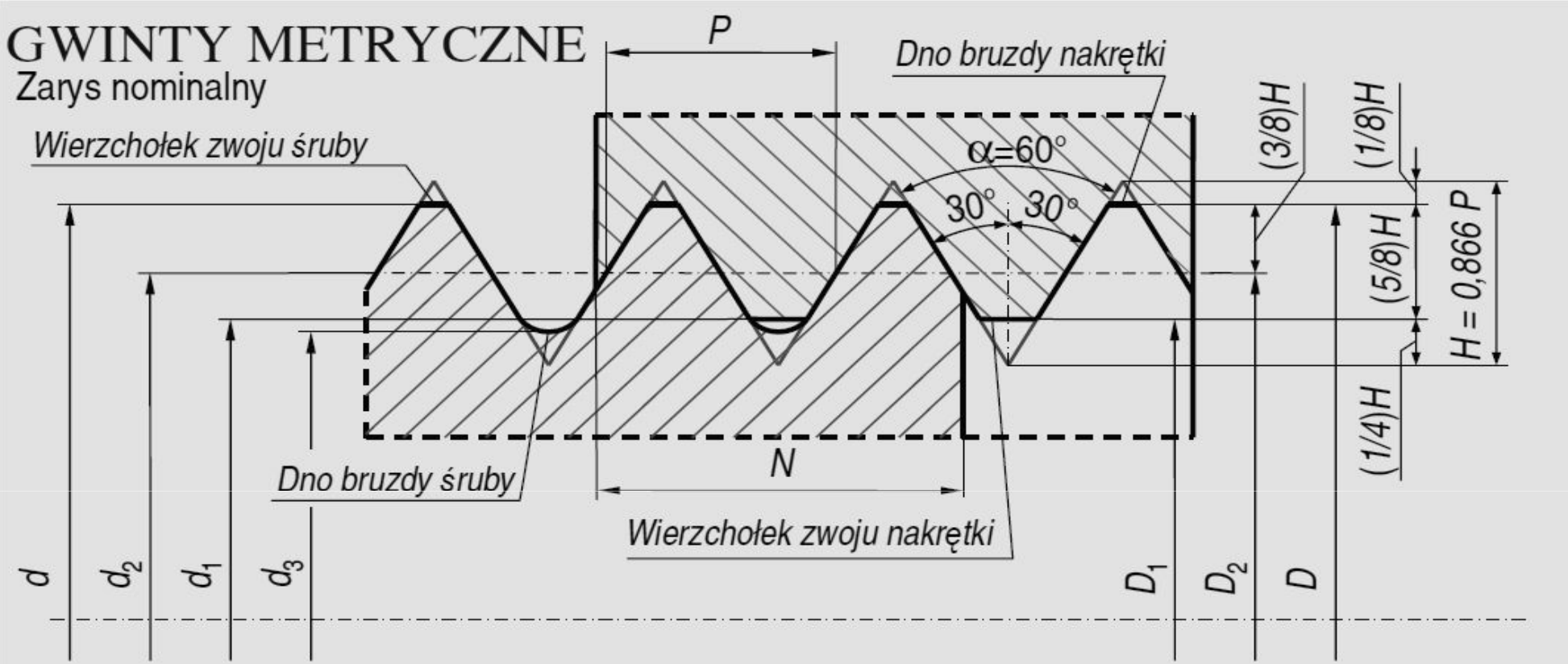
okrągły



trapezowy niesymetryczny



Parametry gwintu



d - nominalna średnica zewnętrzna gwintu zewnętrznego

d_1 - nominalna średnica wewnętrzna gwintu zewnętrznego

d_2 - nominalna średnica podziałowa gwintu zewnętrznego

d_3 - średnica rdzenia śruby

średnice znamionowe

D - nominalna średnica zewnętrzna gwintu wewnętrznego

D_1 - nominalna średnica wewnętrzna gwintu wewnętrznego

D_2 - nominalna średnica podziałowa gwintu wewnętrznego

P - podziałka

H - wysokość trójkąta podstawowego

Rodzaje gwintów i ich zastosowanie

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

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

Rodzaje gwintów i ich zastosowanie

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 (mały kąt γ), zabezpieczając połączenie przed luzowaniem.

Sposoby oznaczania gwintów ogólnego przeznaczenia

Lp.	Nazwa gwintu	α	Oznaczenie [1]	Normy	
				wymiarów	tolerancji
1	Metryczny	60°	M (*d*)	PN-70/ /M-02013	PN-70/ /M-02113
2	Metryczny drobnozwojny	60°	M (*d*x*P*)		
3	Trapezowy symetryczny	30°	Tr (*d*x*P*)	PN-79/ /M-02017	PN-79/ /M-02117
4	Trapezowy niesymetryczny	3° + 30°	S (*d*x*P*)	PN-65/ /M-02019	PN-66/ /M-02119
5	Trapezowy niesymetryczny	3° + 45°	S (*d*x*P*)	PN-69/M-02027	
6	Rurowy walcowy	55°	G (*d*) [2]	PN-79/M-02030	
7	Okrągły	30°	Rd (*d*)	PN-62/M-02035	

Uwagi:

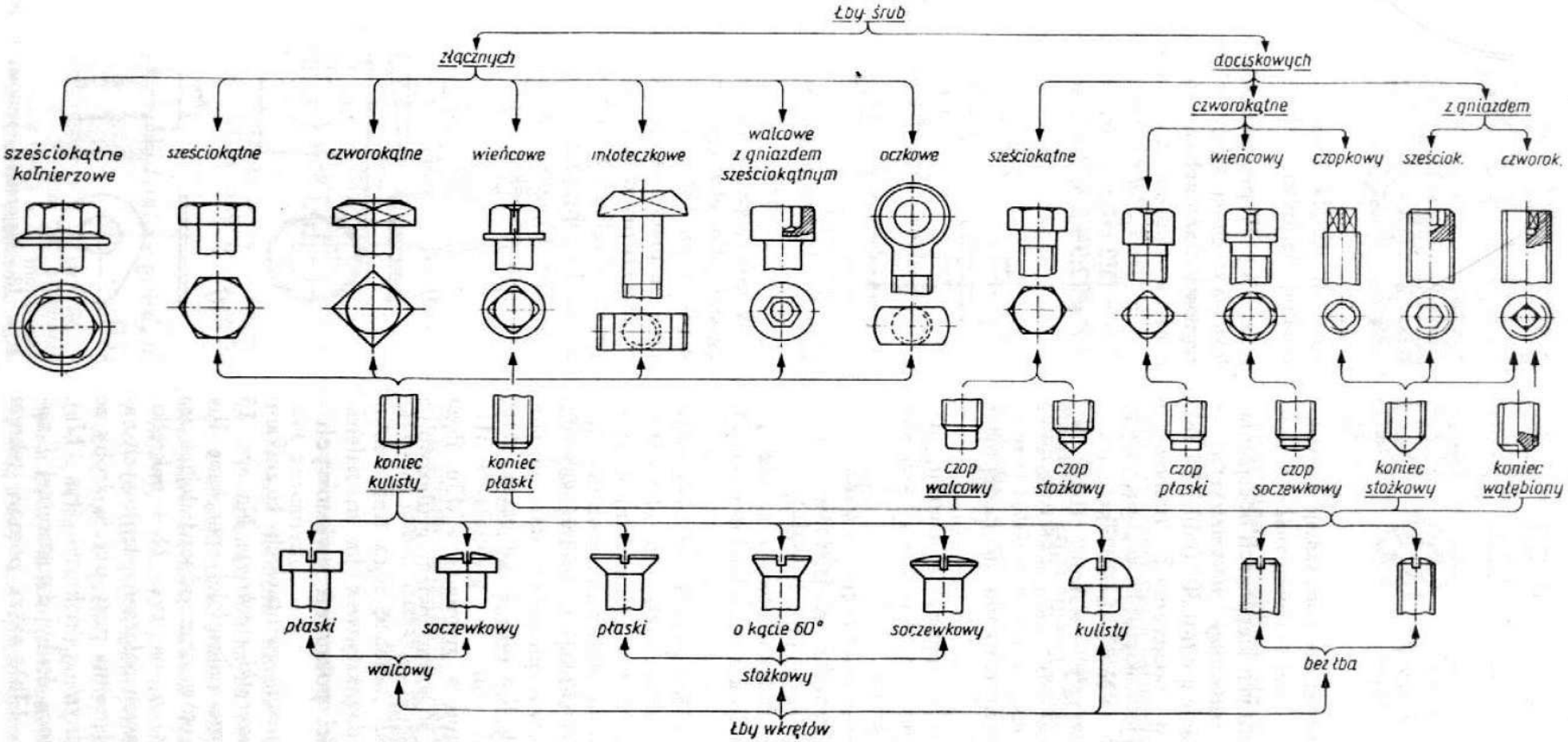
1. Po oznaczeniu dopisuje się symbol LH dla gwintu lewego oraz: „2-krotny", „3-krotny" itd. — dla gwintów wielokrotnych;
2. W gwintach rurowych symbol *d* oznacza średnicę otworu rury (wyrażoną w calach), na której nacięto gwint zewnętrzny.

