



TENTAMEN I

TMKT39 MASKINELEMENT FÖR DPU3 och M3

Torsdagen den 15 januari 2015, kl. 8-12

Kurs- och Provkod:	TMKT39, TEN2
Tid:	15/1 2015 klockan 8-12
Sal:	TER 3
Antal uppgifter:	5
Antal sidor:	6
Ansvarig examinator:	Johan Ölvander Johan.olvander@liu.se
Telefon under skrivtid:	Xxxxx Yyyyyy 07xx-yyyyyy
Besöker saken ca kl.:	XXX YYY besöker salen 09:30
Kursadministratör:	Lisbeth Hägg, tel. 013-281149, 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:	41-50 poäng ger betyg 5 32-40 poäng ger betyg 4 23-31 poäng ger betyg 3
Övrigt:	<i>Glöm inte att lämna in alla blad som används till lösningar! Lycka till!</i>



1. Teorifrågor

Delfråga a – d besvaras genom att markera de rutor som anger rätt svar. 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.

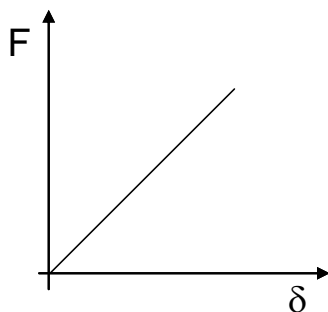
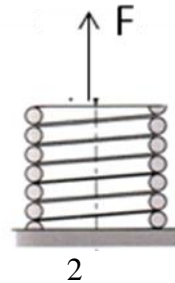
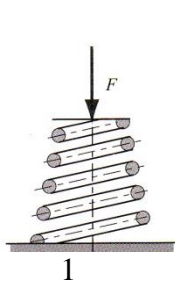
a. Form eller kraftbetingad funktion

Vilka två av nedanstående maskinelement har formbetingad funktion?

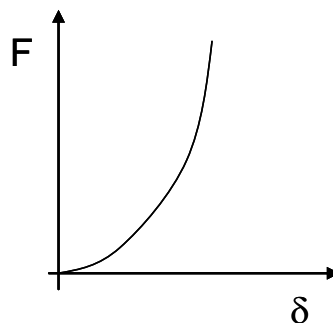
- Bomförband Kedjetransmission Skivbroms Krympförband

b. Fjädrar

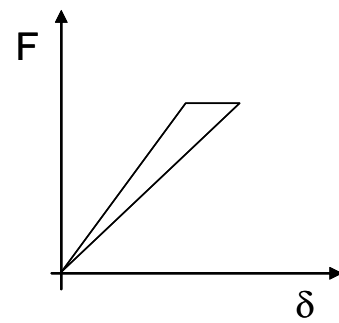
Nedan visas två fjädrar (1 och 2). Vilken karakteristik (i – iii) beskriver bäst respektive fjäder.



i



ii

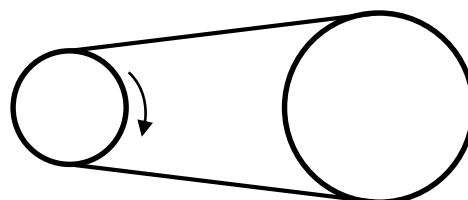


iii

- i) Fjäder 1 beskrivs bäst med: i ii iii
 ii) Fjäder 2 beskrivs bäst med: i ii iii

c. Remväxlar

I remväxeln nedan driver det lilla hjulet det stora, och man vill spänna remmen med hjälp av en spännrulle.



