

TENTAMEN i

TMKT39 MASKINELEMENT för DPU3 och M3

Lördagen den 27 augusti 2016, kl. 8-12

Kurs- och provkod:	TMKT39, TEN2
Tid:	27/8 2016 klockan 8-12
Sal:	TER3, TER4, TERD
Antal uppgifter:	5
Antal sidor:	7
Ansvarig examinator:	Mikael Axin mikael.axin@liu.se
Telefon under skrivtid:	Mikael Axin 013 – 28 57 83
Besöker saken ca kl.:	Mikael Axin besöker salen ca 9:30
Kursadministratör:	Lisbeth Hägg, tel. 013 – 28 11 49, lisbeth.hagg@liu.se
Tillåtna hjälpmedel:	<ul style="list-style-type: none">• Formelsamlingar i Maskinelement, hållfasthetslära, mekanik, samt matematik/fysik• Skriv och ritdon• Räknare
Betygsgränser:	23-31 poäng ger betyg 3 32-40 poäng ger betyg 4 41-50 poäng ger betyg 5
Övrigt:	<i>Glöm inte att lämna in alla blad som används till lösningar! Lycka till!</i>

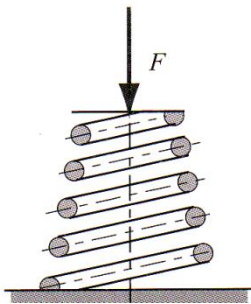
1. Teorifrågor

För varje delfråga fördelas poängen enligt följande: Två rätta svar ger 2p. Ett rätt svar ger 1p. Ett rätt och ett fel svar ger 0p. Två felaktiga svar ger 0p.

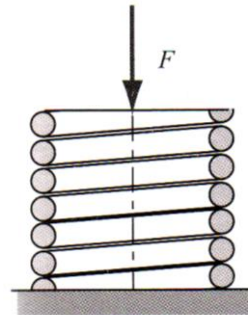
a. Fjädrar

Skissa fjäderkaraktistiken för följande två fjädrar:

Konisk skruvfjäder



Cylindrisk skruvfjäder

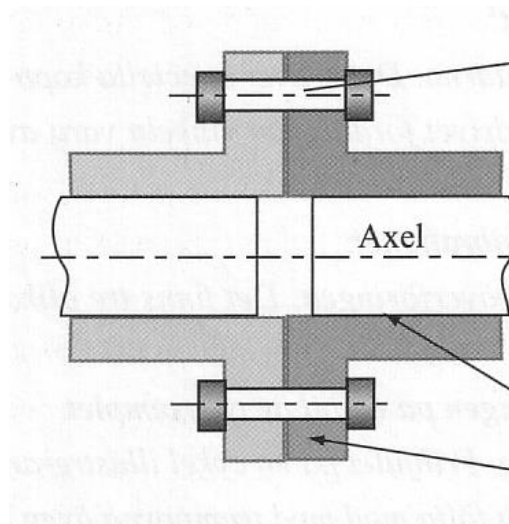
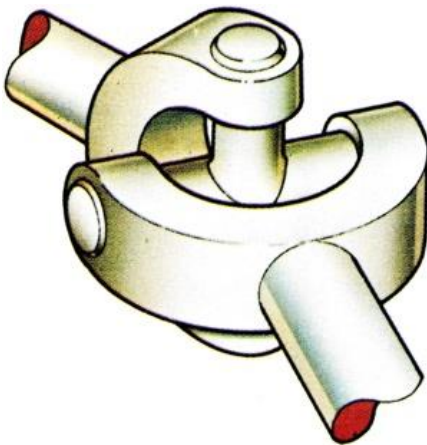


b. Kuggväxlar

Hur definieras modulen hos ett kugghjul? Förklara med text, bild och matematisk ekvation.