Łączniki gwintowe

Do znormalizowanych łączników gwintowych należą *śruby*, *wkręty* i *nakrętki*.

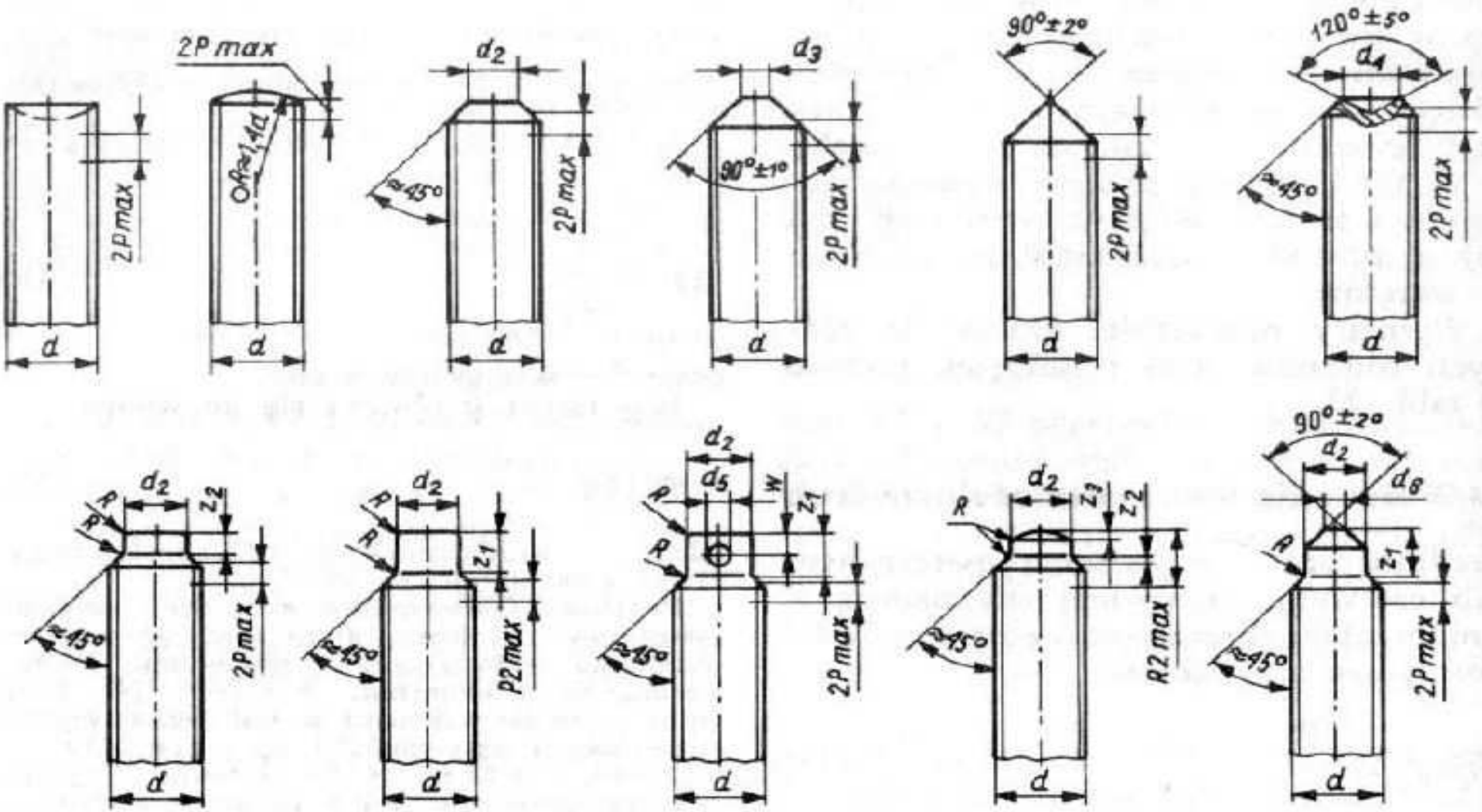
Śruby są to łączniki z gwintem zewnętrznym, zakończone łbem o różnych kształtach - najczęściej sześciokątnym lub kwadratowym. Śruby dokręca się kluczami.

Wkręty mają nacięty na łbie rowek i są dokręcane wkrętakiem. Łączniki te mogą mieć gwint nacięty na całej długości trzpienia lub tylko na jego części.



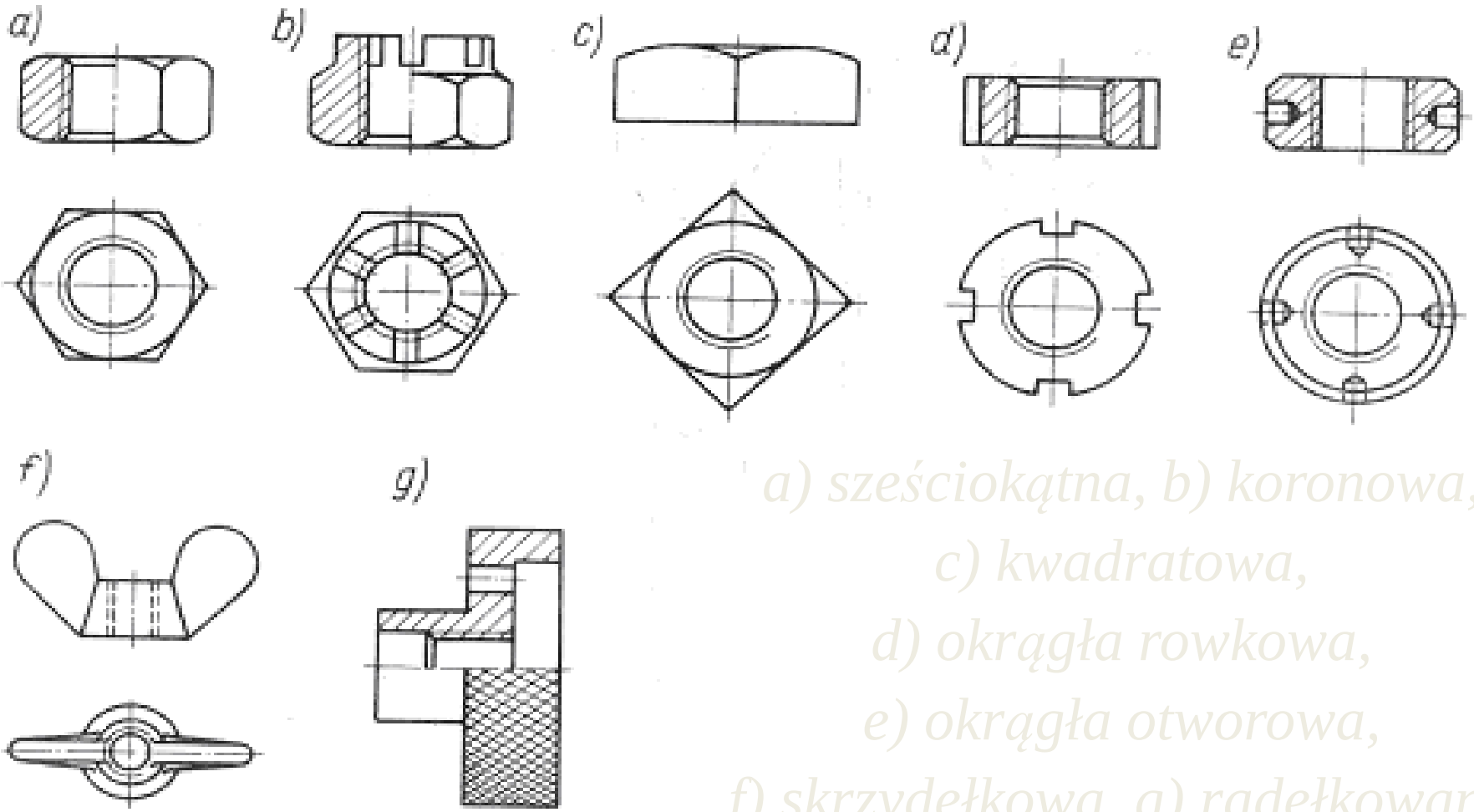
Rys. 15. Rodzaje łbów zakończeń śrub i wkrętów