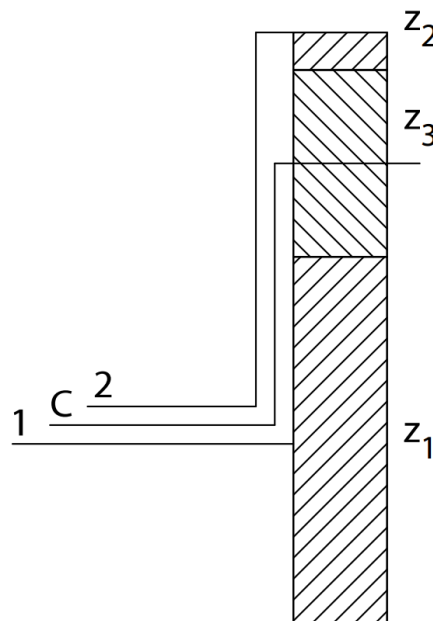


MASKINKONSTRUKTION

- i) Ska man sätta spännrullen på ovansidan eller nedansidan av remväxeln om man vill kunna överföra ett så stort moment som möjligt vid rotationsriktningen i bilden?
 Upptill Nedtill
- ii) Vid vilket hjul kommer det att slira först om man antar samma friktionskoefficient överallt?
 Det vänstra Det högra Samtidigt

d. Planetväxlar

Studera följande planetväxel



- i) Antag att ett moment tillförs på axel 1 och tas ut på axel c medan axel 2 hålls stilla. Vad blir utväxlingen?
 $u = \frac{z_1 + z_2}{z_1}$ $u = \frac{z_2}{z_1}$ $u = \frac{z_1 + z_2}{z_2}$
- ii) Antag att ett moment tillförs på axel 2 och tas ut på axel c medan axel 1 hålls stilla. Vad blir utväxlingen?
 $u = \frac{z_1 + z_2}{z_1}$ $u = -\frac{z_2}{z_1}$ $u = \frac{z_1 + z_2}{z_2}$

e. Kopplingar

Vilken/a av följande kopplingar ger inte synkron hastighetsöverföring? (2p)

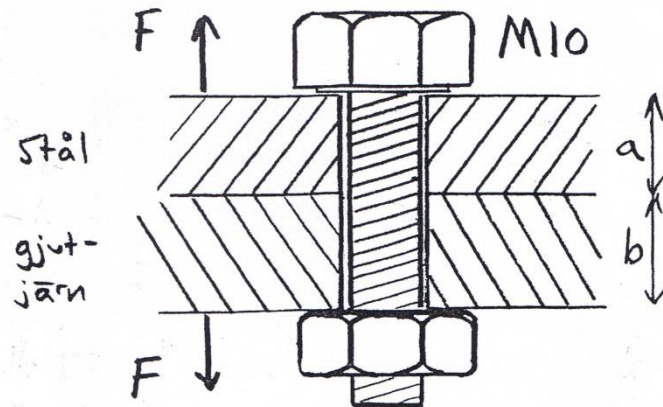
- Kardankoppling Membrankoppling Kuggkoppling Rzeppa-knut



2. Skruvförband

En helgängad M10 skruv i stål skall användas för att klämma samman en stålplåt med tjockleken $a=19\text{ mm}$ och en gjutjärnsplåt med tjockleken $b=25\text{ mm}$, se figuren nedan. $E_{\text{stål}}=210\text{ GPa}$ och $E_{\text{gjutjärn}}=115\text{ GPa}$. Hålet i plåtarna är av serie medel. Plåtarnas styvhet kan approximeras som hålcylindrar med ytterdiametern $d_y=30\text{ mm}$, och innerdiametern lika med håldiametern.

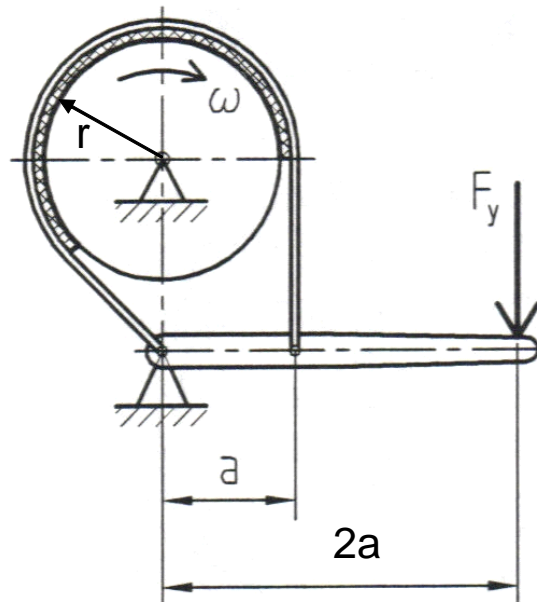
Förbandet monteras genom att applicera nyckelmomentet $M_n=40\text{ Nm}$ på skruvskallen. En yttre last $F=12\text{ kN}$ belastar förbandet efter montering. Friktionstalet är $\mu=0.12$ överallt.



