

Ručna vijčana dizalica

Primjer 1.

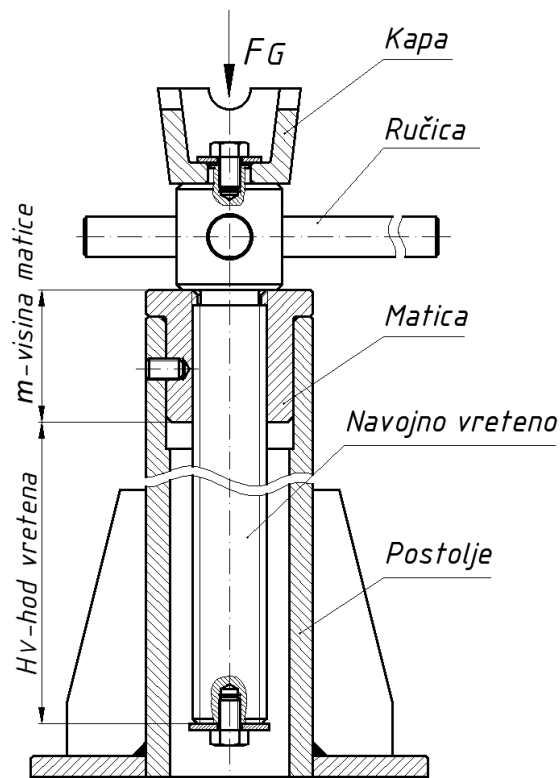
Proračun i konstrukcija ručne dizalice prema slici koja na principu radnog vijka (navojno vreteno) podiže zadani tereta težine F_G .

Zadano:

- $F_G = 8$ [kN] - težina tereta
- $H_V = 250$ [mm] - hod vertikalnog vretena
- $\sigma_{idop} = 60$ [MPa] – dopušteno imaginarno naprezanje
- materijal vretena – čelik C45
- materijal matice - bronza CuSn12-C
- $\mu = 0,1$ – koeficijent trenja između navoja matice i vretena
- $p_{dop} = 5$ [MPa] – dopušteni pritisak na navoju matice
- $\nu = 5$ – sigurnost protiv izvijanja

Potrebno je:

- a) Dimenzionirati vertikalno vreteno s normalnim trapeznim navojem
- b) provjeriti složeno naprezanje na tlak i torziju navojnog vretena
- c) odrediti duljinu matice
- d) dimenzionirati promjer i duljinu ručice
- e) izraditi radioničke crteže i sklopni crtež dizalice



a) Dimenzioniranje vretena vrši se s obzirom na izvijanje. Zadana tlačna sila mora biti manja od kritične sile uz stupanj sigurnosti protiv izvijanja:

$$\nu \cdot F_G \leq F_K$$

gdje je:

F_K [N] – kritična sila izvijanja

Ne poznavajući vitkost vretena pretpostavlja se elastično izvijanje za koje se kritična sila pri kojoj dolazi do izvijanja računa po Eulerovoj jednadžbi:

$$F_K = \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_{\min}}{l_o^2}$$

gdje je:

$E = 210000$ [MPa] – modul elastičnosti (za čelik)

I_{\min} [mm⁴] – najmanji aksijalni moment inercije poprečnog presjeka vretena

$$I_{\min} = \frac{d_1^4 \cdot \pi}{64}$$

l_o [mm] – slobodna duljina izvijanja, ovisi o načinu uležištenja vretena. Za slučaj prema slici vrijedi izraz za jednostrano uklještenje:

$$l_o = 2 \cdot l$$

l - pretpostavljena duljina, mjera od sredine matice (vodilice) do vrha vretena kada se vreteno nalazi u najvišem gornjem položaju (uzeti u obzir hod vretena, pretpostavljenu visinu matice i pretpostavljenu visinu gornjeg dijela vretena zajedno s kapom)

$$l = 390 \text{ [mm]}$$

$$l_o = 2 \cdot l = 2 \cdot 390 = 780 \text{ [mm]}$$

Uvrštavanjem prethodnih izraza u izraz za određivanje kritične sile izvijanja te njegovim sređivanjem dobiva se potrebni promjer jezgre vretena s obzirom na izvijanje:

$$d_1 = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot F_G \cdot \nu \cdot l_o^2}{E \cdot \pi^3}}$$

$$d_1 = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot F_G \cdot \nu \cdot l_o^2}{E \cdot \pi^3}} = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot 8000 \cdot 5 \cdot 780^2}{210000 \cdot \pi^3}} = 22,1 \text{ [mm]}$$