c. Kopplingar

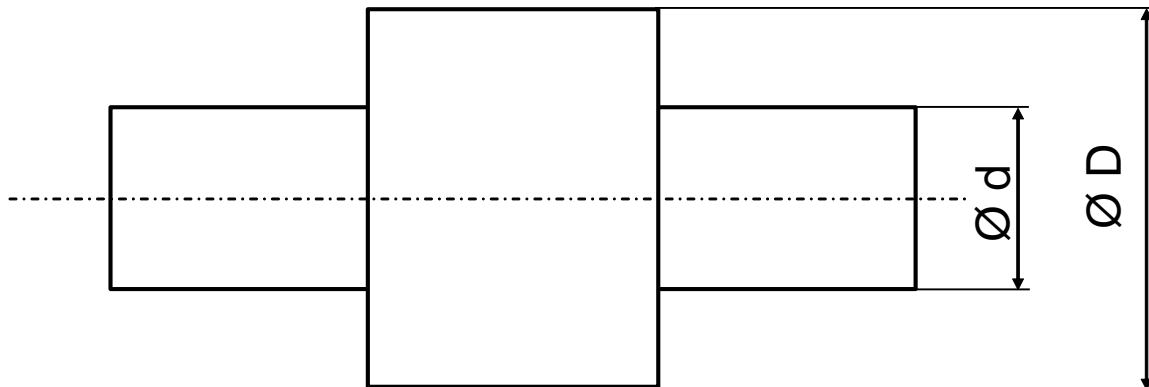
Vad kallas nedanstående kopplingar?



d. Axelförband

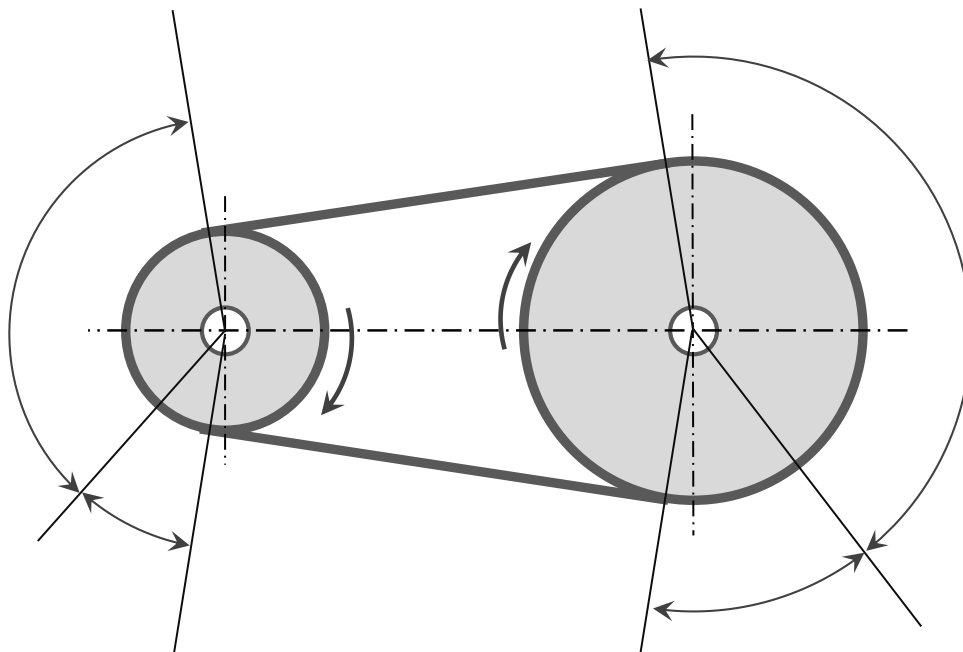
I ett axel-nav förband har ett nav av stål krympts på en homogen axel av stål, se nedanstående figur. Förbandet kan överföra ett vridmoment M utan att glidning uppstår. Vad händer med det överförbara momentet om man

- i) svarvar av navet så det får en mindre ytterdiameter
- ii) borrar ur axeln så det blir en hålaxel?



e. Remväxlar

För båda hjulen i remväxeln i figuren, peka ut glid- och vilozoner.



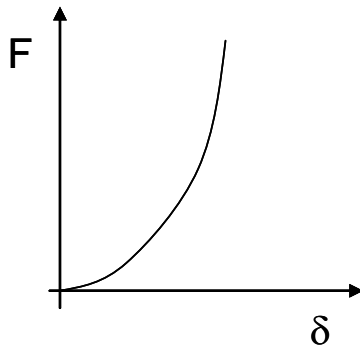
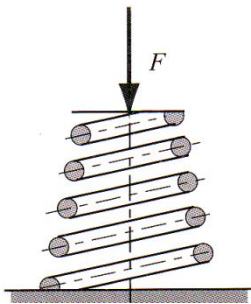
1. Lösning

För varje delfråga fördelas poängen enligt följande: Två rätta svar ger 2p. Ett rätt svar ger 1p. Ett rätt och ett fel svar ger 0p. Två felaktiga svar ger 0p.

