

## 1.3 NAVOJNI SPOJEVI

### 1.3.1. POKRETNI NAVOJNI SPOJEVI

Konstruisati navojni prenosnik – ručnu dizalicu prema slici 3.1.1.

#### PODACI:

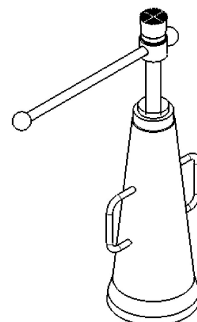
Opterećenje:  $F = 14 \text{ kN}$   
Visina dizanja:  $l = 300 \text{ mm}$

#### MATERIJAL:

Navojnog vretena: E295  
Ručice: S235JR  
Navrtka: P.CuSn12 (kalajna bronza)

#### NAVOJ:

Trapezni



Slika 1.3.1 Ručna dizalica

#### PRORAČUNATI:

- Navojno vreteno (sa samokočenjem);
- Navrtku;
- Obrtni moment na ručici i stepen iskorišćenja navoja i navojnog prenosnika;
- Ručicu pri čemu se dužina ručice proračunava prema ukupnom obrtnom momentu i ručnoj sili kojom treba ostvariti taj moment. Ručna sila se uzima  $300 - 400 \text{ N}$ . Prečnik ručice proračunati iz uslova čvrstoće na savijanje. Uzeti da je broj radnika koji rukuju dizalicom jedan.
- Dimenzije postolja;

#### NACRTATI:

- Sklopni crtež dizalice;
- Radioničke crteže;

#### Rješenje:

Tabela 1.3.1 Karakteristike materijala

Materijal		$R_{pN}$ N/mm <sup>2</sup>	$R_{mN}$ N/mm <sup>2</sup>
Navojno vreteno	E295	295	490
Ručica	S235JR	235	360
Nosač tereta	S235JR	235	360
Navrtka	P.CuSn12 (kalajna bronza)	140	260
Klizni ležaj	P.CuSn14 (kalajna bronza)	140	200
Postolje	GJL-150	98	150

## Određivanje dimenzija navojnog vretena

Navojno vreteno je ispravno dimenzionisano ako je postignut stepen sigurnosti koji iznosi  $S = 1,5 - 2$  za statičko, odnosno  $S = 2 - 3$  za dinamičko opterećenje [1]. Navojno vreteno se dimenzioniše s obzirom na normalni napon usljed zatezanja ili pritiskivanja, pri čemu se zbog uvijanja potrebna površina jezgra navoja povećava za 25%–30%.

Poprečni presjek jezgra navoja se određuje prema obrazcu

$$A_3 \geq 1,3 \cdot \frac{F}{\sigma_{z(p)doz}}$$

$$\sigma_{z(p)doz} = \frac{\sigma_{kr}}{S}$$

S obzirom da je opterećenje statičko, kritični napon je  $\sigma_{kr} = R_e (R_{p0,2})$ , te stepen sigurnosti iznosi  $S = 1,5 - 2$  (usvaja se  $S = 2$ ).

$$\sigma_{z(p)doz} = \frac{295}{2} = 147,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$A_3 \geq 1,3 \cdot \frac{14000}{147,5} = 123,39 \text{ mm}^2$$

Ovome odgovara prvi veći trapezni navoj Tr 20 x 4 sa dimenzijama  $d_2 = 18 \text{ mm}$ ,  $d_3 = 15,5 \text{ mm}$ ,  $A_3 = 189 \text{ mm}^2$ .

$$\text{Ugao nagiba zavojnice } \operatorname{tg} \varphi = \frac{P}{d_2 \cdot \pi} = \frac{4}{18 \cdot \pi} = 0,07, \quad \varphi = 4,048^\circ.$$

Koeficijent trenja u navojnom paru čelik – bronza se kreće od  $\mu = 0,07 - 0,16$  [3], pa redukovani ugao trenja za koeficijent  $\mu = 0,10$  iznosi

$$\rho_n = \arctan \mu_n = \arctan \frac{\mu}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \arctan \frac{0,10}{\cos \frac{30}{2}} = 5,91^\circ$$

Ovako privremeno usvojeni trapezni navoj treba provjeriti s obzirom na složeno naprezanje u jezgru. Normalni naponi u jezgru vretena usljed pritiska iznosi:

$$\sigma = \frac{F}{A_3} \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Tangentni napon u jezgru vretena usljed uvijanja iznosi:

$$\tau = \frac{T}{W_p} \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$T = T_n = F \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\varphi + \rho_n) \text{ Nm}$$

$$W_p = \frac{d_3^3 \cdot \pi}{16} \text{ mm}^3$$

Ekvivalentni napon usljed složenog naprezanja jednak je:

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma^2 + (\alpha_0 \cdot \tau)^2}$$

$$\text{gdje je } \alpha_0 = \frac{[\sigma]}{[\tau]}$$

$$T_n = F \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\varphi + \rho_n) = 14000 \cdot \frac{18}{2} \cdot \tan(4,048 + 5,91) = 22,12 \text{ Nm}$$

S obzirom da je naprezanje statičko,  $\alpha_0 = \frac{[\sigma]}{[\tau]} = \frac{[\sigma]}{0,7 \cdot [\tau]} = 1,45$ .

$$\sigma = \frac{F}{A_3} = \frac{14000}{189} = 74,07 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_p = \frac{d_3^3 \cdot \pi}{16} = \frac{15,5^3 \cdot \pi}{16} = 730,81 \text{ mm}^3$$

$$\tau = \frac{T}{W_p} = \frac{22,12 \cdot 10^3}{730,81} = 30,27 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{mp} = \sqrt{\sigma_p^2 + (\alpha_0 \cdot \tau_i)^2} = \sqrt{74,07^2 + (1,45 \cdot 30,27)^2} = 86,09 \text{ N/mm}^2$$

*Stepen sigurnosti usljed složenog naprezanja*

$$S = \frac{[\sigma]}{\sigma_{mp}} = \frac{295}{86,09} = 3,42$$

Stepen sigurnosti je veći od 2 pa se izabrani trapezni navoj može zadržati.

