

# LÖSNINGAR

## Tentamen i Tillverkningsprocesser Z, MTT110

<b>Datum:</b>	4 April 2016
<b>Tid/plats:</b>	fm, Hörsalar
<b>Examinator:</b>	Gustav Holmqvist, 031- 772 5026, 0709-393275
<b>Hjälpmedel:</b>	Typgodkänd kalkylator, bifogat formelblad (finns sist i tentamenstesen), Beta (Mathematics Handbook), linjal, passare och cirkelmall
<b>Resultatrapportering:</b>	Meddelas via LADOK-mail inom ca 2-2,5 v
<b>Granskning:</b>	<u>Granskningstillfällen anslås på kurshemsida.</u>
<b>Betygsgränser:</b>	betyg 3: 20 - 29,5p    betyg 4: 30 - 39,5p    betyg 5: 40 - 50,0p

*Allmänna tentaanvisningar:*

*Det är DIN uppgift att visa den rättande läraren att Du förstått och behärskar kursinnehållet. Svara utförligt och motivera dina svar. Skriv tydligt!*

*Använd nytt blad för varje ny uppgift (ej för deluppgifter).*

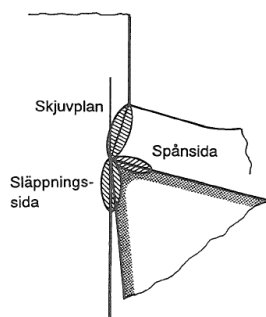
***Lycka till!***

---

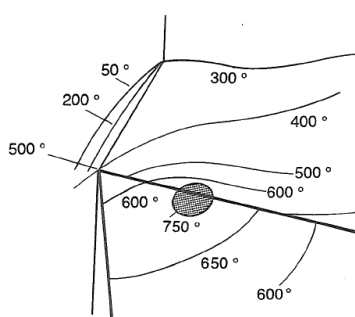
## 1. Skärande bearbetning – värme, lösegg (7p)

- a) Vad alstrar värme vid skärande bearbetning? Var alstras denna värme? Inkludera en bild över skärzonen i ditt svar. (3,5p)
- b) Vad är och vad orsakar lösegg? Vilka problem kan det skapa samt hur kan man minska uppkomsten? Koppla gärna ihop b med a (inte krav). (3,5p)

a) Kraftig deformation främst i och runt skjuvplanet samt verktygskontakten på spånsida och släppningssida ger friktionsvärme:



Figur 5.15  
Värmezonerna vid skärstället.



Figur 5.16  
Temperaturfördelningen i skärstället.

Materialdeformation sker även i friktionszonerna.

b) Lösegg = anhopning material på skäreggen (normalt på spånsida). Fig typ 5.18/5.19 lämplig.

Orsak=Redan vid rel låg temperatur och skärhastighet har materialet kletning/påsvetsningstendens. Eftersom samtidigt trycket då är relativt högt p g a rel låga temp., samt att hastigheten (på spånan egentligen) som sagt låg kan material då fastna på skäret. –(Man måste inte nämna alla delar av orsakskedjan men att det är rel låg temp/hastighet) bör finnas med.)

Problem är att det kan ge en adhesiv förslitning av skär + fastna på ytan hos arbetsstycke (försämra ytfinheten).

Typiskt förändra temp med högre vc eller kylning

## 2. Skärande bearbetning – förslitning mm (7p)

- a) Redogör för minst tre förslitningstyper – var noga med att rita tydliga figurer så det framgår var på skäret de finns. Inkludera bakomliggande förslitningsmekanismer i ditt svar. (6p)
- b) Definiera kort vad som menas med utslitningstiden  $T_c$ . (Ingen matematiskt resonemang utan en kort definition i ord är vad som efterfrågas). (1p)

