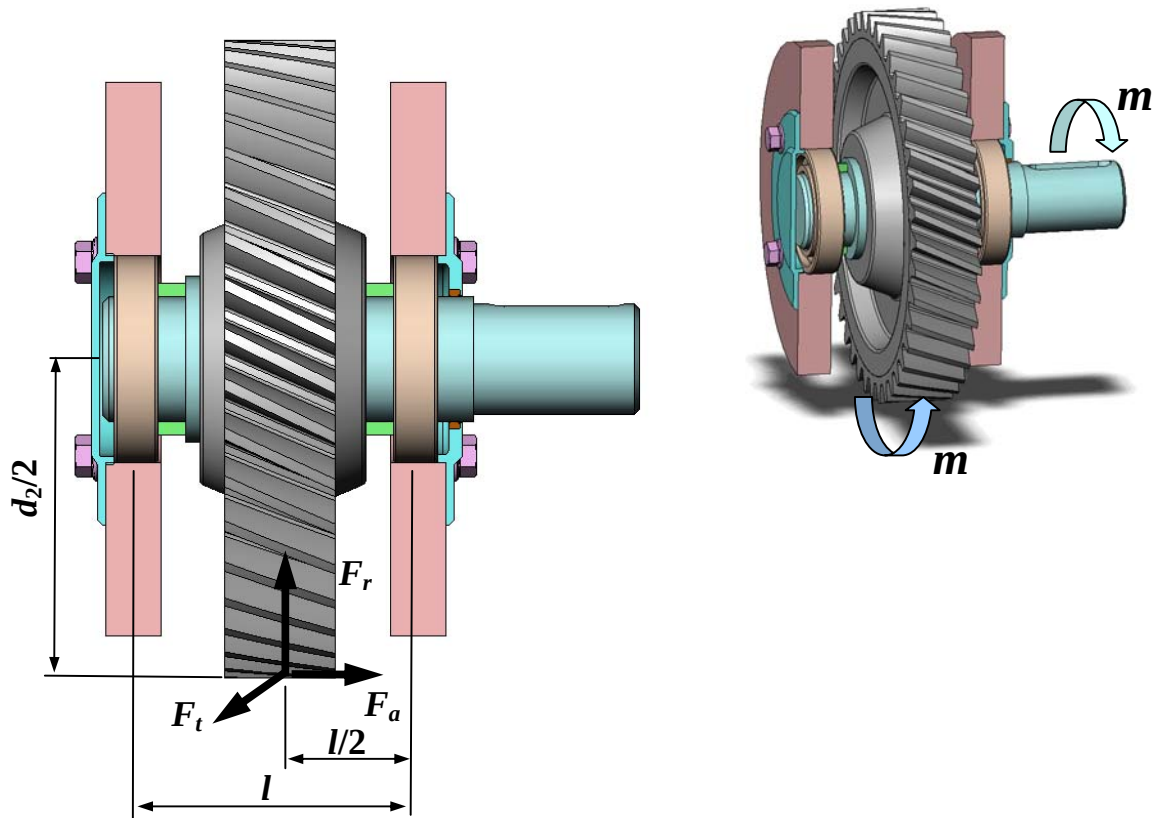


Harjutustund nr 4

Harjutusülesannete näited Võlli konstrueerimine ja arvutus väsimusele



Võlli materjal:

teras C45E ($R_{eH} = 370$ MPa, $R_m = 630$ MPa, $\sigma_1 = 275$ MPa, $\tau_1 = 165$ MPa).

Radiaaljõud $F_r = 1200$ N, ringjõud $F_t = 3400$ N, telgjõud $F_a = 400$ N.

Jäotusringjoone läbimõõt $d_2 = 235$ mm.

Laagrite vahekaugus $l = 130$ mm.

Ülekantav pöördemoment $m = F_t \frac{d_2}{2} = 3400 \frac{0,235}{2} \approx 400$ Nm.