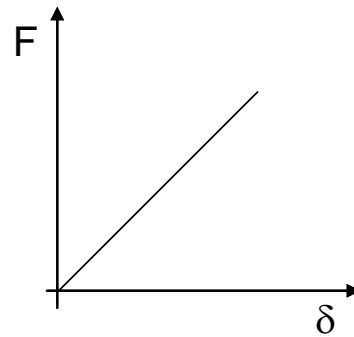
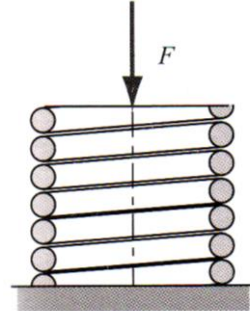
a. Fjädrar

Skissa fjäderkaraktistiken för följande två fjädrar:

Konisk skruvfjäder

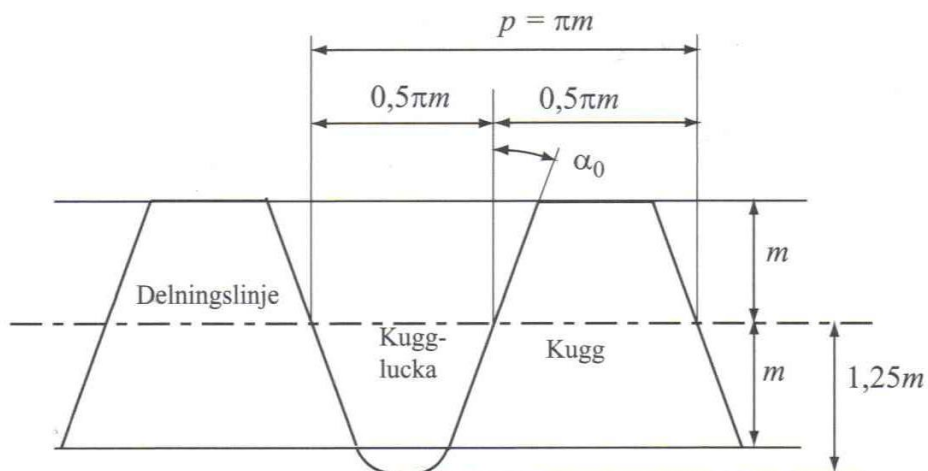


Cylindrisk skruvfjäder



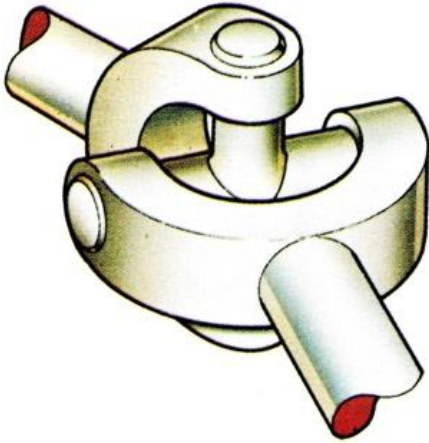
b. Kuggväxlar

Hur definieras modulen hos ett kugghjul? Förklara med text, bild och matematisk ekvation.

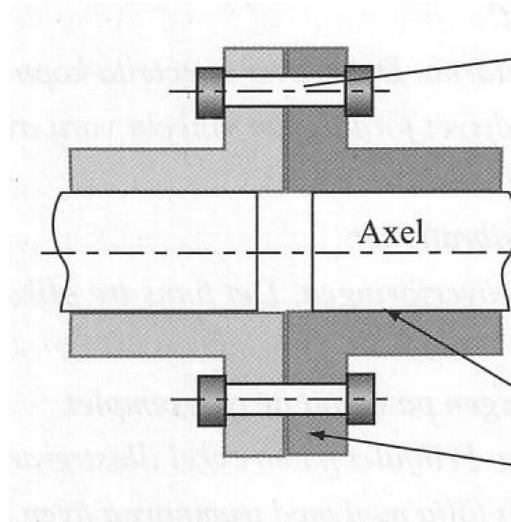


c. **Kopplingar**

Vad kallas nedanstående kopplingar?