*Provjera navojnog vretena na izvijanje u najnepovoljnijem položaju, kada je teret u krajnjem gornjem položaju*

Navojno vreteno treba provjeriti na izvijanje u najnepovoljnijem položaju, kada je teret u krajnjem gornjem položaju. Dužina izložena izvijanju ( $l$ ) računa se od dodirne površine nosača tereta na vretenu do polovine visine navrtke. Pri određivanju vitkosti vreteno se posmatra kao zgloбно oslonjeno na oba kraja tako da je  $l_{red} = l$  [3]. S obzirom da još uvijek nije poznata visina navrtke, kao i visina glave navojnog vretena, za prethodni proračun usvojiće se da je  $l_{red} = 1,25 \cdot h$  ( $h$  - visina dizanja), [3].

$$l_{red} = 1,25 \cdot 300 = 375 \text{ mm}$$

*Poluprečnik inercije vretena*

$$i_{min} = \frac{d_3}{4} = \frac{15,5}{4} = 3,875 \text{ mm}$$

*Koeficijent vitkosti vretena*

$$\lambda = \frac{l_{red}}{i_{min}} = \frac{375}{3,875} = 96,774$$

Prema P24.19 [2], za materijal navojnog vretena E295,  $\lambda_0 = 89$ , što je manje od dobijene vrijednosti  $\lambda = 96,774$ . Prema tome, kritični napon u odnosu na izvijanje se računa po Ojleru prema obrazcu:

$$\sigma_k = \frac{E \cdot \pi^2}{\lambda^2} = \frac{2,1 \cdot 10^5 \cdot \pi^2}{96,774^2} = 221,08 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Na dijelu gdje postoji opasnost od izvijanja navojno vreteno je napregnuto na pritisak i uvijanje, pa je mjerodavni napon na pritisak  $\sigma_{mp}$ .

$$S_i = \frac{\sigma_k}{\sigma_{mp}} = \frac{221,08}{86,09} = 2,56$$

Stepen sigurnosti vretena protiv izvijanja manji je od preporučenog koji za proračun po Ojleru iznosi  $S_i=3 \cdot \dots \cdot 6$ . **Prema tome potrebno je korigovati dimenzije navojnog vretena.** Usvaja se prva veća vrijednost trapeznog navoja T<sub>r</sub> 24 x 5 sa dimenzijama  $d_2 = 21,5$  mm,  $d_3 = 18,5$  mm,  $A_3 = 269$  mm<sup>2</sup>.

$$\text{Ugao nagiba zavojnice } \operatorname{tg} \varphi = \frac{P}{d_2 \cdot \pi} = \frac{5}{21,5 \cdot \pi} = 0,074, \varphi = 4,23^\circ$$

$$\sigma = \frac{F}{A_3} = \frac{14000}{269} = 52,04 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_p = \frac{d_3^3 \cdot \pi}{16} = \frac{18,5^3 \cdot \pi}{16} = 1242,58 \text{ mm}^3$$

$$T_n = F \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\varphi + \rho_n) = 14000 \cdot \frac{21,5}{2} \cdot \tan(4,23 + 5,91) = 26,91 \text{ Nm}$$

$$\tau = \frac{T}{W_p} = \frac{26,91 \cdot 10^3}{1242,581} = 21,67 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{mp} = \sqrt{\sigma_p^2 + (\alpha_0 \cdot \tau_t)^2} = \sqrt{52,04^2 + (1,45 \cdot 21,67)^2} = 60,79 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Stepen sigurnosti usljed složenog naprezanja

$$S = \frac{[\sigma]}{\sigma_{mp}} = \frac{295}{60,79} = 4,85.$$

$$l_{red} = 1,25300 = 375 \text{ mm}$$

$$i_{min} = \frac{d_3}{4} = \frac{18,5}{4} = 4,624 \text{ mm}$$

Koeficijent vitkosti vretena

$$\lambda = \frac{l_{red}}{i_{min}} = \frac{375}{4,624} = 81,09$$

Prema P24.19 [2], za materijal navojnog vretena E295,  $\lambda_0 = 89$ , što je veće od dobijene vrijednosti  $\lambda = 81,09$ . Prema tome, kritični napon u odnosu na izvijanje računa se po Tetmajeru po obrazcu:

$$\sigma_k = 335 - 0,62 \cdot \lambda = 335 - 0,62 \cdot 81,09 = 284,72 \text{ N/mm}^{2 \rightarrow}$$

Na dijelu gdje postoji opasnost od izvijanja navojno vreteno je napregnuto na pritisak i uvijanje, pa je mjerodavni stepen sigurnosti jednak  $S_i = \frac{\sigma_k}{\sigma_{mp}} = \frac{284,72}{60,79} = 4,68$ . S obzirom da

se preporučeni stepen sigurnosti protiv izvijanja  $S_i$  za proračun po Tetmajeru kreće u granicama  $S_i = 2 - 4$  **dobijeni stepen sigurnosti zadovoljava.**

Prema [3], pitanje oslanjanja nosača tereta koje se ne obrće na vreteno koje se obrće, rješava se postavljanjem bilo kliznog, bilo kotrljajnog ležaja. Pri tome se za terete manje od  $F < 15$  kN između nosača tereta i vretena postavlja prsten od bronce, tako da se dobija aksijalni klizni ležaj, dok se za veće terete postavlja aksijalni kotrljajni ležaj. S obzirom da je dato opterećenje dizalice  $F = 14$  kN, usvaja se konstrukcija dizalice sa kliznim ležajem.

Spoljašnji prečnik oslonca kliznog ležaja ( $D_o$ ) izračunava se iz uslova površinskog pritiska prema obrazu:

$$D_o = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot p_{doz}} + d_0^2}$$

gdje su:

- $d_0$  unutrašnji prečnik kliznog ležaja, koji se određuje prema obrazcu  
 $d_0 \approx (0,6 - 0,7) d = (0,6 - 0,7) \cdot 24 = (14,4 - 16,8)$ ,  $d_0 = 15$  mm
- $p_{doz}$  dozvoljeni površinski pritisak za vreteno od čelika a prsten od bronce (klizni ležaj), iz tab. 2.15. [3]  $p_{doz} = (17,5 - 24,5)$  N/mm<sup>2</sup>, usvaja se  $p_{doz} = 20$  N/mm<sup>2</sup>

$$D_o = \sqrt{\frac{4 \cdot 14000}{\pi \cdot 20} + 15^2} = 33,41 \text{ mm}, \text{ usvaja se } D_o = 40 \text{ mm}$$

Prečnik glave navojnog vretena  $D_g$

Pri konstruisanju proširenog dijela navojnog vretena (prečnik glave navojnog vretena) kroz koji se provlači ručica  $D_g$  potrebno je voditi računa da površina poprečnog presjeka mora biti veća od površine poprečnog presjeka jezgra vretena  $A_3$ . Konstrukciono se usvaja prečnik glave navojnog vretena  $D_g = D_{gl} + 5 = 40 + 5 = 45$  mm.