Taandatud paindemoment $M = F_a \frac{d_2}{2} = 400 \frac{0,235}{2} = 47$ Nm.

Projektarvutus

Võlli minimaalne lubatav läbimõõt (võlli läbimõõdu ligikaudne arvutus):

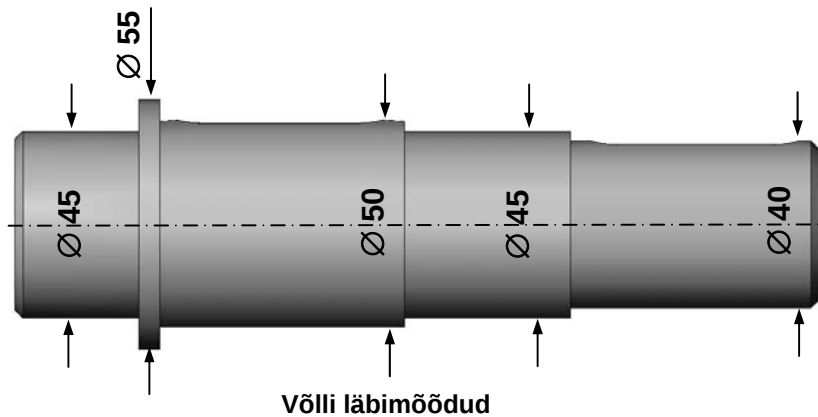
$$d_{\min} \geq \sqrt[3]{\frac{16m}{\pi[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 400}{3,14 \cdot 30 \cdot 10^6}} \approx 0,041 \text{ m.}$$

Valitakse $d_{\min} = 40 \text{ mm}$.

Tapi läbimõõt $d_t = 45 \text{ mm}$.

Rummuga ühendava völliõsa läbimõõt $d_r = 50 \text{ mm}$.

Teised läbimõõdud valime konstruktiivselt.



Reaktsioonjõudude leidmine:

$$\sum m_{Ay} = 0$$

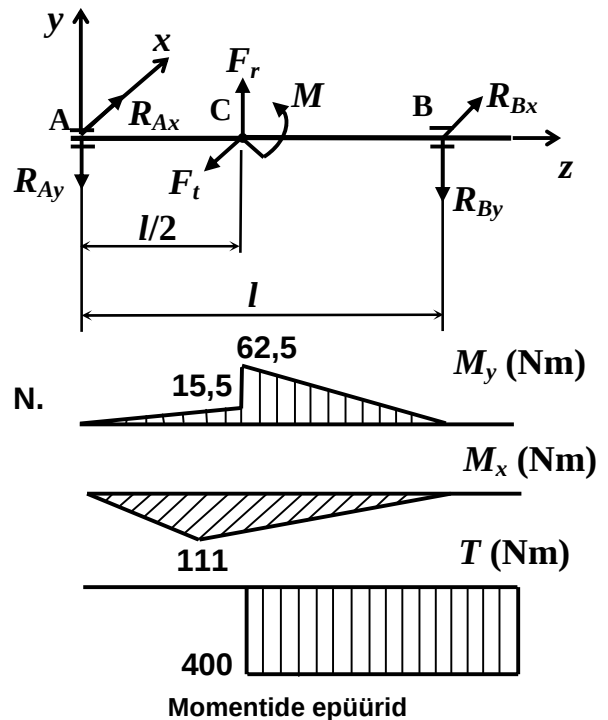
$$-R_{By}l + F_r \frac{l}{2} + M = 0$$

$$R_{By} = \frac{F_r \frac{l}{2} + M}{l} = \frac{1200 \cdot 0,065 + 47}{0,13} \approx 962 \text{ N.}$$

$$\sum m_{By} = 0$$

$$R_{Ay}l - F_r \frac{l}{2} + M = 0$$

$$R_{Ay} = \frac{F_r \frac{l}{2} - M}{l} = \frac{1200 \cdot 0,065 - 47}{0,13} \approx 238 \text{ N.}$$