Kardankoppling



Flänskoppling

d. **Axelförband**

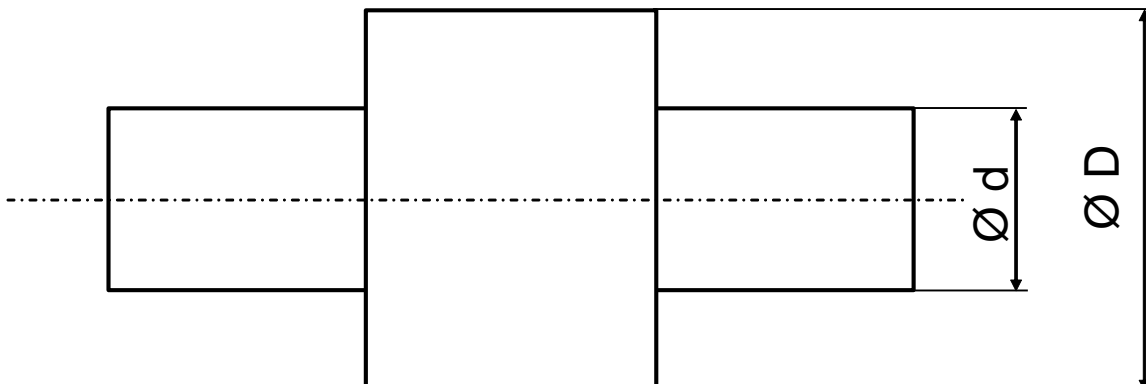
I ett axel-nav förband har ett nav av stål krympts på en homogen axel av stål, se nedanstående figur. Förbandet kan överföra ett vridmoment M utan att glidning uppstår. Vad händer med det överförbara momentet om man

- i) svarvar av navet så det får en mindre ytterdiameter

Minskar

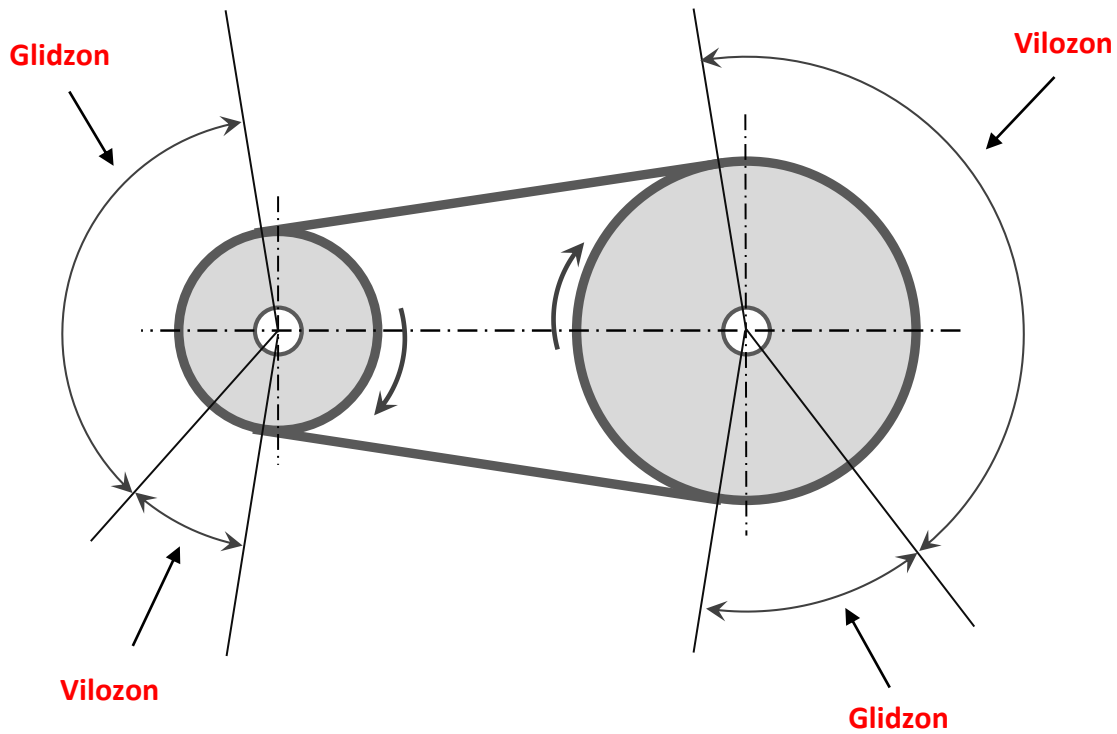
- ii) borrar ur axeln så det blir en hålaxel?

