

# **LÖSNINGAR till:**

## **Tentamen i Tillverkningsprocesser Z, MTT110**

<b>Datum:</b>	16 Mars 2015
<b>Tid/plats:</b>	08:30-12:30, "Maskin"-salar
<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
<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 - verktygsmaterial och förslitning (9p)

Hårdmetall är idag det vanligaste skärmaterialet.

- a) Vad består hårdmetall av? Namnge de två viktigast beståndsdelarna (vilka material är det typiskt?). (1p)
- b) Ovanstående beståndsdelar kan blandas i olika proportion för att styra egenskaperna hos skäret.
- Hur då?
  - Samt, hur skulle du säga att man typiskt skulle blanda för att anpassa egenskaperna för:
    - skär för grovsvarvning?
    - skär för finsvarvning?

Dvs vilka egenskaper önskas i vilket fall och hur har man styrt det? (4p)

- c) Diskutera två förslitningstyper (välj själv vilka): Beskriv dem kort (inklusive hur förslitningen sker) samt var på skäret de är lokaliserade! (4p)

a) Viktigaste: WC och Co. Wolframkarbid och Kobolt (ibland Nickel enligt Hågeryd).

b) Mängden WC avgör hårdheten eller slitstyrkan

Mängden bindemetall avgör segheten (mer ger segare).

Skär för grovsvarvning: Här kan kraften bli hög därför behövs högre seghet som styrs genom att öka bindemedelsmängd.

Skär för finsvarvning: Här är seghet mindre krav. Dock ska yta och geometri bli bra så man vill minska förslitning (fas) vilket görs genom att ha högre hårdhet (slitstyrka), dvs hög mängd hårdfas. Kommentar: kräver viss egen slutledning. Dock finns svaret t ex i fig 5.23.

c) Typiskt 2 av (se även 5.4.2-5.4.4):

-Urgryning beror på höga mekaniska påkänningar

-Plastisk deformation pga höga krafter och att man deformerar skäret

- Fasförslitning som sker på släppningssida genom nötning av hårda partiklar.

Se fig 5.29.

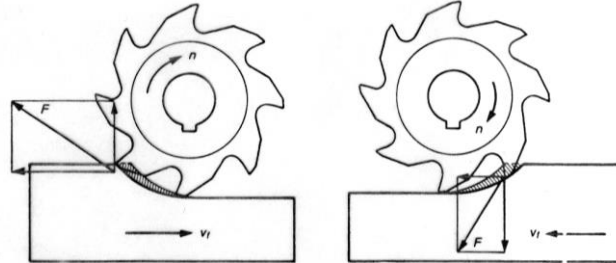
## 2. Skärande bearbetning - Fräsning (5p)

- a) Rita en figur (eller två) som visar skillnaden mellan med- och motfräsning. Förklara kort minst två viktiga skillnader med avseende på kraft, spånbildning eller yta. (4p)

- b) Vad händer med skärkraften (vid fräsning) om varvtalet halveras (och allt annat hålls konstant)? (Mkt kort motivering krävs. (1p)

Motfräsning

Medfräsning



a) Skillnader: Motfräsning har liten spåntjocklek i början och stor i slutet vilket ger att verktyget glider mot ytan i början snarare än skär, kan ge mer slitage och sämre yta, Medfräsning kan dock ge slagpåkänning då spåntjocklek störst i början. Motfräsning tenderar att lyfta arbetsstycke (uppåt i bilden) medan medfräsning snarare pressar ned (in) arbetsstycket vilket är positivt ur stabilitetssynpunkt.

b) Tänkt svar:

$v_f = f_z \cdot z \cdot n$ , När  $n$  halveras kommer tandmatningen att dubblas (vid bibehållen  $v_f$  och  $z$ ) - Dubblad  $f_z$  leder till ökad skärkraft. ((Om  $k_c$  konstant) ökar  $F_c$  med faktor 2.) Obs frågan rättas snällt då något olycklig formulering. Om man kommer fram t ex till att detta är omöjligt att allt skulle hållas konstant...eller att  $v_f$  måste vara det som justeras...bara man för vettigt resonemang kan man få poäng.

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

Axlar med utgångsdiameter 80 mm ska svarvas ner till en diameter på 74 mm med en matning på 0,5 mm/varv. Ställvinkeln är 75°.

Du vill för att klara din produktionstakt hålla en skärhastighet på 170 m/min.

Du har två svarvar tillgängliga. En med en motoreffekt på 6 kW och en på 10 kW. Bägge har en verkningsgrad på 75%.