$$\sum m_{Ax} = 0$$

$$R_{Bx}l - F_t \frac{l}{2} = 0$$
$$R_{Bx} = \frac{F_t \frac{l}{2}}{l} = \frac{3400 \cdot 0,065}{0,13} \approx 1700 \text{ N.}$$

$$\sum m_{Bx} = 0$$

$$-R_{Ax}l + F_t \frac{l}{2} = 0$$
$$R_{Ax} = \frac{F_t \frac{l}{2}}{l} = \frac{3400 \cdot 0,065}{0,13} \approx 1700 \text{ N.}$$

Koostatakse paindemomentide epüürid:

$$M_{yC} = -R_{Ay} \cdot \frac{l}{2} = -238 \cdot 0,065 \approx -15,5 \text{ Nm}$$
$$M'_{yC} = -R_{Ay} \cdot \frac{l}{2} - M = -238 \cdot 0,065 - 47 \approx -62,5 \text{ Nm}$$
$$M_{xC} = R_{Ax} \cdot \frac{l}{2} = 1700 \cdot 0,065 \approx 111 \text{ Nm.}$$

Ekvivalentne moment (IV tugevusteorია) ohtlikus lõikes C:

$$M_{ekv}^{IV} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + 0,75T^2} = \sqrt{111^2 + 62,5^2 + 0,75 \cdot 400^2} \approx 369 \text{ Nm.}$$

Ekvivalentpinge ohtlikus lõikes C:

$$\sigma_{ekv}^{IV} = \frac{M_{ekv}^{IV}}{W} = \frac{32M_{ekv}^{IV}}{\pi d_r^3} = \frac{32 \cdot 369}{3,14 \cdot 0,05^3} \approx 30 \text{ MPa} < [\sigma] = \frac{R_{eH}}{S} = \frac{370}{1,5} \approx 247 \text{ MPa}$$

Kontrollarvutus

Pingekontsentraatoriks on liistupesa mille mõõtmed valitakse vastavalt võlli läbimõõdule [1, 2]. Vaata ka Lisa 1 (Tabel 3).

Kuna $d_r = 50 \text{ mm}$, siis liistu mõõtmed $b = 14 \text{ mm}$ ja $t_1 = 5,5 \text{ mm}$.

Efektiivsed pingekontsentratsiooni tegurid K_σ ja K_τ saab Tabelist 1 ning mastaabitegurid $K_{d\sigma}$ ja $K_{d\tau}$ – Tabelist 2

Pinnatöötlustegur $K_F = 0,97 \dots 0,90$. Empiirilised tegurid $\psi_\tau = 0,1$ – legeeritud ja süsinikterastel ning $\psi_\sigma = 0,25 \dots 0,3$ – legeeritud ja $\psi_\sigma = 0,2$ – süsinikterastel.

Seega $K_\sigma = 1,6$; $K_\tau = 1,5$; $K_{d\sigma} = 0,82$; $K_{d\tau} = 0,7$; $K_F = 0,95$; $\psi_\tau = 0,1$; $\psi_\sigma = 0,2$.

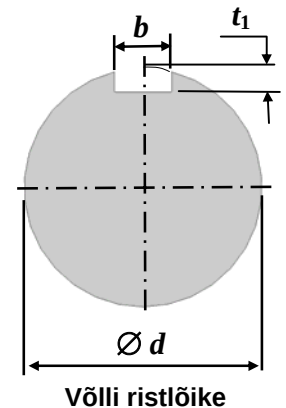
Varutegur paindele

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_\sigma}{K_F K_{d\sigma}} \sigma_a + \psi_\sigma \sigma_m},$$

kus amplituudpinge

$$\sigma_a = \frac{M}{W} = \frac{32 \sqrt{M_x^2 + M_y^2}}{\pi d_r^3} = \frac{32 \sqrt{111^2 + 62,5^2}}{3,14 \cdot 0,05^3} \approx 10,4 \text{ MPa}$$

ja keskmine pinge $\sigma_m = 0$.



