

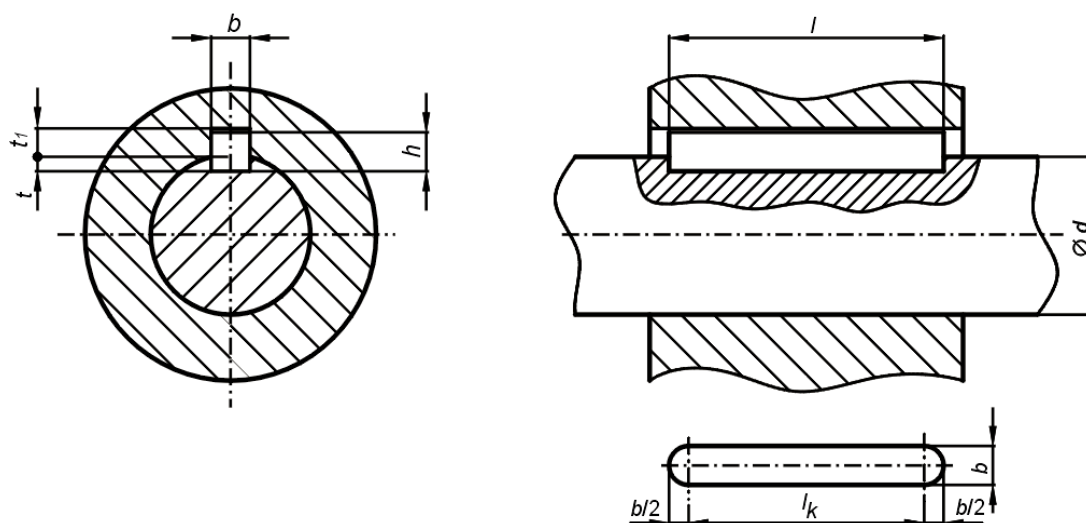
5. KLINOVI

Zadatak 5.5.

Veza vratila i glavčine zupčanika ostvarena je uzdužnim klinom bez nagiba TIP A. Odrediti dimenzije klina, žljeba u vratilu i žljeba u glavčini i proveriti stepen sigurnosti, ako je prečnik na mestu spoja $d = 40$ mm, a obrtni moment $M_o = 100$ Nm. Materijal vratila je Č0645, a zupčanika Č4130.

Rešenje

Veza vratila i glavčine zupčanika ostvarena pomoću uzdužnog klina bez nagiba TIP A prikazana je na slici 5.5. Na ovoj slici mogu se uočiti sve dimenzije klina i njegov položaj u spoju.



Slika 5.5.

▪ Klin

Prema prečniku vratila i glavčine $d = 40$ mm, usvaja se klin dimenzija (Prilog 5.1.):

Širina klina

$b = 12$ mm (12h9) - preporučeno naleganje

Visina klina

$h = 8$ mm (8h11) - preporučeno naleganje

Korisna dužina klina (preporuka)

$$l_k = (1,0 \div 1,3) \cdot d = (1,0 \div 1,3) \cdot 40 = 40 \div 52 \text{ mm}$$

Dužina klina

$$l = l_k + b = (40 \div 52) + 12 = 52 \div 64 \text{ mm}$$

Standardna vrednost (Prilozi 5.1. i 5.2.)

$$l = 56_{-0,3}^0 \text{ mm}$$

Stvarna korisna dužina klina

$$l_k = l - b = 56 - 12 = 44 \text{ mm}$$

Zaobljenje klina (Prilozi 5.1. i 5.2.)

$$r = 0,5_{0}^{+0,2} \text{ mm}$$

Napomena: tolerancije klinova bez nagiba i žljebova za klinove, date su u Prilogu 5.2.

▪ Žljeb u vratilu

Širina žljeba

$b = 12$ mm (12P8) - preporučeno naleganje

Dubina žljeba (Prilozi 5.1. i 5.2.)

$$t = 4,9 \begin{smallmatrix} +0,2 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ mm}$$

Dužina žljeba (Prilozi 5.1. i 5.2.)

$$l' = l = 56 \begin{smallmatrix} +0,3 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ mm}$$

Poluprečnik zaobljenja na dnu žljeba (Prilozi 5.1. i 5.2.)

$$r = 0,5 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,3 \end{smallmatrix} \text{ mm}$$

▪ Žljeb u glavčini

Širina žljeba

$b = 12 \text{ mm}$ (12P9) - preporučeno naleganje

Dubina žljeba (ne kotira se na radioničkom crtežu glavčine jer se ne može meriti)

$$t_1 = 3,2 \begin{smallmatrix} +0,2 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ mm (Prilozi 5.1. i 5.2.)}$$