Visina glave navojnog vretena

$$h_3 = (1,3 - 1,5) \cdot d = (1,3 - 1,5) \cdot 24 = (31,2 - 36), \text{ usvaja se } h_3 = 35 \text{ mm}.$$

### Određivanje dimenzija navrtke

Broj aktivnih navojaka navrtke  $z_n$  se određuje iz uslova površinskog pritiska na dodirnim površinama bokova navoja vretena i navrtke prema obrascu:

$$z_n = \frac{F}{d_2 \cdot \pi \cdot H_1 \cdot p_{doz}} = \frac{14000}{21,5 \cdot \pi \cdot 2,5 \cdot 15} = 5,53, \text{ usvaja se } z_n = 6$$

gdje su:

- $H_1$  – dubina nošenja navojnog spoja,  $H_1 = 0,5 \cdot P = 0,5 \cdot 5 = 2,5$  mm
- $p_{doz}$  – dozvoljeni površinski pritisak u navojnom spoju pokretnih navojnih spojeva, tab. 2.15. [3]  $p_{doz} = (11,0 - 17,5)$  N/mm<sup>2</sup>, usvaja se  $p_{doz} = 15$  N/mm<sup>2</sup>

Visina navrtke

$$l_n = z_n \cdot P = 6 \cdot 5 = 30 \text{ mm}.$$

Zbog mogućnosti neravnomjerne raspodjele opterećenja dužina navrtke treba biti u granicama:

$$l_n \approx (1,3 - 1,6) \cdot d = (1,3 - 1,6) \cdot 24 = 31,2 - 38,4 \text{ mm}$$

S obzirom da je visina navrtke nešto manja od preporučenih vrijednosti, usvojiće se broj aktivnih zavojaka navrtke  $z_n = 7$ , odnosno visina navrtke  $l_n = z_n \cdot P = 7 \cdot 5 = 35$  mm.

Provjera površinskog pritiska

$$p = \frac{F}{A_{uk}} = \frac{F \cdot P}{l_n \cdot d_2 \cdot \pi \cdot H_1} \leq p_{doz}, p = \frac{14000 \cdot 5}{35 \cdot 21,5 \cdot \pi \cdot 2,5} = 11,85 \frac{N}{mm^2} < p_{doz}$$

Spoljašnji prečnik navrtke

Spoljašnji prečnik navrtke  $D_n$  (prečnik oboda navrtke) određuje se prema formuli:

$$D_n = \sqrt{\frac{5 \cdot F}{\pi \cdot \sigma_{doz}} + d^2} = \sqrt{\frac{5 \cdot 14000}{\pi \cdot 56} + 24^2} = 31,2 \text{ mm}$$

gdje je:

- $\sigma_{doz}$  dozvoljeni napon za navrtku od bronce  $\sigma_{doz} = \frac{R_e}{S} = \frac{140}{2,5} = 56 \frac{N}{mm^2}$ .

Spoljašnji prečnik navrtke, takođe, može se odrediti konstruktivno po obrazcu

$$D_n = (1,4 - 1,7) \cdot d$$

$$D_n = (1,4 - 1,7) \cdot d = (1,4 - 1,7) \cdot 24 = 33,6 - 40,8$$

$$D_n = 40 \text{ mm}$$

Nakon toga provjerava se stepen sigurnosti usljed složenog naprezanja

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

gdje su:

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (D_n^2 - d^2) - \text{poprečni presjek tijela navrtke}$$

$$I_p = \frac{\pi}{32} \cdot (D_n^4 - d^4) - \text{polarni moment inercije presjeka A}$$

$$W_p = \frac{2 \cdot I_p}{D_n} - \text{polarni otporni moment presjeka A}$$

Uporedni napon usljed složenog naprezanja jednak je:

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma^2 + (\alpha \cdot \tau)^2}$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (D_n^2 - d^2) = \frac{\pi}{4} \cdot (40^2 - 24^2) = 803,84 \text{ mm}^2$$

$$I_p = \frac{\pi}{32} \cdot (D_n^4 - d^4) = \frac{\pi}{32} \cdot (40^4 - 24^4) = 218644,48 \text{ mm}^4$$

$$W_p = \frac{2 \cdot I_p}{D_n} = W_p = \frac{2 \cdot 218644,48}{40} = 10932,224 \text{ mm}^3$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{14000}{803,84} = 17,41 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau = \frac{T}{W_p} = \frac{26,91 \cdot 10^3}{10932,224} = 2,46 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma^2 + (\alpha n \tau)^2} = \sqrt{17,41^2 + (1,45 \cdot 2,46)^2} = 17,77 \frac{N}{mm^2}$$

$$S = \frac{\sigma_T}{\sigma_i} = \frac{140}{17,77} = 7,87$$

Prečnik oboda navrtke se određuje iz uslova površinskog pritiska između oboda navrtke i postolja dizalice prema formuli:

$$D_b = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot p_{doz}} + D_n^2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 14000}{\pi \cdot 33,6} + 40^2} = 46,16 \text{ mm}, D_b = 50 \text{ mm}$$

gdje je:

- $p_{doz}$  dozvoljeni površinski pritisak slabijeg materijala u spoju. S obzirom da je postolja od sivog liva, a navrtka od bronce,  $p_{doz} = \frac{1,2 \cdot R_e}{3-4} = \frac{1,2 \cdot 98}{3,5} = 33,6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$  za postolja, odnosno  $p_{doz} = \frac{1,2 \cdot R_e}{3-4} = \frac{1,2 \cdot 140}{3,5} = 48 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$  za navrtku.

Pri tome su kritični naponi za postolja (materijal GJL-150)  $R_{p0,2N} = 98 \text{ N/mm}^2$ , P.13-3a [2], odnosno za navrtku (CuSn12)  $R_{p0,2} = 140 \text{ N/mm}^2$ , P.13-4 [2].

Visina oboda navrtke računa se konstruktivno po obrazcu:

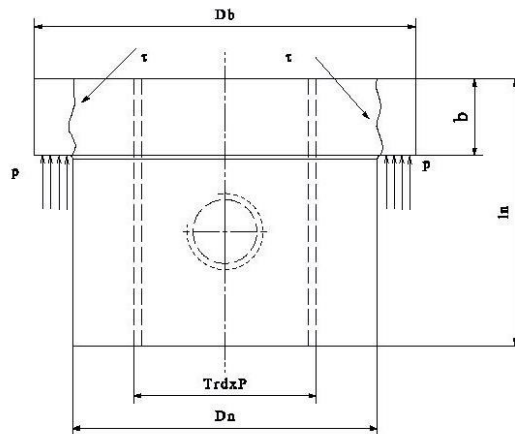
$$b = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{4}\right) \cdot l_n = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{4}\right) \cdot 35 = (11,6 - 8,75), b = 10 \text{ mm}$$

Provjera visine oboda navrtke na smicanje

$$\tau = \frac{F}{\pi \cdot D_n \cdot b} = \frac{14000}{\pi \cdot 40 \cdot 10} = 11,14 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Radna čvrstoća kod smicanja iznosi  $\tau_{if} = \frac{1,2 \cdot R_e}{\sqrt{3}} = \frac{1,2 \cdot 140}{\sqrt{3}} = 97 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$  pa je stepen

sigurnosti jednak  $S = \frac{97}{11,14} = 8,7$ .