TABLICA 20. Zakończenia śrub i wkrętów z gwintem metrycznym

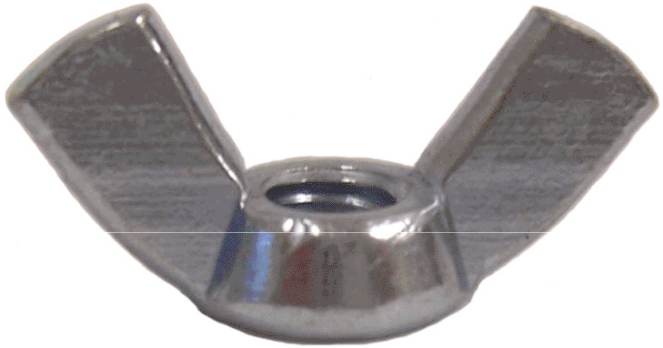


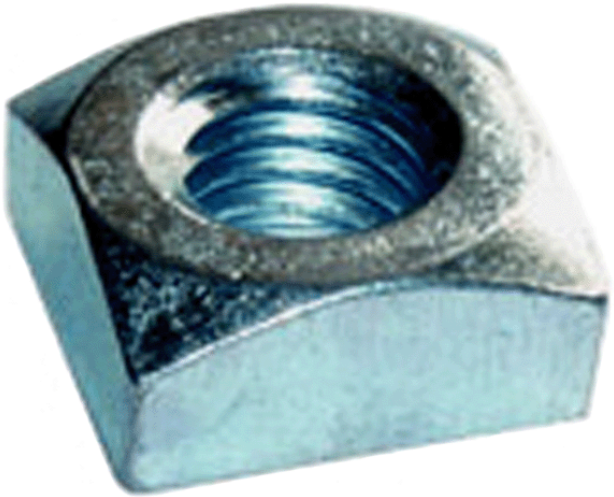
mm

Rodzaje nakrętek



a) sześciokątna, b) koronowa,
c) kwadratowa,
d) okrągła rowkowa,
e) okrągła otworowa,
f) skrzydełkowa, g) radełkowana



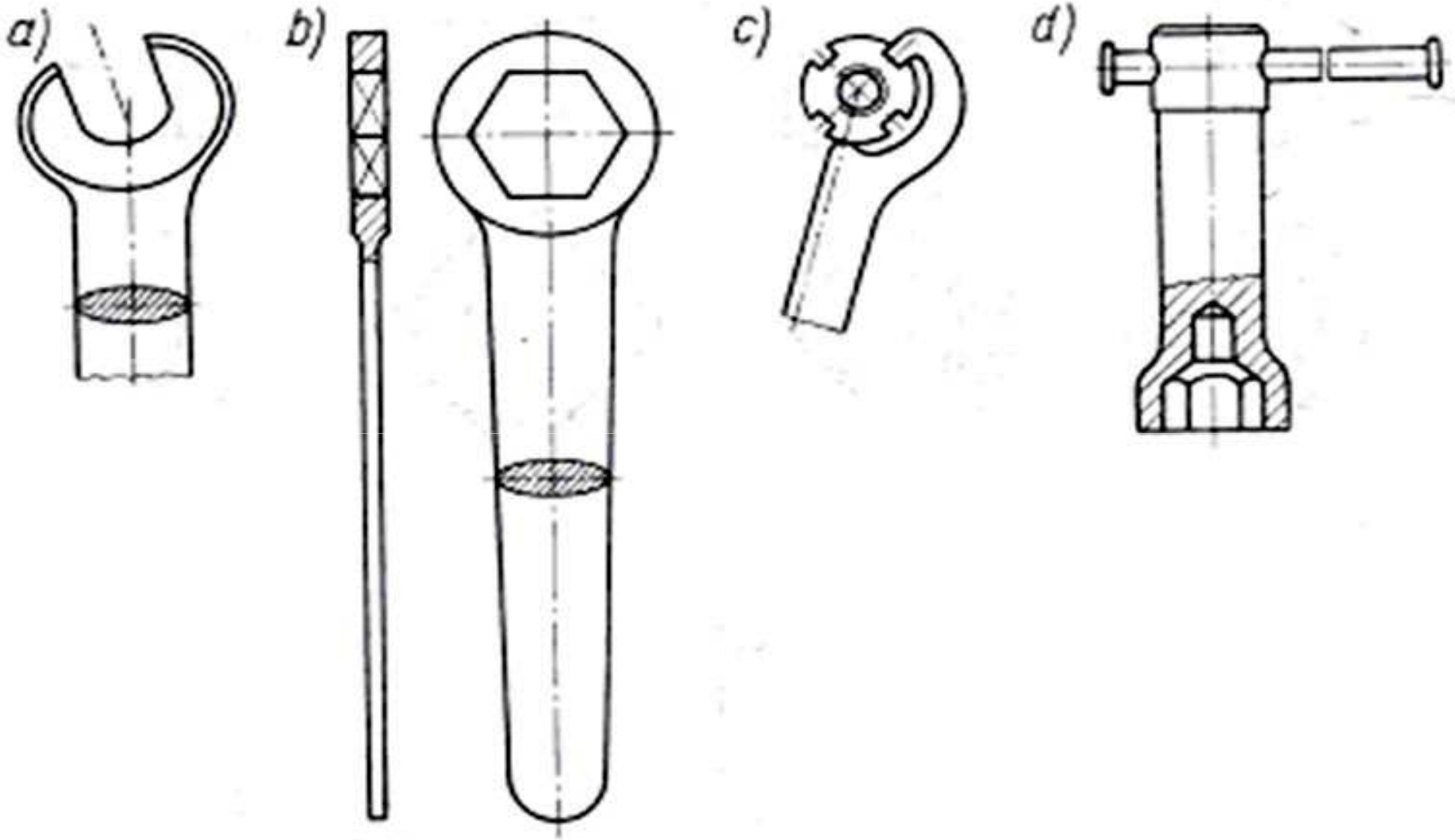


Klucze

Do dokręcania śrub i nakrętek stosowane są *klucze* uniwersalne nastawne (tzw. klucze francuskie, szwedzkie itp.) oraz klucze o stałych wymiarach, dostosowane do określonej, wielkości i kształtu łba śruby. Wśród nich występują m.in. klucze płaskie, oczkowe, do nakrętek okrągłych rowkowych, klucze czołowe i inne.

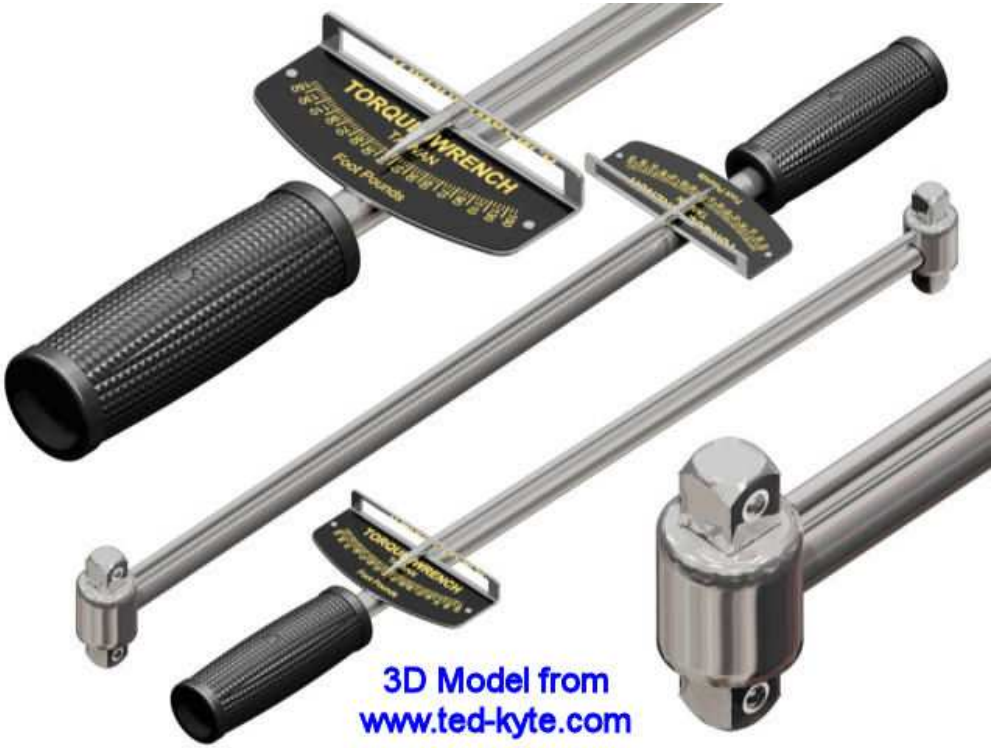
Dla zwiększenia wydajności montażu stosuje się m.in. klucze zapadkowe lub klucze i wkrętaki z napędem elektrycznym. Dla uzyskania określonej, regulowanej siły zacisku w połączeniu stosuje się klucze dynamometryczne.