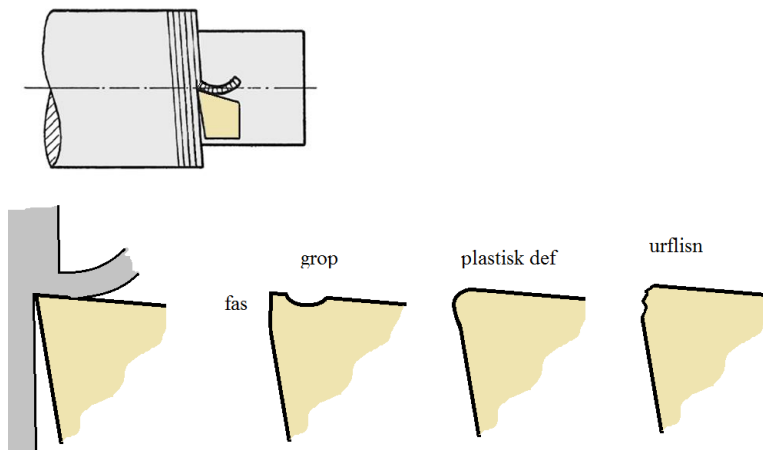
a)

Fasförlitning som sker på släppnings sida genom nötning av hårda partiklar i grundmaterialet. I skärmaterial som inte är tillräckligt hårt

Plastisk deformation erhålls vid mkt höga temp och hög mek belastning. Typiskt om skäret är "för" segt (inte så hårt)

Urflisn/Urgryrning beror också på höga mekaniska påkänningar som leder till sprickbildning. Kan vara hårda partiklar i grundmaterialet i kombination med för sprött skär.

Även kan nämnas gropförlitn (diffusion).



b) Flera svar kan accepteras som:

Den tid efter då verktyget inte kan garanteras uppfylla kraven/då haveri/accelererad förlitning kan uppstå.

Eller att man får fram det genom att utföra utslitningstest och mäter förlitningen och vid den tid då kurvan "sticker iväg" har man  $T_c$ .

### 3. Skärande bearbetning – beräkning (9p)

En axel av stål med diametern 60 mm svarvas ner till en diameter 53 mm med matningen  $f = 0,25$  mm/varv. Ställvinkeln är  $95^\circ$ .

- a) Beräkna vilket varvtal som ska ställas in på svarven om svarvens hela tillgängliga effekt ska utnyttjas. Motoreffekten är på 8 kW, svarvens verkningsgrad är på 75% och specifika skärkraften ges av:

$$k_c = 950 + \frac{600}{h_D} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (6\text{p})$$

- b) Vilken av nosradierna 0,8, 1,2 och 1,6 mm bör man välja för att uppfylla ett ytkrav som enligt ritning är  $R_y = 5 \mu\text{m}$ . (1,5p)
- c) Vad blir bearbetningstiden per axel om axeln längd är 100 mm? (1,5p)

a) FS ger:  $v_c = \pi \cdot D \cdot n$       $P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60}$       $F_c = k_c \cdot A_D = k_c \cdot a_p \cdot f$       $P_M = \frac{P_c}{\eta}$

Dvs n som är sökt ges av  $v_c$  som fås ur effekten, vi måste dock bestämma  $F_c$  och alltså  $k_c$  som ges av ekv ovan.

$$h_D = f \sin \kappa = 0,25 \sin 95 = 0,249 \text{ mm} \rightarrow k_c = 3359,2 \text{ N/mm}^2$$

$$a_p = (60 - 53) / 2 = 3,5$$

$$\rightarrow F_c = 3359,2 \cdot 0,25 \cdot 3,5 = 2939,3 \text{ N}$$

$$P_c = 8 \cdot 0,75 = 6 \text{ kW}$$

$$\rightarrow v_c = 6000 \cdot 60 / 2939,3 = 122,48 \text{ m/min}$$

$$\rightarrow n = 122,48 / \pi \cdot 60 \cdot 10^{-3} = 650 \text{ rpm}$$

b) F.S. ger

$$R_y (= R_t) = \frac{f^2}{8 \cdot r_\epsilon}$$

$$\rightarrow r_\epsilon = f^2 / 8 \cdot R_y = 0,25^2 / 8 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = (\text{allt i mm}) = 1,56 \text{ mm}$$

