

# Połączenie śrubowe

Serwis: Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza  
Kurs: Podstawy Konstrukcji Maszyn 1 - projekty (ML/CS-P1,P4, ML/AB-P4,P5)  
Książka: Połączenie śrubowe  
Wydrukowane przez użytkownika: Michał Batsch  
Data: środa, 11 marzec 2026, 09:27

# Spis treści

1. Rozkład sił
2. Moment dokręcania śrub

# 1. Rozkład sił

Wspornik połączony jest z kształtownikiem za pośrednictwem śrub luźnych, których średnica nominalna jest mniejsza od otworu. Należy wstępnie przyjąć wymiary płyty wspornika a i b oraz liczbę śrub  $i=4$  lub  $i=6$  (rysunek). Pionowa składowa siły  $F$  - siła  $F_z$  musi być wobec tego przeniesiona poprzez tarcie pomiędzy wspornikiem, a kształtownikiem. Inaczej mówiąc śruby należy dokręcić z siłą, która wywoła tarcie równoważące siłę  $F_z$ . Warunek ten można zapisać następująco:

$$F_T = \mu_t i Q_T = F_z$$

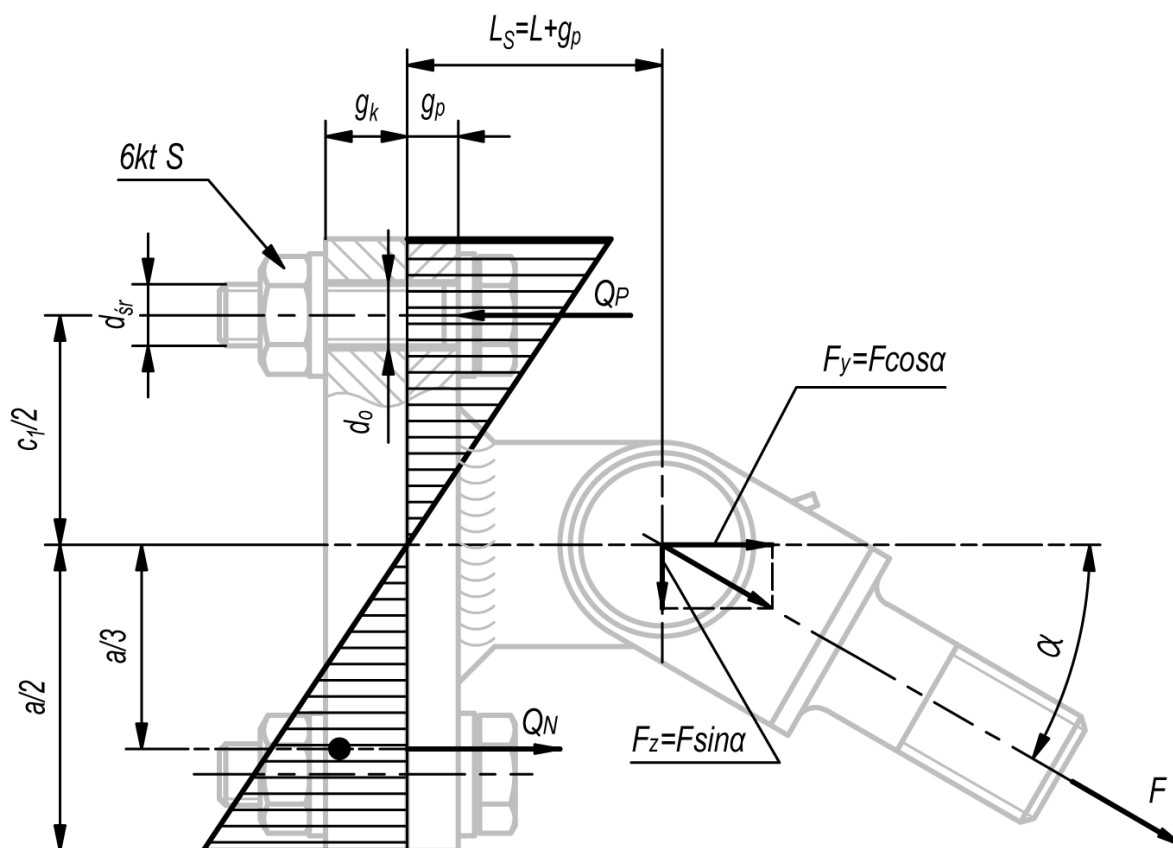
gdzie  $\mu_T$  to współczynnik tarcia pomiędzy kształtownikiem, a wspornikiem (dla stali  $\mu_T=0,2$ ). Z powyższej zależności wyznacza się siłę z jaką należy dokręcić każdą ze śrub:

$$Q_T = \frac{F_T}{i \mu_T}$$

Ponadto należy sprawdzić nacisk wspornika na kształtownik wg warunku:

$$p = \frac{Q_T i}{ab} \leq p_{dop}$$

W wyniku działania sił w odległości  $L_s$  od powierzchni styku (rysunek poniżej) każda z górnych śrub jest dodatkowo obciążona (siła  $Q_p$ ), dolne śruby natomiast zostają odciążone.



