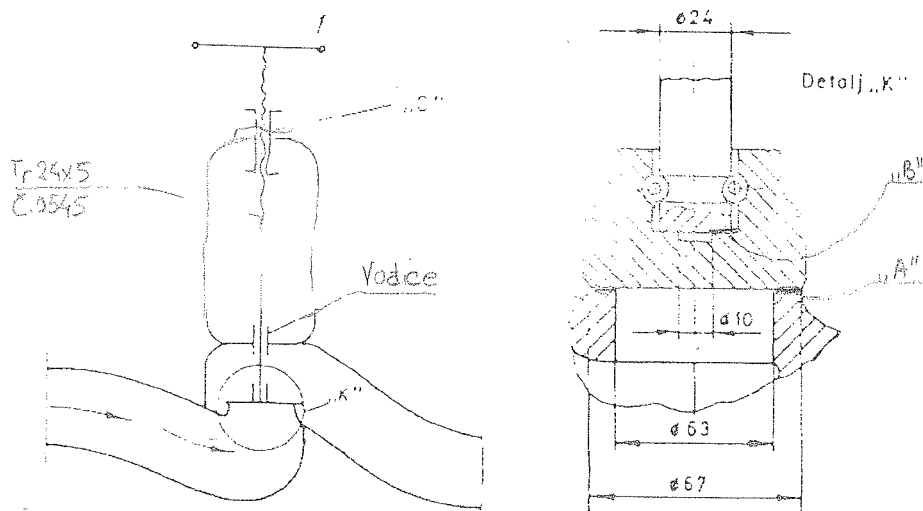


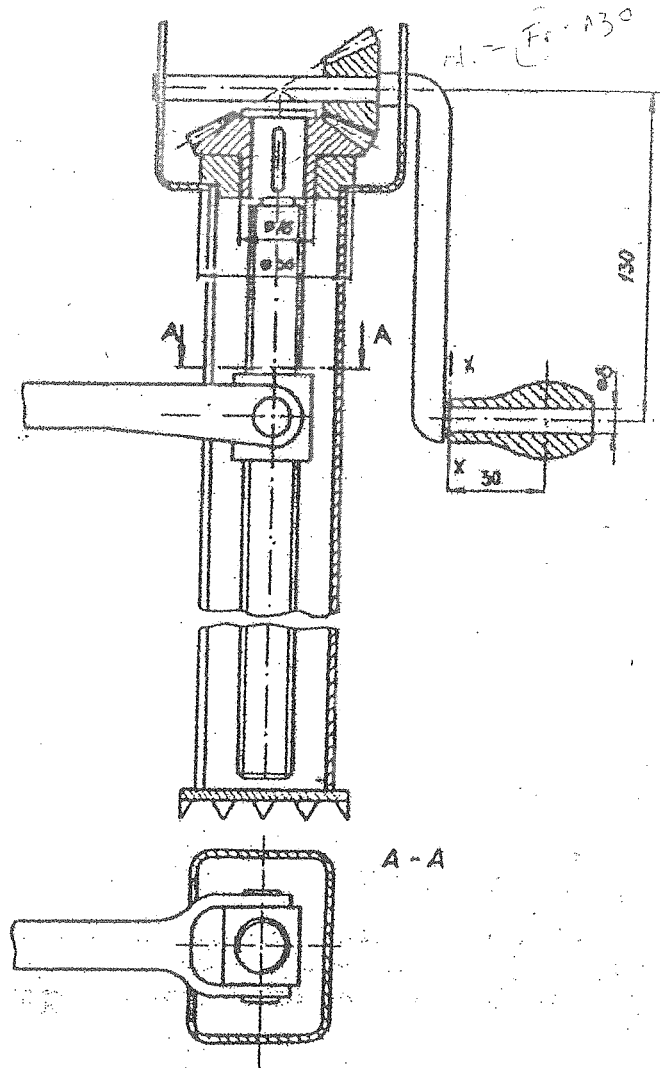
ISPITNI ZADATAK  
-prvi parcijalni-



- Ventil za zatvaranje cijevi sa vodom pod pritiskom zatvara se pomoću ventila sa trapeznim navojem Tr24x5.
- Odrediti najveći obrtni moment pri pritezanju na ručnom točku vretena 1 pod uslovom da površinski pritisak na dodirnoj površini sjedišta ventila A ne pređe  $20 \text{ N/mm}^2$ . Koefficient trenja uzeti 0.15.
  - Pri djelovanju vode u datom smjeru sa pritiskom  $p=16 \text{ bara}$ , proračunati površinske pritiske na dodirnim površinama A i B (na dodirnim površinama sjedišta i tijela ventila odnosno vretena i sjedišta) i u navojnom spoju C ako je visina navrtke 35 mm.
  - Nacrtati dijagrame napadnih opterećenja navojnog vretena i provjeriti stepene sigurnosti u karakterističnim presjecima na kraju procesa pritezanja.

## ISPITNI ZADATAK

1. Automobilaska ručna dizalica podiže teret preko zglobne veze sa navrtkom i preko koničnog para zupčanika djelovanjem sile na ručicu. Opterećenje se prenosi na oslonac preko većeg zupčanika i kliznog ležišta.



2. Proračunom odrediti:
- Najveće opterećenje dizalice na osnovu napona u vretenu izrađenog sa trapeznim navojem Tr14x4 od Č.0545 usvajajući stepen sigurnosti  $S=3$ . Nacrtati dijagrame raspodjele opterećenja na navojnom vretenu.
  - Stepen sigurnosti podnožja jače napregnutih zubaca koničnog zupčastog para sljedećih karakteristika:  $z_1=14, z_2=21, m=2.5$  mm,  $\alpha=20^\circ, x_1=x_2=0, b=10$  mm, materijal Č.0545, kvalitet izrade zupčanika 9, dinamička izdržljivost u podnožju  $[\sigma_F]_M \approx 550$  N/mm<sup>2</sup>, vrijednost grupnih faktora opterećenja podnožja  $K_\alpha K_\beta K_{F\alpha} K_{F\beta} \approx 2$  i faktor  $Y_e=0.6$ .
  - Napon u ručici za najveće opterećenje dizalice u presjeku x-x, ako je sila na ručici na rastojanju 30 mm od presjeka.
  - Izračunati mjerodavne napone (usljed površinskog pritiska i smicanja) zglobne veze navrtke (prečnik osovinice  $d_o=10$  mm i debljina kraka viljuške  $b_v=3$  mm).
3. Zadani su slijedeći podaci:  
Usvojiti uglove trenja  $7^\circ$ , stepen iskorištenja zupčastog para 0.98.
- NAPOMENA: Zanimarići dejstvo aksijalne sile usljed sprege koničnog zupčanika. Predviđeni broj promjena opterećenja u radnom vijeku je manji od  $N_s=10^3 \dots 5 \cdot 10^4$ .

$$= 1,4 \times 4$$

$$0,0545$$

$$S = 3$$

$$S = \frac{[\sigma]}{\sigma} \Rightarrow \sigma = \frac{[\sigma]}{S}$$

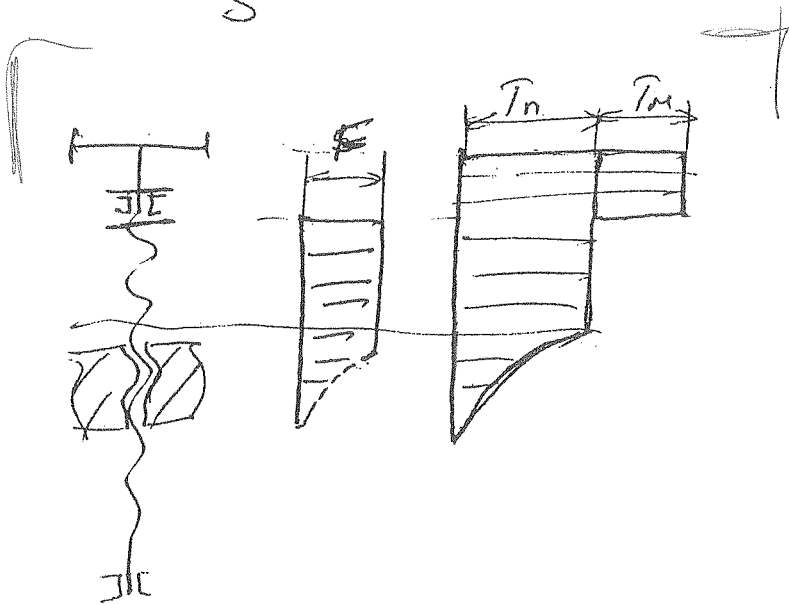
$$[\sigma] = \sigma_{TM} \cdot \xi_T \cdot \xi_1 = 300 \cdot 1,1 \cdot 0,95 = 326,7 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\sigma_{TM} = 300 \text{ N/mm}^2 \text{ za } 0,0545$$

$$\xi_T = 1,1$$

$$\xi_1 = 0,95 \text{ za loge d?}$$

$$\sigma = \frac{326,7}{3} = 108,9 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \sigma = \frac{F}{A}$$



$$\sigma_{max} = 108,9 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A_{min}}$$

$$A_{min} = \frac{d_3^2 \pi}{4} = 86,59 \text{ mm}^2$$

$$d_3 = 10,5 \text{ mm} \rightarrow 2a \text{ Tr } 14 \times 4$$

$$F = \sigma \cdot A_{min} = 108,9 \cdot 86,59 = \underline{\underline{9429,66 \text{ (N)}}}$$

~~U pr. sjele X-X~~

~~$$\sigma = \frac{M}{W_x} = \frac{F \cdot 30}{\frac{d^3 \pi}{32}} = \frac{960 F}{8^3 \pi} =$$~~

$$T = F [r_2 \tan(\varphi + \rho_n) + \mu \cdot r_M] = 27275,11 \text{ (Nmm)}$$

$$\rho_n = 7^\circ$$

$$\mu = 0,12$$

$$\varphi = 4,36^\circ$$

$$r_2 = 6,25 \text{ mm}$$

$$r_M = \frac{1}{3} \frac{36^3 - 16^3}{36^2 - 16^2} = \frac{42560}{3120} = 13,64 \text{ mm}$$

$$M_n = \frac{T}{i \cdot \eta} = \frac{27275,11}{1,5 \cdot 0,98} = 18554,5 \text{ Nmm}$$

u rudi

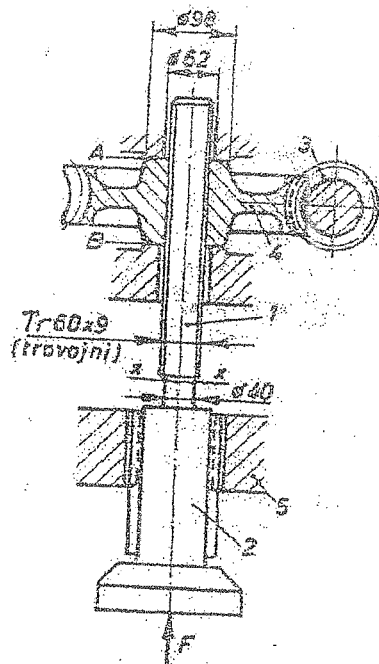
$$\sigma = \frac{M_A}{I} = 142,7 \text{ (N)} \text{ u u}$$

Napon u presjeku x-x

$$\sigma_{x-x} = \frac{M_s}{W_x} = \frac{Fr \cdot 30}{\frac{d^3 \pi}{32}} = \underline{\underline{85,16 \text{ (N/mm}^2\text{)}}}$$

$$W_x = \frac{d^3 \pi}{32} = \frac{8^3 \pi}{32} = 50,26 \text{ mm}^3$$

ISPITNI ZADATAK  
-Prvi parcijalni-



- 1) I
- 2) S
- 3) R

$\Sigma 3 = 10$

Pomoću prese, prikazane na slici, ostvaruje se pri presovanju pritisak na pritiskivaču 100 kN. Obrtanjem pužnog zupčanika u oba smjera vreteno se aksijalno kreće naniže ili naviše. Brzina kretanja vretena i pritiskivača iznosi  $v=4.2$  m/min. Obrtanje vretena se sprječava na vodicama 5.

