

LÖSNINGAR till

Tentamen i Tillverkningsprocesser Z, MTT110

| | |
|------------------------------|--|
| Datum: | 13 Mars 2017 |
| Tid/plats: | 08:30-12:30, "Maskin"-salar |
| Examinator: | Gustav Holmqvist, 031- 772 5026 |
| Hjälpmedel: | Typgodkänd kalkylator, bifogat formelblad (finns sist i tentamenstesen), Beta (Mathematics Handbook), linjal, passare och cirkelmall |
| Resultatrapportering: | Meddelas via LADOK-mail (senast 31 mars) |
| Granskning: | <u>Granskningstillfällen:</u> 5 april, 6 april 12.30-13.15, Gamma |
| Betygsgränser: | betyg 3: 20 - 29,5p betyg 4: 30 - 39,5p betyg 5: 40 - 51,0p |

Allmänna tentaanvisningar:

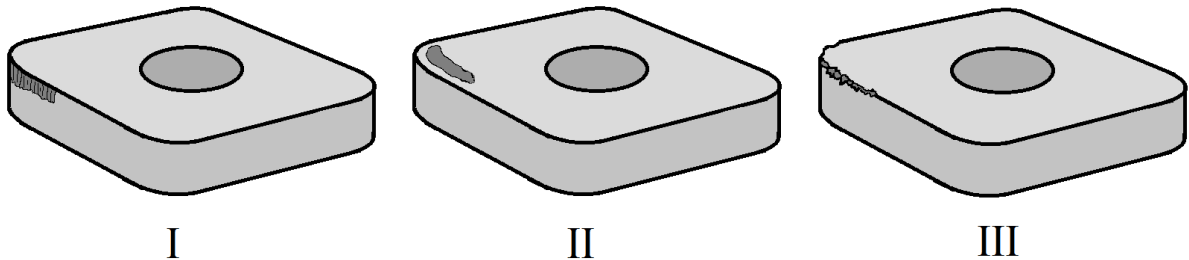
Det är DIN uppgift att visa den rättande läraren att Du förstått och behärskar kursinnehållet. Svara utförligt och motivera dina svar. Skriv tydligt!

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

Lycka till!

1. Skärande bearbetning – verktygsförslitning (8p)

Nedanstående figur visar schematiskt några förslitningstyper på verktyg för skärande bearbetning. Obs – i samtliga fall har material avlägsnats, dvs det finns ingen adhesiv process i något fall.



- a) Vad kallas respektive typ samt vad är orsaken, dvs mekanismen bakom respektive typ? (3 p)
- b) Om vi antar att det är hårdmetall i verktyget – hur skulle du för respektive typ föreslå att innehållet i hårdmetallen förändrades för att minska respektive förslitningstyp? (3 p)
- c) Vid bearbetning av gjutjärn (som är ett sprött material) är en de tre typerna ovan mycket ovanlig. Vilken och varför? (2 p)

a) I: Fasförslitning, orsak – nötning (abrasiv) av hårda partiklar i arbetsmaterialet.

II: Gropförslitning, orsak – diffusion, dvs drivs av temperatur. Material ur verktyget diffunderar in i spånan ("atomutbyte") och tvärtom.

III: Urflisning (eller urgryning), orsak: för hög mekanisk belastning på skäreggen. Kan även vara större inneslutningar i arbetsmaterialet eller diskontinuerliga skärförlopp.

b) I: En mer nötningbeständig dvs typiskt hårdare sort vilket innebär mer av WC.

III: Kräver typiskt en segare sort, dvs mer Co.

II: En mer temp.beständig/diffusionsbeständig sort vilket styrs av andra tillsatser än WC och Co. TiC, TaC och NbC används, dessa behöver ej nämnas för full poäng om man kan förklara ändå.

c) Då sprött material fås korta (klyv)spån dvs ingens spåna som ligger an på verktygets spånsida. Dvs gropförslitning är inte trolig.

