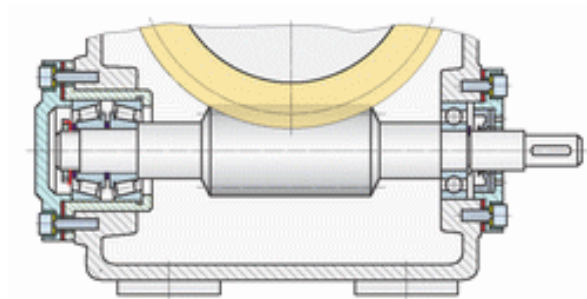
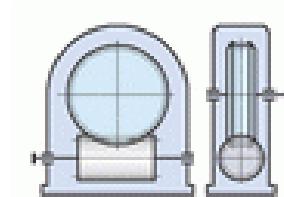


10. TIGUÜLEKANNE

Antud näidislahendus on lühendatud. Peale siintoodud arvutusi tuleb kontrollida teo jäikust ning viia läbi ülekande kontroll kuumenemisele.



Sele 10.1. Tiguülekanne.



Sele 10.2. Tiguredukti skeem.

Teo materjal – teras 15Cr3, karastatud HRC 46...50 ($R_{eH} = 750$ MPa, $R_m = 1500$ MPa)

Tiguratta materjal:

hammasvöö – tinapronks G-SnBz12 ($R_m = 290$ MPa,

lubatav kontaktpinge $[\sigma]_H = 220$ MPa,

lubatav paindepinge $[\sigma]_F = 70$ MPa)

rumm – teras E295 ($R_{eH} = 295$ MPa, $R_m = 490$ MPa)

Ülekandearv $u = 59$, pöördemoment tigurattal $T_2 = 400$ Nm.

Projektarvutus

Teo keermekäikude arv $z_1 = 1$

(Sõltub ülekandearvust: $8 < u \leq 14 \Rightarrow z_1 = 4$; $14 < u \leq 30 \Rightarrow z_1 = 2$; $u > 30 \Rightarrow z_1 = 1$ [1]).

Tiguratta hammaste arv

$$z_2 = z_1 \cdot u_t = 1 \cdot 59 = 59$$

Teo läbimõõduteguri vähim lubatud väärtus

$$q_{\min} = 0,212z_2 = 0,212 \cdot 59 \approx 12,5$$

Valime $q = 12,5$ (reast $q = 8; 10; 12,5; 14; 16; 20$).

Telgede vahe

$$a_w = \left(\frac{z_2}{q} + 1 \right) \sqrt[3]{ \left(\frac{5300}{\frac{z_2}{q} [\sigma]_H} \right)^2 KT_2 } = \left(\frac{59}{12,5} + 1 \right) \sqrt[3]{ \left(\frac{5300}{\frac{59}{12,5} \cdot 220} \right)^2 } \cdot 1,2 \cdot 400 \approx 132,9 \text{ mm},$$

kus koormusetegur $K = 1,2$

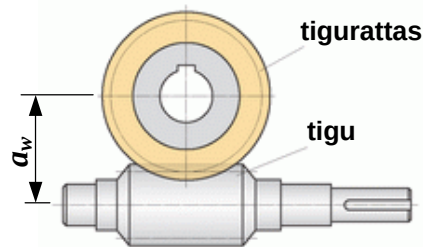
($K = 1$, kui libisemiskiirus $v_l \leq 3 \text{ m/s}$;

$K = 1,1 \dots 1,3$ kui $v_l > 3 \text{ m/s}$).

Ülekande moodul

$$m = \frac{2a_w}{z_2 + q} = \frac{2 \cdot 132,9}{59 + 12,5} \approx 3,72 \text{ mm}.$$

Sele 10.3. Telgedevahe tiguülekannes.



Valime $m = 4 \text{ mm}$ (reast: $m = 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20$).

Siis tegelik telgede vahe

$$a_w = \frac{m(q + z_2)}{2} = \frac{4(12,5 + 59)}{2} = 143 \text{ mm}.$$

Ratta ja korpuse minimaalne vahekaugus

$$a = \sqrt{a_w} + 3 = \sqrt{143} + 3 \approx 15 \text{ mm}.$$

Teo ja tiguratta geomeetrilised mõõtmed

Teo jaotuslähimõõt

$$d_1 = qm = 12,5 \cdot 4 = 50 \text{ mm},$$

peasilindri lähimõõt

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 50 + 2 \cdot 4 = 58 \text{ mm},$$

jalgadesilindri lähimõõt

$$d_{f1} = d_1 - 2,4m = 50 - 2,4 \cdot 4 = 40,4 \text{ mm},$$

keermestatud osa pikkus

$$b_1 \geq (11 + 0,06z_2)m = (11 + 0,06 \cdot 59) \cdot 4 \approx 58,2 \text{ mm}.$$