Za sklop vretena 1, prikazan na slici potrebno je odrediti:

- 1) Veličinu obrtnog momenta na vretenu u trenutku djelovanja sile 100 kN na pritiskivaču. Vrijednost svih koeficijenata trenja usvojiti 0,06. Vreteno je sa kosim trovojn timer navojem Tr 60x9.
- 2) Nacrtati dijagrame raspodjele opterećenja navojnog vretena u trenutku presovanja. Sopstvene težine elemenata i pužnog zupčanika zanemariti. Odrediti površinski pritisak na više opterećenom ležištu ( A, B ) u kome se oslanjaju pužni zupčanik sa vretenom i pritiskivačem.
- 3) Proračunati stepen sigurnosti protiv dinamičke izdržljivosti loma vretena u presjeku x-x. Faktore koncentracije napona za sva naprezanja usvojiti  $\beta_k=1.4$ . Vreteno je fino strugano i izrađeno od Č.1530.

Zadato je:  $\xi_R=1.2$ ,  $\rho=3.43^\circ$ ,  $n_\Sigma > N_D$ .

1. Izrada:

4. Obrtni moment na pužnom zupčaniku

$$T_4 = T_n + T_{\mu} = 601,5 + 240 = 841,5 \text{ Nm}$$

$$T_n = F \frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\varphi + \rho_n) = 100 \cdot 10^3 \cdot \frac{55,5}{2} \operatorname{tg}(8,8 + 3,43) = 601\,457 \text{ Nm} \approx 601,5$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{L}{\pi \cdot d_2} = \operatorname{arctg} \frac{3 \cdot 9}{\pi \cdot 55,5} = 8,8^\circ$$

Podaci za navoj Tr 60 x 9:

$$d = 60 \text{ mm}$$

$$p = 9 \text{ mm}$$

$$d_2 = 55,5 \text{ mm}$$

$$d_3 = 50,5 \text{ mm}$$

$$A_3 = 2003 \text{ mm}$$

$$T_{\mu} = F \cdot r_{\mu} \cdot \mu = 100 \cdot 10^3 \cdot 40 \cdot 0,06 = 240 \text{ Nm}$$

$$r_{\mu} = \frac{d_s + D_o}{4} = \frac{98 + 62}{4} = \frac{160}{4} = 40 \text{ mm}$$

$$d_s = 98 \text{ mm}$$

$$D_o = 62 \text{ mm}$$

Obrtni moment na pužu:

$$T_3 = \frac{T_4}{i_{3-4} \cdot \eta_{3-4}} = \frac{841,5}{8 \cdot 0,866} = 121,5 \text{ Nm}$$

$$i_{3-4} = \frac{z_4}{z_3} = \frac{32}{4} = 8$$

$$\eta_{3-4} = \frac{\operatorname{tg} \rho}{\operatorname{tg}(\rho + \rho')} = \frac{\operatorname{tg} 26,56}{\operatorname{tg}(26,56 + 3,43)} = 0,866$$

$$\rho = \operatorname{arctg} \frac{z_3}{2} = \operatorname{arctg} \frac{4}{8} = 26,56^\circ$$

10 ležnja smaga na putu:

$$P_3 = T_3 \cdot \omega_3 = 121,5 \cdot 130,27 = 15,827 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$\omega_3 = 2\pi n_3 = 2\pi \cdot 20,733 = 130,27 \text{ s}^{-1}$$

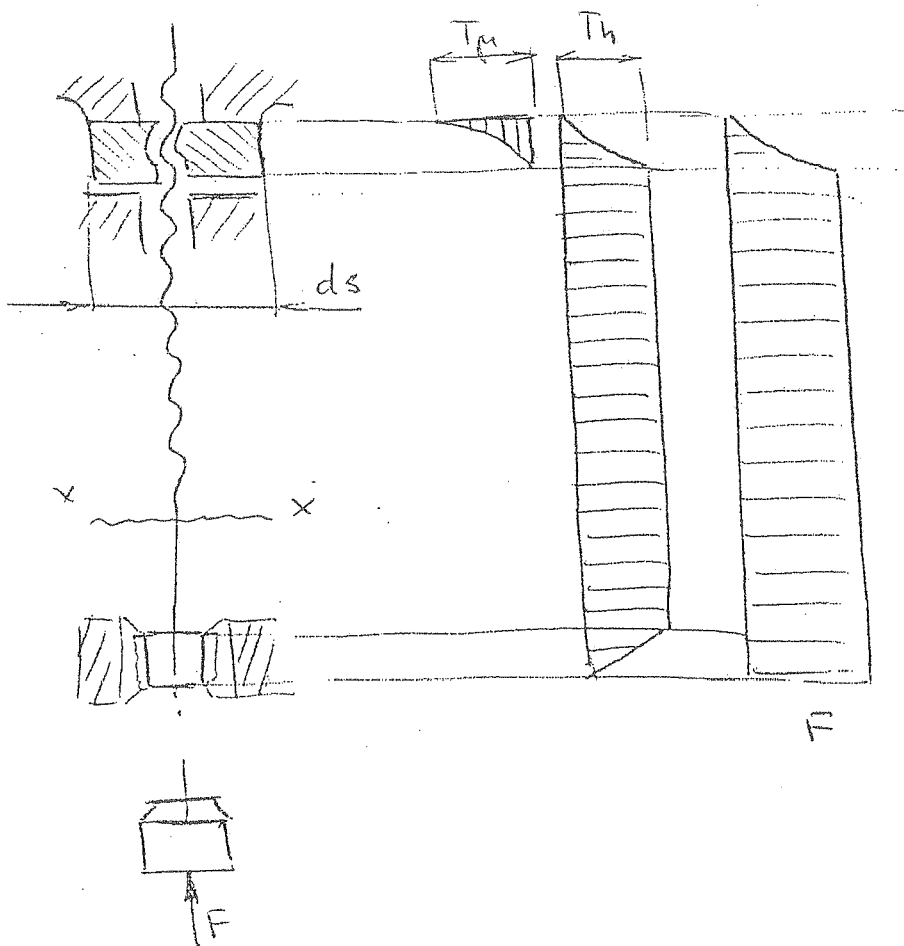
$$M_3 = M_4 \cdot i_{3-4} = 155,5 \cdot 8 = 1244 \text{ min}^{-1} = 20,73 \text{ s}^{-1}$$

$$M_4 = \frac{V}{L} = \frac{4,2 \cdot 10^3}{3 \cdot 8} = 155,5 \text{ min}^{-1}$$

2. Površinski pritisak u ležištu A:

$$p_A = \frac{F}{A} = \frac{100 \cdot 10^3}{4235} = 22,2 \text{ N/mm}^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} (98^2 - 62^2) = 4253 \text{ mm}^2$$





3. Faktor rednog vijeka

$$Z_h = \frac{[\sigma_{HH}]_H}{\sigma_{HLM} Z_n} = \frac{197,4}{370 \cdot 0,685} = 0,748$$

Gdje je:

$$Z_n = \left[ \frac{1}{(7,5 \cdot n_2 + 1)} \right]^{1/8} = \left[ \frac{1}{(7,5 \cdot 2,6 + 1)} \right]^{1/8} = 0,685$$

$$n_2 = n_4 = 2,6 \text{ s}^{-1}$$

$$\sigma_{HLM} = 370 \text{ N/mm}^2 \text{ za P.CuSn14}$$

$$T_2 = T_4 = 841,5 \text{ Nm}$$

$$K_A = 1,5$$

$$Z_E = 150 \frac{\text{H}}{\text{mm}^2} \text{ za P.CuSn14}$$

$$d_1 = d_{m1} = z_1 \cdot m = 8 \cdot 10 = 80 \text{ mm} \quad (z_1 \times z_2)$$

$$d_2 = m \cdot z_2 = 10 \cdot 32 = 320 \text{ mm}$$

$$a = 0,5 (d_1 + d_2) = 0,5 (80 + 320) = 200 \text{ mm}$$

$$Z_S = 2,76 \text{ za } \frac{d_{m1}}{a} = \frac{80}{200} = 0,4 \text{ i pri ZI;}$$

$S = 1,2$  step. sigurnost.

$$[\sigma_{HH}]_H = \sigma_H \cdot S = 164,5 \cdot 1,2 = 197,4 \text{ H/mm}^2$$

$$\sigma_H = Z_E \cdot Z_S \cdot \sqrt{\frac{T_2 K_A}{a^3}} = 150 \cdot 2,76 \cdot \sqrt{\frac{841,5 \cdot 10^3 \cdot 1,5}{200^3}} = 164,5 \text{ H/mm}^2$$

$$Z_h = \left( \frac{25000}{t} \right)^{1/6} \Rightarrow t = \frac{25000}{Z_h^6} = \frac{25000}{0,22} = \underline{\underline{113636}} \text{ [h]}$$

$$\sigma_g = \frac{F}{A} = \frac{100 \cdot 10}{1256} = 79,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = \frac{T_n}{W_p} = \frac{601,5 \cdot 10^3}{12566} = 47,86 \text{ N/mm}^2$$

Gdje je:

$$A = \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{40^2 \pi}{4} = 1256 \text{ mm}^2$$

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16} = \frac{\pi \cdot 40^3}{16} = 12566 \text{ mm}^3$$

'kritični' napori (pritisak i uvijanje):

... jer je x-x mekana - materijal manji pa je mekšom i izdržljivost vrteno za jednosmjernu pomyku napora:  $\sigma_{sc}/\sigma_g = \text{const}$ ,

$$\sigma_{DM} = \frac{\sigma_D(-1)M}{1 - \text{ctg} \beta \text{tg} \alpha_M} = \frac{223,3}{1 - 0,5 \cdot \text{tg} 37,754^\circ} = 364,45 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{DM} = 378 \text{ N/mm}^2$$

za  $M \geq M_D$

$$\sigma_D(-1)M = \sigma_D(-1) \cdot \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \xi_3 \cdot \xi_R = 220 \cdot 0,9 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1,2 = 223,3 \text{ N/mm}^2$$

Gdje je:  $\sigma_D(-1) = 220 \text{ N/mm}^2$  za č. 1530.

