

## TENTAMEN I

### TMKT39 MASKINELEMENT

Onsdagen den 26 mars 2013, kl. 14-18

<b>Kurs- och Provkod:</b>	TMKT39, TEN2
<b>Tid:</b>	26/3 2013 klockan 14-18
<b>Sal:</b>	G32, G33, G34
<b>Antal uppgifter:</b>	5
<b>Antal sidor:</b>	5
<b>Ansvarig examinator:</b>	Johan Ölvander johan.olvander@liu.se
<b>Telefon under skrivtid:</b>	Johan Ölvander 013-281711
<b>Besöker saken ca kl.:</b>	Johan Ölvander besöker salen ca 15:15
<b>Kursadministratör:</b>	Lisbeth Hägg, tel. 013-281149, lisbeth.hagg@liu.se
<b>Tillåtna hjälpmedel:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Formelsamlingar i Maskinelement, hållfasthetslära, mekanik, samt matematik/fysik</li><li>• Skriv och ritdon</li><li>• Räknare</li></ul>
<b>Betygsgränser:</b>	41-50 poäng ger betyg 5 32-40 poäng ger betyg 4 23-31 poäng ger betyg 3
<b>Övrigt:</b>	<i>Glöm inte att lämna in alla blad som används till lösningar!</i> <i>Lycka till!</i>



## 1. Teorifrågor

Delfråga a – e besvaras genom att markera de rutor som anger rätt svar. Varje delfråga ger maximalt två poäng. Varje felaktigt kryss ger ett poängs avdrag, dock är minsta antal poäng per deluppgift 0p.

### a. Kraft eller formbetingad funktion

Vilka av nedanstående maskinelement har formbetingad funktion?

Kuggväxel

Bandbroms

Lamellkoppling

Oldhamkoppling

### b. Kuggväxlar

I en kuggväxel med evolventkugg sker all kontakt mellan flankerna genom ren rullning.

Sant

Falskt

I en planetväxel är det vanligast att man använder rakkugg.

Sant

Falskt

### c. Fjädrar

Olika fjäder typer har olika egenskaper. Vilken egenskap förknippas speciellt med nedanstående fjädrar?

#### i Cirkulär skruvfjäder

Linjär karaktäristik

Olinjär karaktäristik

Hysteres

#### ii Konisk skruvfjäder

Linjär karaktäristik

Olinjär karaktäristik

Hysteres

### d. Förband

Vilken/a av följande förband är lämpligt om hög precision önskas?

Kilförband

Bomförband

Pinnförband

Ingen

### e. Krympförband

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

i) svarvar av navet så att ytterdiametern blir mindre?

Då blir det överförbara momentet: mindre  lika stort  större

ii) borrar ur axeln så att den blir en hålaxel?

Då blir det överförbara momentet: mindre  lika stort  större



## 1. Teorifrågor

Delfråga a – e besvaras genom att markera de rutor som anger rätt svar. Varje delfråga ger maximalt två poäng. Varje felaktigt kryss ger ett poängs avdrag, dock är minsta antal poäng per deluppgift 0p.

### f. Kraft eller formbetingad funktion

Vilka av nedanstående maskinelement har formbetingad funktion?

Kuggväxel	Bandbroms	Lamellkoppling	Oldhamkoppling
x	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x

### g. Kuggväxlar

I en kuggväxel med evolventkugg sker all kontakt mellan flankerna genom ren rullning.

Sant  Falskt x

I en planetväxel är det vanligast att man använder rakkugg.

Sant x Falskt

### h. Fjädrar

Olika fjäder typer har olika egenskaper. Vilken egenskap förknippas speciellt med nedanstående fjädrar?

#### i Cirkulär skruvfjäder

Linjär karaktäristik x Olinjär karaktäristik  Hysteres

#### ii Konisk skruvfjäder

Linjär karaktäristik  Olinjär karaktäristik x Hysteres

### i. Förband

Vilken/a av följande förband är lämpligt om hög precision önskas?

