



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Příloha komplexní úlohy



Národní pedagogický institut České republiky
Projekt Modernizace odborného vzdělávání (MOV)
Senovážné nám. 872/25, 110 00 Praha 1
www.projektmov.cz

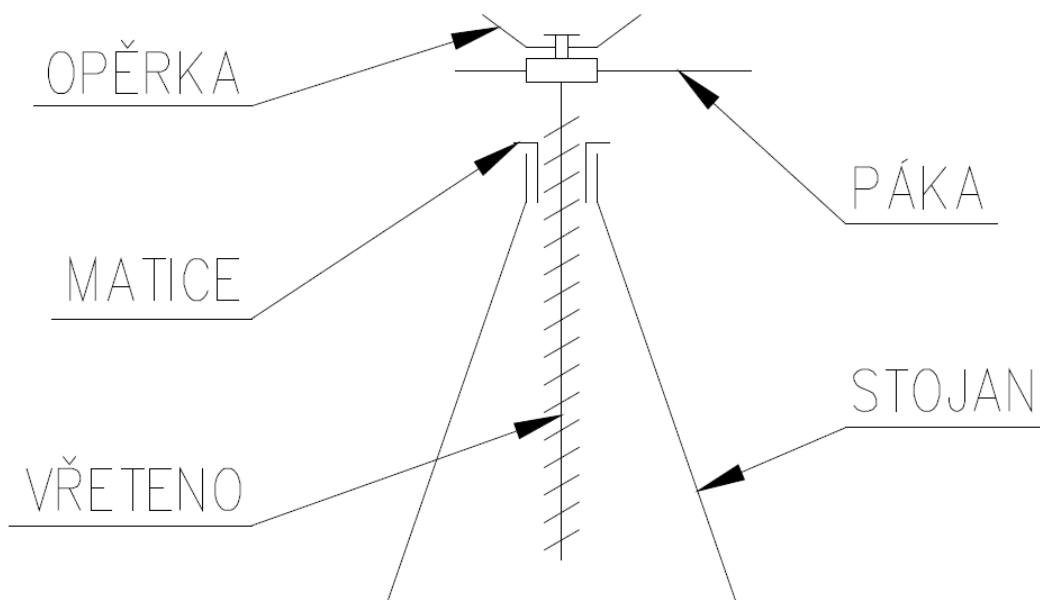
	Předmět:	
		Počet listů: ..
		Počet příloh:

ŠROUBOVÝ ZVEDÁK

1. Zadání

Navrhněte šroubový zvedák pro zvedání břemen o hmotnosti $m=2000$ kg a se zdvihem $h=300/200$ mm. Stojan navrhněte jako odlitek. Součinitel tření mezi čelní plochou vřetena a hlavicí zvedáku, jakož i v závitech volte $f=0,1$.

2. Schéma



Vypracoval:	Školní rok:	Hodnocení:
Dne:	Třída:	

3. Předběžný výpočet

3.1. Volba rozměrů závitu

3.1.1. Volba materiálu šroubu, způsob zatížení, dovolené napětí

VOLBA MATERIÁLU

- Pro svoje konstrukční řešení volím materiál vřetene 11373. $R_m=370$; $c_{II}=0,82$
- Materiál matice Cínový bronz 423016 $R_m=400$; $c_{II}=0,6$
- Materiál stojanu 422425
- Materiál misky 10420
- Materiál páky 11110

ZPŮSOB ZATÍŽENÍ

- U šroubového zvedáku nastává zatížení a odlehčování, jde o míjivé zatížení.