Slika 1.3.2. Navrtka

### Određivanje dimenzija ručice

Dužina ručice proračunava se prema ukupnom obrtnom momentu T i ručnoj sili kojom se treba ostvariti taj moment. Ručna sila se uzima 150-250 N za duži rad, odnosno 300-400 N za

kraći rad, u slučaju manjih visina dizanja. Stepen sigurnosti se usvaja  $S = 3$  u odnosu na zateznu čvrstoću (dovoljno je spriječiti lomljenje ručice), dakle  $\sigma_{fdoz} = \frac{\sigma_m}{S}$ .

S obzirom da je na osnovu datog opterećenja  $F = 14$  kN usvojena konstrukcija dizalice sa kliznim ležajem, pri proračunu ručice potrebno je u obzir uzeti i obrtni moment  $T_\mu$  koji služi za savladavanje otpora trenja na dodirnoj površini glave vretena i nosača tereta, odnosno glave vretena i kliznog ležaja. Pri tome je koeficijent trenja za klizni ležaj od bronzne iznosi  $\mu = 0,12$  [3].

$$T_\mu = \frac{1}{3} \cdot F \cdot \mu \cdot \frac{d_s^3 - d_u^3}{d_s^2 - d_u^2} = \frac{1}{3} \cdot 14000 \cdot 0,12 \cdot \frac{40^3 - 15^3}{40^2 - 15^2} = 24,7 \text{ Nm}$$

Između ručice i otvora u navojnom vretenu predvidjeti labavo nalijeganje i grube tolerancije izrade,  $H11/a11$  ili  $H11/c11$  [3].

*Dužina ručice*

$$L = \frac{T_n + T_\mu}{n \cdot k \cdot F_r} \text{ gdje je } n - \text{ broj radnika, } k - \text{ koeficijent kojim se uzima u obzir neugodnost}$$

istovremenog djelovanja dva radnika ( $k = 1$  kada djeluje jedan radnik,  $k = 0,3 - 0,9$  kada djeluju dva radnika [3]),  $F_r$  – ručna sila 300 N.

$$L = \frac{(26,91 + 24,7) \cdot 10^3}{1 \cdot 300} = 172,03 \text{ mm}$$

Usvaja se potrebna dužina ručice 250 mm.

*Ukupna dužina ručice*

$$L_{uk} = L + \frac{D_g}{2} + 2 \cdot x + \frac{L_2}{2} = 250 + \frac{45}{2} + 2 \cdot 15 + \frac{80}{2} = 342,5 \text{ mm, } L_{uk} = 340 \text{ mm}$$

$L$  – potrebna dužina ručice

$D_g$  – prečnik glave navojnog vretena

$x$  – dužina navoja na koji se navrće kugla

$L_2$  – dužina koja u obzir uzim širinu šake (80 – 100 mm)

*Prečnik ručice*

Prečnik ručice određuje se iz uslova čvrstoće ručice na savijanje.

$$d_r = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot n \cdot k \cdot F_r \cdot L_1}{\sigma_{doz} \cdot \pi}} = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 300 \cdot 227,5}{120 \cdot \pi}} = 12,19 \text{ mm, } d_r = 15 \text{ mm}$$

$$L_1 = L - \frac{D_g}{2} = 250 - \frac{45}{2} = 227,5 \text{ mm, } \sigma_{doz} = \frac{R_m}{S} = \frac{360}{3} = 120 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Materijal ručice S235JR,  $R_m = 360 \text{ N/mm}^2$ .

### **Određivanje dimenzija postolja**

*Visinu postolja  $h_p$*  određujemo na osnovu potrebne visine dizanja tereta  $h = 300$  mm, te visine navrtke  $l_n = 35$  mm.



$$h_p = h + (l_n - b) + 50 = 300 + 25 + 50 = 375 \text{ mm}$$

Postolje se izvodi sa nagibom  $\text{tg}\theta = \left(\frac{1}{10} \cdots \frac{1}{15}\right)$ .

Za slobodan izlaz noža prilikom obrade unutrašnje površine postolja ispod navrtke usvaja se  $D_6 = D_n + (5 \cdots 10) \text{ mm} = 40 + 10 = 50 \text{ mm}$ .

*Unutrašnji prečnik osnove postolja*

$$D_3 = D_6 + 2 \cdot h_p \cdot \tan\theta = D_6 + 2 \cdot (h_p - l_n) \cdot \frac{1}{10} = 50 + 2 \cdot (375 - 25) \cdot \frac{1}{10} = 120 \text{ mm}$$

Prečnik  $D_4$  se određuje iz uslova površinskog pritiska na materijal podloge na koje se oslanja dizalica.

$$D_4 = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot p_{doz}} + D_3^2} = \sqrt{\frac{5 \cdot 14000}{\pi \cdot 4} + 120^2} = 141,32 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, D_4 = 150 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Dozvoljeni površinski pritisak za drvenu podlogu  $p_{doz} = 4 \text{ N/mm}^2$  [3].

Usvaja se debljina zida  $\delta = 10 \text{ mm}$  [3], pa je prečnik  $D_5 = D_6 + 2 \cdot \delta = 50 + 2 \cdot 10 = 70 \text{ mm}$ .

Visina papuče postolja  $\delta_1 = 1,5 \cdot \delta = 1,5 \cdot 10 = 15 \text{ mm}$ .

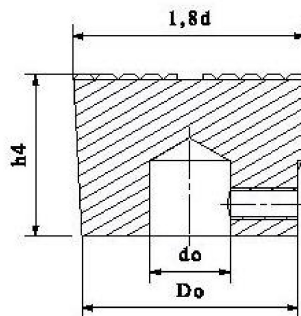
### Određivanje dimenzija nosača tereta

Nosač tereta se izrađuje obično od čelika. U ovom primjeru za izradu nosača tereta predviđen je konstrukcioni čelik *S235JR*. Nosač tereta je napregnut na pritisak i uvijanje komponentom mometa uvijanja  $T_\mu$ , ali se ne proračunava jer konstrukcione dimenzije prikazane na slici 1.3.3 daju dovoljnu sigurnost. Visina nosača tereta  $h_4$  konstrukciono se uzima  $h_4 = 1,25d$ . Između nosača tereta i završnog dijela navojnog vretena potrebno je predvidjeti labavo nalijeganje. Nareckana površina omogućava bolju stabilnost tereta (sprečava klizanje tereta). Za učvršćivanje nosača tereta koristi se zavrtnaj sa cilindričnim završetkom *JUS M.B1.291* gdje cilinrični završetak naliježe na odgovarajući žlijeb na vrhu navojnog vretena.

$$h_4 = 1,25 \cdot d = 1,25 \cdot 30 = 30 \text{ mm}$$

Prečnik vrha nosača određuje se konstrukciono  $d_n = 1,8 \cdot 24 = 43,2$ , usvaja se 43 mm.