Kilförband	Bomförband	Pinnförband	Ingen
<input type="checkbox"/>	x	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### j. Krympförband

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

ii) svarvar av navet så att ytterdiametern blir mindre?  
Då blir det överförbara momentet: mindre x lika stort  större

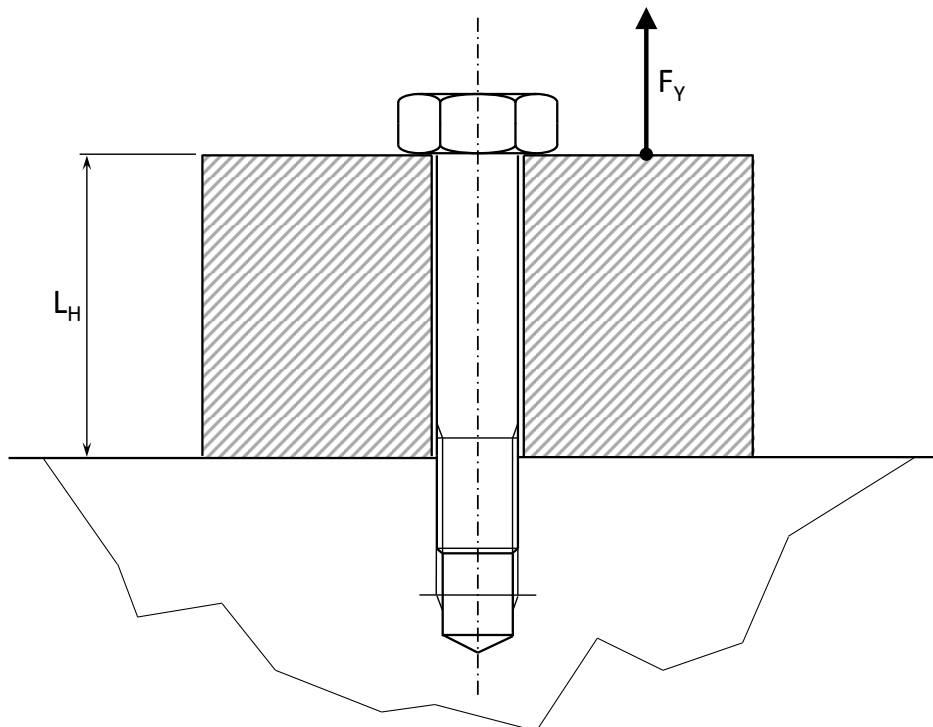
ii) borrar ur axeln så att den blir en hålaxel?  
Då blir det överförbara momentet: mindre x lika stort  större

## 2. Skruvförband

En maskin ska monteras fast på ett fabriksgolvet. Därför förses fötterna med hål genom vilka skruvar kan träs. Skruvarna gängas i hål borrade direkt i golvet. Figuren nedan visar en av fötterna i tvärsnitt. Fötterna har tjockleken  $L_H = 60 \text{ mm}$ . Skruven är av dimension M10 och hållfasthetsklass 8.8. Alla komponenter är av stål med E-modulen  $E = 210 \text{ GPa}$ . Friktionstalet är  $\mu = 0.12$  överallt. Antag att styvheten för en fot  $c_k = 1,5 \text{ MN/mm}$ . Hålen i fötterna är av serie medel.

När maskinen är i funktion uppstår det krafter som vill lyfta fötterna från golvet. Antag att kraften som verkar på en fot är som max  $F_Y = 32 \text{ kN}$ .

- Beräkna minsta åtdragningsmomentet så foten aldrig lyfter från golvet. (4p)
- Vad blir spänningen i skruven när den belastas enligt deluppgiften a)? (2p)
- Antag ett åtdragningsmoment  $M_{\text{åt}} = 60 \text{ Nm}$ . Vad blir glappet mellan skruvskalle och maskinfot om  $F_Y = 45 \text{ kN}$ ? (4p)



**Allmänt**

$\mu$	0,12
E	210 000 MPa
$F_Y$	32 kN

**Skraven**

d	10 mm	
d1	8,376 mm	
d2	9,026 mm	
N	17 mm	
p	1,5 mm	
$\sigma_B$	800 MPa	
$\sigma_S$	640 MPa	
$\alpha$	30 deg	0,5235988 rad

**Maskinfoten**

$L_H$	60 mm
$C_K$	1 500 000 N/mm
$d_h$	11 mm

**Delfråga a)**

$A_{S1}$	78,53981634 mm <sup>2</sup>	(för styvhetsber.)
$C_{S1}$	274 889 N/mm	
$F_0$	27,04393928 kN	
$r_m$	7 mm	
$\rho$	0,137687333 rad	7,8889031 deg
$\phi$	0,05284957 rad	3,0280573 deg
$M_g$	23,54046041 Nm	
$M_u$	22,71690899 Nm	
$M_{\hat{a}t}$	46,2573694 Nm	