DOVOLENÉ NAPĚTÍ V TLAKU

$$\sigma_{Do} = \frac{0,6 * R_m}{k} * c_{II}$$
$$\sigma_{Do} = \frac{0,6 * 370}{2} * 0,85$$
$$\sigma_{Do} = \mathbf{91,02 MPa}$$

$$\sigma_{Db} = \frac{0,6 * R_m}{k} * c_{II}$$
$$\sigma_{Db} = \frac{0,6 * 400}{2} * 0,6$$
$$\sigma_{Db} = \mathbf{72 MPa}$$

3.1.2. Minimální průřez závitu

$$F = m * g$$
$$F = 2000 * 9,81$$
$$F = \mathbf{19620 N}$$

$$\sigma = \frac{F}{S} \leq \sigma_{Do} \Rightarrow S_{min} = \frac{F}{\sigma_{Do}}$$
$$S_{min} = \frac{19620}{91,02}$$
$$S_{min} = \mathbf{215,557 mm^2}$$

3.1.3. Volba závitu dle ČSN 01 4050

$$S_{min} = \frac{\pi * d_3^2}{4} \Rightarrow d_3 = \sqrt{\frac{4 * S_{min}}{\pi}}$$
$$d_3 = \sqrt{\frac{4 * 215,557}{3,14}}$$
$$d_3 = \mathbf{16,6 mm}$$

Volím nejbližší vyšší průměr lichoběžníkového rovnoramenného závitu

Tr 26 x 5 ČSN 01 4050

d=26 mm

$$\begin{aligned}
 P &= 5 \text{ mm} \\
 d_2 &= 23,5 \text{ mm} \\
 d_3 &= 20,5 \text{ mm} \\
 D_1 &= 21 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

3.2. Určení výšky matice

3.2.1. Počet závitů

$$\begin{aligned}
 p &= \frac{F}{S} \leq p_D \\
 p &= \frac{F}{Z * \pi * D_2 * H_1} \Rightarrow Z = \frac{F}{p_D * \pi * D_2 * H_1} \\
 Z &= \frac{19620}{72 * 3,14 * 23,5 * 2,5} \\
 \mathbf{Z} &= \mathbf{1,4}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= Z * \pi * D_2 * H_1 \\
 H_1 &= \frac{d - D_1}{2} \\
 H_1 &= \frac{26 - 21}{2} \\
 \mathbf{H_1} &= \mathbf{2,5 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

Volím počet závitů **Z=5**

3.2.2. Výška matice

$$\begin{aligned}
 h &= Z * P \\
 h &= 5 * 5 \\
 \mathbf{h} &= \mathbf{25 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

3.3. Kontrola samosvornosti závitu

3.3.1. Úhel stoupání šroubovice

$$\begin{aligned}
 \operatorname{tg} \gamma &= \frac{P}{\pi * D_2} \\
 \operatorname{tg} \gamma &= \frac{5}{3,14 * 23,5} \\
 \mathbf{\gamma} &= \mathbf{3,87^\circ}
 \end{aligned}$$

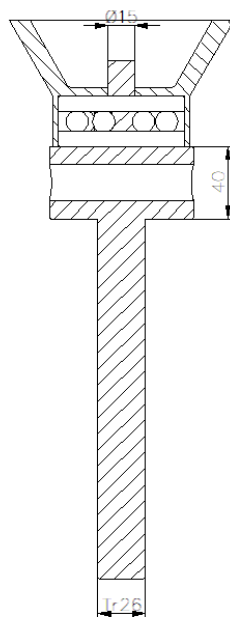
3.3.2. Třecí úhel pro lichoběžníkový závit φ'

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi' &= \frac{f}{\cos \beta} \\ \operatorname{tg} \varphi' &= \frac{0,15}{\cos 15} \\ \varphi' &= \mathbf{8,83^\circ} \end{aligned}$$

3.3.3. Podmínky samosvornosti

$$\begin{aligned} \gamma &< \varphi' \\ \mathbf{3,87^\circ} &< \mathbf{8,83^\circ} \end{aligned}$$

3.4. Výpočet délky páky



3.4.1. Obvodová síla pro zvedání F_o

$$\begin{aligned} F_o &= F_g * \operatorname{tg}(\gamma + \varphi') \\ F_o &= 19620 * \operatorname{tg}(3,87^\circ + 8,83^\circ) \\ F_o &= \mathbf{4421,6 N} \end{aligned}$$

3.4.2. Kroutící moment M_k

$$\begin{aligned} M_k &= F_o * \frac{d_2}{2} \\ M_k &= 4421,6 * \frac{23,5}{2} \\ M_k &= \mathbf{51953,3 Nmm} \end{aligned}$$