Minskar



e. Remväxlar

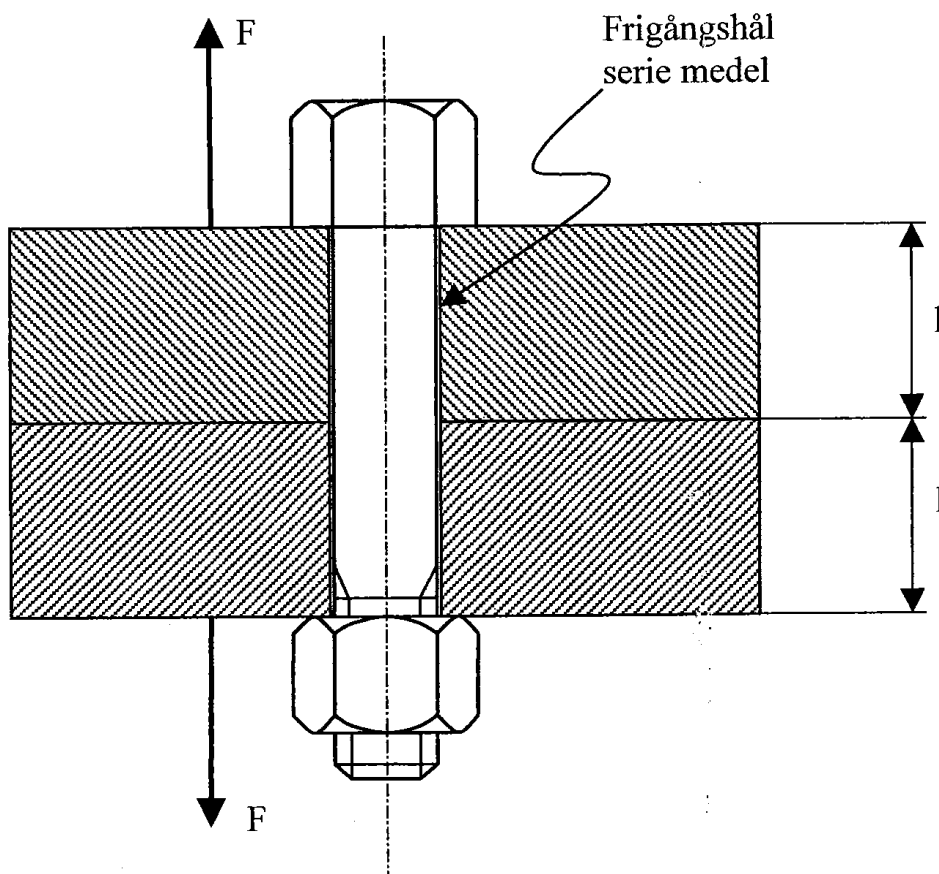
För båda hjulen i remväxeln i figuren, peka ut glid- och vilozoner.



2. Skruvförband

Ett skruvförband med 6 skruvar av dimension M10 och hållfasthetsklass 8.8 monteras så att varje skruv har en axiell förspänningskraft på 12 kN. Förbandet har frigångshål av serie medel och anliggningsdiametern d_w för både skruv och mutter kan anses vara lika med nyckelvidden N.