$$\text{ctg} \beta = \sigma_{sc}/\sigma_g = 0,5$$

$$\text{tg} \alpha_M = 1 + \left[ 1 - \frac{2 \sigma_D(-1)}{\sigma_D(0)} \right] \cdot \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \xi_3 \cdot \xi_R = 1 + \left[ 1 - \frac{2 \cdot 220}{360} \right] \cdot 0,9 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1,2$$

$$\text{tg} \alpha_M = 0,774$$

$$\alpha_M = 37,754^\circ$$

$$\sigma_{DM} = \sigma_T \cdot \xi_1 = 420 \cdot 0,9 = 378 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_T = 420 \text{ N/mm}^2 \text{ za č. 1530}$$

$$\left. \begin{array}{l} \xi_{15} = 0,9 \\ \xi_{14} = 0,98 \end{array} \right\} d = 40 \text{ mm}$$

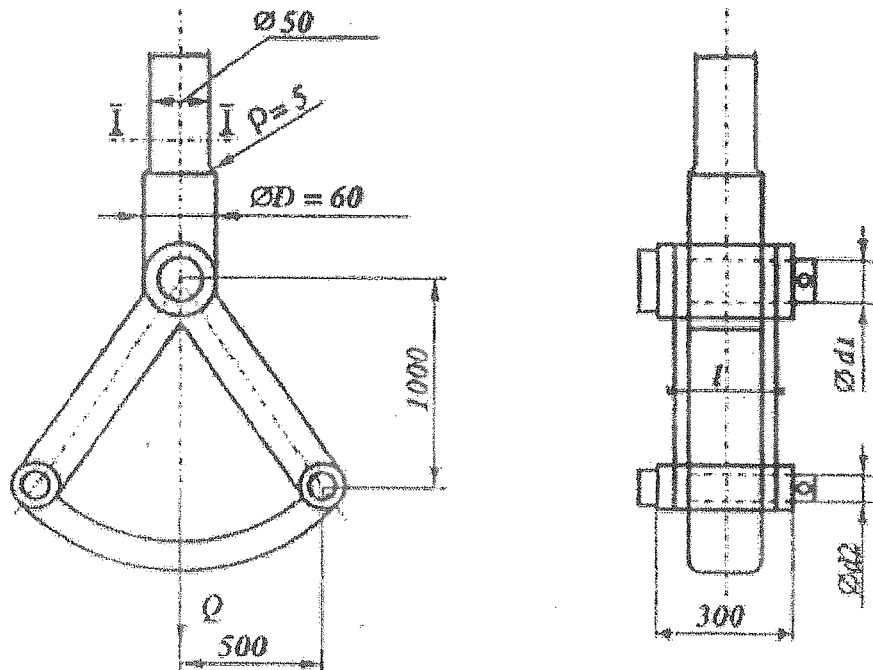
$$\left. \begin{array}{l} \xi_2 = 0,94 \\ \xi_3 = 1 \end{array} \right\} \text{fina struga}$$

ISPITNI ZADATAK  
-prvi parcijalni-

Pomoću kuke dizalice prikazane na slici podiže se teret od  $Q=60\text{kN}$ .

Potrebno je odrediti:

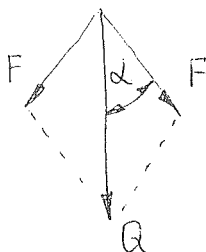
- Prečnik osovinnice  $d_1, d_2$  ako je  $\sigma_{\text{doz}}=60\text{ MPa}$ .
- Kolika mora biti dužina  $l$  da bi osovinnice izdržale naprezanje na površinski pritisak  $p_{\text{doz}}=15\text{ Mpa}$ ?
- Dinamički stepen sigurnosti u presjeku I-I, ako je naprezanje čisto jednosmjerno promjenljivo. Materijal kuke je Č.0645, a površine kuke su grubo obrađene.



Izrada:

(1)

a) Sile koje opterećuju osominicu u krakovima kuke.



Ugao  $\alpha$  se određuje na osnovu geometrijskih odnosa sa slike.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{500}{1000} = 0,5 \Rightarrow \alpha = \arctg 0,5 = 26,56^\circ$$

$$\text{Sila u kraku kuke: } F = \frac{Q}{2 \cdot \cos \alpha} = \frac{60000}{2 \cdot 0,89} = 33708 \text{ N}$$

Prečnici osovina se određuju iz mapama na osnovu:

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{s1}}{W_{x1}} \leq \sigma_{sd02} \quad ; \quad \sigma_{s2} = \frac{M_{s2}}{W_{x2}} \leq \sigma_{sd02}, \text{ gdje su:}$$

$$M_{s1} = \frac{Q \cdot L}{8} = \frac{60000 \cdot 0,3}{8} = 2250 \text{ Nm}$$

$$M_{s2} = \frac{F \cdot L}{8} = \frac{33708 \cdot 0,3}{8} = 1264,045 \text{ Nm}$$

$$\text{Kako je: } W_{x1} = \frac{d_1^3 \pi}{32} \quad ; \quad W_{x2} = \frac{d_2^3 \pi}{32} \text{ sledi:}$$

$$d_1 \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{s1}}{\pi \cdot \sigma_{sd02}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 2250}{\pi \cdot 60 \cdot 10^6}} = 0,0725 \text{ m} \Rightarrow \text{usugle se: } d_{s1} = 75 \text{ mm}$$

$$d_2 \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{s2}}{\pi \cdot \sigma_{sd02}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1264,045}{\pi \cdot 60 \cdot 10^6}} = 0,0598 \text{ m} \Rightarrow \text{---} : d_{s2} = 60 \text{ mm}$$

b) Naprezanji osominica na površinama pritiska:

$$p_1 = \frac{Q}{d_1 \cdot l_1} \leq p_{d02} \quad ; \quad p_2 = \frac{F}{d_2 \cdot l_2} \leq p_{d02}, \text{ pa su:}$$

$$l_1 \geq \frac{Q}{d_1 \cdot p_{d02}} = \frac{60000}{0,075 \cdot 15 \cdot 10^6} = 0,0533 \text{ m}$$

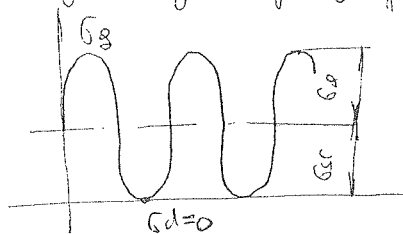
$$l_2 \geq \frac{F}{d_2 \cdot p_{d02}} = \frac{33708}{0,060 \cdot 15 \cdot 10^6} = 0,0374 \text{ m}$$

Dužina bi trebala biti veća od 53,3 mm.

c) Dimenzijski stepen sigurnosti (isto jednosmjerno promjenljivo)  $\sigma_d = 0$

(E)

$$S_D = \frac{[\sigma]}{\sigma} = \frac{\sigma_{DM}}{\beta \cdot \sigma_g}$$



$$\sigma_{sc} = \sigma_a = \frac{\sigma_g}{2}; \sigma_d = 0$$

$$R = 0$$

Rechni mopen

$$\sigma_g = \frac{Q}{A} = \frac{60000}{\frac{50^2 \cdot \pi}{4}} = 30,57 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_d = 0$$

$$\sigma_{sc} = \sigma_a = \frac{\sigma_g}{2} = 15,285 \text{ N/mm}^2$$

$$R = \frac{\sigma_d}{\sigma_g} = \frac{0}{\sigma_g} = 0$$

Odnos:  $\sigma_g / \sigma_s = \text{const.}$

$$\sigma_{DM} = \frac{\sigma_{(-1)M}}{1 - \text{ctg} \beta \cdot \text{tg} \alpha_M} \leq \sigma_{TH}$$

$$\text{ctg} \beta = \frac{\sigma_{sc}}{\sigma_g} = \frac{15,285}{30,57} = 0,5 \Rightarrow \beta = 63,44^\circ$$

$$\text{tg} \alpha_M = 1 + \left(1 - \frac{2\sigma_{(-1)}}{\sigma_{(0)}}\right) \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \xi_3 \dots \xi_R = 1 + \left(1 - \frac{2 \cdot 220}{350}\right) \cdot 0,82 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 = 0,82$$

za  $\bar{c} = 0,0645$  - iteraciji:

$$\underline{\underline{\alpha_M = 39,378^\circ}}$$

$$\sigma_{(-1)} = 200 \dots 240 \text{ N/mm}^2 = 220 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{(0)} = 320 \dots 380 \text{ N/mm}^2 = 350 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_T = 320 \text{ N/mm}^2 \text{ za } d = 40 \dots 100 \text{ mm}; \sigma_H = 600 \dots 700 \text{ N/mm}^2$$

$$\xi_1 = 0,82 \text{ za } d = 50 \text{ mm, iteraciji}$$

$$\xi_2 = 0,80 \dots 0,90 \text{ za } \sigma_H = 800 \text{ N/mm}^2 \text{ i gusa stupova}$$

$$\xi_3 = 1 \text{ bez površinskog ojedrenja}$$

$$\xi_R = 1$$

Te je:  $\sigma_{TH} = \sigma_T \cdot \xi_1 = 320 \cdot 0,82 = 262,4 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma_{DM} = \frac{\sigma_{(-1)} \cdot \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \xi_3 \cdot \xi_R}{1 - 0,5 \cdot 0,82} = \frac{220 \cdot 0,82 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1}{1 - 0,5 \cdot 0,82} = 259,89 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{TH} = 262,4$$

Efektivni faktor koncentracije napone,  $\beta_u$ :

$$\beta_u = (d_u - 1) \eta_u + 1 = (1,17 - 1) \cdot 0,85 + 1 = 1,535$$

gdje je:

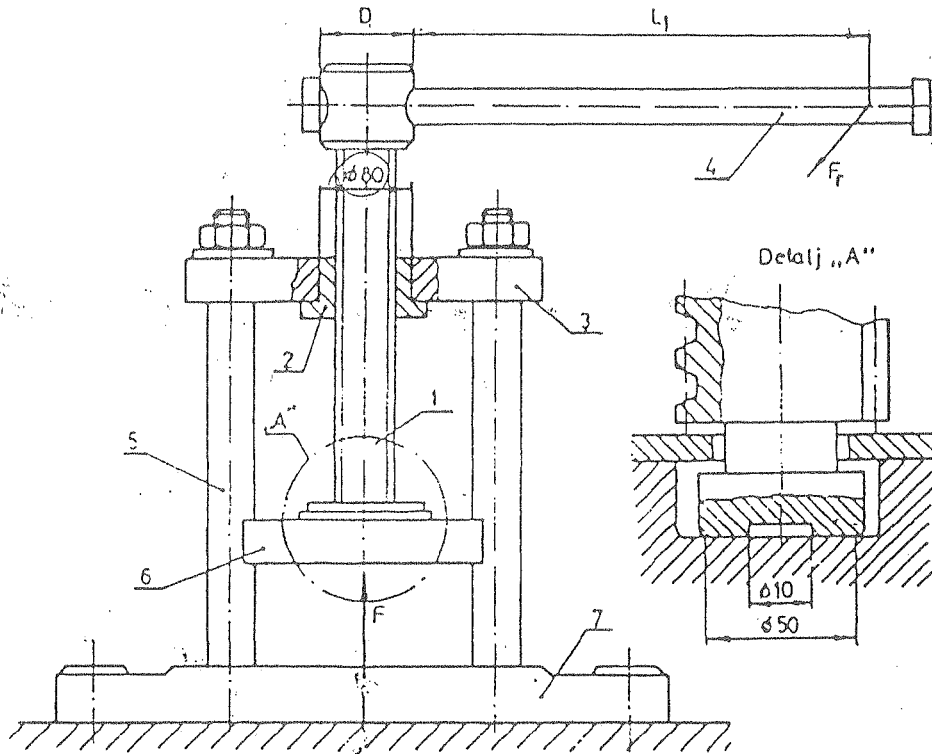
$$d_u = f(p/d = 5/50, D/d = 60/50) = f(p/d = 0,1 \text{ i } D/d = 1,2) \text{ iz tabele } = 1,17$$

$$\eta_u = f(r = 5 \text{ mm}, \sigma_H = 900 \text{ N/mm}^2) = 0,85$$

Stepen sigurnosti iznosi:

$$S_D = \frac{[\sigma_H]}{\beta_u \cdot \sigma_g} = \frac{\sigma_{DH}}{\beta_u \cdot \sigma_g} = \frac{259,89}{1,535 \cdot 30,57} = 5,33$$