Specifika skärkraften erhålls av:

$$k_c = \left( 800 + \frac{300}{h_D} \right) \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

- a) Klarar ingen, någon eller bägge svarvarna av operationen? (5p)
- b) Hur stor nosradie skulle du rekommendera för att garantera ett  $R_y$  på max 20  $\mu\text{m}$ ? (2p)
- c) Vad blir bearbetningstiden per axel? En axel är 350 mm lång. (2p)

a)

$$F.S. \text{ ger } P_m = 1/\eta \cdot F_c \cdot v_c / 60$$

$$F_c = k_c \cdot a_p \cdot f$$

$$a_p = 3$$

$$f = 0,5, \quad h_d = f \cdot \sin \kappa = 0,48296 \text{ ger } k_c = 1421 \text{ ger } F_c = 2131,7 \text{ N}$$

$$P_m = 1/\eta \cdot F_c \cdot v_c / 60 = 8 \text{ kW}$$

Dvs endast 10 kW-svarven klarar operationen.

b)

$$F.S. \text{ ger } \dots r_\epsilon = f^2 / 8R_y = 0,5^2 \cdot / 8 \cdot 20 \cdot 10^{-3} [\text{mm}] = 1,56 \text{ mm}$$

Rekommendationen måste vara större  $r_\epsilon$  för att ge finare yta (lämpligen 1,6 mm).

$$c) t = L / f \cdot n$$

$$n = v_c / \pi \cdot D = 170 / \pi \cdot 80 \cdot 10^{-3} [\text{m}] = 676,4 \text{ rpm}$$

$$t = 350 / 0,5 \cdot 676,4 = 1,03 \text{ min (62 sek).}$$

## 4. CNC-teknik (9 p)

Polymerbetong blir allt populärare att använda som stativmaterial i en CNC-maskin. Redogör för 3 fördelar och 3 nackdelar med att använda polymerbetong i detta sammanhang.

Fördelar:

- Spänningsfri konstruktion
- Förbättrad dämpning
- Mindre känslighet vad gäller värmevandring

Nackdelar

- Hög kostnad
- Gör maskinen mycket tung. Håller golvet?
- Svårt att underhålla om sprickor uppstår

För full poäng krävs redovisning och förklaring av ovanstående.

## 5. Plastisk bearbetning - tråddragning (5p)

Förklara ingående varför man brukar säga att det finns en optimal konvinkel vid tråddragning! Optimal  $m$  a  $p$  vad?

Optimum, dvs så lågt arbete eller kraft som möjligt är önskvärt.

Fig 3.60 måste finnas med, gärna tillsammans med 3.59

Låga vinklar: Friktionsarbetet blir stort då ytan är stor

Höga vinklar: Skjuvarbetet (deviationsarbete) blir stort då kraftig ("snabb") riktningsändring av materialflödet nödvändig

Summa energi är summa av dessa samt homogena deformationsarbetet (som beror bara av själva töjningen eller diameterskillnaden).

Denna summa får alltså ett minimum (enligt graf 3,60).

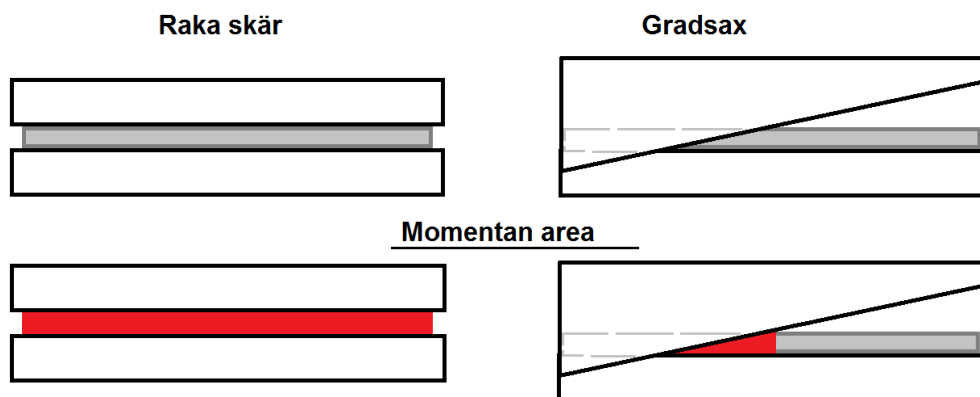
## 6. Klippande bearbetning (5p)

a) Vad är skillnaden mellan klippning och stansning? (1p)

Stansning är en klippoperation med en sluten kontur, t ex av hål. Klippning kan sägas vara övergripande men används då snarast för en "öppen" kontur, klippa av kant t ex.

b) Vad är en s.k. gradsax och vad är syftet med denna (förklara)? (4p)

I en gradsax lutar det övre saxskäret med ett visst gradtal. Syftet är att minska kraften genom en mindre momentan area.  $F=k_{sk} \cdot A$ , där  $A$  blir en triangel med mkt mindre area än vid raka skär, där hela bredden tas samtidigt. Den exakta momentana arean styrs av vinkeln (och tjockleken):



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

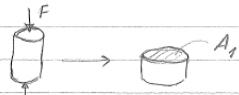
Du vill testa smörjmedel för kallsmide (i labb-skala):

- Du har ett otroligt dyrt smörjmedel gjort på teflon som ska ge att friktionskoefficienten blir  $\mu=0$ .
- Ett annat smörjmedel (Nr 2) som du funderar på att använda i produktion. **För detta vill du bestämma friktionskoefficienten.**