- Man monterar och förspänner förbandet genom att dra åt muttern. Om friktionskoefficienten är 0,2 överallt, behöver man vid åtdragning hålla emot på skruven och i så fall med vilket moment? (5p)
- Vid vilken yttre last, F , uppnår spänningen i skruven halva sträckgränsen? (5p)



Flänsens totala styvhet, $k_f=1,3 \text{ GN/m}$
Elasticitetsmodul, $E=210 \text{ GPa}$
Längden, $l=10 \text{ mm}$

2. Lösning

M10 skruv: $d = 10 \text{ mm}$
 $d_1 = 8,376 \text{ mm}$
 $d_2 = 9,026 \text{ mm}$
 $N = 17 \text{ mm}$
 $d_h = 11 \text{ mm}$
 $P = 1,5 \text{ mm}$
 $\alpha = 30^\circ$

$F_0 = 12 \text{ kN}$
 $\mu = 0,2$
 $k_f = 1,3 \text{ GN/m}$
 $E = 210 \text{ GPa}$
 $l = 10 \text{ mm}$

a. $M_g = F_0 \frac{d_2}{2} \tan(\rho + \varphi)$

där $\rho = \tan^{-1} \frac{\mu}{\cos \alpha} = 13,00^\circ$
 $\varphi = \tan^{-1} \frac{P}{\pi d_2} = 3,03^\circ$

$$M_g = 15,56 \text{ Nm}$$

$$M_u = F_0 \mu \frac{N + d_h}{4} = 16,8 \text{ Nm}$$

$M_u > M_g \Rightarrow$ man måste inte hålla emot på skruven

b. Hållfasthetsklass 8.8 $\Rightarrow \sigma_b = 800 \text{ MPa}, \sigma_s = 0.8\sigma_b = 640 \text{ MPa}$

$$F_s = \frac{\sigma_s}{2} A_s = \frac{\sigma_s \pi}{2 \cdot 16} (d_1 + d_2)^2 = 19,03 \text{ kN}$$

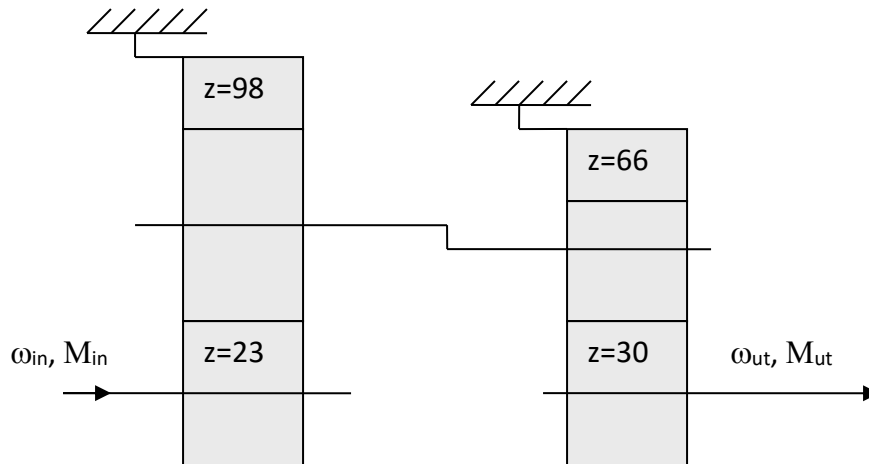
Skruven är endast gängad i muttern

$$k_s = \frac{A_s E}{l_s} = \frac{\pi d^2 E}{4 l_s} = 825 \text{ MN/m}$$

$$F_s = F_0 + F_y \frac{k_s}{k_s + k_h} \Leftrightarrow F_y = (F_s - F_0) \frac{k_s + k_f}{k_s} = 18,1 \text{ kN}$$

3. Planetväxlar

- Vad blir utväxlingsförhållandet för planetväxeln nedan? (4p)
- Vad blir de fasthållande momenten för de båda ringhjulen (som är låsta), i förhållande till det ingående moment? (6p)



3. Lösning

- a. Växeln är sammansatt av två trehjulsväxlar. Hastighets sambanden blir:

$$\frac{\omega_{1a} - \omega_{ca}}{\omega_{2a} - \omega_{ca}} = R_a = -\frac{98}{23}$$

$$\frac{\omega_{1b} - \omega_{cb}}{\omega_{2b} - \omega_{cb}} = R_b = -\frac{66}{30}$$