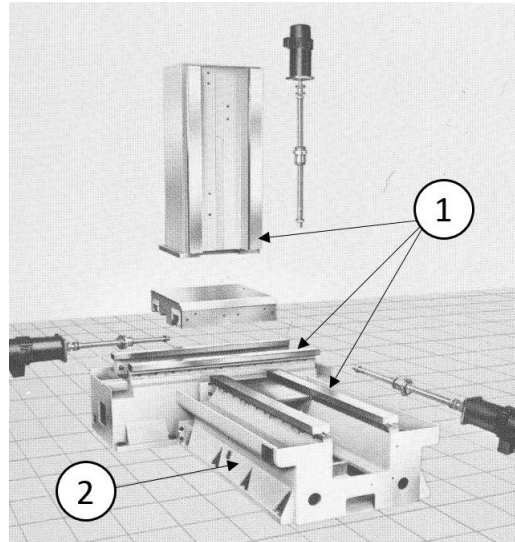
Vi måste alltså ta till 1,6 mm

c) F.S. ger

$$t_s = \frac{L}{f \cdot n} = 100 / (0,25 \cdot 650) = 0,61 \text{ min (37 s)}$$

#### 4. CNC-teknik (6p)

- Vad är och vad gör en kulmutterskruv? – Beskriv kort funktionen (i en CNC-maskin). Du behöver dock inte rita alla delar hos kulmutterskruven (som t ex i litteraturen) utan principen är det viktiga! (2,5p)
- Vilka fördelar brukar man tillskriva en kulmutterskruv? Tänk- t ex om man tog bort kulorna ur resonemanget!? (2p)
- Bilden visar delar av en maskin. Namnge 1 och 2. Man kan ”tolerera” olika benämningar (för både 1 och 2). (1,5p)



a) Kul(mutter)skraven överför motorns roterande rörelse till en linjär. "Muttern" är s.a.s. fäst i maskinsliden/slåden (det som ska flyttas). Ligger kulor som går runt inne i "muttern". Man kan säga att funktionen både är drivning linjärt och positionering.



Man behöver inte rita så här elegant skiss men kan vara lämpligt med något om man inte varit uttömmande i text

b) Kulorna minskar naturligtvis friktionen vilket får fördelar som mindre värme, förluster, ljud etc. Dessutom blir det noggrannare positionering och mindre s.k. glapp. Litt har punkter enl nedan, 3-4 av dessa bör med:

- hög verkningsgrad (90% och mer)
- liten värmeutveckling
- glappfrihet
- hög stigningsnoggrannhet
- lång livslängd.

c)

1: Rätstyrning eller gejder

2: Bädd eller (maskin)stativ

Liknande ger delpoäng

## 5. Arbete vid plastisk och klippande bearbetning (8p)

- a) Vilka delar brukar arbetet (energin) vid plastisk bearbetning typiskt delas in i? Redogör sedan i detalj för vilka faktorer som kan påverka respektive del av arbetet. Dvs ”bena ut” vad som påverkar respektive del. Resonera om dem separat men viss koppling kan förekomma mellan delarna. Du behöver inte diskutera mycket men var noggrann och ta med alla detaljer du kommer på och beskriv dem kort. Du kan anta att det är varm- eller kallbearbetning (spelar ingen roll). (5p)
- b) Beskriv principiellt vilka faktorer som påverkar arbetet (energin) vid klippning eller stansning (med raka skär). Här handlar det inte om delar i arbetet som i a). Dock även här - var noggrann och ta med alla detaljer du kommer på och beskriv dem kort. Utgå från klippförloppet. (3p)

Kommentar a+b: Ta även med ”uppenbara” faktorer i ditt svar!