3.4.3. Třecí momenty mezi hlavicí a vřetenem M_t

$$M_t = F_g * f * R_s$$
$$M_t = 19620 * 0,1 * 40$$
$$M_t = 78480 \text{ Nmm}$$

3.4.4. Celkový potřebný hnací moment M_c

$$M_c = M_k + M_t$$
$$M_c = 51953,3 + 78480$$
$$M_c = 130433,3 \text{ Nmm}$$

3.4.5. Délka páky l

$$M_c = F * l \Rightarrow l = \frac{M_c}{F}$$
$$l = \frac{130433,3}{150}$$
$$l = 869,5 \text{ mm} \Rightarrow \text{Nevyhovuje}$$

3.4.6. Návrh axiálního ložiska

$$k = \frac{C_o}{F_e}$$
$$F_e = F_a$$
$$k = 4$$
$$C_o = k * F_e$$
$$C_o = k * F_a$$
$$C_o = k * F_g$$
$$C_o = 4 * 2000 * 9,81$$
$$C_o = 78480 \text{ N}$$

Volím LOŽISKO 51 406 ČSN 02 4730.

3.4.7. Celkový hnací moment

$$M_c = M_k$$
$$M_c = 51953,3 \text{ Nmm}$$

3.4.8. Délka páky

$$l = \frac{M_c}{F}$$
$$l = \frac{51953,3}{150}$$
$$l = 346,35 \text{ mm}$$

Volím délku páky 350 mm.

4. Kontrolní výpočet

4.1. Redukované napětí ve vřetenu

4.1.1. Napětí v tlaku

$$\sigma = \frac{F}{S}$$
$$\sigma = \frac{m * g}{\pi * \left(\frac{d_2 + d_3}{2}\right)^2}$$
$$\sigma = \frac{2000 * 9,81}{\pi * \left(\frac{23,5 + 20,5}{2}\right)^2}$$
$$\sigma = 51,61 \text{ MPa}$$

4.1.2. Napětí v krutu

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k}$$
$$\tau_k = \frac{M_k}{0,2 * d_3^3}$$
$$\tau_k = \frac{51953,3}{0,2 * 20,5^3}$$
$$\tau_k = 30,15 \text{ MPa}$$

4.1.3. Redukované napětí

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma^2 + 3 * \tau_k^2} \leq \sigma_D$$
$$\sigma_{red} = \sqrt{51,61^2 + 3 * 30,15^2}$$
$$\sigma_{red} = 73,42 \text{ MPa}$$

$$\sigma_D = 0,2 * R_m$$
$$\sigma_D = 0,2 * 370$$
$$\sigma_D = 74 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{red} < \sigma_D \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

4.2. Vřeteno na vzpěr

4.2.1. Štíhlost λ

$$\lambda = \frac{4 * \mu * l_{max}}{d_3}$$
$$\lambda = \frac{4 * 2 * 200}{20,5}$$

$$\lambda = 78 \Rightarrow \text{kontrola na vzpěr podle Tetmajera}$$

4.2.2. Podle Tetmajera

$$\sigma_v = \frac{F}{S}$$
$$\sigma_v = \frac{m * g}{\pi * \left(\frac{d_2 + d_3}{2}\right)^2}$$
$$\sigma_v = \frac{2000 * 9,81}{\pi * \left(\frac{23,5 + 20,5}{2}\right)^2}$$
$$\sigma_v = 12,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{tet} = 289 - 0,82 * \lambda$$
$$\sigma_{tet} = 289 - 0,82 * 78$$
$$\sigma_{tet} = 225,04 \text{ MPa}$$

$$k_T = \frac{\sigma_{tet}}{\sigma_v}$$
$$k_T = \frac{225,04}{12,9}$$
$$k_T = 17,44 \geq 1,7 \text{ až } 4 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