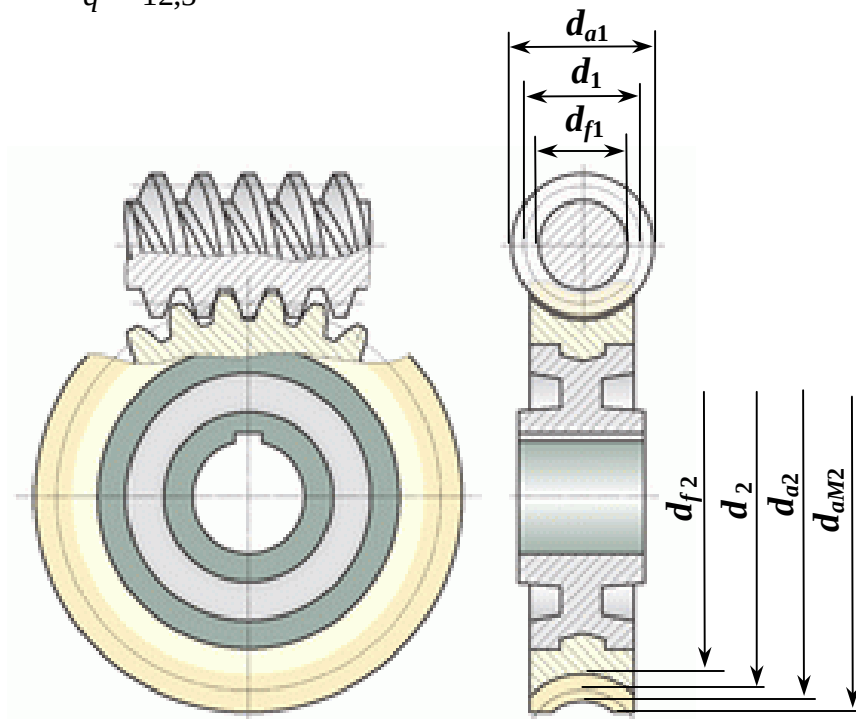
Lihvitud või freesitud teo puhul keermestatud osa pikkust tuleb suurendada 25 mm kui $m < 10$ mm, 35 – 40 mm kui $m = 10 \dots 16$ mm ja 50 mm kui $m > 16$ mm.

Valime $b_1 = 85$ mm

$$\text{kui } z_1 = 4, \text{ siis } b_1 \geq (12,5 + 0,09z_2)m$$

keerme tõstenurk

$$\tan \gamma = \frac{z_1}{q} = \frac{1}{12,5} \approx 0,08 \Rightarrow \gamma \approx 4,57^\circ$$



Sele 10.4. Tiguülekanne geomeetria.

Tiguratta jaotuslähimõõt

$$d_2 = z_2 m = 59 \cdot 4 = 236 \text{ mm},$$

peaderingjoone lähimõõt

$$d_{a2} = d_2 + 2m = 236 + 2 \cdot 4 = 244 \text{ mm},$$

jalgaderingjoone lähimõõt

$$d_{f2} = d_2 - 2,4m = 236 - 2,4 \cdot 4 = 226,4 \text{ mm},$$

suurim läbimõõt

$$d_{aM2} \leq d_{a2} + \frac{6m}{z_1 + 2} = 244 + \frac{6 \cdot 4}{1 + 2} = 252 \text{ mm},$$

valime $d_{aM2} = 250 \text{ mm}$,

hammasvöö laius

$$b_2 \leq 0,75d_{a1}, \text{ kui } z_1 = 1 \dots 3 \text{ ja } b_2 \leq 0,67d_{a1}, \text{ kui } z_1 = 4,$$

$$b_2 \leq 0,75d_{a1} = 0,75 \cdot 58 = 43,5 \text{ mm}$$

valime $b_2 = 42 \text{ mm}$.

Teo ringkiirus

$$v_1 = \frac{d_1 \omega}{2} = \frac{0,05 \cdot 152}{2} \approx 3,8 \text{ m/s}$$

libisemiskiirus

$$v_l = \frac{v_1}{\cos \gamma} = \frac{3,8}{\cos 4,57} \approx 3,8 \text{ m/s.}$$

Selle libisemiskiiruse puhul hõõrdenurk $\varphi \approx 1,8^\circ$ (Lisa 1, Tabel 1)

Ülekande kasutegur, silmas pidades energia kaod ülekande määrimiseks

$$\eta_1 \approx 0,96 \frac{\tan \gamma}{\tan(\gamma + \varphi)} = 0,96 \frac{\tan 4,57}{\tan(4,57 + 1,8)} \approx 0,69$$

Valime ülekande täpsuseklass 7. Siis dünaamikategur $K_d = 1,1$ (Lisa 1, Tabel 2).

Koormuse ebaühtlast jagunemist arvestatav tegur

$$K_\beta = 1 + \left(\frac{z_2}{\theta} \right)^3 (1 - x) = 1 + \left(\frac{59}{155} \right)^3 (1 - 0,6) = 1,02$$

kus $\theta \approx 155$ (Lisa 1, Tabel 3), $x = 0,6$ (rahulik töörežiim), staatilise koormamise puhul $x = 1$.