Usvaja se nagib postolja 1:10 (konus izveden 1:5).

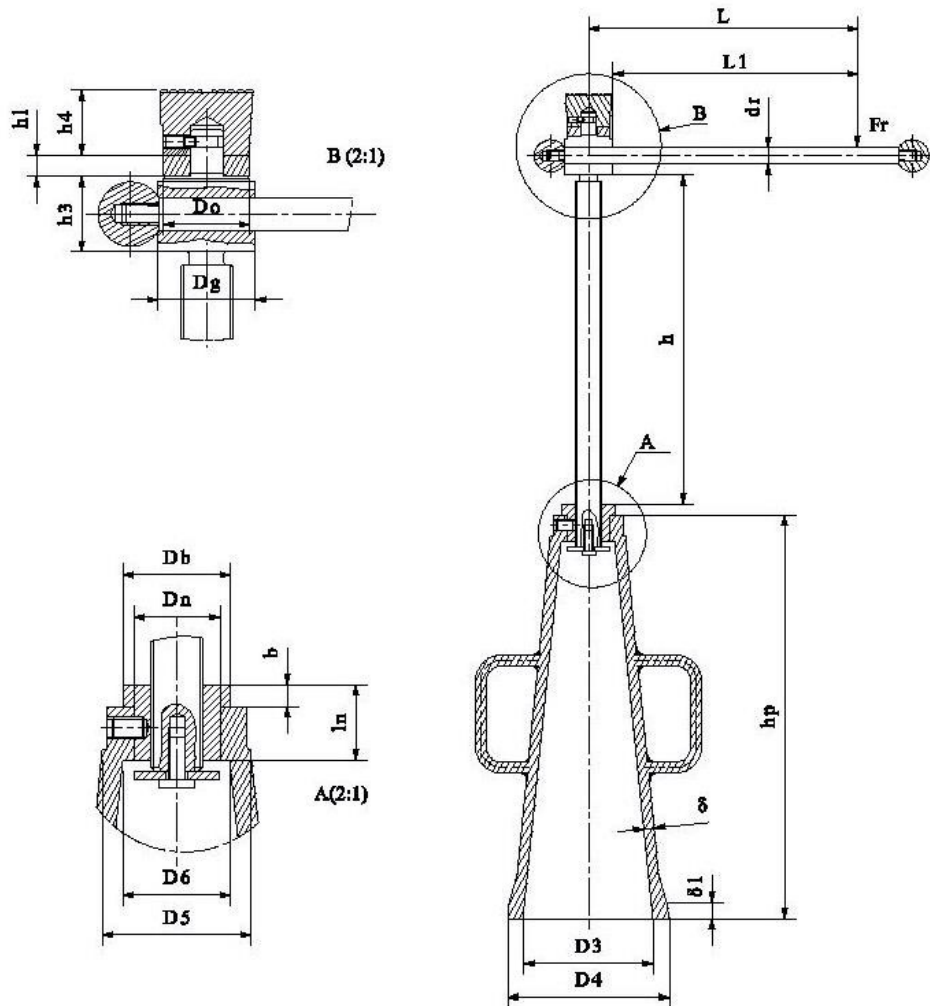


Slika 1.3.3. Nosač tereta

### Određivanje dimenzija kliznog ležaja

Dimenzije kliznog ležaja od bronzne *P.CuSn14* usvajaju se konstruktivno. Uzima se visina prstena  $h_l = 0,4 \cdot d$ . Dodirne površine treba da budu fino obrađene. Između završnog dijela vretena i prstena predvidjeti labavo nalijeganje. Klizni ležaj je opterećen na površinski pritisak.

$N / mm^2$  (za P.CuSn14  $p_{doz}=15 N/mm^2$ )



Slika 1.3.4. Konstruktivna rješenja glavnih dijelova ručne dizalice

### Provjera navojnog vretena na izvijanje kada je teret u krajnjem gornjem položaju

Navojno vreteno je prilikom prethodnog određivanja dimenzija provjereno na izvijanje i to u najnepovoljnijem položaju, tj. kada je potpuno izvučeno. Budući da na početku nisu poznate dimenzije navrtke, ležaja i navojnog vretena, redukovana dužina vretena se usvaja i iznosi  $l_{red} = 1,25h$  ( $h$  – visina dizanja). Nakon što su dimenzije elemenata ručne dizalice određene, poznata je dužina izložena izvijanju, te se navojno vreteno ponovo provjerava na izvijanje. Dužina izložena izvijanju ( $l$ ) se računa od dodirne površine nosača tereta na vretenu do polovine visine dijela navrtke u dizalici i jednaka je

$$l = h_4 + h_4 + h_3 + h + b + (l_n - b) / 2 = 30 + 10 + 35 + 300 + 10 + 12,5 = 397,5 \text{ mm}$$

gdje su  $h_4$  – visina nosača tereta,  $h_1$  – visina prstena (kliznog ležaja),  $h_3$  – visina glave navojnog vretena,  $h$  – visina dizanja,  $b$  – visina oboda navrtke,  $l_n$  – visina navrtke.

Koeficijent vitkosti vretena

$$\lambda = \frac{l_{\text{red}}}{i_{\text{min}}} = \frac{397,5}{4,624} = 85,96$$

Prema P24.19 [2], za materijal navojnog vretena E295,  $\lambda_0 = 89$ , što je veće od dobijene vrijednosti  $\lambda = 85,96$ . Nadalje, kritični napon u odnosu na izvijanje računa se po Tetmajeru.

$$\sigma_k = 335 - 0,62 \cdot \lambda = 335 - 0,62 \cdot 85,96 = 281,70 \text{ N/mm}^2$$

Na dijelu gdje postoji opasnost od izvijanja navojno vreteno je napregnuto na pritisak i uvijanje, pa je mjerodavni napon jednak  $S_i = \frac{\sigma_k}{\sigma_i} = \frac{281,70}{60,78} = 4,63$ . S obzirom da se

preporučeni stepen sigurnosti protiv izvijanja  $S_i$  za proračun po Tetmajeru kreće u granicama  $S_i = 2 - 4$  dobijeni stepen sigurnosti zadovoljava.