a) Ideala arbetet: Volymen \* integralen under kf-kurvan. Den senare beror på materialets beteende (deformationshårdnande) samt formändringens storlek. Friktionsarbete: Beror på friktionen (yta, smörjning) samt areans storlek. Skjuvarbete: Varierar mkt mellan metoder men induceras typiskt av friktionen men är mkt beroende av geometrikomplexitet. Snabba riktningsändring hos materialet ger mkt skjuvarbete. (Man kan i denna fråga få utgå från exempel t ex tråddragning men svaret bör vara allmänt tillämbart).

b) Klipparbetet  $W = X F t$  vid raka skär. X (korrektionsfaktor) beror på hur kraften varierar under vägen vilket beror på deformationshårdnande respektive hur tidigt brott sker = duktiliteten. (Boken säger att denna beror på stansform vilket man då kan säga i sitt svar men ej nödvändigt). Kraften  $F = ksk * A$ , där ksk är en materialparameter (relaterad till brottgränsen). Arean är den skjuvade arean som beror på geometrin och tjockleken. t är tjockleken = ”vägen”.

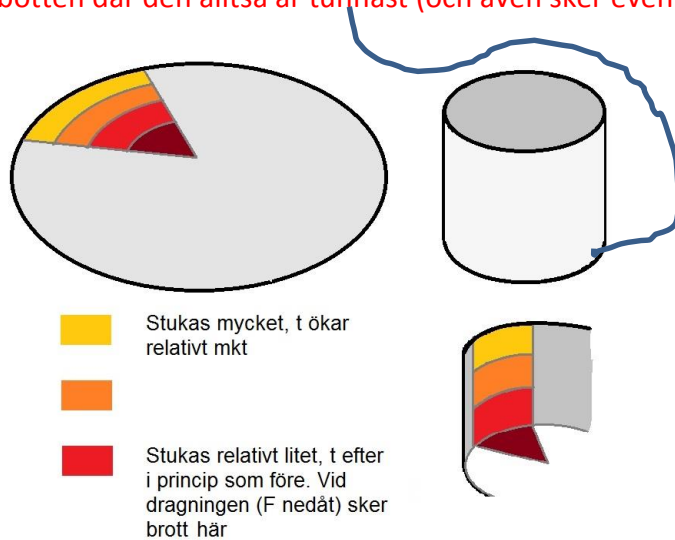
*Obs man måste inte resonera med korrekta benämningar eller beteckningar men motsvarande ”parametrar” bör behandlas för full poäng.*

## 6. Plastisk bearbetning - plåtformning (5p)

- a) Varför brukar man säga att återfjädring är något som märks mycket vid bockning? Förklara! (2,5p)
- b) En kopp som tillverkas med dragpressning har inte samma tjocklek överallt. Varför inte? Förklara kort. Var blir den tunnast? (2,5p)

a) Vid böckning finns ett neutralplan ungefär i mitten av plåtens tvärsnitt där spänningen är noll. Vid böckningen fås dragspänningar på utsida och tryckspänningar på insidan av böcken. Detta leder till att spänningen också är s.a.s. nära noll runt neutralplanet och därför inte plasticerat. Dvs en ganska stor andel av volymen deformeras enbart elastiskt, när böckningen är klar återgår spänningen och deformationen till 0 dvs återfjädrar:

b) Materialet längs ut måste stukas mkt i omkretsled för att komma in i koppen, dvs dess tjocklek ökar (gula elementet nedan). Tjockleken närmast botten är i princip som före. Detta leder vid dragningen slutet till att tjockleken minskas mycket i botten där den alltså är tunnast (och även sker eventuellt brott här).