ISPITNI ZADATAK  
-prvi parcijalni-



1. Odrediti silu presovanja koja se može ostvariti ručnom presom sa navojnim vretenom (Tr 60x9 jednostruki) ako se na kraju ručice djeluje silom  $F_r=600$  N, stepen iskorištenja prese u trenutku presovanja, kao i potreban broj obrtaja vretena da bi se ostvarilo aksijalno pomjeranje vretena za 180 mm, koeficijent trenja navojnog para  $\mu_1=0.16$ , a koeficijent trenja na dodirnoj površini oslanjanja vretena  $\mu_2=0.15$ . Zanemariti trenje između vodica (5) i klizača (6).
2. Nacrtati dijagrame napadnog opterećenja vretena i provjeriti čvrstoću vretena iznad i ispod navrtke (2).
3. Odrediti nalijezanje i grafički prikazati tolerancijska polja i dijagram tolerancije nalijezanja za vezu navrtke (2) i traverze (3) ostvarene u sistemu zajedničke unutrašnje mjere na standardnoj temperaturi. Kvalitet tolerancije spoljne i unutrašnje mjere je 8, a donje nazivno odstupanje spoljne mjere je  $a_d=+146$   $\mu\text{m}$ .

Zadati su sljedeći podaci: materijal vretena Č.0545,  $D=80$ mm,  $L_1=1160$ mm, materijal navrtke P.Cu.Sn12.

Podaci o navoju Tr 60 x 9 jednonastrike:

st 131 /

01-11-11  
1111  
①

- $\varphi = 2,96^\circ$
- $d_2 = 55,5 \text{ mm}$
- $d_3 = 50,5 \text{ mm}$
- $P = 9 \text{ mm}$
- $H_1 = 4 \text{ mm}$
- $A_3 = 2003 \text{ mm}^2$

$$\rho_n = \arctg \mu_1 = \arctg 0,16 = 9,09^\circ$$

Obrtni moment koji se ostvaruje ručnom silom Fr:

$$M_0 = T = Fr \cdot l_r = 600 \cdot 1200 = 720\,000 \text{ Hmm}$$

$$l_r = l_1 + \frac{D_2}{2} = 1160 + \frac{80}{2} = 1200 \text{ mm}$$

Obrtnim momentom  $M_0$  treba savladati otpor trenja između navojne vretena i matrice i trenje na delirnoj površini završetka vretena i klizaca.

$$M_0 = M_n + M_f = F_p \frac{d_2}{2} \left[ \operatorname{tg}(\varphi + \rho_n) + \frac{d_n}{d_2} \cdot \mu_2 \right]$$

$$d_n = \frac{1}{3} \frac{d_s^3 - d_u^3}{d_s^2 - d_u^2} = \frac{2}{3} \frac{50^3 - 10^3}{50^2 - 10^2} = 34,4 \text{ mm}$$

2. preovlađuje:

$$F_p = \frac{2 \cdot M_0}{d_2 \left[ \operatorname{tg}(\varphi + \rho_n) + \frac{d_n}{d_2} \cdot \mu_2 \right]} = \frac{2 \cdot 720\,000}{55,5 \cdot \left[ \operatorname{tg}(2,96 + 9,09) + \frac{34,4}{55,5} \cdot 0,15 \right]} = 84\,668 \text{ Hmm}$$

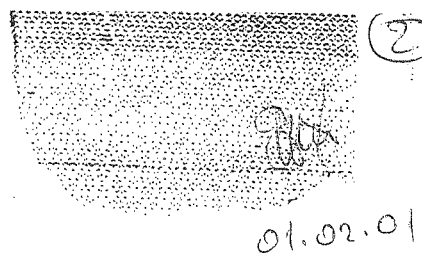
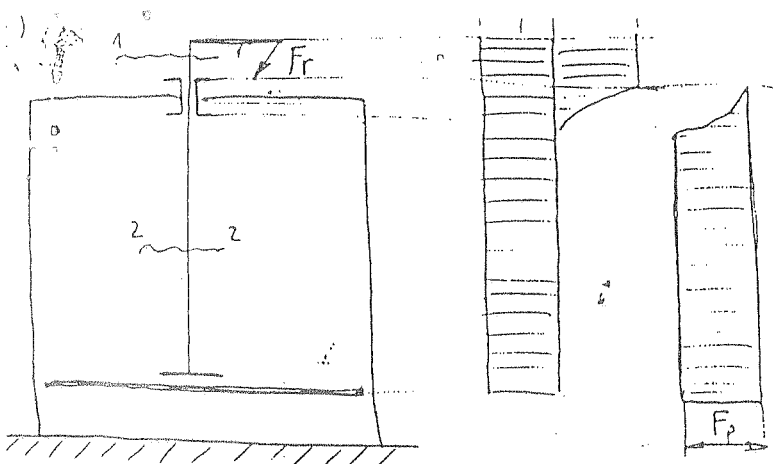
stepen iskoriscenja prese:

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg}(\varphi + \rho_n) + \frac{d_n}{d_2} \cdot \mu_2} = \frac{\operatorname{tg} 2,96}{\operatorname{tg}(2,96 + 9,09) + \frac{34,4}{55,5} \cdot 0,15} = \frac{0,0517}{0,3064} = 0,1687$$

Potrebna broj okretaja vretena za njegovu aksijalno pomjeranje  $s = 180 \text{ mm}$

$$m = \frac{s}{L} = \frac{s}{P} = \frac{180}{9} = 20 \text{ okretaja}$$





Presjek iznad navrtke:

$$1-1) \quad \tau = \frac{T}{W_0} = \frac{720\,000}{0,2 \cdot d^3} = \frac{720\,000}{0,2 \cdot 50,5^3} = 28 \text{ N/mm}^2$$

Za C.0545:  $\sigma_T = 280 \text{ N/mm}^2$  za  $d = 40 \div 100$ ;  $\sigma_{TM} = \sigma_T \cdot \psi_i \cdot \psi_T = 280 \cdot 0,85 \cdot 1,1 = 260$

$\tau_T = 0,8 \cdot \tau = 0,8 \cdot 28 = 22,4 \text{ N/mm}^2$ ;  $\tau_{TM} = \tau_T \cdot \psi_i \cdot \psi_T = 22,4 \cdot 0,8 \cdot 1,1 = 19,7$

Stepen sigurnosti:  $S_{\sigma} = \frac{[\sigma_{TM}]}{\sigma_T} = \frac{19,7}{28} = 0,7$   $\psi_i = 0,8$  za  $d = 60 \text{ mm}$ , unjty  
 $\psi_T = 1,1$   
 $\psi_i = 0,85$  za  $d = 60$ , sanjty

2-2) Presjek ispod navrtke:

$$\sigma = \frac{F_p}{A_2} = \frac{84\,668}{2003} = 42,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = \frac{T_M}{W_0} = \frac{218\,443,4}{0,2 \cdot 50,5^3} = 8,48 \text{ N/mm}^2$$

$$T_M = F_p \cdot \frac{d_p}{2} \cdot \mu z = 84\,668 \cdot \frac{34,4}{2} \cdot 0,15 = 218\,443,4 \text{ Nmm}$$

Stepen sigurnosti:

$$S_{\sigma} = \frac{[\sigma_{TM}]}{\sigma} = \frac{260}{42,3} = 6,1$$

$$S_{\tau} = \frac{[\tau_{TM}]}{\tau} = \frac{19,7}{8,48} = 2,323$$

$$S = \frac{S_{\sigma} \cdot S_{\tau}}{\sqrt{S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2}} = \frac{6,1 \cdot 2,323}{\sqrt{6,1^2 + 2,323^2}} = 5,9$$

$10:4 = 142,857$   
 $32:2 = 16$   
 $60:0,5 = 120$

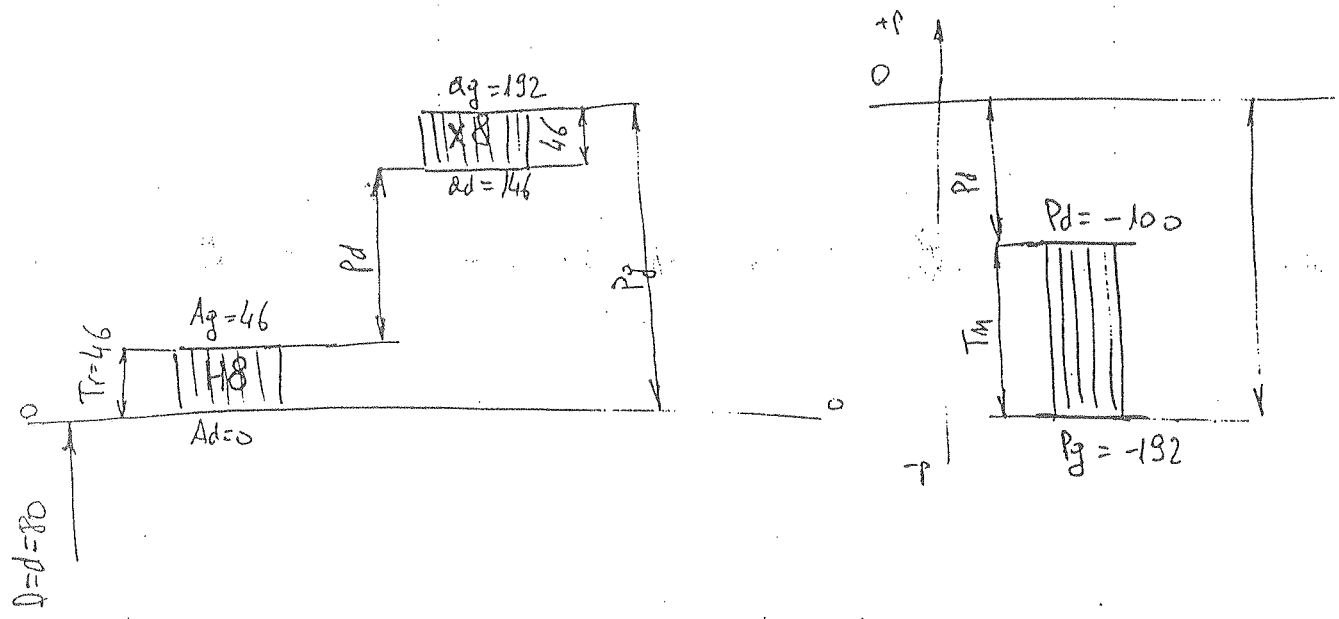
$d = 80 \text{ mm}$  i sistem zajedničke unutrašnje mjere  $H8$  poje  $H$  i kvalitet tolerancije  $IT8$  (zadato zadatkom)  $\Delta d = +146 \mu\text{m}$

01.02.0  
Gut

To je tolerancija unutrašnje mjere (rupe)  $\phi 80 H8$  sa  $T_r = 46 \mu\text{m}$ .