Klucze



a) klucz płaski, b) klucz oczkowy, c) klucz pazurkowy, d) klucz nasadowy

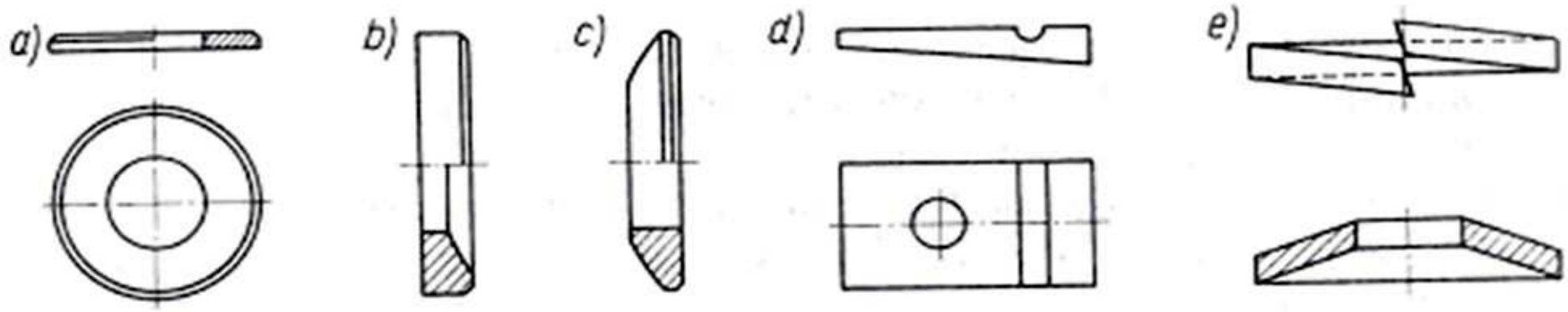
7/8
40 20 FACOM 98Y
7/8



3D Model from
www.ted-kyte.com

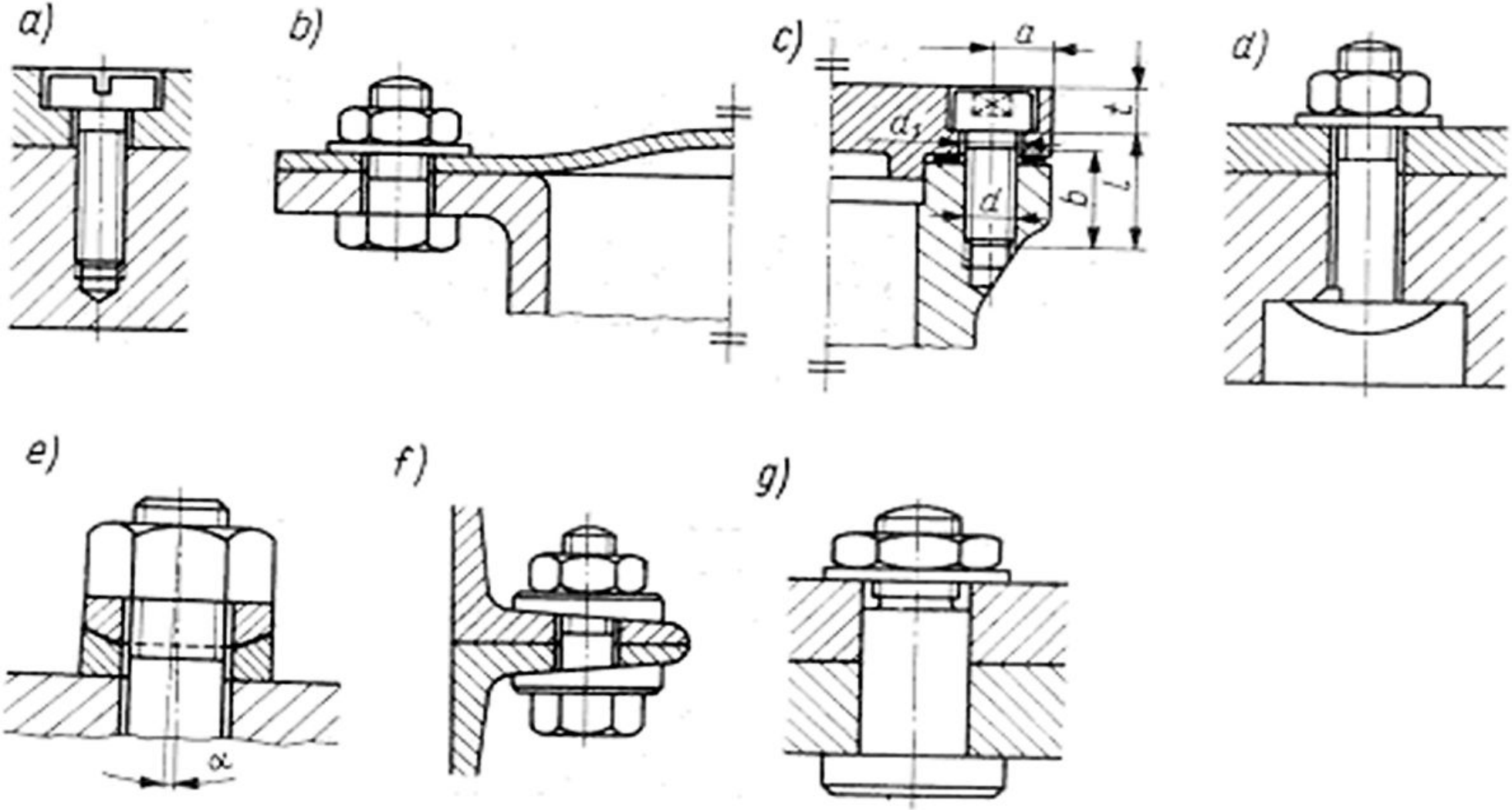
DEBON

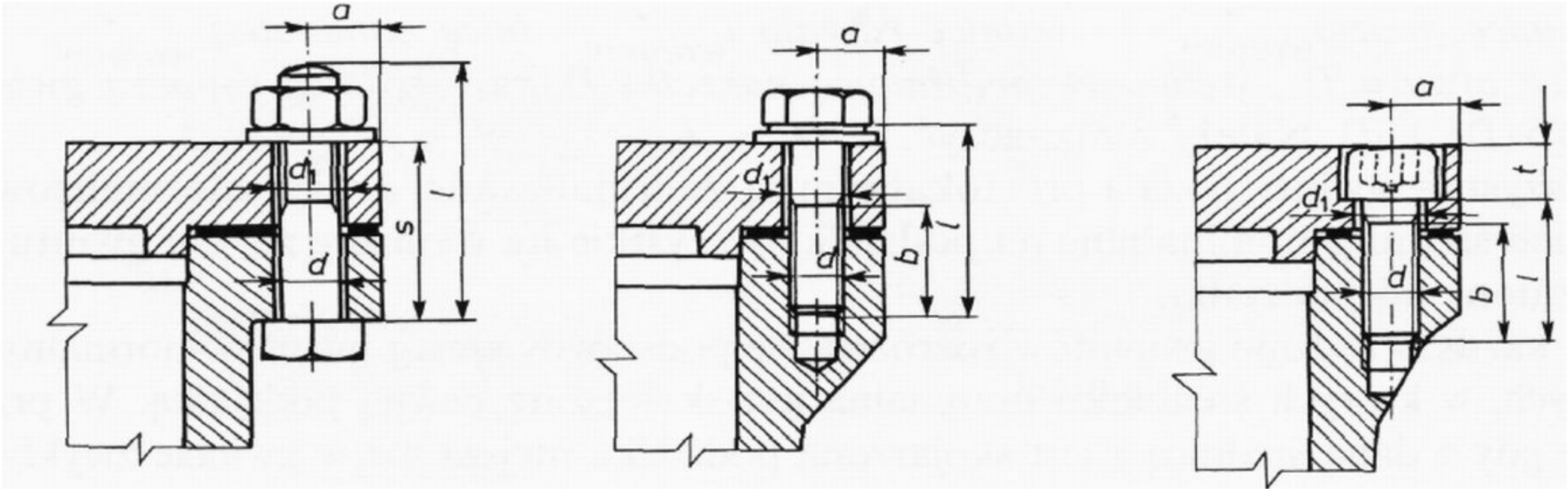
Podkładki

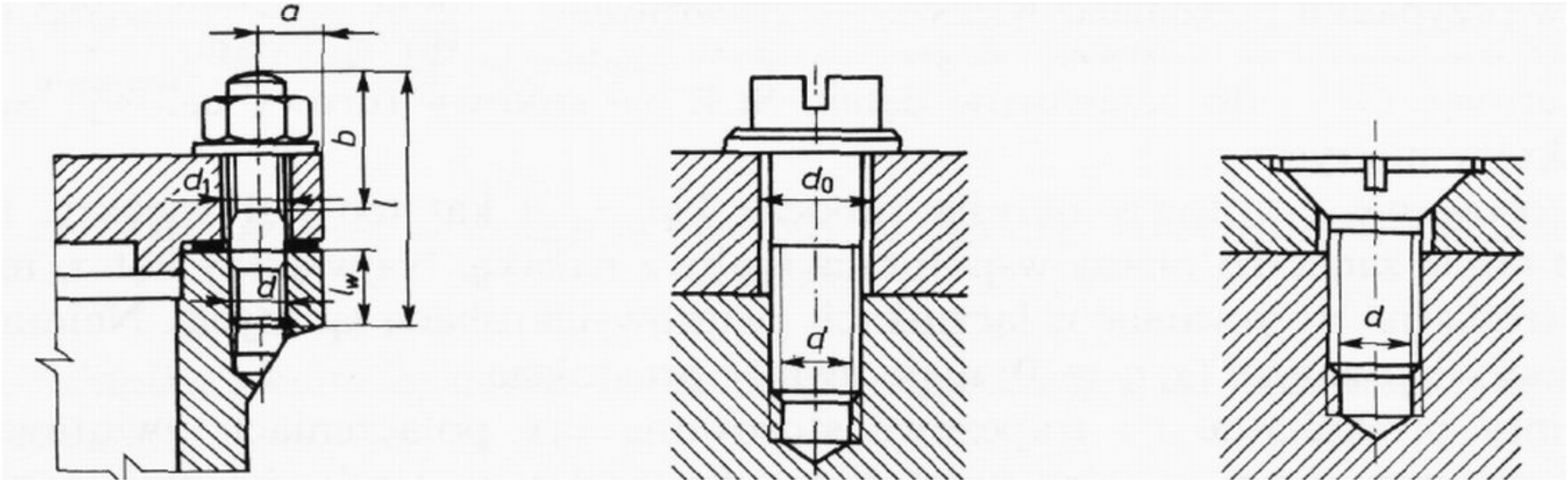


Ważne uzupełnienie łączników gwintowych stanowią *podkładki*. Podkładki okrągłe (a) stosuje się m.in. przy łączeniu elementów z materiałów kruchych lub miękkich oraz w przypadku, gdy średnica otworu jest większa od średnicy śruby. Dla zabezpieczenia śrub przed zginaniem stosuje się