- Beräkna förspänningskraften i förbandet (4p.)
- Bestäm skruvkraften och klämkraften mellan plåtarna då den yttre kraften verkar. (6p)

3. Bromsar

En bandbroms enligt figuren nedan har omslutningsvinkeln 225° och radien $r=a=200\text{ mm}$. Friktionstalet $\mu=0.35$.

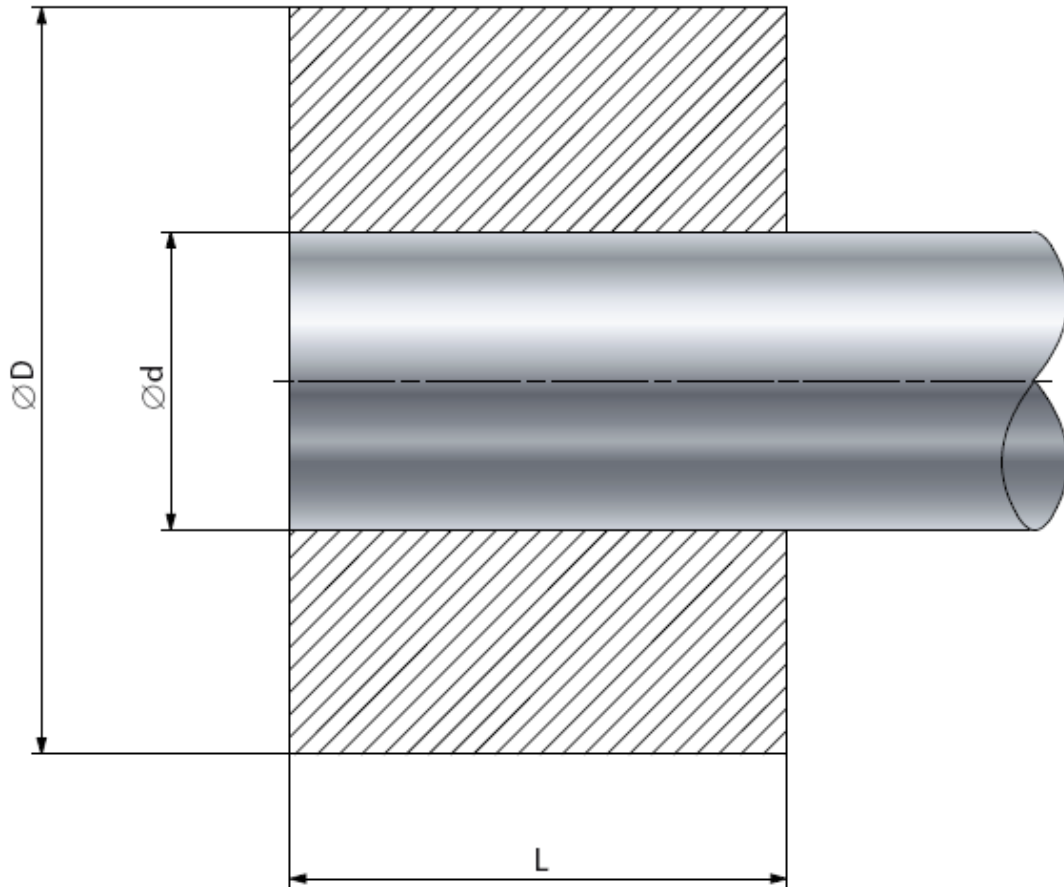


- Beräkna bromsmomentet då hävarmen belastas med kraften $F_y=200\text{ N}$, och trumman roterar som i figuren ovan. (4p)
- Beräkna bromsmomentet för samma kraft F_y , men motsatt rotationsriktning. (3p)
- Hur lång inbromsningstid behövs för att stoppa rotorn vid medurs rotation från varvtalet 2000 varv/minut om rotorns masströghetsmoment är $2,5\text{ kgm}^2$? (3p)