2. Skärande bearbetning - lösegg (7p)

- a) Förklara vad lösegg är och hur den uppkommer. Rita figur. (3 p)
- b) Hur kan den undvikas? (2 p)
- c) Vad har löseggen för negativa effekter? Diskutera kort. (2 p)

a) Lösegg är en ansamling påsvetsat material på spånsidan, se fig 5.18. Det krävs en viss (rel. hög) temp-nivå för att påsvetsningen ska kunna äga rum. Dvs materialet blir segt och kan dessutom svetsa fast. Också krävs ett högt tryck vilket vi har på materialets spånsida (nominella spånarean).

b) . Risk för lösegg minskar om man höjer eller sänker temperaturen samt också om man minskar friktionen. Dvs kan man öka skärhastigheten (materialet blir mkt lättdeformerbart och dessutom med den höga hastigheten mindre enkelt fastnar på verktyget). Men även sänka den (materialet då mindre mjukt och kletningstendens minskar). ((Även kan nämnas saker som skärvätska (påverkar temp) och ytbeläggning på verktyget (påverkar friktionen)).

b) Kan typiskt ge ytdefekter på detaljen i form av att påsvetsat material på löseggen lossnar och då kommer att kunna fastna på arbetsstycket. Löseggen kan ta med sig material då den lossnar från verktyget – blir en slags förslitning, Skärgeometrin kan vidare sägas ändras generellt (se fig).

3. Skärande bearbetning – beräkning (9p)

En detalj ska bearbetas invändigt med svarvning - Ett hål som är 78 mm djupt och 30 mm i diameter ska svarvas till en diameter 40 mm.

- Svarven har en motoreffekt på 12,5 kW och en verkningsgrad på 80 %.
- Matning och skärhastighet har rekommenderade värden på 0,5 mm/varv respektive 225 m/min. Det är här viktigt att man använder just dom rekommenderade värdena.
- Verktyget har en ställvinkel på 95°
- Specifika skärkraften för materialet följer uttrycket:

$$k_c = \left(1200 + \frac{350}{h_D} \right) \quad [\text{N/mm}^2]$$

- a) Svarven har ett maxvarvtal på 2500 rpm. Funkar denna för rekommenderade skärdata? (1 p)
- b) Hur många skär (passager) bör man ta? Motivera med beräkningar. (6 p)
- c) Vad blir teoretiska ytjämnheten vid en nosradie på 0,8 mm? (1 p)
- d) Vad blir totala bearbetningstiden (ingreppstiden)? (1 p)

2) Givet

$D_o = 30 \text{ mm}$
 $D_i = 40 \text{ mm}$
 $L = 78 \text{ mm}$
 $P_m = 12,5 \text{ kW}$ $\eta = 0,8$
 $f = 0,5 \text{ mm/varv}$
 $v_c = 225 \text{ m/min}$
 $k_c = 1200 + 350/h_p$
 $K_s = 95^\circ$

a) Givet $n_{\max} = 2500 \text{ rpm}$

Sökt OK med ovanst. skärdata?

Lös Varvtal ges av $v_c = \pi D n$

Vi behöver $n = \frac{v_c}{\pi D} = \frac{225}{\pi \cdot 30 \cdot 10^{-3}} = 2387 \text{ rpm}$

Dvs ok med 2800!

Är det största varvtal som kan krävas. Kan evt. ge full påtryck även för 35 eller 40 mm beroende på resning

b) Sökt Hur många passager krävs?

Lös Enda begränsning är P_m , (flera sätt att räkna finns)

I Beräkning effektbehov en passager, $a_p = 5$

$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60}$, $F_c = k_c \cdot f \cdot a_p$

$k_c = 1200 + 350/h_p$, $h_p = f \sin K_s = 0,4981 \text{ mm}$
 $k_c = 1902,7 \text{ N/mm}^2$

$\Rightarrow F_{cI} = 4756,7 \text{ N} \Rightarrow P_{cI} = 17,8 \text{ kW}$

Tillgängligt $P_c = P_m \cdot \eta = 10 \text{ kW}$

Alltså OK

Doch om man tar två passager $a_p = 2,5$

\Rightarrow (ke samma)

II ... $\Rightarrow P_{cII} = (\text{halverad}) = 8,9 \text{ kW}$ Alltså OK.