zespół podkładek kulistych (b, c) lub podkładki klinowe (d). Podkładki sprężyste (e, f) zabezpieczają przed odkręcaniem się śrub (nakrętek).

Przykłady połączeń gwintowych




a
d1
d
s
l
a
d1
d
b
l
a
t
d1
d
b
l

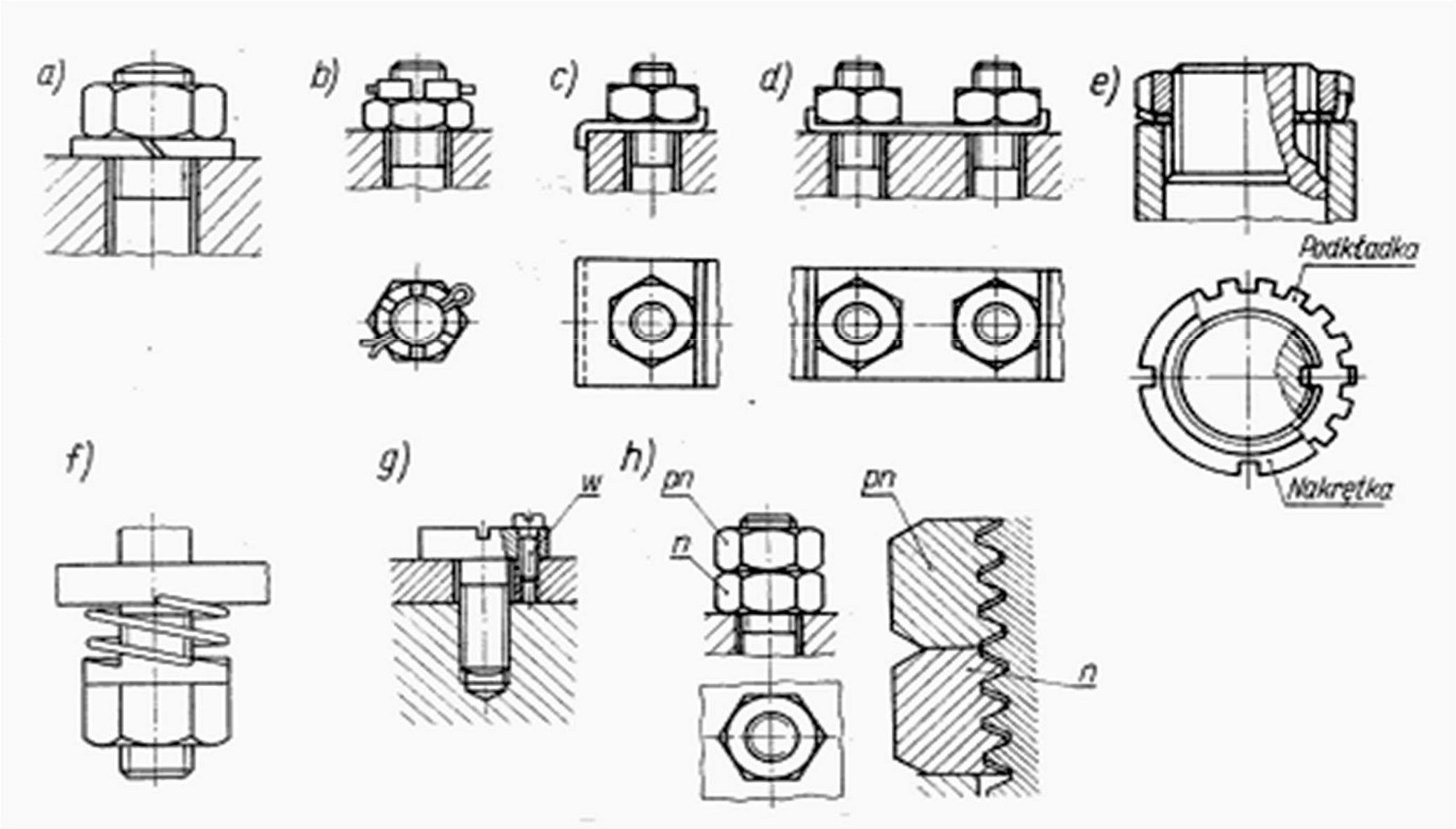

a
b
d1
l
d
lw
d0
d
d

Zabezpieczenie łączników przed odkręcaniem

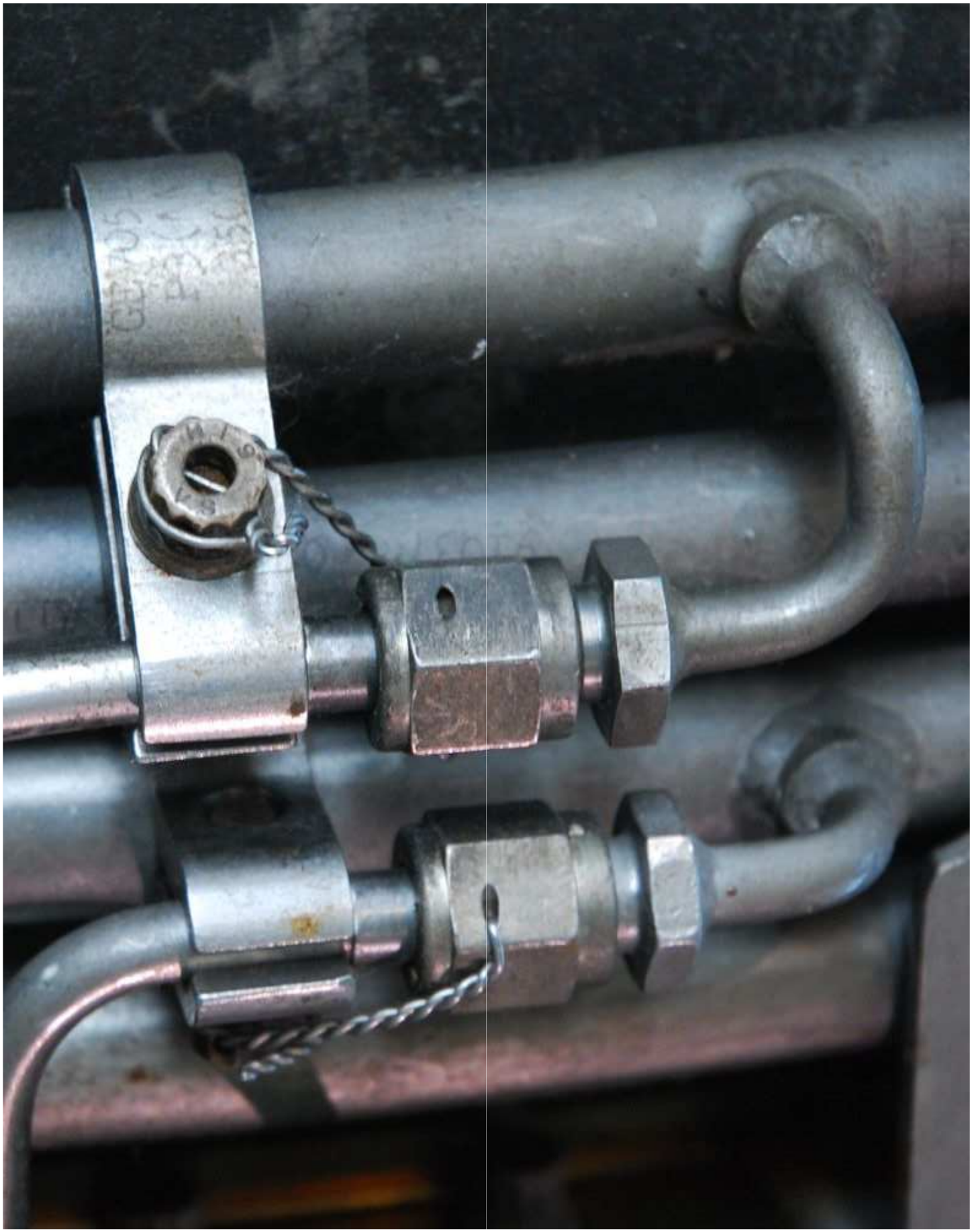
W przypadkach, gdy połączenie gwintowe jest narażone na obciążenia zmienne, wstrząsy, drgania itd., może nastąpić samoczynne luzowanie połączenia wskutek okresowego zaniku siły poosiowej Q, a tym samym sił tarcia między gwintem śruby i nakrętki.