4. Krympförband

Ett nav av mässing med ytterdiameter D monteras på en homogen stålaxel med diameter d , genom att navet pressas på plats. Man vill kunna överföra vridmomentet $M_v=1000$ Nm mellan axel och nav.



- Vilket är det minsta grepp man måste ha för att kunna överföra momentet M_v ? (4p)
- Vilken kraft går det åt vid montering för att pressa navet på axeln? (3p)
- Vid montering kan man också tänka sig att man värmer hylsan. Hur mycket måste man värma hylsan för att den skall kunna gå att trä på axeln utan att anbringa någon presskraft? (3p)

Data:

$$D = 150 \text{ mm}, d = 60 \text{ mm}, L = 100 \text{ mm}, \mu = 0,25$$

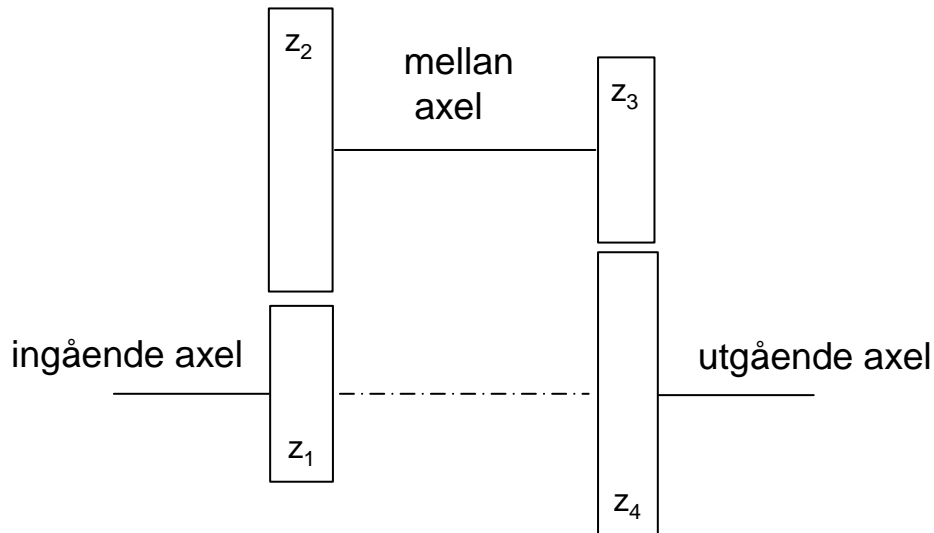
$$E_{\text{stål}} = 2.1 \cdot 10^5 \text{ MPa}, \nu_{\text{stål}} = 0.3, \alpha_{\text{stål}} = 11 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$$

$$E_{\text{mässing}} = 0.95 \cdot 10^5 \text{ MPa}, \nu_{\text{mässing}} = 0.41, \alpha_{\text{mässing}} = 21 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$$



5. Kuggväxlar

I en två stegs rakkuggväxel enligt figuren nedan är kuggtalen $z_1=15$ på in axeln och $z_2=65$ på mellanaxeln i det första steget. Första steget är glappfritt, kugghjulen är okorrigerade och modulen är 4 mm. Andra steget har $z_3=22$ och $z_4=57$ och samma modul som första steget. Mellan axeln är parallell med de övriga axlarna, och ingående och utgående axel skall vara koncentrisk. Kugghjulen är av stål med E-modulen 210 000MPa.