Za spolnu mjeru je kvalitet tolerancije  $IT8$  i  $d = 80 \text{ mm}$  te je tolerancija osnovna  $t_o = 46 \mu\text{m}$ .

Gruboje nazivno odstupanje rupe:  $a_g = \Delta d + t_o = 146 + 46 = 192 \mu\text{m}$  čemu odgovara tolerancijska poje  $X$  i to se dobije nazivno  $\phi 80 H8/X8$ .



Najveći preklap:  $P_j = D_d - d_g = A_d - a_g = 0 - 192 = -192 \mu\text{m} = -0,192 \text{ mm}$

Najmanji " " :  $P_d = D_g - d_d = A_g - \Delta d = 46 - 146 = -100 \mu\text{m} = -0,100 \text{ mm}$

Tolerancija nazivno:  $T_m = T + t = 46 + 46 = 92 \mu\text{m} = 0,092 \text{ mm}$

$T_m = P_j - P_d = 192 - 100 = 92 \mu\text{m} = 0,092 \text{ mm}$

## ISPITNI ZADATAK

Zenica, 19.02.2002.god.

1. Pomoću vijčane dizalice date na skici, a koja se sastoji od pogonskog pužnog para 1-2, navojnog vretena 3, postolja 4 i vodica 5 koje sprečavaju okretanje navojnog vretena 3, podiže se teret  $Q=125\ 000\text{ N}$ . Brzina kretanja vretena naviše ili naniže je  $2\text{ m/min}$ .

2. Proračnom treba odrediti:

- a) veličinu obrtnog momenta i snagu koji su potrebni da se ostvare na pužu 1 za slučaj dizanja tereta,
- b) vijek pužnog para na osnovu izdržljivosti bokova zubaca,
- c) stepen sigurnosti protiv dinamičkog loma navojnog vretena u presjeku x-x,
- d) smjer okretanja puža za slučaj podizanja tereta.

3. Zadani su slijedeći podaci:

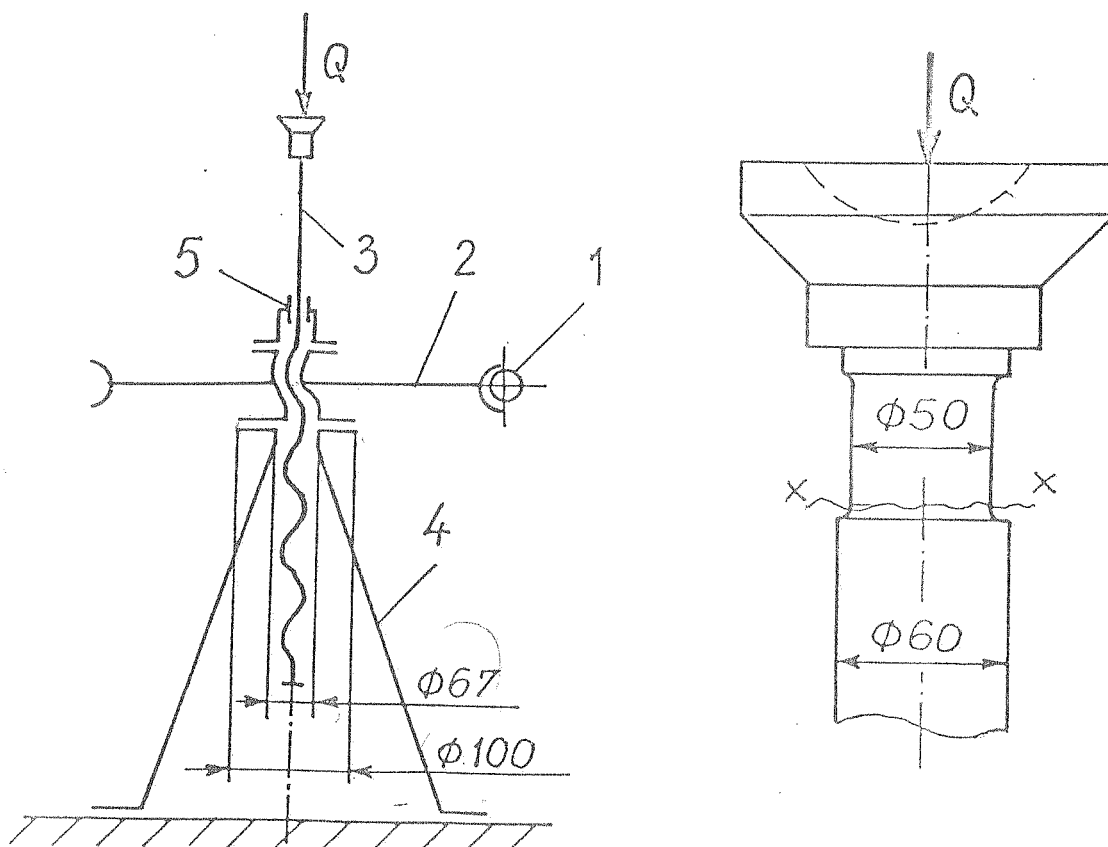
a) za pužni par 1-2:

puž tip ZI, desni od Č.4732, pužni zupčanik C.CuSn12Ni,  $m=10\text{ mm}$ ,  $z_1=3$ ,  $z_2=24$ ,  $q=8$ ,  $K_A=1,4$ ,  $S_H=1$ ,

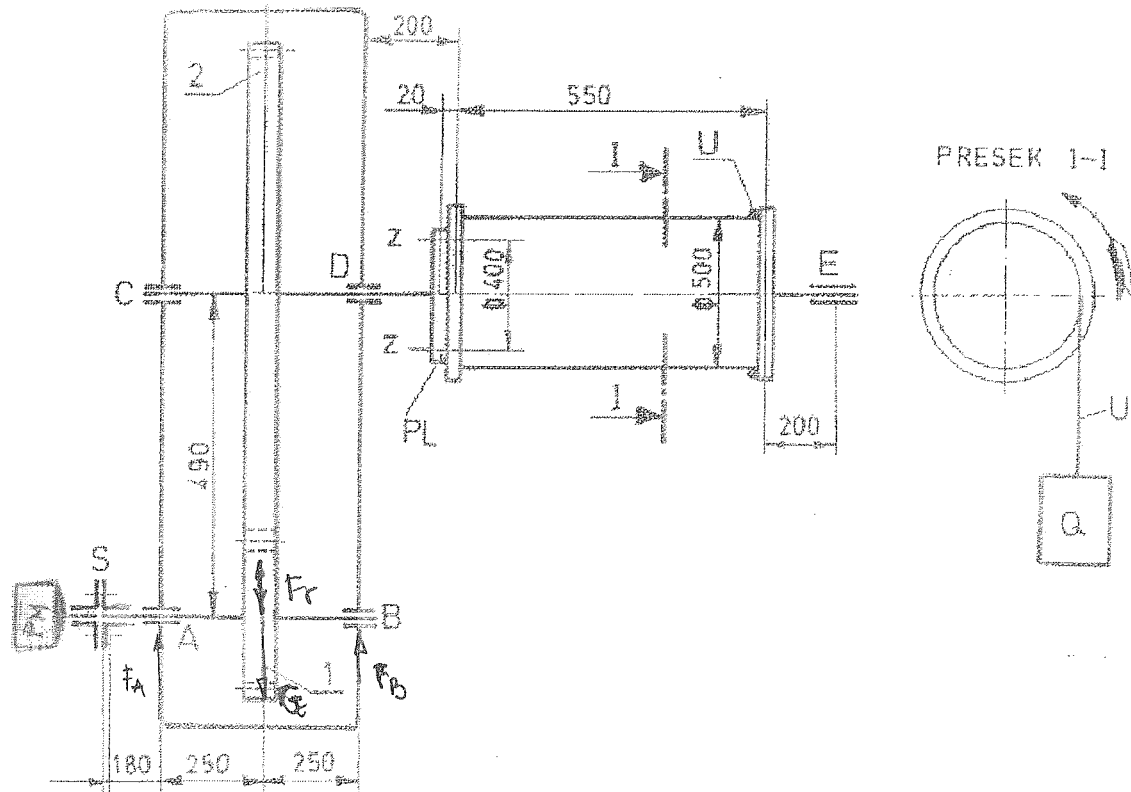
b) za navojno vreteno:

navoj Tr 65x10 (trovojni), materijal čelik sa karakteristikama  $\sigma_T=380\text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_{D(0)}=360\text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_{D(-1)}=230\text{ N/mm}^2$ ,  $\tau_T=300\text{ N/mm}^2$ ,  $\tau_{D(0)}=250\text{ N/mm}^2$ ,  $\tau_{D(-1)}=190\text{ N/mm}^2$ ,  $\xi_2=0,94$ ,  $\xi_R=1,2$ ,  $n_\Sigma > N_D$ ,  $\beta_{Kx-x}=1,6$  za sve napone,

c) svi koeficijenti trenja su  $\mu=0,06$ .



## ISPITNI ZADATAK



Namotavanjem užeta "U" na bubanj podiže se teret od 4 kN. Vratilo pogonskog motora okreće se sa  $300 \text{ min}^{-1}$ , a bubanj za podizanje tereta šest puta sporije. Materijal vratila je Č.0645. Težinu užeta zanemariti. Zupčanici 1 i 2 su pravozubi sa uglom dodirnice  $20^\circ$ .

Gubitke u prenosu zanemariti.