**Delfråga c)**

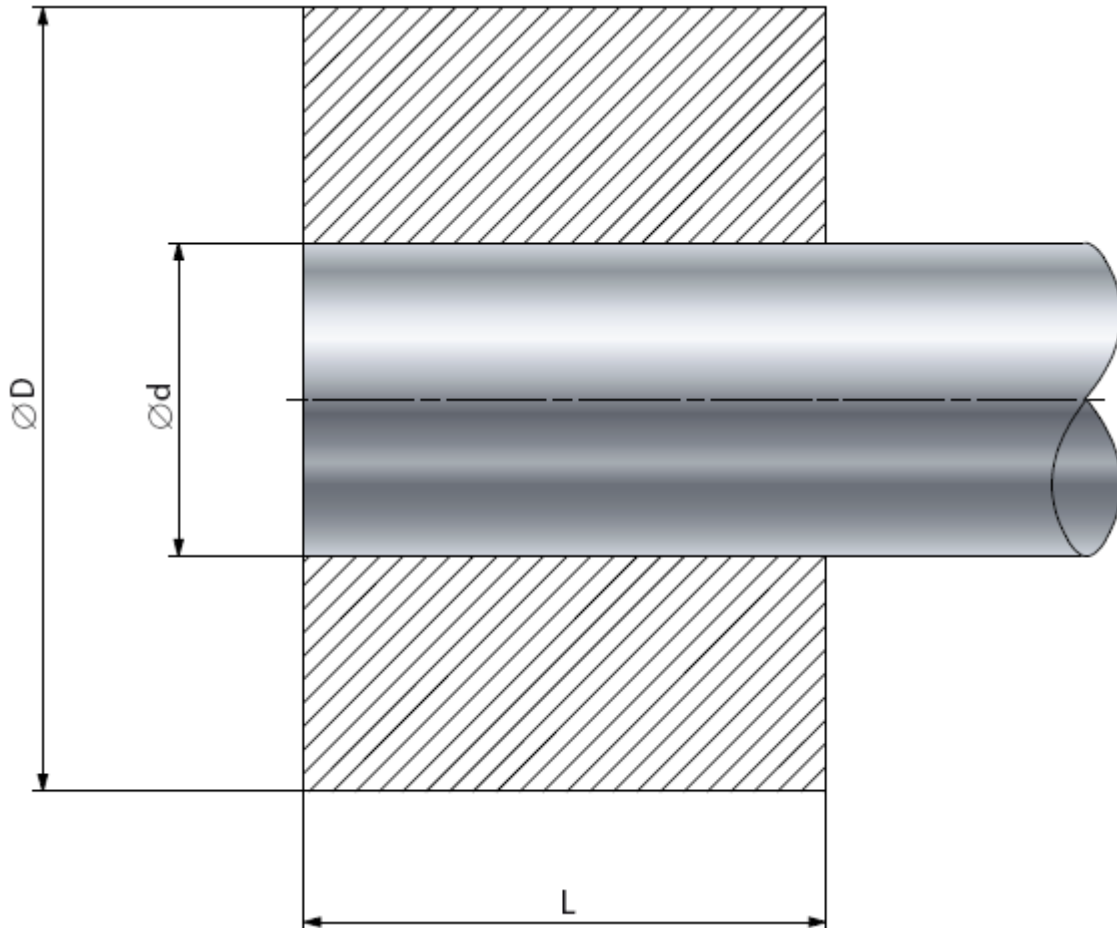
$M_{\hat{a}t}$	60 Nm	
$F_{S,MAX}$	47,56836296 kN	(max kraft innan brott)
$F_Y$	45 kN	
$F_0$	35,07843999 kN	
$F_{Y,MAX}$	41,50689987 kN	( $F_Y$ som ger $F_k=0$ )
$\Delta F_Y$	3,493100127 kN	(rest. $F_Y$ som tas enbart av skruven)
$\delta_S$	12,7072949 $\mu$ m	

**Delfråga b)**

$A_{S2}$	59,4604537 mm <sup>2</sup>	(för brottsber.)
$F_S$	32 kN	
$\sigma_S$	538,1728192 MPa	
$\sigma_S/\sigma_B$	0,672716024	

### 3. Krympförband

Ett nav av mässing med ytterdiameter  $D$  monteras på en homogen stålaxel med diameter  $d$ , genom att navet pressas på plats. Det visar sig då att erforderlig presskraft är  $F = 400$  kN. Montering sker vid rumstemperatur  $+20^\circ\text{C}$ .