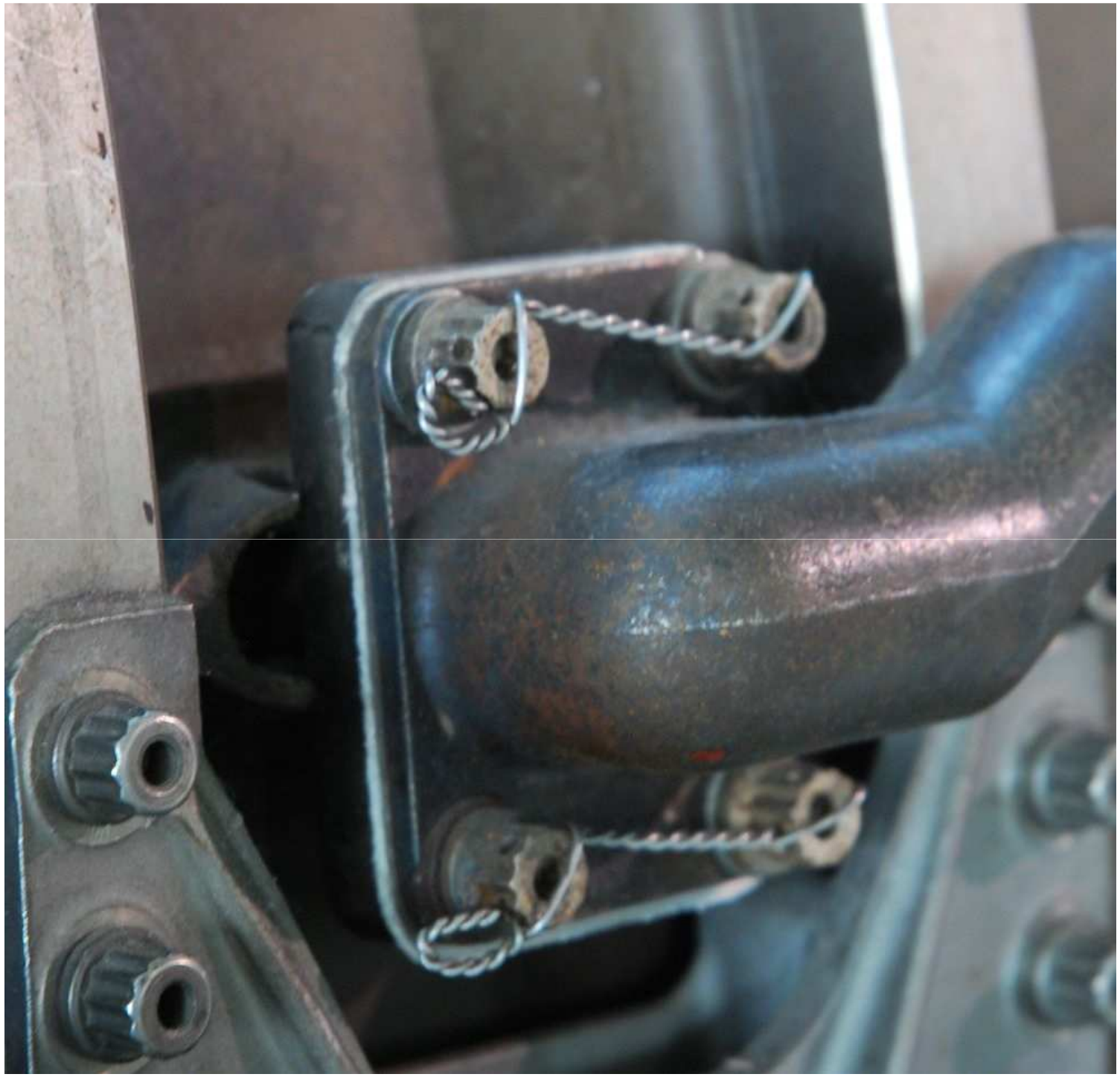
W celu zabezpieczenia połączenia gwintowego przed samoczynnym odkręcaniem się nakrętek, stosuje się różne rodzaje zabezpieczeń. Używa się m.in. podkładek sprężystych, nakrętek koronowych z zawleczką (element jednorazowego użycia), przeciwnakrętek (wywołujących wstępny zacisk na gwincie), podkładek odginanych, zagiętych na krawędzi przedmiotu i nakrętki, podkładek ząbkowanych, sprężyn lub dodatkowych wkrętów.

Przykłady zabezpieczenia łączników przed odkręcaniem



PB



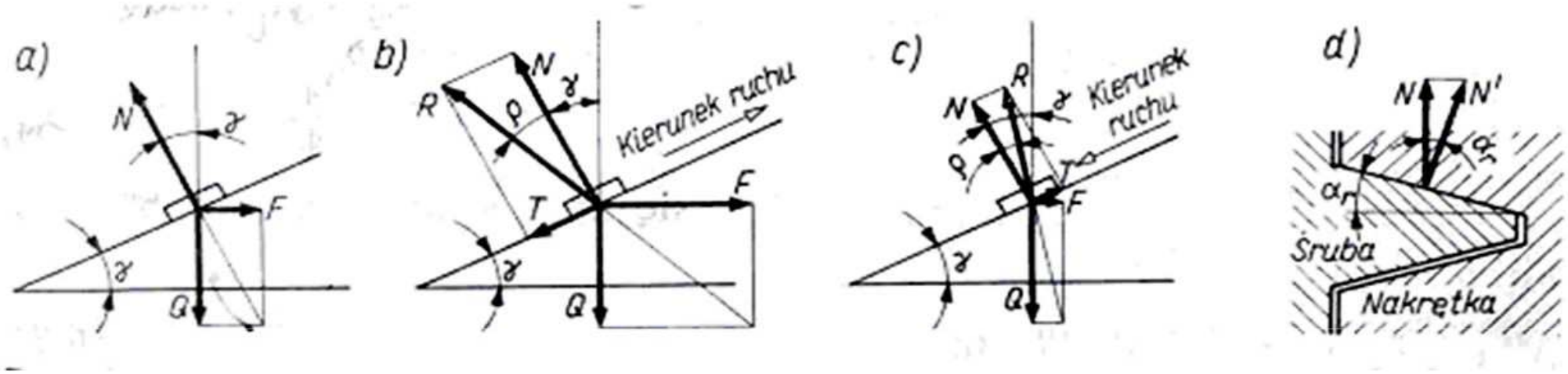


Układ sił w połączeniu gwintowym

Obciążenie gwintu następuje przy końcu dokręcania nakrętek w połączeniach gwintowych spoczynkowych oraz przy wykonywaniu pracy na pewnej drodze, np. przy podnoszeniu lub przesuwaniu ciężaru w mechanizmach śrubowych.

Ponieważ linia śrubowa tworzy równię pochyłą o kącie pochylenia γ (wznios gwintu), zatem obciążenie gwintu można rozpatrywać jako siłę działającą na równi pochyłej. Przyjmuje się więc, że całe obciążenie działające na gwint jest skupione w jednym punkcie jako siła bierna Q i porusza się wzdłuż równi pochyłej pod wpływem siły obwodowej F, działającej na płaszczyźnie prostopadłej do osi śruby.