4.3. Otláčení mezi miskou a vřetenem

$$p_d = \frac{0,6 * R_m}{k} * c_{II}$$
$$p_d = \frac{0,6 * 420}{2} * 0,85$$
$$p_d = 107,1 \text{ MPa}$$

$$p = \frac{F}{S} \geq p_D$$
$$p = \frac{m * g}{\frac{\pi * D^2 - \pi * d^2}{4}}$$
$$p = \frac{2000 * 9,81}{\frac{\pi * 70^2 - \pi * 30^2}{4}}$$
$$p = 6,25 \text{ MPa}$$
$$p < p_D \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

4.4. Kontrola páky na ohyb

$$\sigma_d = \frac{0,6 * R_m}{k} * c_{II}$$
$$\sigma_d = \frac{0,6 * 400}{2} * 0,85$$
$$\sigma_d = 102 \text{ MPa}$$

$$d_p = \sqrt[3]{\frac{F * l}{0,1 * \sigma_D}}$$

$$d_p = \sqrt[3]{\frac{150 * 350}{0,1 * 102}}$$

$$d_p = 17,26 \text{ mm}$$

Volím $d_p = 20 \text{ mm}$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o}$$

$$\sigma_o = \frac{F * l}{0,1 * d_p^3}$$

$$\sigma_o = \frac{150 * 350}{0,1 * 20^3}$$

$$\sigma_o = 65,625 \text{ MPa}$$

$\sigma_o < \sigma_D \Rightarrow$ Vyhovuje

4.5. Celková účinnost zvedáku

$$\eta = \frac{F_g * P}{F_o * \pi * d_2}$$

$$\eta = \frac{m * g * P}{m * g * \text{tg}(\gamma + \varphi) * \pi * d_2}$$

$$\eta = \frac{2000 * 9,81 * 5}{2000 * 9,81 * \text{tg}(3,87 + 8,83) * \pi * 23,5}$$

$$\eta = 0,3 \Rightarrow 30\%$$

5. Zalisování matice

5.1. Minimální přesah

$$\Delta_{min} = \varepsilon_{min} * D$$

$$\Delta_{min} = 0,0005 * 40$$

$$\Delta_{min} = 0,02$$

5.2. Nutný stykový tlak pro přenos M_k

$$p = \frac{2 * M_k}{\pi * D^2 * L_t * f}$$

$$p = \frac{2 * 51953,3}{\pi * 40^2 * 20 * 0,25}$$

$$p = 4,7 \text{ MPa}$$

5.3. Kontrola maximálního stykového tlaku

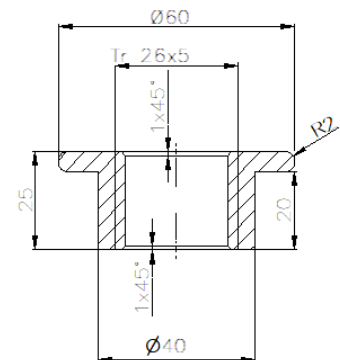
H7/u6

$$p_D = 110 \text{ MPa}$$

$$p_{Tmax} = p_T * \frac{\Delta_{max}}{\Delta_{min}} \leq p_D$$

$$p_{Tmax} = 4,7 * \frac{0,076}{0,035}$$

$$p_{Tmax} = 10,5 \text{ MPa}$$



6. Legenda

m - [kg] – hmotnost břemene
g - [m·s⁻²] – tíhové zrychlení
F_g - [N] – tíha břemene
γ - [°] – úhel stoupání
φ' - [°] – třecí úhel šroubovice
S_j - [mm²] – průřez jádra šroubu
p_D - [MPa] – dovolený tlak
z - [-] – počet závitů
D₂ - [mm] – střední průměr závitu
H₁ - [mm] – nosná hloubka závitu
d - [mm] – velký průměr šroubu
D₁ - [mm] – malý průměr matice
f - [-] – součinitel smykového tření
β - [°] – poloviční vrcholový úhel závitu
d₂ - [mm] – střední průměr závitu vřetena
F - [N] – ruční síla na páce při zvedání
E - [MPa] – modul pružnosti v tahu materiálu vřetena pro ocel.... E = 2·10⁵ MPa
J_j - [mm⁴] – kvadratický moment průřezu jádra

Vypracoval:

Název: Šroubový zvedák

List číslo:

- 10 -