- a) Hur stort vridmoment kan överföras om axeln samtidigt utsätts för axialkraften  $F_{ax} = 200$  kN? (4p)
- b) Hur stort blir det maximala vridande momentet om temperaturen höjs till  $+50^\circ\text{C}$  och samma axialkraft som i a) anbringas? (6p)

Data:

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

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

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

## Lösningförslag

D=0.150;  
d=0.060;  
L=0.100;  
my=0.25;  
E\_st=210000e6;  
v\_st=0.3;  
alfa\_st= 11e-6;  
E\_ms = 95000e6;  
v\_ms= 0.41;  
alfa\_ms= 21e-6;  
F\_press=400000;  
F\_ax=200000;  
T=30;

% När navet pressas på axeln gäller  
%  $F_{press}=my \cdot p \cdot \pi \cdot d \cdot L$  (1)  
% detta ger yttrycket p vid 20 grader som:  
 $p_{20}=F_{press}/(my \cdot \pi \cdot d \cdot L)$   
p\_20 = 8.4883e+007 Pa

% Under belastning gäller sedan:  
%  $(my \cdot p \cdot \pi \cdot d \cdot L)^2 = (Mv \cdot 2/d)^2 + F_{ax}^2$  (2)  
% Ur (2) löses Mv vilket ger:  
 $Mv_{20}=d/2 \cdot \sqrt{(my \cdot p_{20} \cdot \pi \cdot d \cdot L)^2 - F_{ax}^2}$

% svar a:  $Mv=1.0392e+004$  Nm

%b  
% Beräkna förskjutningen av navet vid montering  
 $u_{nav}=p_{20} \cdot d/2/E_{ms} \cdot ((1-v_{ms}) \cdot (d/D)^2 + (1+v_{ms}))/ (1-(d/D)^2)$

u\_nav = 4.8007e-005 mm

% Beräkna förskjutning av axel vid montering  
 $u_{axel}=-p_{20} \cdot d/2/E_{st} \cdot (1-v_{st})$

u\_axel = -8.4883e-006 mm

% Beräkna greppet vid rumstemp  
 $\Delta_{20}=2 \cdot (u_{nav}-u_{axel})$   
delta\_20 = 1.1299e-004 mm

% Beräkna grepp vid +50 grader (temperatur höjningen T=30 grader)

$\Delta_{50}=\Delta_{20} - (alfa_{ms}-alfa_{st}) \cdot d \cdot T$

delta\_50 = 9.4990e-005 mm



% Beräkna kontaktryck vid 50 grader.

% Ur formelsamlingen ses att trycket är proportionellt mot greppet

%  $\delta_{20}/\delta_{50}=p_{20}/p_{50}$

$p_{50}=p_{20}*\delta_{50}/\delta_{20}$

$p_{50} = 7.1360e+007 \text{ Pa}$

% Beräkna momentet enligt (2)