Poluprečnik zaobljenja (Prilozi 5.1. i 5.2.)

$$r = 0,5 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,3 \end{smallmatrix} \text{ mm}$$

Kota za kontrolu dubine žljeba u glavčini

$$f_o = d + t_1 = 40 + 3,2 \begin{smallmatrix} +0,2 \\ 0 \end{smallmatrix} = 43,2 \begin{smallmatrix} +0,2 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ mm}$$

Kontrola mogućnosti montaže

$$d - t - h < f_o$$

$$40 - 4,9 + 8 = 43,1 \text{ mm} < 43,2 \text{ mm}$$

Ovo je klin A 12x8x56 JUS M.C2.060

▪ Provera stepena sigurnosti

Materijal klina

Č0545 (Obično se usvaja konstrukcioni čelik tako da je materijal klina slabiji od materijala vratila i glavčine, kako bi se eventualno oštetio klin, što izaziva manje troškove)

Karakteristike materijala klina (Prilog 1.1.)

$$\sigma_T = 290 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_T = 0,8 \cdot \sigma_T = 0,8 \cdot 290 = 232 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Obimna sila na vratilu

$$F_{ob} = \frac{2 \cdot M_o}{d} = \frac{2 \cdot 100000}{40} = 5000 \text{ N}$$

Faktor udara

$$\xi = 1,4 - \text{obično kod klinova}$$

Provera pritiska

Površina dodira između klina i glavčine

$$A_p = (h - r - t) \cdot l_K = (8 - 0,5 - 4,9) \cdot 44 = 114,4 \text{ mm}^2$$

Površinski pritisak

$$p = \frac{\xi_u \cdot F_{ob}}{A_p} = \frac{1,4 \cdot 5000}{114,4} = 61,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Stepen sigurnosti protiv plastičnog deformisanja klina

$$S_p = \frac{\sigma_T}{p} = \frac{290}{61,2} = 4,7 > (2 \div 3)$$

Provera smicanja

Površina smicanja

$$A_s = b \cdot \left(l_K + \frac{b}{2} \right) = 12 \cdot \left(44 + \frac{12}{2} \right) = 600 \text{ mm}^2$$

Napon od smicanja

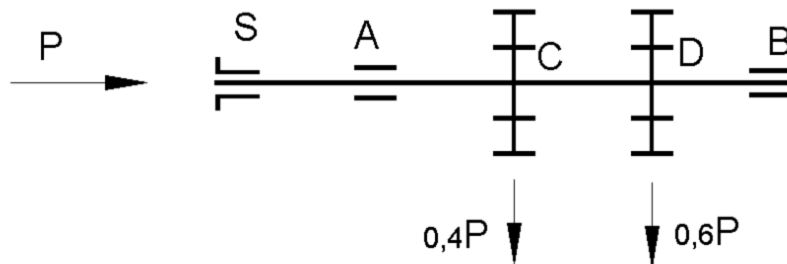
$$\tau_s = \frac{\xi_u \cdot F_{ob}}{A_s} = \frac{1,4 \cdot 5000}{600} = 11,67 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Stepen sigurnosti protiv smicanja

$$S_\tau = \frac{\tau_T}{\tau_s} = \frac{232}{11,67} = 19,8 > (2 \div 3)$$

Zadatak 5.7.

Vratlo AB na spojnici S prima snagu $P = 11 \text{ kW}$ pri $n = 710 \text{ min}^{-1}$. Od te snage na mestu C predaje se 40 % a na mestu D 60 % snage. Na mestima C i D nalaze se glavčine koje su za vratilo vezane preko uzdužnih klinova bez nagiba (slika 5.7.). Prečnici vratila na mestima C i D iznose $d_C = 28 \text{ mm}$ i $d_D = 36 \text{ mm}$. Potrebno je dimenzionisati ove klinove, ako je materijal klina Č 0445.



Slika 5.7.

Rešenje

Ugaona brzina vratila

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{\pi \cdot 710}{30} = 74,35 \text{ s}^{-1}$$

Snage na mestima C i D

$$P_C = 0,4 \cdot P = 0,4 \cdot 11 = 4,4 \text{ kW}$$

$$P_D = 0,6 \cdot P = 0,6 \cdot 11 = 6,6 \text{ kW}$$

Obrtni moment na mestima C i D

$$M_C = \frac{P_C}{\omega} = \frac{4,4 \cdot 10^3}{74,35} = 59,2 \text{ Nm} = 59200 \text{ Nmm}$$

$$M_D = \frac{P_D}{\omega} = \frac{6,6 \cdot 10^3}{74,35} = 88,8 \text{ Nm} = 88800 \text{ Nmm}$$

