

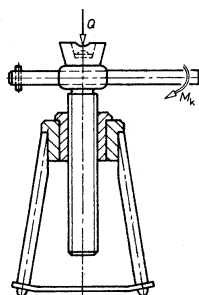
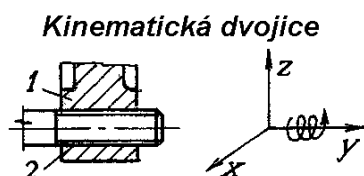
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

<i>Předmět:</i>	<i>Ročník:</i>	<i>Vytvořil:</i>	<i>Datum:</i>
<i>Stavba a provoz strojů</i>	<i>Třetí</i>	<i>Dušan Hložanka</i>	<i>30. 4. 2014</i>
<i>Název zpracovaného celku:</i>			
MECHANISMY OBECNÉHO POHYBU			

ŠROUBOVÉ MECHANISMY

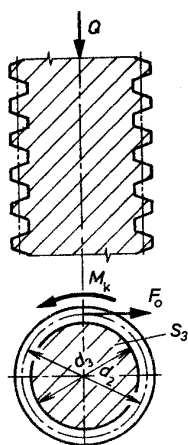
A. Charakteristika

Šroubový mechanismus tvoří kinematická dvojice – šroub a matice. Mění rotační pohyb na posuvný a naopak. Typickým příkladem jsou šroubové zvedáky a stahováky, šroubové lis, mechanismy šoupátek a ventilů atd. Na šroubech mechanismů se používá nejčastěji závit lichoběžníkový rovnoramenný. Vyžaduje – li se samosvornost mechanismu, musí se použít závit jednochodý (vícechodé nejsou samosvorné), má však malou účinnost.



Charakteristickým příkladem šroubových mechanismů je šroubový zvedák.

B. Silové poměry na šroubu, účinnost



Úhel stoupání závitu: $\operatorname{tg} \gamma = \frac{P}{\pi \cdot d_2} \Rightarrow \gamma =$

Třecí úhel pro lichoběžníkový závit: $\operatorname{tg} \varphi' = \frac{f}{\cos \beta} \Rightarrow \varphi' =$

Obvodová síla:

Pro zvedání: $F_{O1} = Q \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \varphi') [N]$

Pro spouštění: $F_{O2} = Q \cdot \operatorname{tg}(\gamma - \varphi') [N]$

F_o ... obvodová síla pro zvedání

φ' ... třecí úhel pro lichoběžníkový závit (tření v klínové drážce)

γ ... úhel stoupání závitu

β ... poloviční vrcholový úhel závitu (pro závit Tr je $\beta = 15^\circ$)

Účinnost:

Při zvedání: $\eta_1 = \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg}(\gamma + \varphi')}$

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Při spouštění: $\eta_2 = \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg}(\gamma - \varphi')}$

φ' ... třecí úhel pro lichoběžníkový závit (tření v klínové drážce)

Krouticí moment: $M_k = F_O \cdot \frac{d_2}{2} \left[Nmm = N \cdot \frac{mm}{1} \right]$

Samosvornost šroubu: $\varphi' \geq \gamma$, pak $\eta_2 \leq 0$... šroub je samosvorný. Samosvorné jsou jednochodé šrouby. Tohoto poznatku se využívá u šroubových zvedáků – použitím jednochodého pohybového závitu nemůže dojít k samovolnému spouštění břemene.

c. Pevnostní výpočty

Šroub zvedáku je namáhán kombinovaným zatížením: tlakem a krutem.