*Stepen iskorišćenja dizalice*

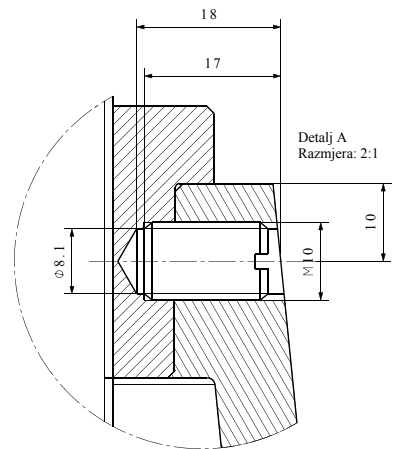
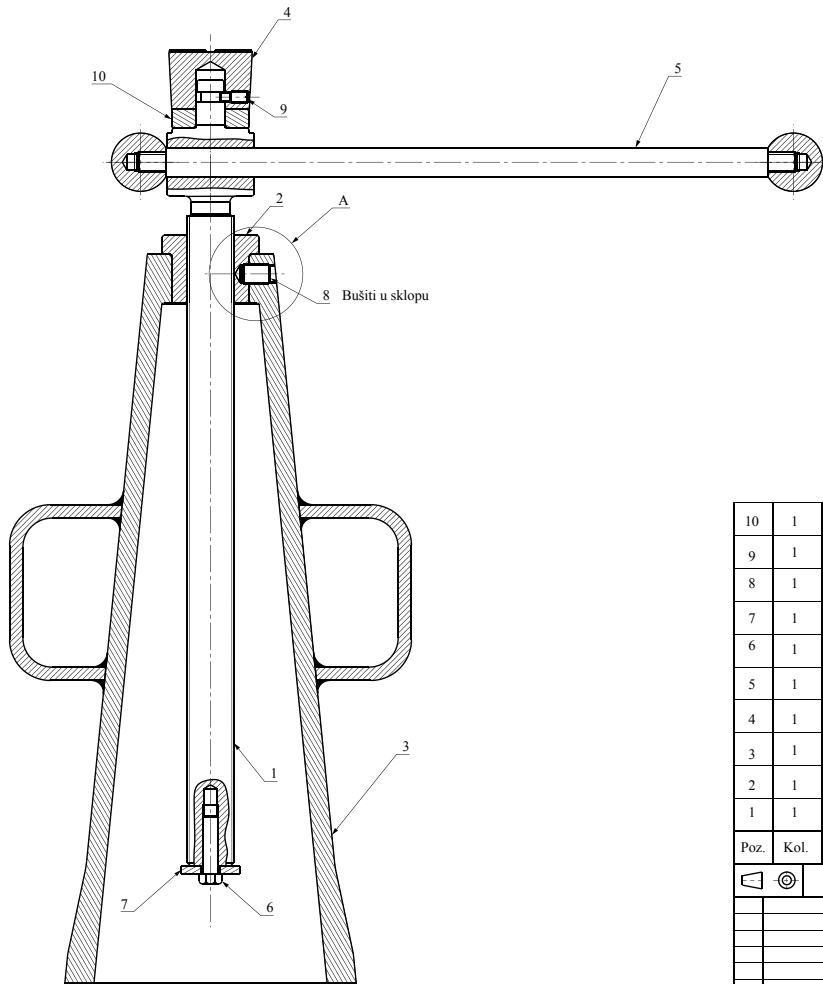
$$\eta = \frac{\tan \varphi}{\tan(\varphi + \rho_n) + \frac{d_{sr}}{d_2} \cdot \mu} = \frac{\tan 4,23^\circ}{\tan(4,23 + 5,91) + \frac{29,39}{21,5} \cdot 0,12} = 0,215704$$

$d_{sr}$  - srednji prečnik trenja

$$d_{sr} = \frac{2}{3} \cdot \frac{d_s^3 - d_u^3}{d_s^2 - d_u^2} = \frac{2}{3} \cdot \frac{40^3 - 15^3}{40^2 - 15^2} = 29,39 \text{ mm}$$

$\mu$  - koeficijent trenja za klizni ležaj od bronze

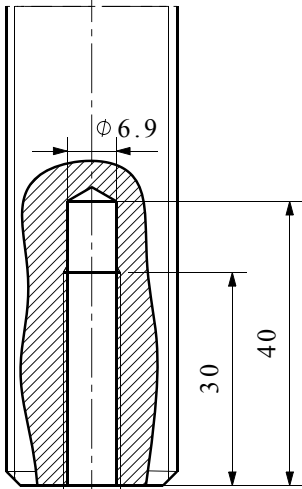
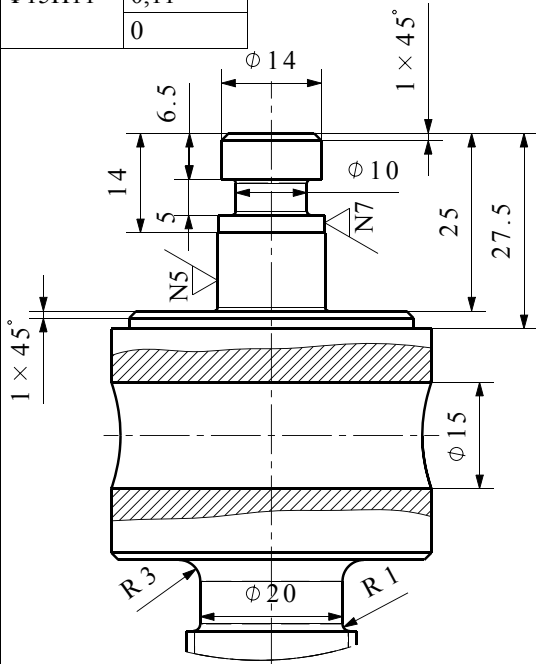
$$\mu = 0,12$$