Obimne sile na mestima C i D

$$F_{oC} = \frac{2 \cdot M_C}{d_C} = \frac{2 \cdot 59200}{28} = 4229 \text{ N}$$

$$F_{oD} = \frac{2 \cdot M_D}{d_D} = \frac{2 \cdot 88800}{36} = 4934 \text{ N}$$

Za date prenosnike na mestu spojeva, poznate su sledeće tablične dimenzije klinova (Prilog 5.1.):

$$\begin{aligned}d_C = 28\text{mm} &\Rightarrow \text{širina klina } b_C = 8\text{mm}, \\&\text{visina klina } h_C = 7\text{mm}, \\&\text{dubina žljeba u vratilu } t_C = 4,1\text{mm}, \\&\text{radijus zaobljenja } r_C = 0,4\text{mm}, \\d_D = 36\text{mm} &\Rightarrow \text{širina klina } b_D = 10\text{mm}, \\&\text{visina klina } h_D = 8\text{mm}, \\&\text{dubina žljeba u vratilu } t_D = 4,7\text{mm}, \\&\text{radijus zaobljenja } r_D = 0,4\text{mm},\end{aligned}$$

Razlika u odnosu na predhodni zadatak je ta što se ovde korisna dužina klina ne usvaja po preporuci: $l_K = (1 \div 1,3) \cdot d$, već se proračunava prema površinskom pritisku. Dakle, dimenzionisanje klina (njegove dužine) vrši se prema površinskom pritisku pošto je smicanje manje opasno. To se najbolje moglo videti u predhodnom zadatku na osnovu veličine stepena sigurnosti prema ova dva opterećenja.

▪ Dimenzionisanje dužine klina prema pritisku

Karakteristike materijala klina (Prilog 1.1.)

$$\begin{aligned}\check{C}0445 &\Rightarrow \sigma_T = 250 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \\ \tau_T &= 0,8 \cdot \sigma_T = 0,8 \cdot 250 = 200 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\end{aligned}$$

Dozvoljeni napon od površinskog pritiska

$$p_{\text{doz}} = \frac{\sigma_T}{s} = \frac{250}{3} = 83,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

gde je: $S = (2 \div 3)$ – preporučeni stepen sigurnosti

Minimalna potrebna površina dodira između klina i glavčine

$$p = \frac{\xi_u \cdot F_o}{A_p} \Rightarrow A_p = \frac{\xi_u \cdot F_o}{p}$$

$\xi_u = 1,4$ – usvojeni faktor udara

$$A_{pC} = \frac{\xi_u \cdot F_{oC}}{p_{\text{doz}}} = \frac{1,4 \cdot 4229}{83,3} = 71,1 \text{mm}^2$$

$$A_{pD} = \frac{\xi_u \cdot F_{oD}}{p_{\text{doz}}} = \frac{1,4 \cdot 4934}{83,3} = 83 \text{mm}^2$$

Korisne dužine klinova

$$A_p = (h - r - t) \cdot l_K \Rightarrow l_K = \frac{A_p}{h - r - t}$$

$$l_{KC} = \frac{A_{pC}}{h_C - r_C - t_C} = \frac{71,1}{7 - 0,4 - 4,1} = 28,44 \text{mm}^2$$

$$l_{KD} = \frac{A_{pD}}{h_D - r_D - t_D} = \frac{83}{8 - 0,4 - 4,7} = 28,62 \text{mm}^2$$

Dužine klinova

$$l_C = l_{KC} + b_C = 28,44 + 8 = 36,44 \text{mm}$$

$$l_D = l_{KD} + b_D = 28,62 + 10 = 38,62 \text{mm}$$

Standardne dužine klinova

$$l_{Cs} = 40 \text{mm} \Rightarrow l_{KCs} = 32 \text{mm}$$

$$l_{Ds} = 40 \text{mm} \Rightarrow l_{KDs} = 30 \text{mm}$$

▪ Provera na smicanje

Smicajne površine

$$A_{SC} = b_C \cdot \left(l_{KCs} + \frac{b_C}{2} \right) = 8 \cdot \left(32 + \frac{8}{2} \right) = 288 \text{ mm}^2$$

$$A_{SD} = b_C \cdot \left(l_{KDs} + \frac{b_D}{2} \right) = 10 \cdot \left(30 + \frac{10}{2} \right) = 350 \text{ mm}^2$$

Naponi od smicanja

$$\tau_C = \frac{\xi_u \cdot F_{oC}}{A_{SC}} = \frac{1,4 \cdot 4229}{288} = 20,55 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_D = \frac{\xi_u \cdot F_{oD}}{A_{SD}} = \frac{1,4 \cdot 4934}{350} = 19,74 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Stepen sigurnosti od smicanja

$$s_{\tau C} = \frac{\tau_T}{\tau_C} = \frac{200}{20,55} = 9,73$$

$$s_{\tau D} = \frac{\tau_T}{\tau_D} = \frac{200}{19,74} = 10,13$$

Pošto su stepeni sigurnosti na smicanje dosta veliki, dimenzionisanje klinova prema površinskom pritisku pokazalo se kao opravdano. Radi sigurnosti, proveru na smicanje ipak treba izvršiti.