Du kör ett test där du kallsmidar små aluminium-kutsar, med 20 mm startdiameter och 30 mm starthöjd. Du smider ihop i pressen så respektive kuts blir 15 mm hög och din mätutrustning registrerar då maxkraften. Denna blev 136 respektive 160 kN.

a) Hur stor var friktionskoefficienten med smörjmedel Nr 2? Antag alltså här att friktionen var=0 för teflonet. (6p)

b) Du hittar efteråt i en materialdatabas en  $k_f$ - $\phi$ -kurva (med standardenheter) för det aktuella aluminiumet (se nedan). Var friktionen  $\mu=0$  för teflonet? (Du behöver bara konstatera om den tycks vara nära noll den tycks vara - inte räkna ut exakt  $\mu$ ). (2p)



Givet:  $D_0 = 20$   
 $h_0 = 30 \rightarrow h_1 = 15 \text{ mm}$

Trä fall  $F_I = 136 \text{ kN}$  maxkraft vid  $\mu=0$   
 $F_{II} = 160 \text{ kN}$  -  $\mu$  sökt

a) Sökt  $\mu$  för fall II (smörjmedel Nr 2)

Enklaste? lösningen:

$$F_I = k_f \cdot A_f \text{ p.g.a. axialsymmetri och } \mu=0 \text{ (} A_f = \text{slutarca)}$$

$$F_{II} = p_m \cdot A_f = k_f \left(1 + \frac{2}{3} \mu \frac{r_1}{h_1}\right) \cdot A_f \text{ enl. F.S.}$$

$$136 = k_f \cdot A_f \Rightarrow k_f = \frac{136}{A_f} \text{ in i ...}$$

$$160 = k_f \left(1 + \frac{2}{3} \mu \frac{r_1}{h_1}\right) \cdot A_f$$

$$\Rightarrow 160 = \frac{136}{A_f} \left(1 + \frac{2}{3} \mu \frac{r_1}{h_1}\right) \cdot A_f$$

$$\Rightarrow \mu = \left(\frac{160}{136} - 1\right) \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{h_1}{r_1}$$

$$r_1 \text{ fås ur LKV } D_1^2 = D_0^2 \cdot \frac{h_0}{h_1} \Rightarrow D_1 = 28,284 \text{ } r_1 = 14,142$$

$$\Rightarrow \mu = 0,28$$

Alternativ lös.

$$\textcircled{I} F_I = k_f \cdot A_f \text{ dvs } k_f = \frac{F}{A_f}$$

$$A_f = \{ \text{LKV} \} = 628,32 \text{ mm}^2 \quad (D_1 = 28,28)$$

$$\Rightarrow k_f = \frac{136 \text{ kN}}{628,35} = 216,45 \text{ N/mm}^2$$

$$\textcircled{II} F_{II} = p_m \cdot A_f = k_f \left(1 + \frac{2}{3} \mu \frac{r_1}{h_1}\right) \cdot A_f$$

$$= 216,45 \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \mu \cdot \frac{14,14}{15}\right) \cdot 628,32 = 160000 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \mu = 0,28$$

b)  $k_f = \frac{F_I}{A_f}$  de friktionsfrik och axialsym. (behöver ej motiveras ängö)

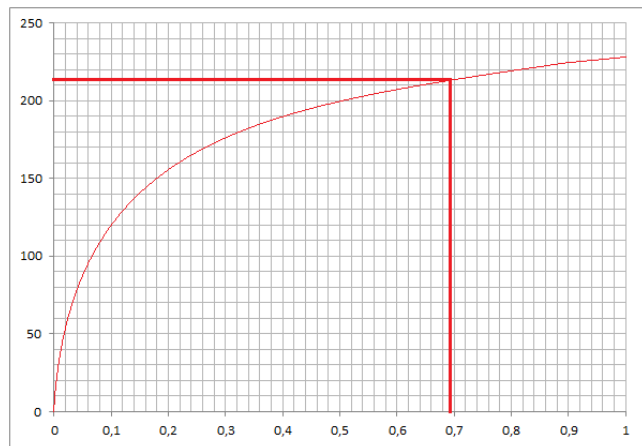
$$k_f = 216,45 \text{ N/mm}^2$$

$$\phi = |\epsilon_1| \text{ eller } \phi = -\epsilon_1$$

$$\text{där } \epsilon_1 = \ln \frac{h_1}{h_0} = \ln \frac{15}{30} = -0,693 \quad \phi = 0,693$$

I diagrammet fås att  $k_f = 212 - 215 \text{ N/mm}^2$

Dvs mkt nära men strax under uträkn.  $k_f$   
 Alltså  $\mu = 0$  var ett rimligt antagande



**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:** 
$$\sigma_1 = k_f \quad \varepsilon_1 = \phi$$

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

Arbete:

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

**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:**  $R_y = \frac{f^2}{8 \cdot r_\varepsilon}$  [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:**  $h_m = \frac{f_z \cdot a_e \cdot 360}{\pi \cdot D \cdot \omega_e} \sin \kappa$