Napětí v krutu: $\tau_k = \frac{M_k}{W_k} \left[MPa = \frac{Nmm}{mm^3} \right]$

Redukované napětí: $\sigma_{RED} = \sqrt{\sigma_d^2 + 3 \cdot \tau_k^2} [MPa]$

$$\sigma_{RED} \leq \sigma_{Dd}$$

Dovolené napětí u lichoběžníkových závitů volíme:

	Míjivé zatížení	Střídavé zatížení
Závit rovnoramenný	$\sigma_D = 0,2Rm$	$\sigma_D = 0,13Rm$
Závit nerovnoramenný	$\sigma_D = 0,25Rm$	$\sigma_D = 0,16Rm$

Kontrola šroubu na vzpěr:

Výpočet štíhlosti šroubu: $\lambda = \frac{l_0}{j}$ l_0 ... redukovaná délka šroubu (ST str. 36)

j ... kvadratický poloměr setrvačnosti: $j = \sqrt{\frac{I}{S_3}}$ I ... kvadratický moment průřezu (ST str. 40)

S_3 ... plocha dříku šroubu

Pokud platí, že $\lambda \geq \lambda_m$... provádíme kontrolu na vzpěr podle Eulera (ST str.36)

Pokud platí, že $\lambda \leq \lambda_m$... provádíme kontrolu na vzpěr podle Tetmayera (ST str. 37)

Mezní štíhlost λ_m závisí na materiálu šroubu (ST str. 50)

Bezpečnost: podle Tetmayera – $k_T = 1,7 - 4$

Podle Eulera – $k_E = 2,6 - 6$

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Kontrola tlaku v závitech:

Je nutno kontrolovat tlak v závitech šroubu a matice. Kontroluje se součást s nižším R_m S nižší mezí pevnosti), což je většinou matice.

$$p = \frac{Q}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot z} \left[MPa = \frac{N}{1 \cdot mm \cdot mm \cdot 1} = \frac{N}{mm^2} \right]$$

$$p \leq p_D$$

p ... tlak na otláčení, Q ... zatěžující síla (od břemene)

d_2 ... střední průměr závitu, H_1 ... nosná hloubka závitu

z ... počet závitů v matici

p_D ... dovolené napětí na otláčení

Dovolené napětí se volí podle materiálu z ST, bývá v rozmezí:

Matice litinová..... $p_D=2$ až 7 MPa

Matice bronzová..... $p_D=5$ až 15 MPa

D. Příklad výpočtu

Zadání:

Provedte návrh a pevnostní kontrolu šroubového zvedáku.

Zadané hodnoty:

nosnost $m = 3$ tuny, zatížení mřížové

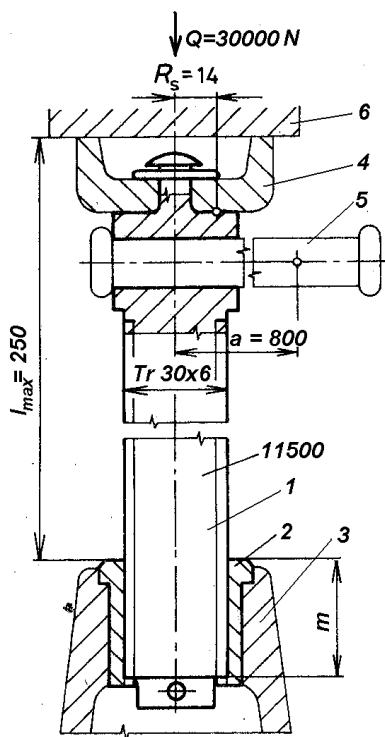
maximální vysunutí šroubu z matice $l_{max} = 250$ mm

matice bronzová

součinitel tření v závitech, i čepového tření $f = 0,1$

materiál šroubu 11500

závit lichoběžníkový rovnoramenný



Popis:

- 1 ... šroub
- 2 ... matice
- 3 ... stojan
- 4 ... otočná hlavice
- 5 ... páka
- 6 ... břemeno

m ... délka matice

R_s ... střední poloměr třecí plochy

l_{max} ... max délka zdvihu

Dimenzování šroubu:

- **Předběžný návrh rozměrů závitu provedeme z pevnostní rovnice na tlak:**

$$\sigma_d = \frac{Q}{S_3} \leq \sigma_{Dt} [MPa] \quad Q = m \cdot g = 3000 \cdot 10 = 30000 \text{ N}, \quad S_3 = \frac{\pi d_3^2}{4} [mm^2]$$

$$d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \sigma_{Dt}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 30000}{\pi \cdot 127,5}} = 17,309 \text{ mm}$$

Tomuto malému průměru závitu vyhovuje závit Tr 24 o všech velikostech rozteče (STstr.383)

Protože šroub je namáhaný i krutícím momentem, navýšíme velikost závitu asi o 50%. Volím závit Tr 30x6

Rozměry závitu Tr 30x6 ČSN 104050:

$d_2 = 27 \text{ mm}$, $d_3 = 23 \text{ mm}$, rozteč $P = 6 \text{ mm}$, $H_1 = 0,5 P = 0,5 \cdot 6 = 3 \text{ mm}$

- **Kontrola navrženého šroubu na kombinované namáhání tlakem a krutem:**

Nejdříve musíme vypočítat obvodovou sílu pro zvedání:

$$F_O = Q \cdot \tan(\gamma + \varphi'),$$

$$\tan \gamma = \frac{P}{\pi \cdot d_2} = \frac{6}{\pi \cdot 27} = 0,07073553 \Rightarrow \gamma = 4,046^\circ$$

$$F_O = 30000 \cdot \tan(4,046 + 5,91) = 5266,06 \text{ N}$$

$$\tan \varphi' = \frac{f}{\cos \beta} = \frac{0,1}{\cos 15^\circ} \Rightarrow \varphi' = 5,91^\circ$$

F_O ...obvodová síla pro zvedání

φ' ...třecí úhel pro lichoběžníkový závit(tření v klínové drážce)

Krutící moment na šroubu:

$$M_k = F_O \cdot \frac{d_2}{2} = 5266,06 \cdot \frac{27}{2} = 71091,81 \text{ Nmm}$$

Třecí moment mezi hlavicí a šroubem:

$M_T = Q \cdot f \cdot R_s = 30000 \cdot 0,1 \cdot 14 = 42000 \text{ Nmm}$ R_s ...střední průměr třecí plochy pod hlavicí - určíme z technického výkresu zvedáku ($R_s = 14 \text{ mm}$)

Celkový krutící moment: (pro výpočet síly na páce)

$$M_C = M_k + M_T = 71091,81 + 42000 = 113091,81 \text{ Nmm}$$

Redukované napětí ve šroubu:

Napětí tlakové: $\sigma_d = \frac{Q}{S_3} = \frac{4 \cdot 30000}{\pi \cdot 23^2} = 72,21 \text{ MPa}$

Napětí v krutu: $\tau_k = \frac{M_k}{W_k} = \frac{M_k}{0,2 \cdot d_3^3} = \frac{71091,81}{0,2 \cdot 23^3} = 29,22 \text{ MPa}$

Redukované napětí: $\sigma_{Red} = \sqrt{\sigma_d^2 + 3\tau_k^2} = \sqrt{72,21^2 + 3 \cdot 29,22^2} = 87,37 \text{ MPa}$

Dovolené napětí: doporučuje se volit pro míjivé zatížení $\sigma_D = 0,2 \cdot R_m = 0,2 \cdot 500 = 100 \text{ MPa}$

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Pevnostní rovnice: $\sigma_{Red} \leq \sigma_D$

Navržený šroub Tr 30x6 ČSN 014050, z materiálu 11500, na zatížení kombinovaným namáháním vyhovuje.

• Výpočet délky matice:

Délku matice vypočteme z pevnostní rovnice na otláčení:

$$p_D \geq \frac{Q}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot z} = \frac{Q}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot \frac{m}{P}} = \frac{Q \cdot P}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot m}$$

m ...délka matice

$$m \geq \frac{Q \cdot P}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot p_D} = \frac{30000 \cdot 6}{\pi \cdot 27 \cdot 3 \cdot 10} = 70,73 \text{ mm}$$

p_D ... volím 10MPa (doporučeno 5 – 15 MPa pro bronzovou matici)

Z důvodu ukončení závitu v matici volím délku matice větší o velikost stoupání: $m = 76 \text{ mm}$

• Kontrola šroubu na vzpěr:

Podle ST str. 36, jde o uložení s jedním koncem vetknutým a druhým volným.