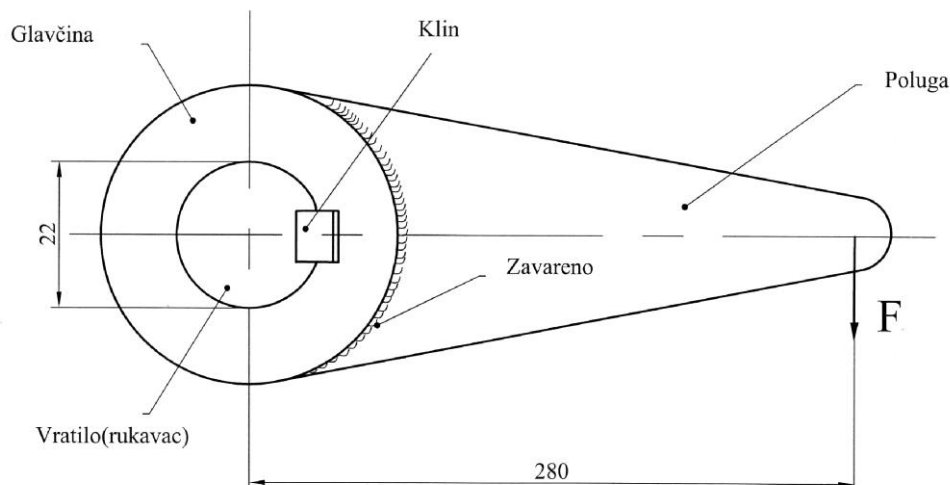
Napomena: u ovom zadatku vršen je paralelan proračun klinova C i D. U slučaju da postoji samo jedan klin na vratilu, postupak je isti samo se radi za jedan klin.

Zadatak 5.8.

Vratilo na svom kraju ima rukavac prečnika $d = 22 \text{ mm}$, dužine 30 mm . Na vratilo je uz pomoć klina bez nagiba naglavljena glavčina sa polugom (slika 5.8.). Ako je dozvoljeni smicajni napon za materijal

klina $\tau_{doz} = 7,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$, a ukupna dužina klina $l = 28 \text{ mm}$, odrediti:

- Silu F na kraju poluge koju klin može da izdrži.
- Površinski pritisak između klina i žljeba u glavčini.



Slika 5.8.

Rešenje

a) Određivanje sile F na kraju poluge

Dimenzije klina za dati prečnik vrtila (Prilog 5.1.)

$$d = 22 \text{ mm} \Rightarrow b = 8 \text{ mm}, h = 7 \text{ mm}, t = 4,1 \text{ mm}, r = 0,4 \text{ mm}$$

Korisna dužina klina

$$l_k = l - b = 28 - 8 = 20 \text{ mm}$$

Površina smicanja

$$A_s = b \cdot \left(l_k + \frac{b}{2} \right) = 8 \cdot \left(20 + \frac{8}{2} \right) = 192 \text{ mm}^2$$

Maksimalna moguća sila smicanja (obimna sila na vratilu na mestu klina)

$$F_{\max} = \frac{A_s \cdot \tau_{\text{doz}}}{\xi_u} = \frac{192 \cdot 75}{1,4} = 102857 \text{ N}$$

Maksimalno mogući obrtni moment na vratilu

$$M_o = F_{\max} \cdot \frac{d}{2} = 102857 \cdot \frac{22}{2} = 1131427 \text{ Nmm} = 1131427 \text{ Nm}$$

Maksimalno moguća sila F na kraju poluge

$$F = \frac{M_o}{280} = \frac{1131427}{280} = 404,08 \text{ N}$$

b) Određivanje površinskog pritiska između klina i žljeba u glavčini

Površina dodira između klina i glavčine (pritisnuta površina)

$$A_p = (h - r - t) \cdot l_k = (7 - 0,4 - 4,1) \cdot 20 = 50 \text{ mm}^2$$

Površinski pritisak između klina i žljeba u glavčini

$$p = \frac{\xi_u \cdot F_{\max}}{A_p} = \frac{1,4 \cdot 102857}{50} = 288 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Napomena: dužina rukavca od 30 mm nema direktnog značaja za proračun kod ovog zadatka.