Na osnovu izračunatog minimalnog promjera vretena iz knjige *SE1 (tablica 84)* odabiremo standardni trapezni navoj:

$$d_1 = 22,5 \text{ [mm]}$$

$$d_2 = 25,5 \text{ [mm]}$$

$$d = 28 \text{ [mm]}$$

$$P = 5 \text{ [mm]}$$

Oznaka trapeznog navoja: **Tr 28x5**

b) provjera složenog naprezanja 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

– naprezanje navojnog vretena na tlak

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

A [mm²] - površina poprečnog presjeka navojnog vretena

$$\sigma_t = \frac{F_G}{A} = \frac{F_G}{\frac{d_1^2 \cdot \pi}{4}} = \frac{8000}{\frac{22,5^2 \cdot \pi}{4}} = 20,1 \text{ [MPa]}$$

– naprezanje navojnog vretena na uvijanje

$$\tau_t = \frac{M_{NV}}{W_p}$$

W_p [mm³] - polarni moment otpora (kružni poprečni presjek)

M_{NV} [Nmm] - okretni moment navojnog vretena

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

$$\tan \gamma = \frac{P}{d_2 \cdot \pi} = \frac{5}{25,5 \cdot \pi} \rightarrow \gamma = 3,6^\circ$$

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: $\alpha = 30^\circ$

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

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

$$M_{NV} = F_G \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\gamma + \rho') = 8000 \cdot \frac{25,5}{2} \cdot \tan(3,6^\circ + 5,9^\circ) = 17068,9 \text{ [Nmm]}$$

$$\tau_t = \frac{M_{NV}}{W_p} = \frac{M_{NV}}{\frac{d_1^3 \cdot \pi}{16}} = \frac{17068,9}{\frac{22,5^3 \cdot \pi}{16}} = 7,6 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_t^2 + 3 \cdot \tau_t^2} = \sqrt{26,5^2 + 3 \cdot 9,9^2} = 24,1 \text{ [MPa]} < \sigma_{idop}$$

c) 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 [mm²] - 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 [mm] - 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:

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

$$m \geq \frac{F_G \cdot P}{p_{dop} \cdot d_2 \cdot \pi \cdot H_1} = \frac{8000 \cdot 5}{5 \cdot 25,5 \cdot \pi \cdot 2,5} = 45,3 \text{ [mm]}$$

Usvajamo $m = 50$ [mm]

c) promjer d_R i duljina l_R ručice za okretanje navojnog vretena

Materijal ručice – svjetlo vučeni čelik S355J2C

Da bi se podizao teret težine F_G ručica mora savladati okretni moment navojnog vretena M_{NV} i pri tome je opterećena na savijanje. Moment NV-a odgovara produktu ručne sile F_R i duljine ručica l_R .

$$M_{NV} = F_R \cdot l_R$$

$F_R = 100$ [N] - pretpostavljena ručna sila

$$l_R = \frac{M_{NV}}{F_R}$$

$$l_R = \frac{M_{NV}}{F_R} = \frac{17068,9}{100} = 170,7 \text{ [mm]}$$

Usvajamo $l_R = 220$ [mm]

S355J2C $\rightarrow \sigma_{s dop} = 100$ [MPa]

$$\sigma_s = \frac{M_{NV}}{W} \leq \sigma_{s dop}$$

gdje je:

σ_s [MPa] - naprezanje ručice na savijanje

$\sigma_{s dop}$ [MPa] – dopušteno naprezanje na savijanje

W [mm³] - moment otpora (kružni poprečni presjek)

$$W = \frac{d_R^3 \cdot \pi}{32}$$

$$W = \frac{M_{NV}}{\sigma_{s dop}} \rightarrow \frac{d_R^3 \cdot \pi}{32} = \frac{M_{NV}}{\sigma_{s dop}}$$

$$d_R = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{NV}}{\pi \cdot \sigma_{s dop}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 17068,9}{\pi \cdot 100}} = 12,1 \text{ [mm]}$$

Usvajamo $d_R = 15$ [mm]