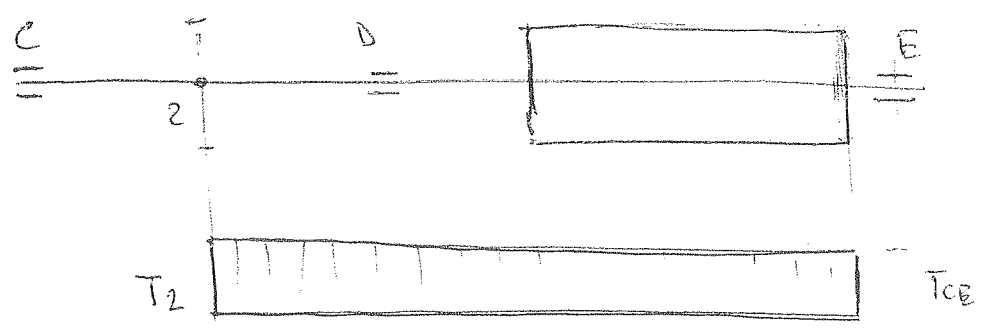
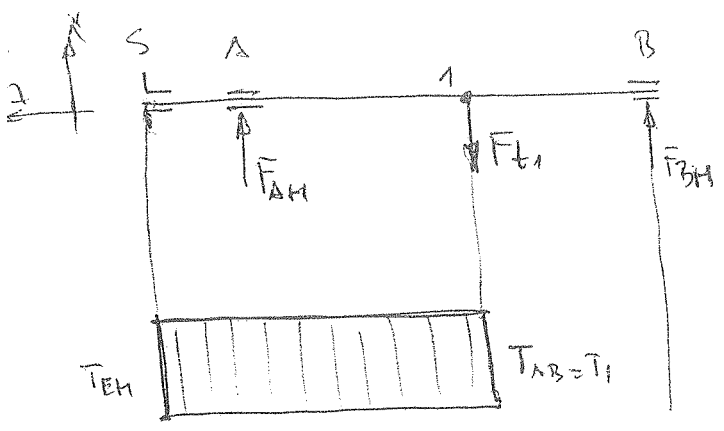
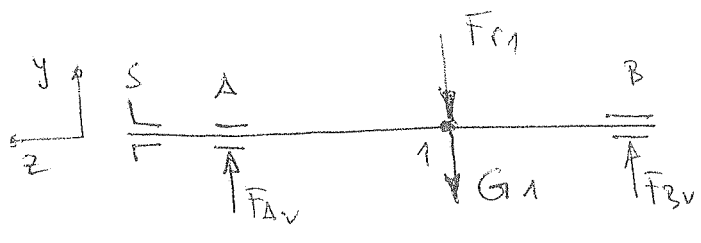
Potrebno je:

- ① Nacrtati shemu opterećenja vratila AB, te dijagrame momenata uvijanja vratila AB i CE.
- ② Izračunati prečnik vratila AB na mjestu spojnice S ako je stepen sigurnosti protiv dinamičkog loma  $S_D=2.5$ . Težina zupčanika 1 je 200 N.
- ③ Dimenzionirati podešeni vijak Z za vezivanje bubnja sa pločom PL koja je klinom vezana za vratilo DE, ako je vijak od čelika 5.6. Broj vijaka u vezi  $z=10$ , a faktor neravnomjernosti raspodjele opterećenja:  $\xi_r=2$  i stepen sigurnosti  $S=4$ .

Zrada:

1

1) Shema opteroceye uretlo AB:



5

2) Prečnik vratila na mjestu S:

Zupčanik 1 je pogonski sa  $n_1 = 300 \text{ min}^{-1}$ , prenosu odnos  $i_{1,2} = 6$  jer se bubanj okreće 6 puta sporije od EH (ZADATO ZADATOK)

$$i = \frac{M_1}{M_2} = \frac{M_{EH}}{M_B} = 6 \Rightarrow M_2 = M_3 = \frac{M_1}{6} = \frac{300}{6} = 50 \text{ min}^{-1} = 0,83 \text{ s}^{-1}$$

Snaga potrebna za podizanje tereta  $G = 4 \text{ kN}$  je:

$G = F$  - sila u užetu.

$$P_B = F \cdot v = F \cdot R_B \cdot \omega_B = 4000 \cdot 0,25 \cdot 5,236 = 5236 \text{ W} = 5,24 \text{ kW}$$

$$v = v_B = \frac{D_B \cdot \pi \cdot M_B}{60} = \frac{0,5 \cdot 3,14 \cdot 50}{60} = 1,31 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] - \text{dodna brzina bubnja}$$

$$\omega_B = \frac{\pi \cdot M_B}{30} = \frac{\pi \cdot 50}{30} = 5,236 \left[ \text{s}^{-1} \right]$$

Moment uvijanja bubnja:

$$T_B = F \cdot R_B = 4000 \cdot \frac{0,5}{2} = 1000 \text{ Nm}$$

$$\text{ili } T_B = \frac{P}{\omega_B} = \frac{5236}{5,236} = 1000 \text{ Nm}$$

Kako sistem radi bez gubitaka to je:  $P_B = P_{EH} = \underline{\underline{5,24 \text{ kW}}}$

Obrtni moment spajnice:

$$T_S = \frac{P_S}{\omega_S} = \frac{5236}{31,4} = 166,7 \text{ Nm}$$

$$\text{gdje je: } \omega_S = \frac{\pi \cdot M_S}{30} = \frac{\pi \cdot 300}{30} = 31,4 \left[ \text{s}^{-1} \right]$$

Uzimajući da se radi o normalnom pogonu vratila je u radu izložen razmjernom promjenljivoj opterećenju ( $R=-1$ ) jer se okreće u oba smjera.

za materijal vratila  $\sigma_{-1} = 160 \div 190 \text{ N/mm}^2 = 175 \text{ N/mm}^2$

Dopustena naprezanja ne uvijanja:  $\tau_{\text{dop}} = \frac{\tau_{D(-1)}}{S_D} = \frac{175}{2,5} = 70 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Prečnik vratila na mjestu spojnice iznosi:

$$d_s = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T_s}{\pi \cdot \tau_{\text{dop}}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 166,7 \cdot 10^3}{\pi \cdot 70}} = 23 \text{ mm}$$

Usljed zlijeba za kdim na mjestu spojnice povećava se računsko vrijednost prečnika za 10%.

$d_s' = 23 \cdot 1,1 = 25,28 \text{ mm}$ , te se usugle prva veća standardna vrijednost prema R20 (DUS A. A0. 001);

$$\underline{d_s'' = 28 \text{ mm}}$$

(12)

3) Dimenzionisanje vijaka Z:

Vijci su podsejeni kvaliteta 5,6 i napregnuti na smicanje,

Velicine obodne sile na prečniku na kojem su vijci raspoređeni

$$F_{\text{v}} = \frac{2 \cdot T_B}{z \cdot D_z} \cdot f_r = \frac{2 \cdot 1000}{10 \cdot 0,40} = 1000 \text{ N}$$

$f_r = 2$  - faktor neravnomjernosti raspodjele opterećenja

napon smičova  $\tau$ :

(4)

$$\tau = \frac{F_{v1}}{A_2} \Rightarrow A_2 = \frac{F_v}{\tau} \quad ; \quad A_2 = \frac{D_2^2 \pi}{4}$$

Dopusteni napon:  $\tau_{\text{dop}} = \frac{\tau_{D(-)S} \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_2 \dots}{S} \stackrel{!}{=} \frac{135}{4} = 33,75 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

gdje  $\tau$ :  $\tau_{D(-)S} = (0,9 \dots 0,95) \tau_{D(-)u} = (0,9 \dots 0,95) (130 \div 160) =$   
 $= 130,5 \div 137,5 \stackrel{!}{=} 135 \text{ N/mm}^2$   
za čelik S.6  $\approx$  č. 0545

Precnik slošće iznosi:

$$D_2 = d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{v1}}{\pi \cdot \tau_{\text{dop}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1000}{\pi \cdot 33,75}} = 6,14 \text{ mm.}$$

Uzima se prvi veći standardni precnik slošće vijka prema JOS H.31.061:

$$D_2 = 7,2 \text{ mm} \text{ što odgovara vijku } \underline{\underline{M6.}}$$

(5)

Σ 22

100 : 22 = 4,5





$n_1 = 20 \text{ rev} = 20000 \text{ [rpm]}$   
 $v = 4 \text{ m/min}$   
 $\mu_v = 0,15$

$L = 25 \times 5$   
 $P = 5 \text{ mm}$   
 $d = 23 \text{ mm}$   
 $b = 12,5 \text{ mm}$   
 $d_1 = 25,5 \text{ mm}$   
 $M_1 = 2,15$   
 $A_3 = 308 \text{ mm}^2$   
 $\varphi = 4,06^\circ$

$V = n \cdot V = n \cdot v \cdot L \Rightarrow n \cdot v = \frac{V}{L} = \frac{1000}{5} = 3,33 \text{ [m/s]}$   
 $L = 5 \text{ mm} = \text{outgange } P \text{ (konstant)}$

$n_2 = n_1 = 2000 \text{ [rpm]}$

$T_2 = \frac{P_2}{\omega_2}$

$\omega_2 = 2\pi \cdot n_2 = 2\pi \cdot 2000 = 0,20 \cdot 2\pi = 1,26 \text{ [rad/s]}$

$T_{nv} = F_a \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\varphi + \mu_v)$

$\omega = 2\pi n$

$\mu_v = \arctan \mu_r = \arctan 0,15 = 8,53^\circ$

$T_{nv} = 20 \cdot 12,75 \cdot \tan(12,59) = 56,95 \text{ [Nm]}$

$\eta = 0,98 \text{ (0,95...0,98)}$

$T_2 = T_{nv}$

$T_2 = \frac{P_2}{\omega_2} \Rightarrow P_2 = T_2 \omega_2 = 56,95 \cdot 1,26 = 71,75 \text{ [kW]}$

$\omega_2 = 2\pi \cdot n_2 = 2\pi \cdot 2000 = 1256 \text{ [rad/s]}$

$P_2 = 56,95 \cdot 1256 = 71475 \text{ [W]} = 71,475 \text{ [kW]}$

$T_2 = \frac{P_2}{\omega_2}$

$T_2 = T_{nv}$

$T_2 = \frac{P_2}{\omega_2}$

$L = 300 \text{ cm}$

$F_a = 20 \text{ [kN]} = 20000 \text{ [N]}$

$5 \cdot 5 = 25$

prstenasti jednodimenzionalni dugi cilindar, koji je  
 pa prsteni sa kvadratičnim valjčićima, 7.  
 kolunama ležaju sa kuglicama.

05

0205

C [N]	26500
C <sub>0</sub>	19300

$F_{EK} = x F_r + y F_a$

$F_r = 0 \text{ [N]}$   
 $y = 0$

$F_E =$

10000  
 6995

$N = C \cdot \sqrt{\frac{N_0}{N \Sigma}} = C \cdot \frac{3,33}{\sqrt{\frac{405}{216}}} = C \cdot \frac{3,33}{\sqrt{\frac{1}{216}}}$

$\Sigma = 3600 \cdot \frac{1}{2} = 3600 \cdot 200 \cdot 300 = 216 \cdot 10^6$

$N = C \left( \frac{1}{216} \right)^{\frac{1}{3,33}} = C \cdot (0,004)^{0,3} = \boxed{0,199}$