Układ sił w połączeniu gwintowym



Przy opuszczaniu ciężaru jest potrzebna mała siła F, zabezpieczająca przed samoczynnym zsuwaniem się ciężaru; przy $\gamma \leq \rho$ gwint będzie samohamowny.

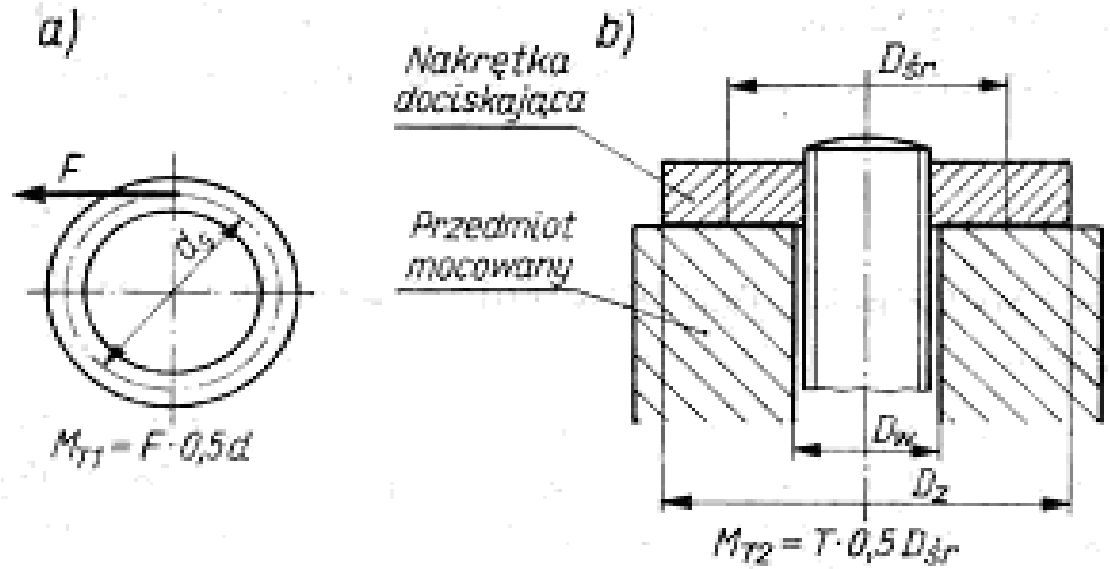
N – siłą normalna, T – siła tarcia, R – reakcja wypadkowa,

μ' – pozorny współczynnik tarcia, ρ' – pozorny kąt tarcia

Momenty tarcia w połączeniu gwintowym

W końcowej fazie dokręcania nakrętki (w połączeniach spoczynkowych) i przy podnoszeniu ciężaru (w połączeniach ruchowych) należy przyłożyć do nakrętki (śruby) moment skręcający M_s, który pokona moment tarcia M_{T1} na powierzchniach gwintu oraz moment tarcia M_{T2} między nakrętką a przedmiotem lub między ruchomym końcem śruby a nieruchomym przedmiotem - zależnie od rodzaju pracy połączenia i zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych.

Momenty tarcia w połączeniu gwintowym



Wyznaczanie momentów tarcia
a) na gwincie, b) na powierzchni oporowej

Momenty tarcia w połączeniu gwintowym

$$M_{T1} = F \cdot \frac{d_s}{2} = 0{,}5 \;\; Q \cdot d_s \cdot \mathrm{tg}(\gamma \pm \varrho')$$

μ – współczynnik tarcia na powierzchni oporowej

$r_{śr}$ – średni promień powierzchni styku, $r_{śr} = (Dz+Dw)/4$

D_z – średnica zewnętrzna powierzchni oporowej nakrętki

D_w – średnica wewnętrzna powierzchni oporowej

Całkowity moment skręcający, niezbędny do obracania nakrętki lub śruby, wynosi

$$M_s = M_{T1} + M_{T2} = 0{,}5 \;\; Q \cdot d_s \cdot \mathrm{tg}(\gamma \pm \varrho') + Q \cdot \mu \cdot r_{śr}$$

Samohamowność gwintu

Połączenie śrubowe będzie samohamowne w przypadku, gdy dowolnie duża siła Q, obciążająca śrubę, nie spowoduje jej obrotu. Gwint jest samohamowny wówczas, gdy

$$\gamma \leq \rho'$$

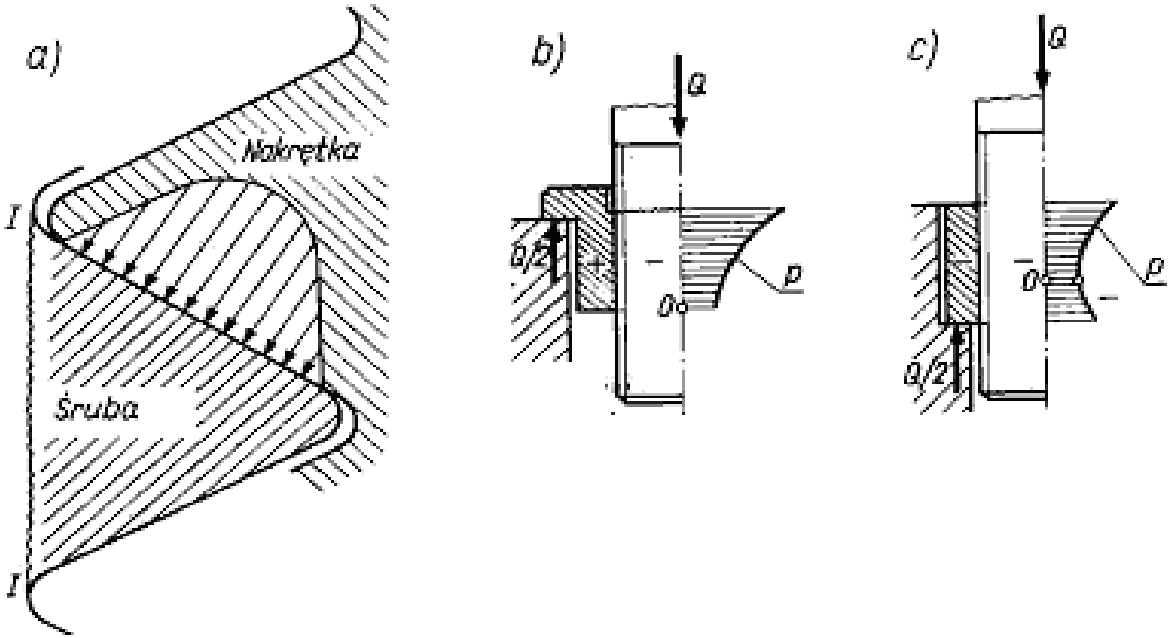
Zależność ta jest określana jako warunek samohamowności gwintu. Gwinty samohamowne mają niską sprawność:

$$\eta \leq 0{,}5 \ (50\%).$$

W gwintach samohamownych wznios gwintu wynosi 1,5-5°; stosuje się je w połączeniach spoczynkowych oraz w mechanizmach, które muszą być samohamowne (np. w podnośnikach śrubowych). Należy przy tym zwrócić uwagę, że w przypadku występowania drgań, uderzeń itp. każdy gwint jest niesamohamowny.

Wytrzymałość gwintu

Naciski na powierzchniach roboczych gwintu śruby i nakrętki są rozłożone nierównomiernie. Powodem tego są odkształcenia sprężyste gwintu (a) oraz różna sztywność śruby i nakrętki (b, c), wskutek czego największe naciski występują na pierwszym roboczym zwoju.