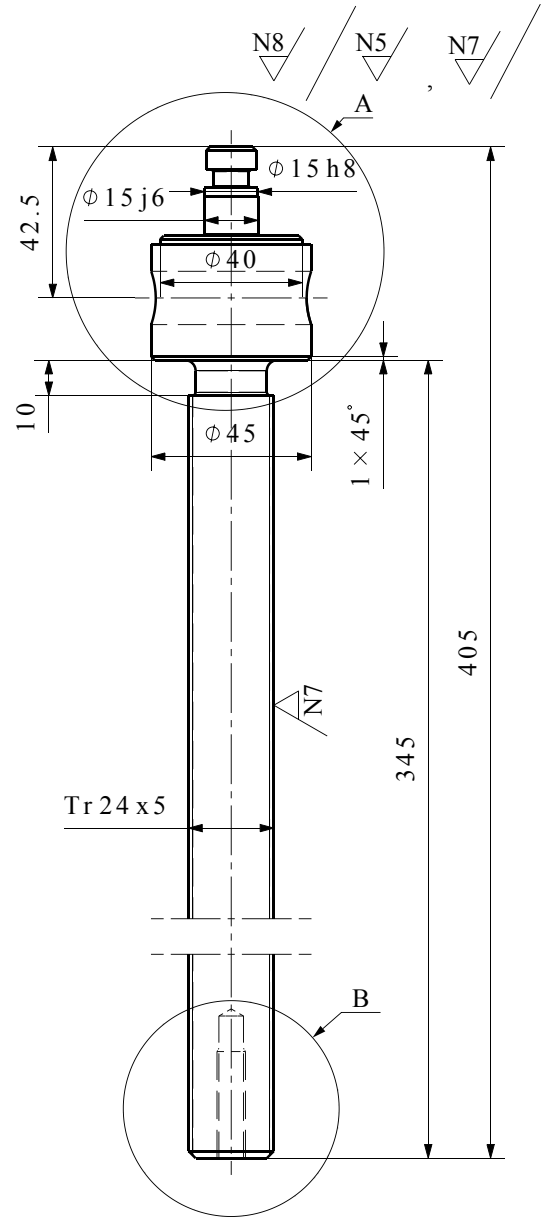
10	1	Kom.	Klizni ležaj	CuSn14	
9	1	Kom.	Uvrtni zavrtanj	M6x15 (4.8)	JUS M.B1.291
8	1	Kom.	Uvrtni zavrtanj	M10x15 (4.8)	JUS M.B1.280
7	1	Kom.	Graničnik	S235JR	
6	1	Kom.	Zavrtanj	M8x30 lijevi	JUS M.B1.050
5	1	Kom.	Ručica	S235JR	
4	1	Kom.	Nosač tereta	S235JR	
3	1	Kom.	Postolje	GJL-150	
2	1	Kom.	Navrtka	CuSn12	
1	1	Kom.	Navojno vreteno	E295	
Poz.	Kol.	JM	Naziv	Standard (Izabrane karakteristike)	Primjedba
			Masa		Razmjera 1:2
			Naziv		
			RUČNA DIZALICA SA		
			SA KLIZNIM LEŽIŠTEM		
			Oznaka		List
			Izv. podaci		L.
St.l.	Izmjene	Datum	Ime		

Φ15h8	0
	-0,027
Φ15j6	-0,003
	-0.014
Φ15H11	0,11
	0

Detalj A  
Razmjera 1:1



M8 lijevi  
Detalj B  
Razmjera 1:1

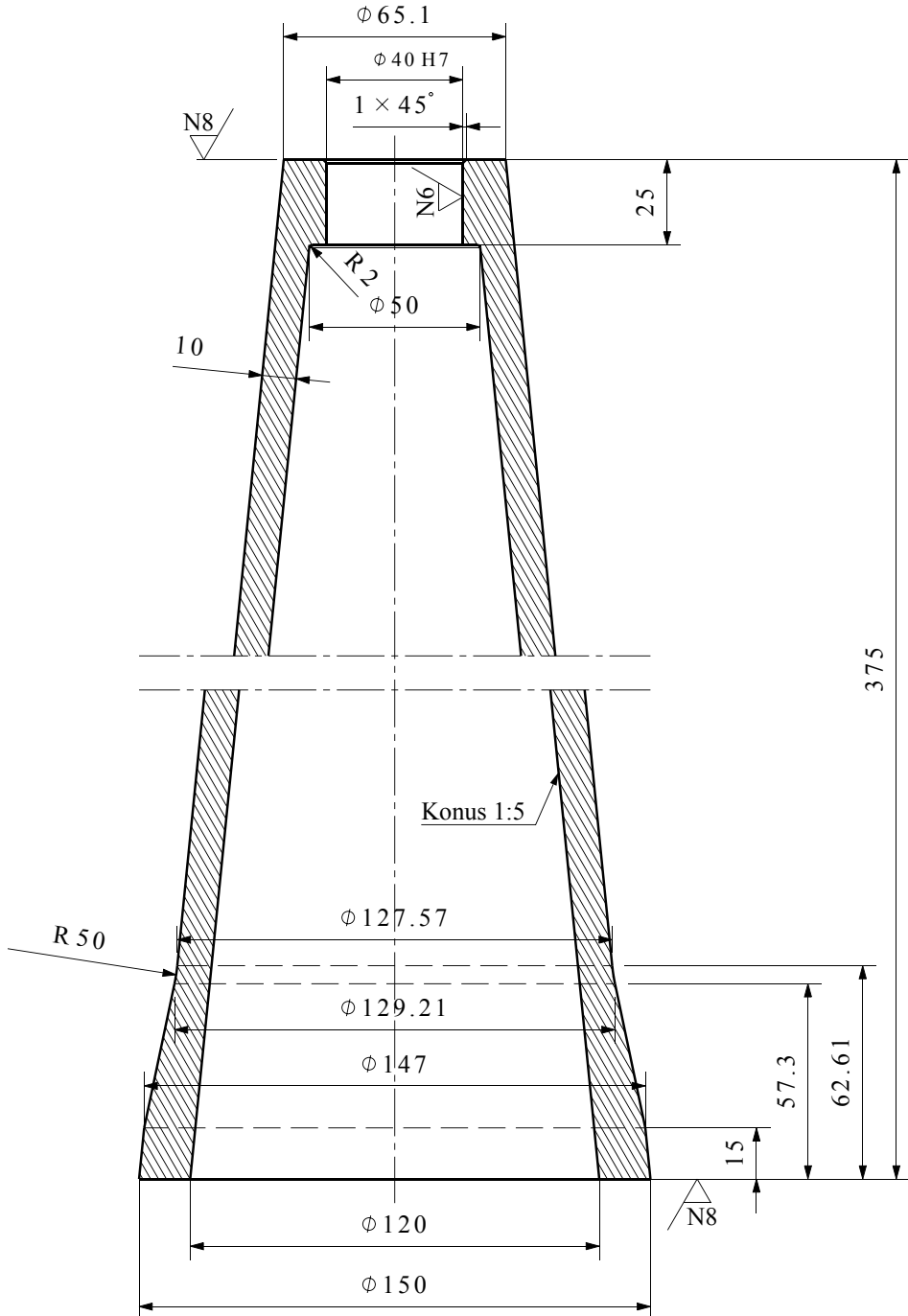


Napomena: Svi nekotirani radijusi 0,5 mm

Tolerancija slobodnih mjera		Površinska hrapavost		Površinska zaštita	
Materijal E295				Termička obrada	
		Masa 1,6 kg		Razmjera 1:2	
		Datum		Naziv	
		Obrad.		NAVOJNO VRETENO	
		Stand.			
		Odobr.			
		Mašinski fakultet Istočno Sarajevo		Oznaka	
St.i.		Izmjene		Izv.podaci	
Datum		Ime		Zamjena za	
				List	
				L	