C · 0,199

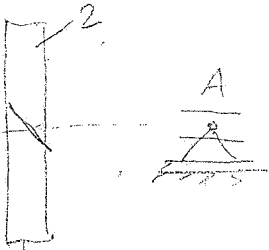
$C_N > F$

- Ustav za izbor kuglica

$x = 1$   
 $y = 0$

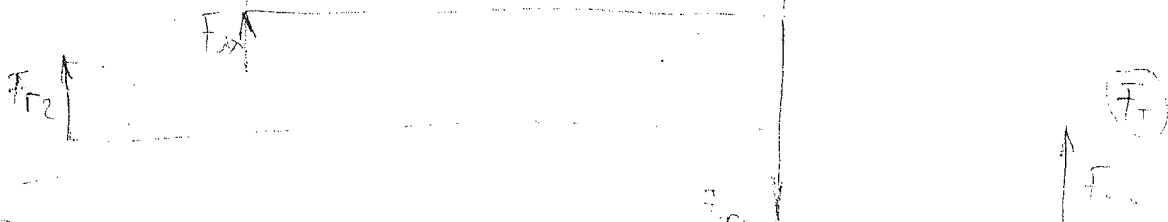
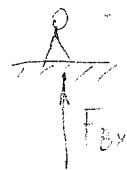
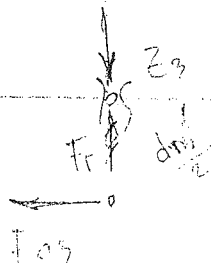
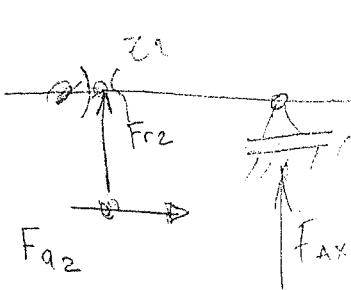
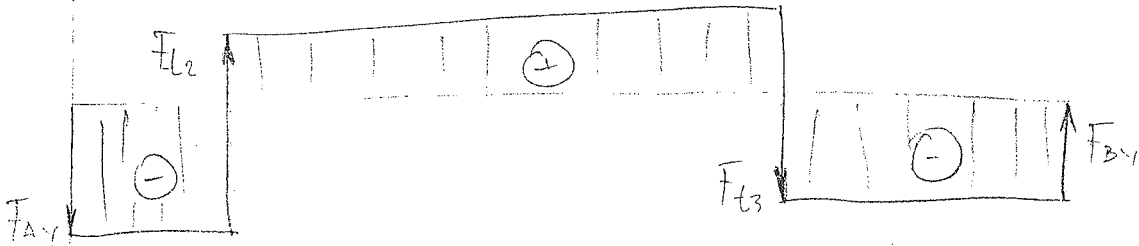
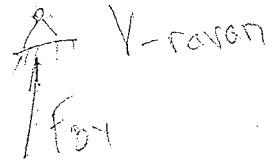
$F_{EK} = x F_r + y F_a = 1 \cdot 0 + 0 \cdot 20000 = 0$

5273,5



$F_{L2}$

$F_{L3}$



$$E = 300 \text{ [kN]}$$

$$F_A = 2 \text{ [kN]} = 2000 \text{ [N]} - \text{predpoklad } \sigma \text{ do } \sigma_{\text{sym}} \text{ } 20 \text{ kN}$$

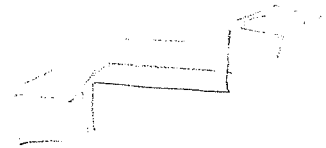
$$\frac{6205}{10900} \cdot \frac{C}{6950} \cdot \frac{C_0}{1} \cdot \frac{X}{0}$$

$$C_N = C \cdot 0,199$$

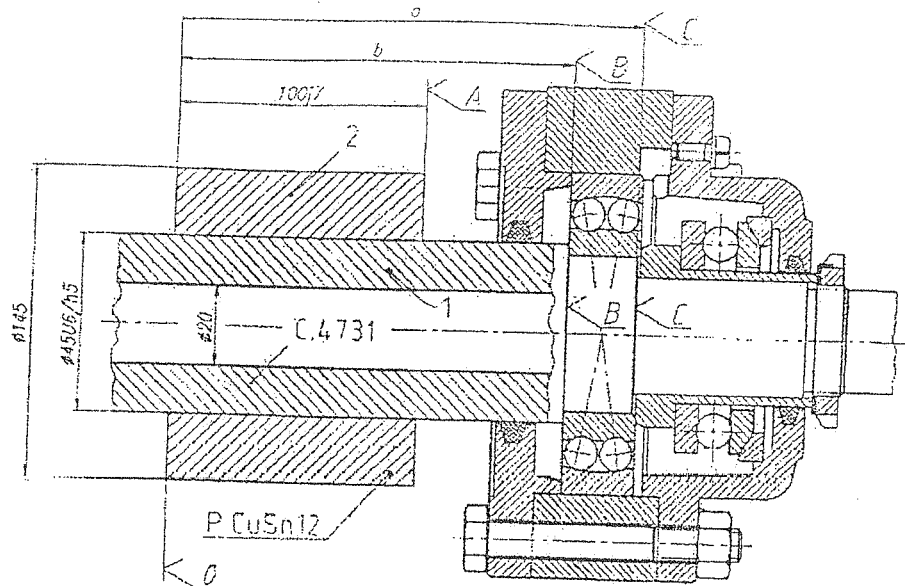
$$C_N = C \sqrt[3]{\frac{10^6}{216 \cdot 10^6}} = C \sqrt[3]{\frac{1}{216}} = \sqrt[3]{C \cdot 0,161} = C_N$$

$$\frac{30205}{26500} \cdot \frac{C}{19300}$$

$$C_N = 26500 \cdot 0,161 = \underline{4266,5 \text{ [N]}}$$



ISPITNI ZADATAK



Za sklop prikazan na slici potrebno je odrediti:

- Granična odstupanja koja treba propisati dužinskim mjerama a i b da bi rastojanje ravni A (čeona površina prstena) od ravni C iznosilo  $70h_{10}$ , a rastojanje ravni B od ravni A  $60js_{10}$ , potrebne mjere su prikazane na datom crtežu.
- Prečnik vratila konstantnog kružnog poprečnog presjeka ( $d_A$ ) koje je napregnuto samo na uvijanje sa stepenom sigurnosti  $S_A=2.5$  za materijal Č.1331. Pri rekonstrukciji sklopa ovo vratilo je zamijenjeno šupljim vratilom dimenzija, kao na slici, i napravljeno od Č.4731 i stepenom sigurnosti  $S_B=3$ . Ovom rekonstrukcijom je obrtni moment povećan za 50%.
- ✓ Dimenzionisati radijalni ležaj ( $d=40\text{mm}$ ) sa slike opterećenog radijalnom silom od 5 kN i koji se okreće sa  $n=16\text{ s}^{-1}$  u toku 10000 h.

$d = 40\text{ mm}$

$n_{\Sigma} = n \cdot t \cdot 3600 = 16 \cdot 3600 \cdot 10000$

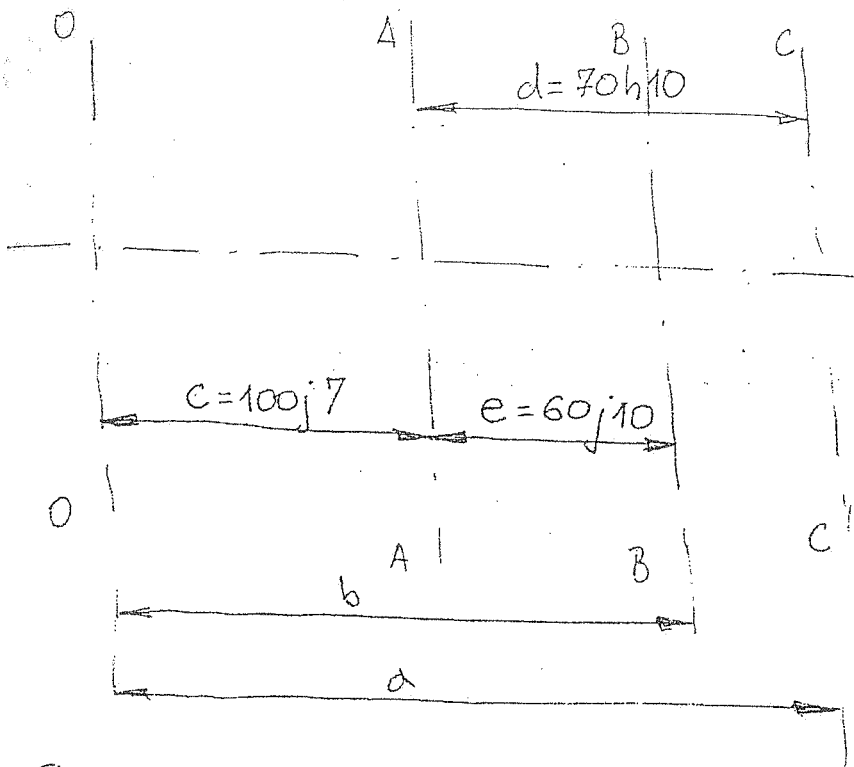
$N_0 = 10^6$

$C_N = C \sqrt[3]{\frac{N_0}{N_{\Sigma}}} = 10^6$

$C_N = \sqrt[3]{C}$

Izrada:

a) Prema uslovu zadatka:



$$d = 70h10 = 70^{+0,120}$$

$$c = 100j7 = 100^{+0,020} - 0,015$$

$$e = 60j10 = 60^{+0,060} - 0,060$$

Granične mjere kote „b” iznose:  $b = c + e$

$$b_g = c_g + e_g = 100^{+0,015} + 60^{+0,060} = 160^{+0,045}$$

$$b_d = c_d + e_d = 100^{+0,020} + 60^{-0,060} = 160^{-0,040}$$

$$b = 160^{+0,045} - 0,040$$

Granične mjere kote „d” iznose:  $a = d + c$

$$a_g = d_g + c_d = 70^0 + 100^{-0,015} = 170^{-0,015}$$

$$a_d = d_d + c_g = 70^{-0,120} + 100^{+0,020} = 170^{-0,100}$$

$$a = 170^{-0,015} - 0,100$$

b) Procenty vratite da:

$$T_B = 1,5 \cdot T_A \text{ (povecan moment 50\%)}$$

$$\tau_A = \frac{T_A}{W_A} \leq \tau_{\text{adp}} = \frac{\tau_{D(\sigma)A}}{S_A} = \frac{220}{2,5} = 88 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{D(\sigma)A} = 200 \div 240 \text{ N/mm}^2 \text{ za } \bar{c}. 1331$$

$$T_A = \tau_{\text{adp}} \cdot W_A = \tau_{\text{adp}} \cdot \frac{d_A^3 \pi}{16}$$

$$\tau_B = \frac{T_B}{W_B} \leq \tau_{B\text{dep}} = \frac{\tau_{D(\sigma)B}}{S_B} = \frac{390}{3} = 130 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{D(\sigma)B} = 280 \div 500 \text{ N/mm}^2 \text{ za } \bar{c}. 4731; \text{ usv. } \tau_{D(\sigma)B} = 390 \text{ N/mm}^2$$

$$T_B = \tau_{B\text{dep}} \cdot W_B = \tau_{B\text{dep}} \cdot \frac{d_B^2 \pi}{16} (1 - \psi^4)$$

$$\psi = \frac{d_0}{d_B} = \frac{20}{45} = 0,44$$

Jz admo  $T_B/T_A = 1,5 \Rightarrow$

$$\frac{T_B}{T_A} = \frac{\tau_{B\text{dep}} \cdot \frac{d_B^3 \pi}{16} (1 - \psi^4)}{\tau_{A\text{dep}} \cdot \frac{d_A^3 \pi}{16}} \Rightarrow d_A = \sqrt[3]{\frac{\tau_{B\text{dep}} \cdot d_B^3 (1 - \psi^4) \cdot T_A}{\tau_{A\text{dep}} \cdot T_B}}$$

$$d_A = \sqrt[3]{\frac{130 \cdot 45^3 (1 - 0,44^4)}{88} \cdot \frac{1}{1,5}} = 44,2 \text{ mm}$$

usv.  $d_A = 44,2 \cdot 1,1 = 48,6 \Rightarrow \underline{d_A = 50 \text{ mm}}$



1200r ležaje se sklo, tip (BS) se uradi prema toslu:



