

Proračun vijaka opterećenih uzdužnim opterećenjem za vrijeme okretanja (navojno vreteno – dizalica)

Primjer 2.

Vertikalna dizalica (prema skici) podiže teret težine F_G u vremenu t iz najnižeg u najviši položaj (hod matice L). Dizalica dobiva pogon od elektromotora EM, preko pužnog prijenosa, krute spojke i navojnog vretena. Konzola kojom se podiže teret spojena je s maticom i vođena je na vertikalnoj vodilici zbog rasterećenje navojnog vretena i ležajeva.

Zadano:

- $F_G = 22$ [kN] - sila tereta
- $L = 2$ [m] - visina podizanja tereta
- $t = 120$ [s] - vrijeme podizanja
- $\mu = 0,1$ - koeficijent trenja između navoja matice i vretena
- $n_{EM} = 1500$ [okr/min] - broj okretaja elektromotora
- $i_{pp} = 10$ - prijenosni omjer pužnog prijenosa
- $\eta_L = 0,99$ - iskoristivost jednog para ležaja
- $\eta_{pp} = 0,85$ - iskoristivost pužnog prijenosa
- $\sigma_{idop} = 65$ [MPa] - dopušteno imaginarno naprezanje
- $p_{dop} = 5$ [MPa] - dopušteni pritisak na navoju matice

Potrebno je odrediti:

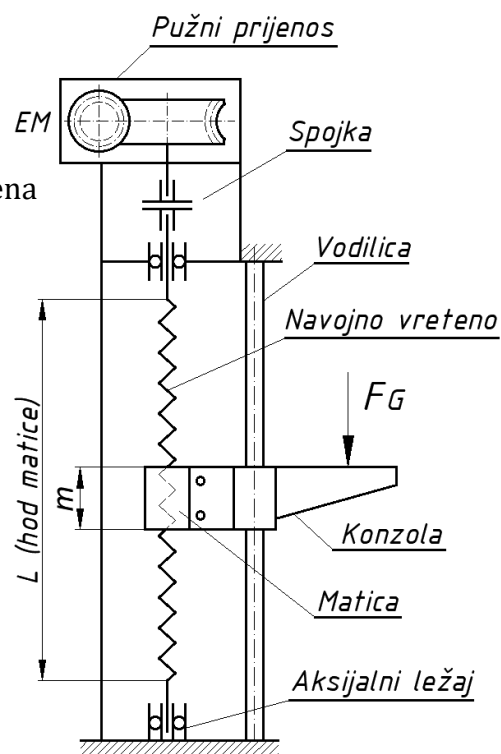
- a) brzinu podizanja tereta
- b) broj okretaja navojnog vretena
- c) uspon (korak) navoja navojnog vretena
(dimenzionirati navojno vreteno)
- d) okretni moment navojnog vretena
- e) okretni moment pogonskog elektromotora
- f) snagu pogonskog elektromotora
- g) provjeriti složeno naprezanje na tlak i torziju navojnog vretena
- h) duljinu matice

- a)** brzina podizanja tereta v

$$v = \frac{L}{t} = \frac{2000}{120} = 16,7 \text{ [mm/s]}$$

- b)** broj okretaja navojnog vretena n_{NV}

$$n_{NV} = \frac{n_{EM}}{i_{pp}} = \frac{1500}{10} = 150 \text{ [okr/min]}$$



c) uspon (korak) navoja navojnog vretena P

$$v = P \cdot n_{NV} \rightarrow P = \frac{v}{n_{NV}}$$

$$P = \frac{v}{n_{NV}} = \frac{16,7 \cdot 60}{150} = 6,7 \text{ [mm]}$$

Iz knjige SE1 (tablica 84) odabiremo standardni trapezni navoj:

$$P = 7 \text{ [mm]}$$

$$d_1 = 32,5 \text{ [mm]}$$

$$d_2 = 36,5 \text{ [mm]}$$

Oznaka trapeznog navoja: **Tr 40x7**

d) okretni moment navojnog vretena M_{NV}

$$M_{NV} = F_G \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\gamma + \rho')$$

$$\tan \gamma = \frac{P}{d_2 \cdot \pi} = \frac{7}{36,5 \cdot \pi} \rightarrow \gamma = 3,5^\circ$$

gdje je:

γ [°] - kut uspona zavojnice (navoja)

ρ' [°] - reducirani kut trenja

Koeficijent trenja mora se prilagoditi vrsti standardiziranog navoja jer je nešto veći nego kod nestandardiziranog kvadratnog navoja. Reducirani koeficijent trenja μ' računamo prema izrazu:

$$\mu' = \frac{\mu}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{0,1}{\cos 15^\circ} = 0,1035$$

Kut α je kut profila navoja i iznosi:

- za trapezni navoj: $\alpha = 30^\circ$

$$\tan \rho' = \mu'$$

$$\tan \rho' = 0,1035 \rightarrow \rho' = 5,9^\circ$$

$$M_{NV} = F_G \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\gamma + \rho') = 22000 \cdot \frac{36,5}{2} \cdot \tan(3,5^\circ + 5,9^\circ) = 66467,9 \text{ [Nmm]}$$



e) okretni moment pogonskog elektromotora M_{EM}

$$M_{EM} = \frac{M_{NV}}{\eta_{uk} \cdot i_{pp}} = \frac{66467,9}{0,861 \cdot 10} = 7719,8 \text{ [Nmm]}$$

Ukupna iskoristivost od elektromotora do navojnog vretena:

$$\eta_{uk} = \eta_L \cdot \eta_{pp} = 0,99 \cdot 0,87 = 0,861$$

f) snaga pogonskog elektromotora P_{EM}

$$P_{EM} = M_{EM} \cdot \omega = M_{EM} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{EM}}{60}$$

$$P_{EM} = M_{EM} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{EM}}{60} = 7015 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 1500}{60} = 1212 \text{ [W]}$$

g) provjera složenog naprezanje na tlak i torziju navojnog vretena

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_t^2 + 3 \cdot \tau_t^2} \leq \sigma_{idop}$$

gdje je:

σ_i [MPa] - imaginarno (reducirano) naprezanje u navojnom vretenu

σ_t [MPa] - naprezanje navojnog vretena na tlak

τ_t [MPa] - naprezanje navojnog vretena na uvijanje

$$\sigma_t = \frac{F_G}{A}$$

A [mm²] - površina poprečnog presjeka navojnog vretena

– naprezanje navojnog vretena na tlak

$$\sigma_t = \frac{F_G}{A} = \frac{F_G}{\frac{d_1^2 \cdot \pi}{4}} = \frac{22000}{\frac{32,5^2 \cdot \pi}{4}} = 26,5 \text{ [MPa]}$$

- naprezanje navojnog vretena na uvijanje

$$\tau_t = \frac{M_{NV}}{W_p} = \frac{M_{NV}}{\frac{d_1^3 \cdot \pi}{16}} = \frac{66467,9}{\frac{32,5^3 \cdot \pi}{16}} = 9,9 \text{ [MPa]}$$

gdje je:

W_p - polarni moment otpora (kružni poprečni presjek)

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_t^2 + 3 \cdot \tau_t^2} = \sqrt{26,5^2 + 3 \cdot 9,9^2} = 31,6 \text{ [MPa]} < \sigma_{idop}$$

h) duljina matice m

Duljina matice m određuje se iz uvjeta da površinski pritisak na navoju matice bude manji od dozvoljenog:

$$p \leq p_{dop}$$

$$p = \frac{F_G}{i \cdot A_n} \leq p_{dop}$$

gdje je:

A_n - nosiva površina jednog navoja (gledano iz tlocrta – kružni vijenac)

i - broj navoja (zubaca) u matici

$$A_n = d_2 \cdot \pi \cdot H_1$$

$$i = \frac{m}{P}$$

H_1 - aktivna dubina navoja (za trapezni navoj $H_1 = 0,5 \cdot P$)

Uvrštavanjem prethodnih izraza u izraz za površinski pritisak dobije se potrebna duljina matice:

$$m \geq \frac{F_G \cdot P}{p_{dop} \cdot d_2 \cdot \pi \cdot H_1}$$

$$m \geq \frac{F_G \cdot P}{p_{dop} \cdot d_2 \cdot \pi \cdot H_1} = \frac{22000 \cdot 7}{5 \cdot 36,5 \cdot \pi \cdot 3,5} = 76,8 \text{ [mm]}$$

Usvajamo $m = 78 \text{ [mm]}$