Kopplings sambanden ger:

$$\omega_{1a} = \omega_{in}$$

$$\omega_{ca} = \omega_{cb} = \omega_c$$

$$\omega_{2a} = \omega_{2b} = 0$$

$$\omega_{1b} = \omega_{ut}$$

Utväxlingen ges då av:

$$\frac{\omega_{in}}{\omega_{ut}} = \frac{(1 - R_a)}{(1 - R_b)} = 1,644$$

- b. Momentsambanden blir:

$$M_{1a} + M_{2a} + M_{ca} = 0$$

$$M_{2a} = -M_{1a}R_a$$

$$M_{1b} + M_{2b} + M_{cb} = 0$$

$$M_{2b} = -M_{1b}R_b$$

Kopplings sambanden ger:

$$M_{1a} = M_{in}$$

$$M_{ca} = -M_{cb}$$

$$M_{1b} = M_{ut}$$

Momenten ges då av:

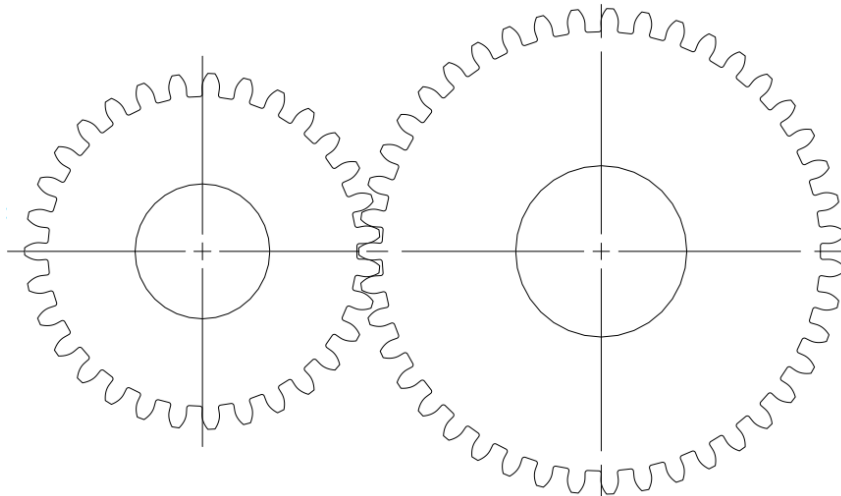
$$M_{2a} = -R_a M_{in} = 4,26 M_{in}$$

$$M_{2b} = R_b \frac{(R_a - 1)}{(R_b - 1)} M_{in} = -3,62 M_{in}$$

4. Kuggväxlar

I en rak utväändig kuggväxel har ingående axel 22 st. kuggar och profilförskjutningsfaktorn 0,17. Utgående axel har 57 st. kuggar och profilförskjutningsfaktorn 0,35. Modulen för de båda kugghjulen är 3 mm och pressvinkeln är 20° .

- Bestäm utväxlingen. (2p)
- Bestäm det minsta möjliga axelavståndet mellan ingående och utgående axel. (3p)
- Bestäm det största möjliga axelavståndet så att den utgående axeln fortfarande har en kontinuerlig rörelse. (TIPS: Det är OK att använda den preliminära toppradien i beräkningarna) (5p)



4. Lösning

$$\begin{aligned}z_1 &= 22 \\x_1 &= 0,17 \\z_2 &= 57 \\x_2 &= 0,35 \\m &= 3 \text{ mm} \\ \alpha_0 &= 20^\circ\end{aligned}$$

a. $i = \frac{z_2}{z_1} = 2,59$

b. Det minsta axelavståndet fås då växeln är glappfri. Fölmers ekvation ger

$$\operatorname{inv} \alpha_w = \operatorname{inv} \alpha_0 + 2 \frac{x_1 + x_2}{z_1 + z_2} \tan \alpha_0 = 0,0197 \Rightarrow \alpha_w \approx 21,9^\circ$$

$$a_w = \frac{m}{2} (z_1 + z_2) \frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_w} = 120,0 \text{ mm}$$

c. Det största axelavståndet då ingreppstalet $\epsilon = 1$

$$p_b = \pi m \cos \alpha_0 = 8,86 \text{ mm}$$

$$g = \sqrt{r_{a1}^2 - r_{b1}^2} + \sqrt{r_{a2}^2 - r_{b2}^2} - (r_{b1} + r_{b2}) \tan \alpha_w$$