Ležaj	1208	1308	2208	2308
$C_{1kL}$	19,3	27,5	56	96,5
$C_{0kL}$	8,8	12,9	41,5	85
$F_a/C_0$	0	0	0	0
$e$	0,22	0,26	0,31	0,43
$F_a/F_r$	0	0	0	0
$X$	1	1	1	1
$Y$	2,9	2,35	2,05	1,5
$F = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$	5	5	5	5
$C_N$	2,3	3,3	6,72	11,56

Prema IHP II

$F_r = 5kN$

$F_a = 0kN$

$n = 16 n^{-1}$

$t = 10000 h$

$\phi 40$

7 putati neravno

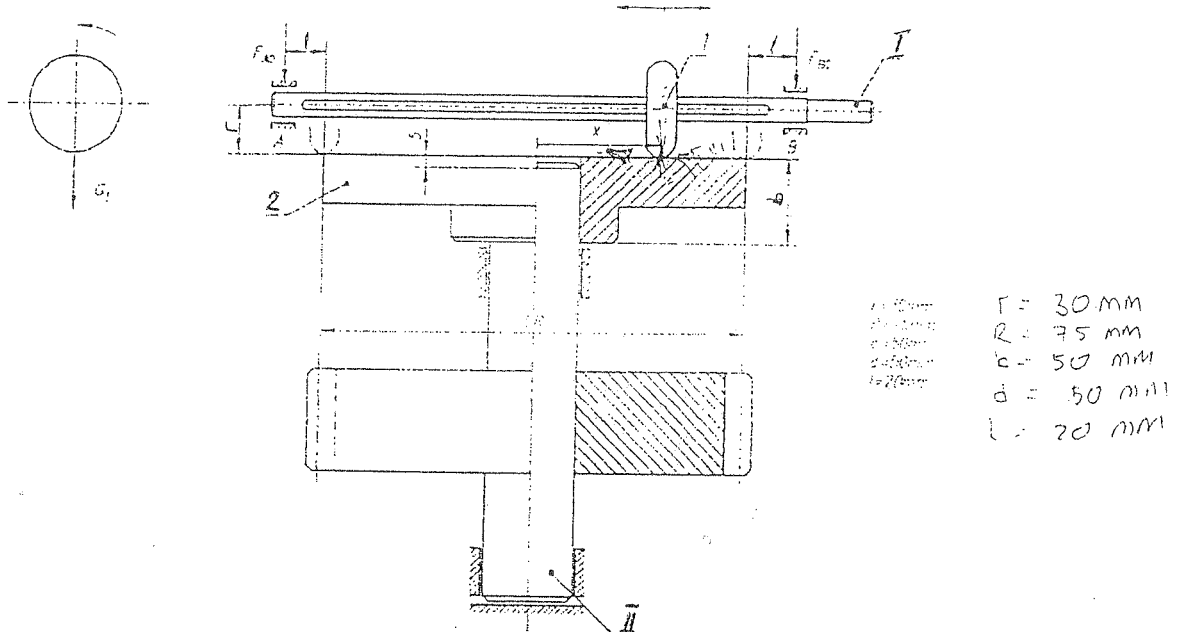
$$C_U = C \cdot \sqrt{\frac{N_0}{n \cdot t}} = C \cdot \sqrt[3]{\frac{10^6}{576 \cdot 10^6}} = 0,12 \cdot C$$

$N_0 = 3600 \cdot n \cdot t = 3600 \cdot 16 \cdot 10000 = 576 \cdot 10^6$

Usvaja se ležaj tip: 2208

$C_N > F$

## ISPITNI ZADATAK



Mehanički prenosnik prikazan na slici sastoji se od jednog frikcionog para i jednog zupčastog para (cilindrični par sa pravim zupcima). Elektromotor snage  $P=5\text{kW}$  i učestalosti obrtanja  $n=1550 \text{ min}^{-1}$  pokreće pogonsko vratilo I. Veza frikcionog točka (2) i vratila II ostvarena je čvrstim nalijeganjem. Intenzitet sile pritiska, na dodirnim površinama frikcionog para, reguliše se zavojnim pritisnim oprugama koje djeluju na oslonce vratila I.

- Odrediti intenzitet sile pritiska na dodirnim površinama frikcionog para, da bi se ukupna snaga elekromotora prenijela sa vratila I na vratilo II sa stepenom sigurnosti protiv proklizavanja frikcionog para  $S_{pr}=1,5$ , ako je koeficijent trenja kod frikcionog para  $\mu=0,3$ .
- Dimenzionisati zavojnu oprugu ( $d$ ,  $D_{SR}$ ,  $z_{ef}$ ) u osloncu B za krajnji desni položaj frikcionog točka 1 ( $x=R$ ). Materijal opruge Č.4230, krutost opruge  $c=98 \text{ kN/m}$ , modul klizanja  $G=0,83 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$ ,  $K=D_{SR}/d=2,5$ ,  $\tau_{udop}=700 \text{ N/mm}^2$ .
- Odrediti graničnu temperaturu na kojoj dato čvrsto nalijeganje, vratila II i frikcionog točka 2,  $\phi 50 \text{ H8/u8}$  postaje neizvjesno. Materijal frikcionog točka 2 je SL, a vratila II Č.0645.
- Nacrtati šemu opterećenja vratila II, dijagrame momenata uvijanja i aksijalnih sila.

Izrada:

①

2) Obrtni moment EM, vratio I:

$$T_{EM} = T_I = \frac{P_{EM}}{\omega_{EM}} = \frac{5 \cdot 10^3}{162,3} = 30,8 \text{ Nm}$$

gdje je:

$$\omega_{EM} = \omega_I = 2 \cdot \pi \cdot \frac{n_{EM}}{60} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{1550}{60} = 162,3 \text{ s}^{-1}$$

Tangencijalna sila na fiksiranom toku 1:

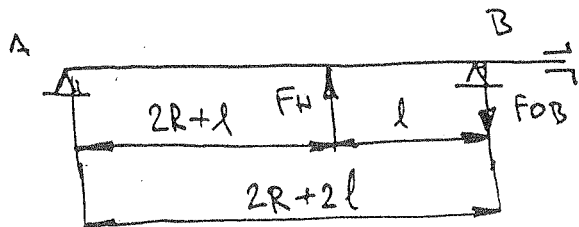
$$F_{t1} = \frac{T_I}{r} = \frac{30,8}{0,03} = 1026,6 \text{ N}$$

Sila pritiska, normalna sila na odobrim površinama fiksiranog para 1-2:

$$F_{p1-2} = F_{H1-2} = \frac{F_{t1}}{\mu} \cdot S_{\mu} = \frac{1026,6}{0,3} \cdot 1,5 = 5133,3 \text{ N}$$

④

3) Radno opterećenje opruge u osloncu „B“ za položaj  $x=R$ :



$$\sum M_A = 0$$

$$F_B = F_H \cdot \frac{2R+l}{2(l+R)} = 5133,3 \cdot \frac{150+20}{2 \cdot (20+75)}$$

$$F_B = 4592,95 \text{ N}$$

Prečnik čice opruge:

$$d \geq \sqrt{\frac{16 \cdot F_b \cdot R}{\pi \cdot \tau_{udop}} \cdot \frac{R}{d} \cdot \mathcal{J}} = \sqrt{\frac{16 \cdot 4610}{\pi \cdot 700} \cdot 1,25 \cdot 1,746} = 8,55 \text{ mm}$$

usvoje se:  $d = 9 \text{ mm}$

$$k = \frac{D}{d} = 2,5 ; \quad \frac{R}{d} = 1,25 ;$$

$$\mathcal{J} = \frac{4 \cdot k - 1}{4 \cdot k - 4} + \frac{0,615}{k} = \frac{4 \cdot 2,5 - 1}{4 \cdot 2,5 - 4} + \frac{0,615}{2,5} = 1,746$$

Učvršćenje opruge u odloncu  $z$ :  $f_z = \frac{F_{03}}{c} = \frac{4610}{98000} = 0,047 \text{ mm} = 47 \text{ mm}$ . (2)

Efektivni broj zavoja  $k$ :

$$Z_{ef} = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D_{sr}^3} \cdot \frac{f_z}{F_{03}} = \frac{0,83 \cdot 10^5 \cdot 9^4}{8 \cdot 22,5^3} \cdot \frac{47}{4610} = 60,9$$

$D_{sr} = 9 \cdot 2,5 = 22,5 \text{ mm}$  (6)

c) Granicna temp. na kojoj dođe do čvrsto materijalni prelazi materijala:

$\phi 50 \text{ H8/u8}$

$d_s = 9 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

$d_u = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

$A_g = +0,0331$

$A_d = 0$

$a_g = +0,109$

$a_d = +0,070$

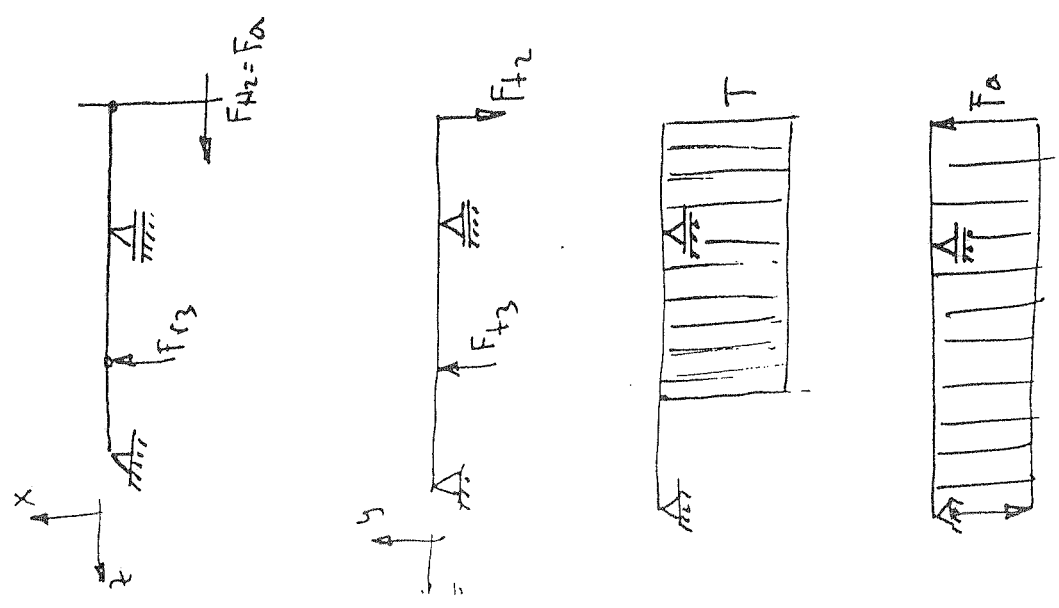
$$\Delta t = \frac{P_d}{d(d_u - d_s)} = \frac{-0,031}{50(12-9) \cdot 10^{-6}} = -206,6$$

$P_g = -109 \mu\text{m}$

$P_d = -31 \mu\text{m}$

$t = t_0 + \Delta t = 20 - 206,6 = -186,6^\circ\text{C}$  (6)

1) Šema opterećenja vratila II:



(6)