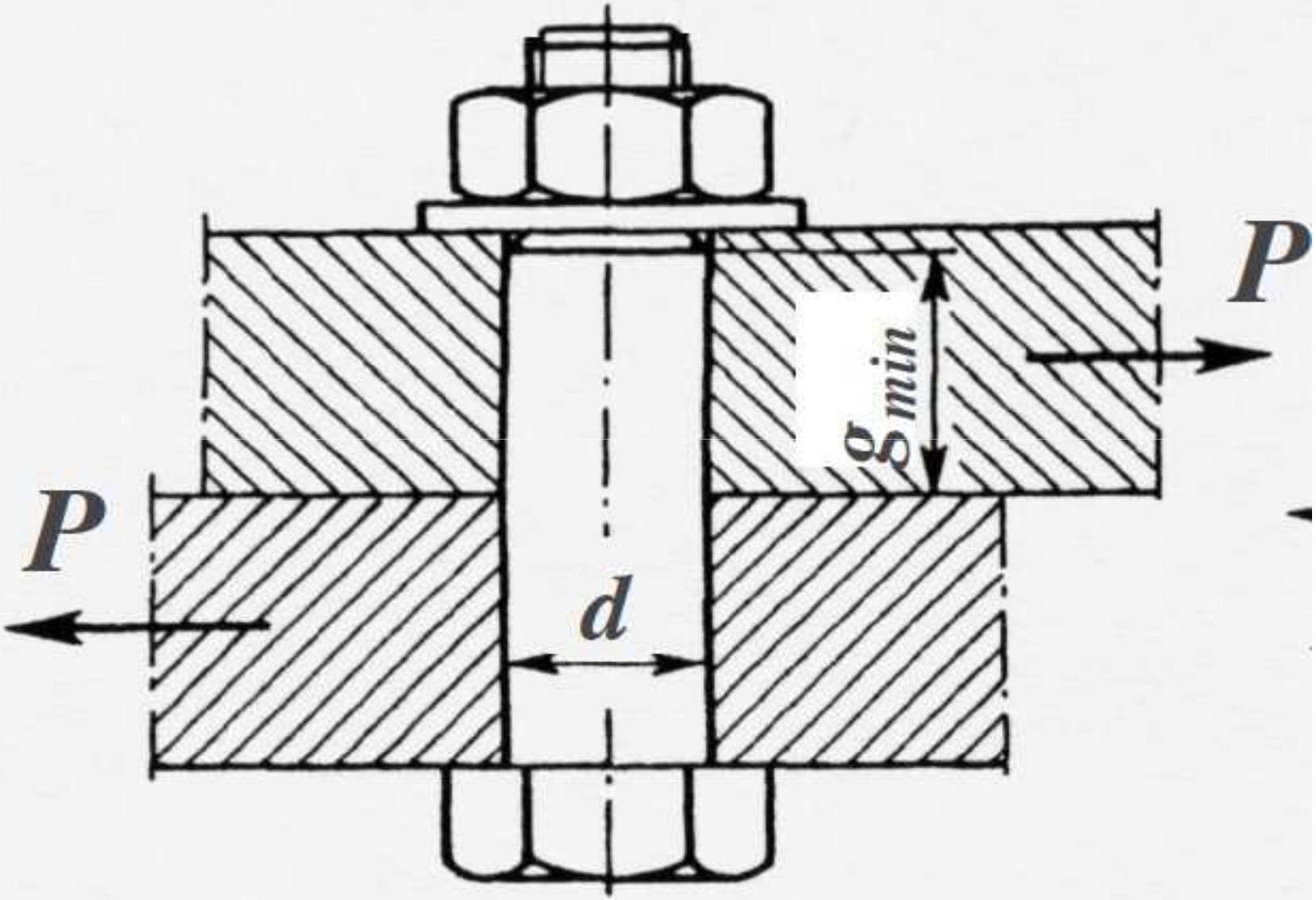


Wytrzymałość śrub

Obliczanie wytrzymałości śrub polega na wyznaczeniu średnicy rdzenia śruby z warunków wytrzymałościowych i następnie dobraniu odpowiednich wymiarów gwintu o średnicy rdzenia większej od wynikającej z obliczeń. Zarówno metoda obliczeń, jak i wybór gwintu zależą od sposobu obciążenia oraz od warunków pracy połączenia śrubowego.

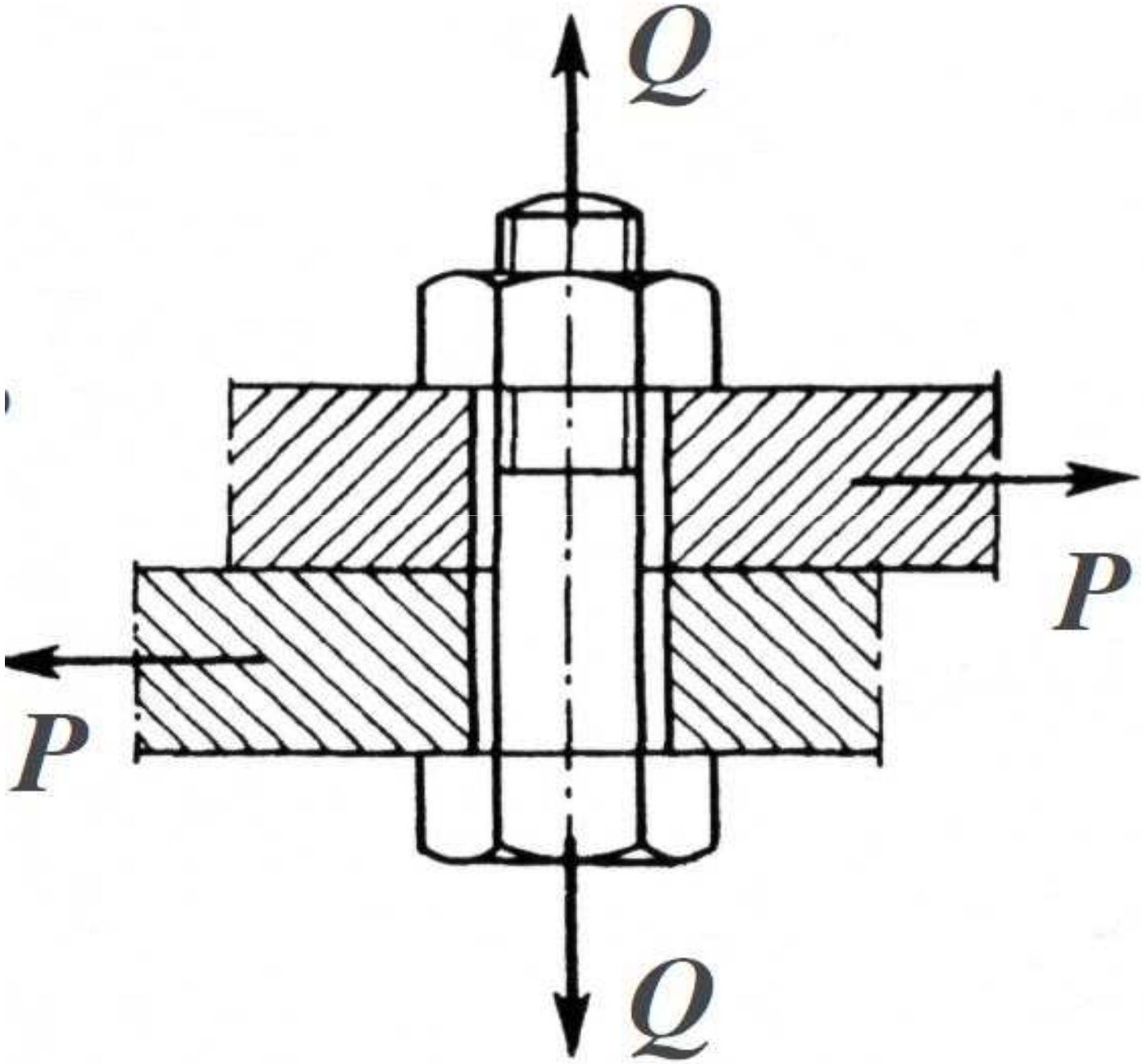
Wytrzymałość śrub - połączenia obciążone siłą poprzeczną ze śrubami ciasno pasowanymi

Są to połączenia pracujące podobnie jak złącza nitowe, w których zamiast nitów zastosowano śruby ciasno osadzone w otworach, uzyskując w ten sposób połączenia rozłączne. Śruby te oblicza się na ścinanie oraz sprawdza na naciski powierzchniowe. Obliczoną średnicę trzpienia przyjmuje się w płaszczyźnie działającej siły (równą średnicy otworu), natomiast średnica gwintu śruby może być równa lub mniejsza od wymiaru trzpienia.


P
P
g_{min}
d

Wytrzymałość śrub - połączenia obciążone siłą poprzeczną ze śrubami luźnymi

W tym przypadku śruby są narażone na zginanie, podobnie jak sworznie. Aby nie dopuścić do zginania śrub, należy je mocno skręcić siłą osiową Q_o, wywołując na powierzchniach styku odpowiedni nacisk. Pod działaniem siły F na powierzchniach styku występuje siła tarcia T, przeciwdziałająca przesunięciu części łączonych względem siebie i zabezpieczająca śruby przed zginaniem.


Q
P
P
Q

Wytrzymałość śrub - połączenia obciążone siłą poprzeczną ze śrubami luźnymi

Wynika stąd warunek

$$F \leq k \cdot i \cdot T = k \cdot i \cdot Q_o \cdot \mu$$

gdzie:

k - współczynnik pewności, stanowiący dodatkowe zabezpieczenie przed możliwością przesunięcia części; przyjmuje się k = 0,4-0,8;

i - liczba powierzchni styku;

μ - współczynnik tarcia; dla powierzchni o niewielkiej chropowatości smarowanych - 0,06, nie smarowanych 0,1- 0,2; dla powierzchni piaskowanych - 0,5.

Na podstawie powyższego wzoru wyznacza się siłę osiową Q_o, działającą na jedną śrubę.