Ponadto w wyniku trójkątnego rozkładu nacisków, na wspornik działa siła reakcji  $Q_N$  przyłożona w środku ciężkości trójkąta nacisków. Wobec powyższego rysunku można zapisać układ równań równowagi:

$$\begin{cases} Q_N + F_y = \frac{i}{2} Q_P \\ \frac{i}{2} Q_P \frac{c_1}{2} + Q_N \frac{a}{3} = F_z L_s \end{cases}$$

Z powyższego układu równań należy wyznaczyć siłę  $Q_p$  będącą dodatkowym napięciem wstępnym górnych śrub. Napięcie to zastosowane zostanie do wszystkich śrub. Całkowita siła obciążająca śrubę dana jest wzorem:

$$Q = Q_T + Q_P$$

Średnicę rdzenia śruby dobiera się wg nierówności:

$$d_3 \geq \sqrt{\frac{4Q}{\pi k_r}}$$

Naprężenia dopuszczalne dla śruby można oszacować na podstawie ich klasy wytrzymałości. Proszę zwrócić uwagę na to, że średnica rdzenia  $d_3$  różni się od średnicy zewnętrznej  $d_{sr}$  (wymiar M). Dopiero korzystając z tabeli, na podstawie powyższej nierówności należy określić wymiar śruby. Przy określaniu wymiarów gwintu pomocna może być również ta strona. Należy dobrać gwint metryczny **zwykły** (zwykła podziałka), nie drobnozwojny. Ponadto średnica gwintu musi odpowiadać średnicom występującym w śrubach handlowych - pierwszy szereg: M5, M6 M8, M10 itd. Proszę **unikać** nietypowych średnic np.: M7.

## 2. Moment dokręcania śrub

Aby uzyskać wymaganą siłę zacisku śrub należy je dokręcić z odpowiednim momentem. Wówczas po obciążeniu złącza śrubowego uzyskane napięcie reszkowe powinno zapewnić siłę tarcia, która przeniesie pionową składową obciążenia. W tym celu przyjmuje się długość obliczeniową śruby jako:

$$l_s = g_k + g_p$$

Oblicza się sztywności śruby  $C_s$  oraz kształtownika i płyty wspornika  $C$ :

$$\frac{1}{C_s} = \frac{l_s}{E_s A_s}$$
$$\frac{1}{C} = \frac{4}{\pi E_p} \cdot \frac{g_p}{D_{zp}^2 - d_o^2} + \frac{4}{\pi E_k} \cdot \frac{g_k}{D_{zk}^2 - d_o^2}$$

gdzie:

$$D_{zp} = S + g_p$$
$$D_{zk} = S + g_k$$

$S$  - to wymiar pod klucz łba śruby,  $d_o$  - to średnica otworu pod śrubę,  $E_p$  - to moduł Younga materiału płyty wspornika,  $E_k$  - to moduł Younga materiału kształtownika,  $E_s$  - to moduł Younga materiału śruby,  $A_s = \pi d_3^2 / 4$  - to pole przekroju rdzenia śruby. W następnej kolejności oblicza się siłę napinającą śrubę:

$$Q_w = \frac{Q_C + Q_T C_s}{C + C_s}$$

Moment dokręcania śrub jest sumą momentu oporu gwintu  $M_s$  pod wpływem siły osiowej  $Q_w$  oraz momentu tarcia  $M_t$  nakrętki o podkładkę:

$$M = M_s + M_t$$

gdzie:

$$M_s = 0,5 Q_w d_2 t g(\gamma + \rho')$$

$$M_t = 0,5 Q_w \mu_n \frac{S + d_o}{2}$$

Ponadto wielkości występujące w powyższych wzorach to:

- kąt wzniosu linii śrubowej

$$\gamma = \arctg\left(\frac{P}{\pi d_2}\right)$$

- pozorny umowny kąt tarcia

$$\rho' = \arctg\left(\frac{\mu_g}{\cos(\alpha/2)}\right)$$

P - skok (podziałka) gwintu

$d_2$  - średnica podziałowa gwintu

$\mu_n$  - współczynnik tarcia nakrętki o podkładkę

$\mu_g$  - współczynnik tarcia na gwincie

$\alpha=60^\circ$  - kąt zarysu gwintu metrycznego

Tak obliczony moment dokręcania śrub M podaje się na rysunku złożeniowym zespołu. Ponadto należy sprawdzić czy dla dobranej śruby moment ten nie przekracza momentu dopuszczalnego. W razie konieczności należy zwiększyć klasę wytrzymałości śruby lub zwiększyć jej średnicę.