- Beräkna bredden på kugghjulen i första steget om momentet på ingående axel är 150 Nm och flankpåkänningen i rullpunkten inte får överstiga 750 MPa. (6p)
- Bestäm profilmörskjutningar för de båda hjulen i andra steget (summan av x_3 och x_4) så att även det andra steget blir glappfritt. (4p)



Lösningförslag

1

- a) Bomförband Kedjetransmission
- b) ii, i
- c) upptill, det vänstra
- d) $u = \frac{z_1 + z_2}{z_1}$, $u = \frac{z_1 + z_2}{z_2}$
- e) Kardankoppling



% Tenta 2015-011-15

% Uppgift 2

% Givet

a=0.019; %m

b=0.025; %m

Es=210e9; %Pa

Ej=115e9; %Pa

% M10 => Fs.s 7-8

d=0.01; %m

d1=0.008376; %m

d2=0.009026; %m

N=0.017; %m

dh=0.011; %m

p=0.0015; %m

alfa=30*pi/180; %radianer

dy=0.03; %m

di=dh;

Mn=40; %Nm

Fy=12000; %N

my=0.12;

% Sökt: a) F0, b) Fskruv, Fkläm

% Lösning

% a)

% Fs.s. 5: Mn=Mgät+Mu

fi=atan(p/(pi*d2)) % =0.0528

rho=atan(my/cos(alfa)) % =0.1377

rm=(N+dh)/4 % = 0.0070 m (Fs.s.6)

F0=Mn/(d2/2*tan(fi+rho)+rm*my) % = 23386 N

% b) Fs.s.6: K=AE/L

% Gängad skruv: A=As (Fs.s.5)

As=pi/16*(d1+d2)^2 % = 5.9460e-05 m2

Kskruv=As*Es/(a+b) % = 2.8379e+08 N/m

Ah=pi/4*(dy^2-di^2) % = 6.1183e-04 m2

Kstal=Ah*Es/a % = 6.7623e+09 N/m

Kjarn=Ah*Ej/b % = 2.8144e+09 N/m

Kpa=Kskruv;

% 1/kav=1/kjarn+1/stal

Kav=Kstal*Kjarn/(Kstal+Kjarn) % = 1.9873e+09 N/m

Fskruv=F0+Fy*Kpa/(Kpa+Kav) % = 2.4885e+04 N

Fklam=F0-Fy*Kav/(Kpa+Kav) % = 1.2885e+04 N



% Tenta 2015-01-15

% Uppgift 3

```
my=0.35;
alfa=225*pi/180;
r=0.2;
a=0.2;
Fy=200;
omega=2000*2*pi/60;
J=2.5;
```

% moment jmv runt hävarmens fäste.

% $F_y \cdot 2a = F_1 \cdot a$

$F_1 = F_y \cdot 2$

% $F_1 = 400 \text{ N}$

$F_{2_med} = F_1 \cdot \exp(my \cdot \alpha)$

% $F_2 = 1.5812e+003 \text{ N}$

$M_{med} = r \cdot (F_{2_med} - F_1)$

% Svar: $M_{medurs} = 236 \text{ Nm}$

% b

% Det blir samma kraft F_1 i remmen pga F_y .

% I detta fall är dock F_1 den stora kraften.

$F_{2_mot} = F_1 / \exp(my \cdot \alpha)$

% $F_{2_mot} = 101.1918$

$M_{mot} = r \cdot (F_1 - F_{2_mot})$

% Svar: $M_{moturs} = 60 \text{ Nm}$

% c

% momentet $M = J \cdot d\omega/dt$

% $M \cdot dt = J \cdot d\omega$

% integrera båda sidor

% $M \cdot t - M \cdot 0 = J \cdot \omega(t) - J \cdot \omega(0)$

% $M \cdot t = J \cdot \omega - J \cdot \omega(0)$

$t = J \cdot \omega / (M - J \cdot \omega(0))$

% Svar: trumman stannar på 2.21 sekunder



% Tenta 2015-01-15

% Uppgift 4

% Givet

D=0.15; % m

d=0.06; % m

d0=0;