## 7. Plastisk bearbetning – beräkning (8p)

En cylindrisk kuts med utgångsdiametern 30 mm kallsmidis ihop så att diametern ökar till 40 mm. Utgångshöjden är 35 mm. Deformationen antas ske homogent. Ludwicks ekvation kan tecknas:

$$k_f = 150 \cdot \phi^{0,25} \quad [\text{N/mm}^2]$$

- a) Vad blir medeltrycket om friktionen kan sättas till  $\mu=0,3$  ? (4p)
- b) Om man skulle anbringa det tryck du får i a) och istället antar att friktionen är 0 – hur stor skulle minskningen i höjd då bli? (4p)

a)

$$\text{LKV ger } h_1 = \text{sluthöjd} = 30^2 \cdot 35 / 40^2 = 19,7 \text{ mm}$$

$$\text{Ger } \phi = |\epsilon_1| = \ln(19,7/35) = -0,5754 \quad \phi = 0,5754$$

$$k_f = 130,64$$

$$p_m = 130,64 (1 + \mu \cdot 2/3 \cdot r/h) = 130,64 (1 + 0,3 \cdot 2/3 \cdot 20/19,7) = 157,2 \text{ N/mm}^2$$

b)

Trycket  $p_m = 157,2 \text{ N/mm}^2$

Om detta anbringas utan friktion ger det att  $k_f = 157,2 \text{ N/mm}^2$

$$k_f = 150 \cdot \phi^{0,25} \rightarrow k_f^4 = 150^4 \cdot \phi \rightarrow \phi = 157,2^4 / 150^4 = 1,205 \text{ ger } \varepsilon_1 = -1,205$$

$$\varepsilon_1 = -1,205 = \ln(h_1/h_0) = \ln(h_1/35) \Rightarrow h_1/35 = e^{-1,205} \quad h_1 = 35 \cdot e^{-1,205} = 10,5 \text{ mm}$$

(Minskningen i höjd alltså  $35 - 10,5 = 24,5 \text{ mm}$ .)



**Plastisk bearbetning**

**v.Mises flytkriterium:**  $k_f = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]}$

**Flytvillkor:**  $k_f \geq \sigma_s$

**Effektiv töjning:**  $\phi = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2}$

**Lagen om konstant volym:**  $\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 = 0$

**Sann töjning:**  $\varepsilon = \ln \frac{l}{l_o}$

Speciella bearbetningsfall:

**enaxlig dragning:**  $\sigma_1 = k_f \qquad \varepsilon_1 = \phi$

**enaxlig stukning:**  $\sigma_1 = -k_f \qquad \varepsilon_1 = -\phi$

Arbete (energi):

**Specifika formändringsarbetet:**  $w = \int k_f d\phi = \frac{K\phi^{n+1}}{n+1}$

**Formändringsarbetet:**  $W = V \int k_f d\phi$

Inverkan av friktion:

**Stukning, rund kuts:**  $p_m = k_f \left( 1 + \frac{2 \cdot \mu \cdot r}{3 \cdot h} \right)$

## Skärande bearbetning

**Skärhastighet:**  $v_c = \pi \cdot D \cdot n$

**Skärkraft (svarvning):**  $F_c = k_c \cdot A_D = k_c \cdot a_p \cdot f$

**Specifik skärkraft:**  $k_c = \frac{F_c}{A_D} = k_1 + \frac{k_2}{h_D}$

**Nominell spåntjocklek:**  $h_D = f \cdot \sin \kappa_o$

**Effektbehov svarvning:**  $P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60}$   $P_M = \frac{P_c}{\eta}$

**Bearbetningstid:**  $t_s = \frac{L}{f \cdot n}$

**Teoretisk ytjämnhet:**  $R_y = (R_t) = \frac{f^2}{8 \cdot r_\epsilon}$  [mm]

**Bordsmatning fräsning:**  $v_f = f_z \cdot z \cdot n$  [mm/min]

**Avverkningshastighet fräsning:**  $Q = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f}{1000}$  [cm<sup>3</sup>/min]

**Effektbehov fräsning:**  $P_{cm} = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f \cdot k_{cm}}{60 \cdot 10^6}$  [kW]  $P_{Mm} = \frac{P_{cm}}{\eta}$

**Medelspåntjocklek** **Valsfräsning:**  $h_m = f_z \sqrt{\frac{a_e}{D}}$

**Ändplansfräsning:**  $h_m = \frac{f_z \cdot a_e \cdot 360}{\pi \cdot D \cdot \omega_e} \sin \kappa$