Φ40H7	0,025
	0

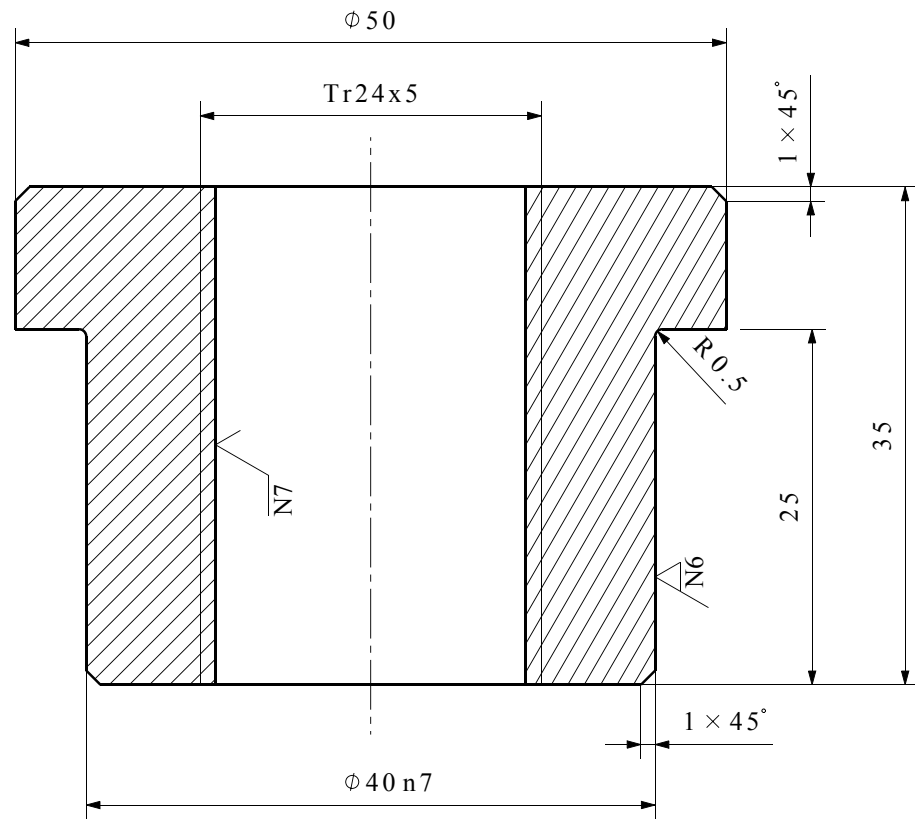
▽/▽/ N6/▽/ N8/▽/



Tolerancija slobodnih mjera		Površinska hrapavost		Površinska zaštita	
Materijal GJL-150				Termička obrada	
				Masa 9,2 kg	Razmjera 1:2
		Datum		Naziv	
		Obrad.		POSTOLJE	
		Stand.			
		Odobr.			
		Mašinski fakultet Istočno Sarajevo		Oznaka	
St.i.		Izmjene		Izv.podaci	
Datum		Ime		Zamjena za	
				List	
				L	

Φ40n7	0,042
	0,017

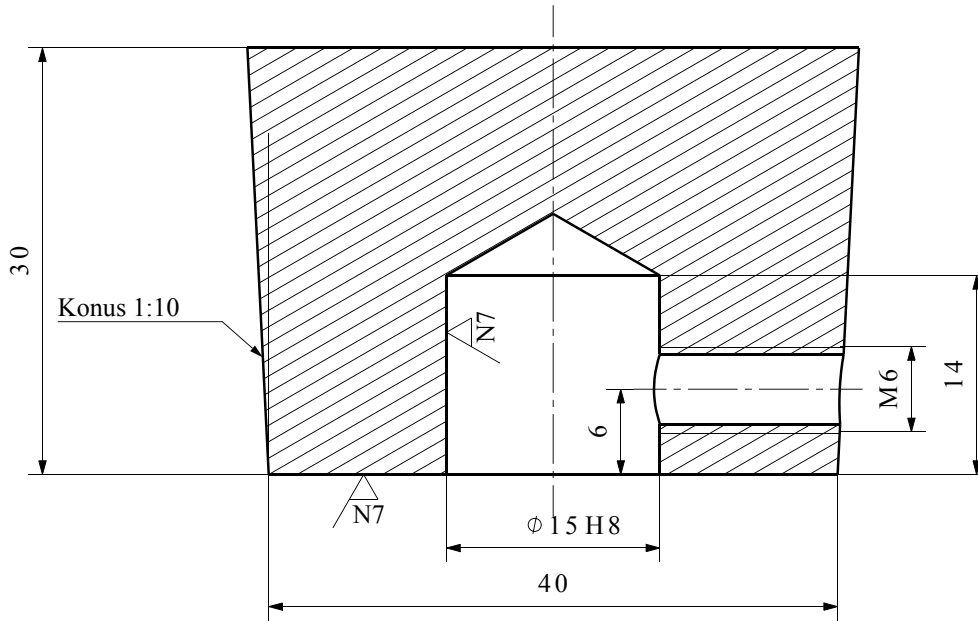
✓ /  $\nabla$ N7 /  $\nabla$ N6 /



Tolerancija slobodnih mjera		Površinska hrapavost		Površinska zaštita	
Materijal CuSn12				Termička obrada	
				Masa 0,33 kg	Razmjera 2:1
		Datum		Naziv	
		Obrad.		<b>NAVRTKA</b>	
		Stand.			
		Odobr.			
		Mašinski fakultet Istočno Sarajevo		Oznaka	
				List	
				L	
St.i.	Izmjene	Datum	Ime	Izv.podaci	Zamjena za

Φ30H7	+0,021
	0

N8 / / N7 / /



Tolerancija slobodnih mjera		Površinska hrapavost		Površinska zaštita	
Materijal S235JR				Termička obrada	
				Masa 0,30 kg	Razmjera 2:1
		Datum		Naziv	
		Obrad.		NOSAČ TERETA	
		Stand.			
		Odobr.			
		Mašinski fakultet Istočno Sarajevo		Oznaka	
				List	
				L	
St.i.	Izmjene	Datum	Ime	Izv.podaci	Zamjena za