Mv=1000; % Nm

L=0.1; % m

my=0.25;

Es=210e9; % Pa

Em=95e9; % Pa

vs=0.3;

vm=0.41;

alfas=11e-6; % 1/C

alfam=21e-6; % 1/C

% Sökt: a) grepp, b) Fmont, c) delta_T

% Lösning

% a) Fs.s.10:

$p = 2 * Mv / (d^2 * L * my * \pi)$ % = 7.0736e+06 Pa

$k = d / D$ % = 0.4

k0=0;

$u_{nav} = d * p / (2 * Em) * ((1 - vm) * k^2 + (1 + vm)) / (1 - k^2)$ % = 4.0005e-06 m

$u_{axel} = -d * p / (2 * Es) * (1 - vs)$ % -7.0736e-07 m

$grepp = 2 * (u_{nav} - u_{axel})$ % = 9.4158e-06 m

% b)

% Inget moment vid montering

$F_{mont} = my * \pi * p * d * L$ % = 3.3333e+04 N

% c)

% Den måste utvidga sig en sträcka som är lika stor som greppet

% $grepp = d * \alpha_{fam} * \delta_T$

$\delta_T = grepp / (d * \alpha_{fam})$ % 7.4729 grader



% Tenta 2015-01-15

% Uppgift 5

% Data

M=150;

z1=15;

z2=65;

sigma=750e6;

E=210000e6;

alfa_0=20*pi/180;

m=4e-3;

z3=22;

z4=57;

% Formelsamlingen ger:

% $\sigma = 0.418 \cdot \sqrt{F \cdot E / b \cdot (1/rk1 + 1/rk2)}$ (1)

% räkna i rullpunkten!

% $rk = rb \cdot \tan \alpha_w$

% inga profilmörskjutningar och glappfr växel ger:

alfa_w=alfa_0;

% $rb = m \cdot z / 2 \cdot \cos(\alpha_0)$

rb1=m*z1/2*cos(alfa_0)

rb2=m*z2/2*cos(alfa_0)

rk1=rb1*tan(alfa_w)

rk2=rb2*tan(alfa_w)

% rb1 = 0.0282

% rb2 = 0.1222

% rk1 = 0.0103

% rk2 = 0.0445

% F ges av momentet $F = M / rb1$

F=M/rb1

% F = 5.3209e+003

% Lös ut b ur (1)

$b = 0.418^2 / \sigma^2 \cdot (F \cdot E \cdot (1/rk1 + 1/rk2))$

% b = 0.0416

% Svar a: bredden skall vara 41.6 mm

% b

% axelavståndet för de båda axlarna skall vara lika.

% Första steget.

% $a_w = m / 2 \cdot (z1 + z2) \cdot \cos(\alpha_w) / \cos(\alpha_0)$;

% det ger: $a_w = m / 2 \cdot (z1 + z2)$

% andra steget skall ha samma axelavstånd

% $a_w = m / 2 \cdot (z1 + z2) = m / 2 \cdot (z3 + z4) \cdot \cos(\alpha_0) / \cos(\alpha_w2)$



```
alfa_w2=acos((z3+z4)/(z1+z2)*cos(alfa_0))
```

```
% alfa_w2 = 0.3819
```

```
alfa_w2_grader=alfa_w2*180/pi
```

```
% alfa_w2_grader = 21.8831
```

```
% fölmers ekvation ger profilförskjutningarna
```

```
% inv alfa_w=inv alfa_0 +
```

```
% 2*(x1+x2)/(z1+z2)*tan(alfa_0)+j/(m*(z1+z2)cos(alfa_0))
```

```
% lös ut (x3+x4)=(inv(alfa_w)-inv(alfa_0))*(z3+z4)/2/tan(alfa_0)
```

```
profil=(tan(alfa_w2)-alfa_w2 -tan(alfa_0)+alfa_0)*(z3+z4)/2/tan(alfa_0)
```

```
% profil = 0.5229
```

```
% Svar: summan av profilförskjutningarna skall vara 0.52.
```