$Mv_{50}=d/2*\text{sqrt}((my*p_{50}*\pi*d*L)^2-F_{ax}^2)$

Svar b:  $Mv_{50} = 8.1101e+003 \text{ Nm}$

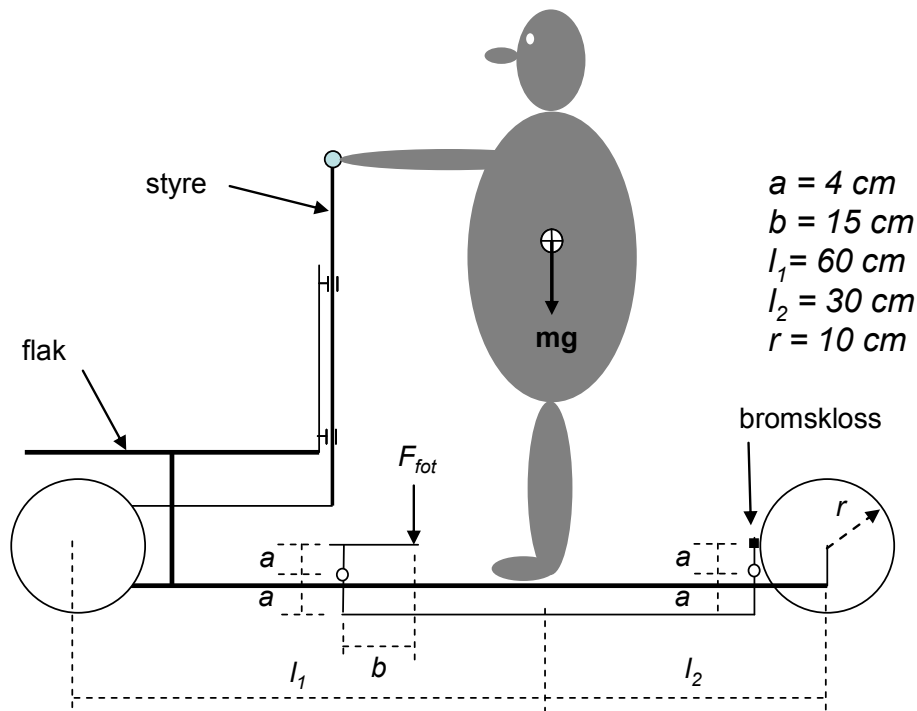




MASKINKONSTRUKTION

#### 4. Bromsar

En tjänstsparkcykel vid universitetet är avbildad i figuren nedan. Cykeln med förare har massan 90 kilo och tyngdpunkten är placerad enligt figuren nedan. Friktionskoefficienten mellan bromsklossen (metall) och hjulet (gummi) är 0.3 och mellan hjulet och golvet 0.7. Antag att bromsklossen är punktformad, att alla leder i bromsmekanismen är friktionsfria, och att tyngdpunkten är oförändrad under inbromsning. Bromsmekanismen omvandlar den vertikala fotkraften  $F_{fot}$  till en horisontell bromskraft  $F_{broms}$ .



- Med hur stor kraft  $F_{fot}$  kan man trycka på bromspedalen utan att bromsen låser sig? (5p)
- Hur lång tid tar det att bromsa från 10 km/h till stillastående om man hela tiden bromsar precis så att hjulet inte låser sig? (5p)

% Lösningsförslag upg4

% Data

a=0.04;

b=0.15;

l1=0.6;

l2=0.3;

r=0.1;

m=90;

my1=0.3;

my2=0.7;

v=10/3.6;

% Sök max friktionskraft mellan hjul och golv

Fgolv=my2\*(m\*9.81\*l1/(l1+l2))

% Momentjämv på hjulet: Kraft mot golv=kraft från bromsen

% Fgolv = Fbroms\*my1

Fbroms = Fgolv/my1

% Kraftjämnvikt på bromsmekanismen (Ffot\*b=Fbroms\*a)

Ffot =Fbroms\*a/b

% Svar a: Ffot = 366 N

% Kraft jämnvikt på cykeln F=m\*a=m\*dv/dt

% Detta ger F\*dt=m\*dv

% Integrera båda sidor

t =v\*m/Fgolv

% Svar b: Cykeln stannar på 0.6 sekunder



### **5. Kuggväxel**

En kuggväxel skall dimensioneras för att överföra momentet 100 Nm (på ingående axel) med utväxlingen 2:1 (dvs det stora hjulet sitter på utgående axel). Axelavståndet är 120 mm. Maximal tillåten flankpåkänning är 750 MPa och Elasticitetsmodulen är 210 GPa. Kuggväxeln skall vara glappfri och ha okorrigerade kuggar.

- a) Beräkna den minsta bredden man kan ha på kugghjulen, om man endast dimensionerar mot flankpåkänningen i rullpunkten. (7p).
  
- c) Vilken modul skall man välja om kuggantalet skall ligga mellan 20-25 på det lilla hjulet och man får välja från standard moduler enligt preferens 1, se tabellen i figur 46 i formelsamlingen. (3p)



```

%Lösningförslag uppgift 5
%Data
M=100;
i=2;
aw=120e-3;
sigma=750e6;
E=210000e6;
alfa_0=20*pi/180;

% Formelsamlingen ger:
% sigma = 0.418*sqrt(F*E/b*(1/(rk1+1/rk2))) (1)
% räkna i rullpunkten!
% rk=rb*tan alfa_w
% inga profilförskjutningar och glappfr växel ger:
alfa_w=alfa_0;

% rb = r*cos alfa_w
% r ges av axelavståndet: r1+r2=aw
% samt att utväxlingen i=r2/r1
r1=aw/3
% r1 = 0.04

r2=2*r1
% r2 = 0.08

rk1 =r1*sin(alfa_w)
rk2 =r2*sin(alfa_w)
% rk1 = 0.013681
% rk2 = 0.027362

% F ges av momentet F=M/rb1
F=M/(r1*cos(alfa_w))
% F = 2.6604e+003

% Lös ut b ur (1)
b=0.418^2/sigma^2*(F*E*(1/rk1+1/rk2))
% b = 0.0190

% Svar a: bredden skall vara 19 mm

% Lilla hjulet skall ha radien 40mm
% r=m*z/2
% med z mellan 20 och 25 fås standardmodulen 4
m=40*2/20
% svar b: Modulen skall vara 4mm

```