$$r_{a1} = \left(\frac{z_1}{2} + x_1 + 1 \right) m = 36,51 \text{ mm}$$

$$r_{a2} = \left(\frac{z_2}{2} + x_2 + 1 \right) m = 89,55 \text{ mm}$$

$$r_{b1} = \frac{m z_1}{2} \cos \alpha_0 = 31,01 \text{ mm}$$

$$r_{b2} = \frac{m z_2}{2} \cos \alpha_0 = 80,34 \text{ mm}$$

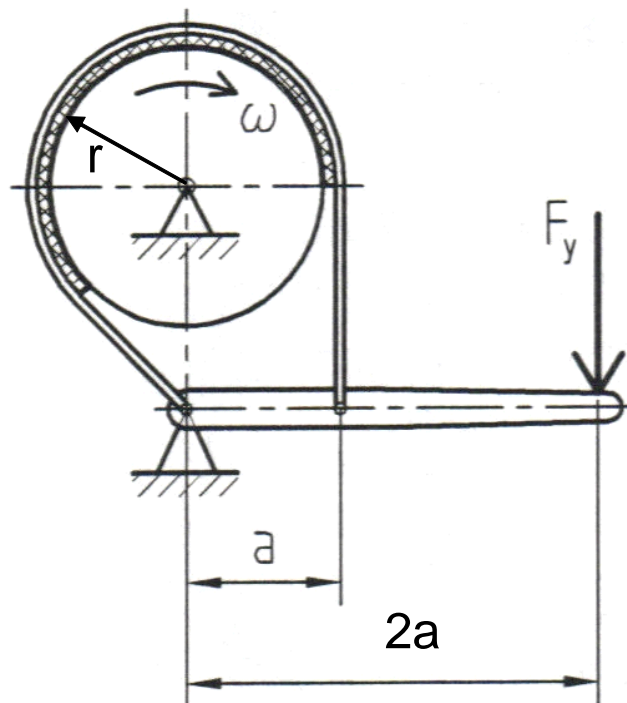
$$\epsilon = \frac{g}{p_b} \Leftrightarrow \alpha_w = \tan^{-1} \frac{\sqrt{r_{a1}^2 - r_{b1}^2} + \sqrt{r_{a2}^2 - r_{b2}^2} - p_b}{r_{b1} + r_{b2}} = 24,16^\circ$$

$$a_w = \frac{m}{2} (z_1 + z_2) \frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_w} = 122,0 \text{ mm}$$

5. Bromsar

En bandbroms enligt figuren nedan har omslutningsvinkeln 225° och radien $r=a=300 \text{ mm}$. Friktionstalet $\mu=0.35$.

- Beräkna bromsmomentet då hävarmen belastas med kraften $F_y=150 \text{ N}$, och trumman roterar enligt figuren nedan. (4p)
- Beräkna bromsmomentet för samma kraft F_y , men motsatt rotationsriktning. (3p)
- Hur lång inbromsningstid behövs för att stoppa rotorn vid medurs rotation från varvtalet 2500 varv/minut om rotorns masströghetsmoment är $3,5 \text{ kgm}^2$? Anta konstant retardation. (3p)



5. Lösning

$$\alpha = 225^\circ$$

$$\mu = 0,35$$

$$r = a = 300 \text{ mm}$$

$$F_y = 150 \text{ N}$$

$$n = 2500 \text{ varv/min}$$

$$J = 3,5 \text{ kgm}^2$$

- a. Momentjämvikt runt hävarmens fäste:

$$F_1 a = F_y 2a \Leftrightarrow F_1 = 2F_y = 300 \text{ N}$$

F_2 är den stora kraften vid rotation medurs

$$F_2 = F_1 e^{\mu\alpha} = 1,19 \text{ kN}$$

$$M_{med} = r(F_2 - F_1) = 266 \text{ Nm}$$

- b. Vid rotation moturs är F_1 den stora kraften

$$F_1 = F_2 e^{\mu\alpha} \Leftrightarrow F_2 = F_1 e^{-\mu\alpha} = 75,9 \text{ N}$$

$$M_{mot} = r(F_1 - F_2) = 67 \text{ Nm}$$

- c. Rotorn ska bromsas från varvtalet n till stillastående vid medurs rotation på tiden Δt .
Rörelseekvationen med konstant retardation:

$$M_{med} = \frac{\omega}{\Delta t} J \Leftrightarrow \Delta t = \frac{2\pi n}{60} \frac{J}{M_{med}} = 3,45 \text{ s}$$