Pro toto uložení platí: redukovaná délka: $l_o = 2l$, kde l = maximální délka vysunutí + $\frac{1}{2}$ výšky matice.

$$l = l_{\max} + \frac{m}{2} = 250 + \frac{76}{2} = 288 \text{ mm}$$

$$\text{Redukovaná délka: } l_o = 2l = 2 \cdot 288 = 576 \text{ mm}$$

$$\text{Štíhlost: } \lambda = \frac{l_o}{j} = \frac{l_o}{\sqrt{\frac{I}{S_3}}} = \frac{l_o}{\sqrt{\frac{\pi \cdot d_3^4 \cdot 4}{64 \cdot \pi \cdot d_3^2}}} = \frac{576}{\sqrt{\frac{\pi \cdot 23^4 \cdot 4}{64 \cdot \pi \cdot 23^2}}} = 100,17$$

Platí: $\lambda \leq \lambda_m$... oblast nepružného vzpěru – výpočet podle Tetmayera

$\lambda \geq \lambda_m$... oblast pružného vzpěru – výpočet podle Eulera

λ_m ... mezní štíhlost, liší se podle druhu materiálu ... ST str. 50.

Pro ocel 11500 je $\lambda_m = 100$, výpočet budeme provádět podle Eulera.

Kontrola na vzpěr podle Eulera: ST str.36

$$\text{Kritická síla podle Eulera: } F_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l_o^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot \pi \cdot 23^4}{64 \cdot 576^2} = 81727,09 \text{ N}$$

$$\text{Bezpečnost: } k_E = \frac{F_{kr}}{Q} = \frac{81727,09}{30000} = 2,72$$

Bezpečnost na vzpěr podle Eulera má být v rozmezí $k_E = 2,6 - 6$, vypočtená leží u dolní hranice, což je způsobeno malým navýšením velikosti šroubu při jeho předběžném návrhu.

Navržený šroub na vzpěr vyhovuje.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- **Účinnost závitu a celková účinnost zvedáku:**

$$\text{Účinnost závitu: } \eta_z = \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg}(\gamma + \varphi')} = \frac{\operatorname{tg} 4,046^\circ}{\operatorname{tg}(4,046^\circ + 5,91^\circ)} = 0,4030 \Rightarrow 40,3\%$$

Celková účinnost:

η_c = práce získaná zdvihem břemena při 1 otočce šroubu / celková hnací práce na páce

$$\eta_c = \frac{Q \cdot P}{F_o \cdot \pi \cdot d_2 + Q \cdot f \cdot 2 \cdot \pi \cdot R_s} = \frac{30000 \cdot 6}{5266,06 \cdot \pi \cdot 27 + 30000 \cdot 0,1 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 14} = 0,2533 \Rightarrow 25,33\%$$

- **Síla vyvíjená rukou na páce:**

$$\text{Síla ruky při zvedání: } F = \frac{M_c}{a} = \frac{113091,81}{800} = 141,36 N$$

Síla při zvedání F je větší než pro spouštění, z důvodu bezpečnosti a hygieny práce nemá přesáhnout 220 N.

Seznam literatury

BARTOŠ, J.; GAJDOŠ, P.; NOVÁK, V. *Strojní součásti*. PRAHA: SNTL 1963
 KRÍŽ, R.; WEIGNER, K.; SVOBODA, J. *Stavba a provoz strojů*. Praha: SNTL 1979
 LEINWEBER, J.; VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. 4. doplněné vydání.
 Úvaly: ALBRA 2008. ISBN 978-80-7361-051-7