Siis
$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_\sigma}{K_F K_{d\sigma}} \sigma_a + \psi_\sigma \sigma_m} = \frac{275}{\frac{1,6}{0,95 \cdot 0,82} \cdot 10,4 + 0,2 \cdot 0} \approx 12,9$$

Varutegur väände

$$S_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_\tau}{K_F K_{d\tau}} \tau_a + \psi_\tau \tau_m},$$

kus keskmine- ja amplituudpinge

$$\tau_m = \tau_a = \frac{\tau_{\max}}{2} = \frac{T}{2W_p} = \frac{16T}{2\pi d_r^3} = \frac{16 \cdot 400}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,05^3} \approx 8,2 \text{ MPa}$$

Siis
$$S_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_\tau}{K_F K_{d\tau}} \tau_a + \psi_\tau \tau_m} = \frac{165}{\frac{1,5}{0,95 \cdot 0,7} \cdot 8,2 + 0,1 \cdot 8,2} \approx 8,5$$

Seega üldvarutegur

$$S = \frac{S_\sigma S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} = \frac{12,9 \cdot 8,5}{\sqrt{12,9^2 + 8,5^2}} \approx 7,1$$

Pidades silmas, et võlli jäikustugevust soovituslik üldvarutegur peaks olema piirises $[S] = 2,5 \dots 3$, projekteeritava võlli väsimustugevus on tagatud. Võll on alakoormatud. Võlli kuju ja mõõtmete optimeerimiseks tuleks vähendada võlli läbimõõtu ja rummu pikkust.

Kasutatud kirjandus

1. Strizak V. Lahtivõetavad liited. Tln., Valgus, 1984.
2. Masinaehitaja käsiraamat, köide II. Koost. H. Lepikson. Tln., Valgus, 1971

Lisa 1

Tabel 1. Pingekontsentratsiooni tegurid K_σ ja K_τ

tegurid	R_m , MPa				
	600	700	800	900	1000
K_σ	1,6	1,75	1,8	1,9	2,0
K_τ	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1

Tabel 2. Mastaabitegurid $K_{d\sigma}$ ja $K_{d\tau}$

teras		Võlli läbimõõt d , mm						
		20	30	40	50	70	100	120
süsinik	$K_{d\sigma}$	0,92	0,88	0,85	0,82	0,76	0,70	0,61
	$K_{d\tau}$	0,83	0,77	0,73	0,70	0,65	0,59	0,52
legeeritud	$K_{d\sigma}$ ja $K_{d\tau}$	0,83	0,77	0,73	0,70	0,65	0,59	0,52

Tabel 3. Liistu ja liistupesa mõõtmed

võlli läbimõõt d , mm	liistu laius b , mm	liistu ristlõike, kõrgus h , mm	võlli liistupesa sügavus, t_1 , mm	Rummu liistupesa rummu, t_2 , mm
$12 < d \leq 17$	5	5	3	2,3
$17 < d \leq 22$	6	6	3,5	2,8
$22 < d \leq 30$	8	7	4	3,3
$30 < d \leq 38$	10	8	5	3,3
$38 < d \leq 44$	12	8	5	3,3
$44 < d \leq 50$	14	9	5,5	3,8
$50 < d \leq 58$	16	10	6	4,3
$58 < d \leq 65$	18	11	7	4,4
$65 < d \leq 75$	20	12	7,5	4,9
$75 < d \leq 85$	22	14	9	5,4
$85 < d \leq 95$	25	14	9	5,4
$95 < d \leq 110$	28	16	10	6,4
$110 < d \leq 130$	32	18	11	7,4

Märkus. Liistu pikkus valitakse kasutades alljärgnevat arvrida: 6; 8; 10; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 70; 80; 90; 100; 110; 125; 140; 160; 180; 200; 250; 280; 315; 335; 400; 450.

