

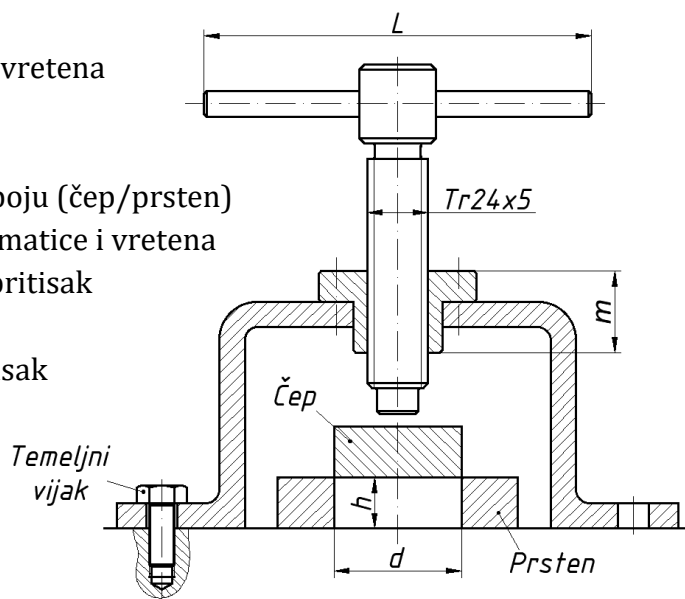
Proračun vijaka opterećenih uzdužnim opterećenjem za vrijeme okretanja (navojno vreteno – vijčana preša)

Primjer 3.

Vijčana preša prema slici služi za uprešavanje čepova promjera d u prsten visine h . Uprešavanje se vrši ručno, okretanjem vijčanog navojnog vretena **Tr24x5**. Matica je s postoljem spojena vijcima.

Zadano:

- $L = 400$ [mm] – duljina ručice za okretanje vretena
- $d = 50$ [mm] – promjer čepa
- $h = 20$ [mm] – visina prstena
- $\mu_1 = 0,135$ – koeficijent trenja u steznom spoju (čep/prsten)
- $\mu_2 = 0,1$ – koeficijent trenja između navoja matice i vretena
- $p = 30$ [MPa] – pretpostavljeni površinski pritisak između prstena i čepa
- $p_{dop} = 12$ [MPa] – dopušteni površinski pritisak na navoju vretena i matice (čelik/bronca)
- $n = 4$ – broj temeljnih vijaka (k.č. 4.8)



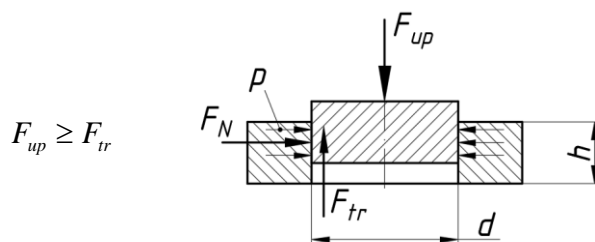
Potrebno je odrediti:

- Potrebnu silu uprešavanja F_{up}
(ovisno o specifičnom površinskom pritisku i koeficijentu trenja u steznom spoju)
- Visinu matice (vodilice) m
- Ručnu silu F_R na krajevima ručice potrebnu za uprešavanje čepa
- Potrebni broj okretanja navojnog n_{NV} vretena da bi se uprešao čep visine h
- Dimenzionirati temeljne vijke na postolju (metrički navoj)

a) Potrebna sila uprešavanja F_{up}

Sila uprešavanja F_{up} , koju ostvarujemo okretanjem navojnog vretena, utiskuje čep u prsten stvarajući površinski pritisak p na dodirnim površinama između čepa i prstena, odnosno normalnu (okomitu) silu F_N . Pri tome se u ravnini dodirnih ploha stvara sila trenja F_{tr} .

Da bi se izvršilo uprešavanje čepa, potrebno je da sila uprešavanja F_{up} bude veća od nastale sile trenja F_{tr} .



$$p = \frac{F_N}{A} \leq p_{dop}$$

$$A = d \cdot \pi \cdot h$$

gdje je:

A [mm²] - dodirna površina između čepa i prstena

$$F_N = A \cdot p = d \cdot \pi \cdot h \cdot p$$

$$F_N = d \cdot \pi \cdot h \cdot p = 50 \cdot \pi \cdot 20 \cdot 30 = 94200 \text{ [N]}$$

$$F_{tr} = \mu_1 \cdot F_N$$

$$F_{tr} = \mu_1 \cdot F_N = 0,135 \cdot 94200 = 12717 \text{ [N]}$$

$$F_{up} \geq F_{tr} = 12717 \text{ [N]}$$

b) Visina matice (vodilice) m

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

$$p \leq p_{dop}$$

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

gdje je:

A_n [mm²] - nosiva površina jednog navoja (gledano iz tlocrta – kružni vijenac)

i - broj navoja 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 visina matice:

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

Dimenzije standardnog trapeznog navoja Tr 24x5:

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

$$d_1 = 18,5 \text{ [mm]}$$

$$d_2 = 21,5 \text{ [mm]}$$

$$m \geq \frac{F_{up} \cdot P}{p_{dop} \cdot d_2 \cdot \pi \cdot H_1} = \frac{12717 \cdot 5}{12 \cdot 21,5 \cdot \pi \cdot 2,5} = 31,4 \text{ [mm]}$$

Usvajamo $m = 32 \text{ [mm]}$

c) Ručna sila F_R potrebna za uprešavanje čepa

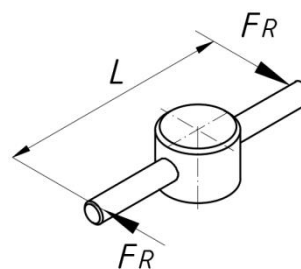
Moment na navojnom vretenu M_{NV} jednak je produktu ručne sile F_R i duljine kraka L .

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

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

$$M_{NV} = F_{up} \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\varphi + \rho')$$

$$\tan \varphi = \frac{P}{d_2 \cdot \pi} = \frac{5}{21,5 \cdot \pi} \rightarrow \varphi = 4,2^\circ$$



gdje je:

$\varphi [^\circ]$ - kut uspona zavojnice (navoja)

$\rho' [^\circ]$ - reducirani kut trenja

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

$$\mu' = \frac{\mu_2}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{0,1}{\cos 15^\circ} = 0,1035$$

Kut α je kut profila navoja i iznosi:

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

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

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

$$M_{NV} = F_{up} \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\varphi + \rho') = 12717 \cdot \frac{21,5}{2} \cdot \tan(4,2^\circ + 5,9^\circ) = 24351 \text{ [Nmm]}$$

$$F_R = \frac{M_{NV}}{L} = \frac{24351}{400} = 60,8 \text{ [N]}$$

d) Potrebni broj okretanja navojnog vretena n_{NV} da bi se uprešao čep visine h

Za jedan okretaj navojnog vretena, vreteno se spusti (ili podigne) za vrijednost koraka P .

$$n_{NV} = \frac{h}{P} = \frac{20}{5} = 4 \rightarrow \text{potrebna su 4 okretaja navojnog vretena okretaja}$$

e) Dimenzioniranje temeljnih vijaka na postolju

Sila uprešavanja F_{up} vlačno opterećuje temeljne vijke. Iz izraza za naprezanje vijka na vlak možemo odrediti potrebni promjer vijka u korijenu d_1 (najmanji promjer vijka).

$$\sigma_v = \frac{F_{up}}{A \cdot n} \leq \sigma'_{vdop}$$

Materijal vijka: 4.8 (klasa čvrstoće)

$\sigma_L = 400$ [MPa] - vlačna čvrstoća materijala

$\sigma_{vdop} = 90$ (ES 1; tablica 95, strana 191.)

Zbog koncentracije naprezanja koja se javlja u jezgri vijka, dopušteno vlačno naprezanje umanjujemo za koeficijent oslabljenja ζ_1 koji za normalnu strojnu izvedbu navoja iznosi $\zeta_1 = 0,8$.

$$\sigma'_{vdop} = \zeta_1 \cdot \sigma_{vdop} = 0,8 \cdot 90 = 72 \text{ [MPa]}$$

$$A \geq \frac{F_{up}}{n \cdot \sigma'_{vdop}}$$

gdje je:

A [mm²] – površina poprečnog presjeka vijka (na navoju)

$$A = \frac{d_1^2 \cdot \pi}{4} \rightarrow \frac{d_1^2 \cdot \pi}{4} \geq \frac{F_{up}}{n \cdot \sigma'_{vdop}}$$

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_{up}}{n \cdot \sigma'_{vdop} \cdot \pi}}$$

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_{up}}{n \cdot \sigma'_{vdop} \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 12717}{4 \cdot 72 \cdot \pi}} = 7,5 \text{ [mm]}$$

Odabiremo standardni promjer vijka u korijenu $d_1 = 8,16$ [mm], tj. vijak M10 (ES 1; tablica 71, strana 140.)