Siis koormusetegur

$$K = K_d K_\beta = 1,1 \cdot 1,02 \approx 1,12$$

Kontrollime kontaktpinge

$$\sigma_H = \frac{5300}{\frac{z_2}{q}} \sqrt{\frac{T_2 K \left(\frac{z_2}{q} + 1 \right)^3}{a_w^3}} = \frac{5300}{\frac{59}{12,5}} \sqrt{\frac{400 \cdot 1,12 \left(\frac{59}{12,5} + 1 \right)^3}{143^3}} \approx 190 \text{ MPa} < [\sigma]_H = 220 \text{ MPa}$$

Hammaste ekvivalentarv

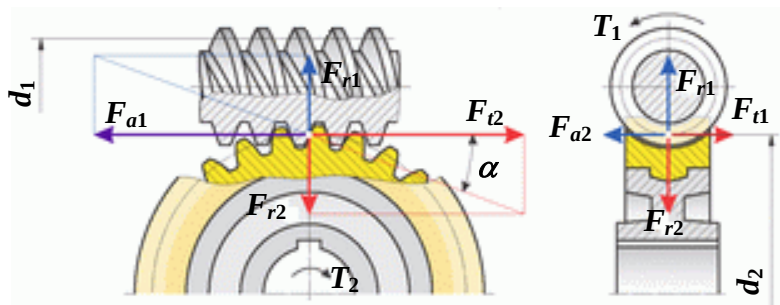
$$z_0 = \frac{z_2}{\cos^3 \gamma} = \frac{59}{\cos^3 4,57} \approx 59,6$$

siis hamba kujutegur $Y_F \approx 2,16$ (Lisa 1, Tabel 4).

Paindepinge

$$\sigma_F = \frac{1,2 T_2 K Y_F}{z_2 b_2 m^2} = \frac{1,2 \cdot 400 \cdot 10^3 \cdot 1,2 \cdot 2,16}{59 \cdot 42 \cdot 4^2} \approx 31,4 \text{ MPa} < [\sigma]_F = 70 \text{ MPa}$$

Jõud ülekanDES



Sele 10.5. Jõud tiguülekanDES.

Teo telgjõud ja ratta ringjõud

$$F_{a1} = F_{t2} = \frac{2T_2}{d_2} = \frac{2 \cdot 400}{0,236} \approx 3,4 \text{ kN.}$$

Teo ringjõud ja ratta telgjõud

$$F_{t1} = F_{a2} = \frac{2T_1}{d_1} = \frac{2T_2}{d_1 u_t \eta_1} = \frac{2 \cdot 400}{0,05 \cdot 59 \cdot 0,69} \approx 0,4 \text{ kN.}$$

Teo ja ratta radiaaljõud

$$F_{r1} = F_{r2} = F_{t2} \tan \alpha = 3,4 \cdot \tan 20^\circ \approx 1,2 \text{ kN,}$$

kus $\alpha = 20^\circ$ - hambumisnurk.

Kasutatud kirjandus

1. Kleis, I. Masinaelemendid. Konspekt bakalaureusõppeks. Tallinn, 2005

Lisa 1

Tabel 1. Tinglik hõõrdenurk φ
(hammasvöö materjal – tinapronks, teo materjal – teras)

libisemisekiirus v_l , m/s	hõõrdenurk φ , grad	libisemisekiirus v_l , m/s	hõõrdenurk φ , grad
0,1	4°34' - 5°09'	2,5	1°43' - 2°17'
0,25	3°34' - 4°17'	3,0	1°36' - 2°00'
0,5	3°09' - 3°43'	4,0	1°19' - 1°43'
1,0	2°35' - 3°09'	7,0	1°02' - 1°29'
1,5	2°17' - 2°52'	10,0	0°55' - 1°22'
2,0	2°00' - 2°35'		

1. Väiksemat hõõrdenurgad valida lihvitud või poleeritud teo puhul
2. Teiste pronkside või messingi kasutamise puhul suurendada tabelarvud 30 – 50 %

Tabel 2. Dünaamika tegur K_d

täpsuseklass	libisemise kiirus v_l , m/s			
	$v_l < 1,5$	$1,5 < v_l \leq 3,0$	$3,0 < v_l \leq 7,5$	$7,5 < v_l \leq 12$
6	-	-	1	1,1
7	1	1	1,1	1,2
8	1,15	1,25	1,4	-
9	1,25	-	-	-

Jõuülekannetes valitakse täpsuseklassi 5 – 9 täpsuse vähenemise järjekorras
Kinnistes üldotstarbelistes ülekannetes kasutatakse 7 ja 8 täpsuseklass

Tabel 3. Teo deformatsioonitegur θ

käikude arv z_1	läbimõõdutegur q						
	7,5	8	9	10	12	14	16
1	63	72	89	108	147	179	194
2	50	57	71	86	117	149	163
3	46	51	61	76	103	131	144
4	42	47	58	70	94	120	131

Tabel 4. Hamba kujutegur Y_F

z_v	28	30	35	40	45	50	65	80	100	150
Y_F	2,43	2,41	2,32	2,27	2,22	2,19	2,12	2,09	2,08	2,04