Svar 2 passager

c) Givet $r_E = 0,8 \text{ mm}$
 $R_t = \frac{f^2}{8r_f} = \frac{0,5^2}{8 \cdot 0,8} = 0,039 \text{ mm} = 39 \mu\text{m}$

d) $t_s = \frac{L}{f \cdot n}$, $n = \frac{v_c}{\pi D}$

Först passagen $n = \frac{225}{\pi \cdot 35 \cdot 10^{-3}} = 2046 \text{ rpm}$

$\Rightarrow t_{sI} = \frac{78}{0,5 \cdot 2046} = 0,076 \text{ min}$

Sista passagen $n = \frac{225}{\pi \cdot 40 \cdot 10^{-3}} = 1790 \text{ rpm}$

$\Rightarrow t_{sII} = \frac{78}{0,5 \cdot 1790} = 0,087 \text{ min}$

$\Rightarrow t_{s\text{tot}} = 0,16 \text{ min} = 9,8 \text{ sek}$

* Räkning enligt ovan på fråga d) $\Rightarrow 2p$

* Om räkning $2 \times 0,087 \text{ min} = 0,174 \text{ min} = 10,5 \text{ sek} \Rightarrow 1p$

4. NC-maskiner (6 p)

- När man beskriver en verktygsmaskins noggrannhet brukar man ange denna i 3 storheter. Vilka?
- Utöver verktygsmaskinens egen noggrannhet enligt ovan finns det ett antal avvikelser relaterade till skärprocessen som i högsta grad påverkar noggrannheten av den bearbetade produkten. Ange och beskriv 3 sådana processparametrar.

3 storheter:

- Verktygsmaskinens repeter Noggrannhet
- Verktygsmaskinens vändglapp
- Verktygsmaskinens totala noggrannhet. (Inkluderar masinens positioneringsavvikelse, repeter Noggrannhet och vändglapp.)

Machining Process Errors

The main sources of uncertainty deriving from the machining process are tool deflection, tool wear and vibration of the machine, tool or part.

- *Tool deflection*
- *Tool wear*
- *Vibration*

- *Tool-holder and Workpiece clamping*

5. Plastisk bearbetning – strängpressning (extrusion) (6 p)

Vad bör man som konstruktör tänka på då man konstruerar en profil i aluminium som ska strängpressas? I boken spaltas upp 6 st punkter ungefär som de som gicks igenom på föreläsningen.

Presentera 4 punkter, dvs 4 saker man bör tänka på, gärna med figur(er). För full poäng måste du för 2 av punkterna förklara varför det är viktigt att tänka just denna punkt utifrån processens funktion.

Ta vidare i ditt svar även kort upp varför att utforma detaljer som hålformade profiler ("rör") blir dyrare (än att ha öppna profiler).

Dom 6 punkter som finns i boken (se fig på slide 41, Föreläsning 2 Plastisk Bearb), 4 av dessa:

- Symmetrisk tvärsnitt, beror på att ingångs-materialet är en enkel cylinder som ska omformas till profil. Om osymmetrisk detalj kommer materialet att behöva omformas/flyttas kraftigt över profilens tvärsnitt och detta kan leda till problem (för stora töjningar/brott).
- Liten variation av godstjocklek önskvärd
- Mjuka övergångar mellan tjockare och tunnare delar
- Rundade hörn invändigt & utvändigt
- Vid U-formad profil ska avstånd mellan skänklarna (toppen av U-et) göras tillräckligt stort: Beror på att det ligger på en stor kraft på verktyget och man riskerar att bryta av mitten av verktyget.
- Undvika mkt tunna tjocklekar.

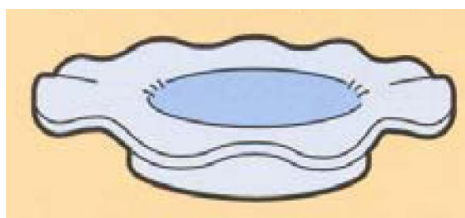
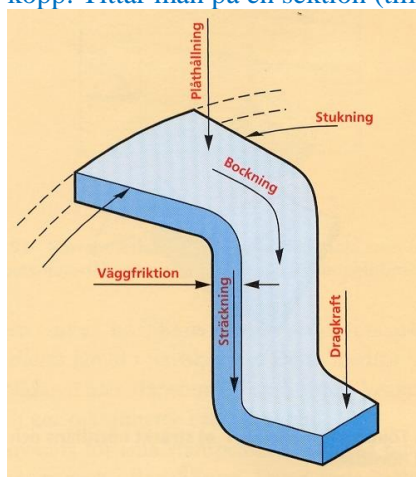
Hålfiler görs genom att centrumdel i verktyget hålls fast med bryggor. Materialet "splittas" då upp i första delen i verktyget men svetsas/välls samman i sista delen. Fig typ 3.55 lämpligt. Verktyget väsentligt mer komplext (sammansatt). Verktyg för öppen profil är en platta med 2D-hål och rel. billig.

6. Plåtformning - Dragpressning (6p)

Vid dragpressning kan fås flera fel, dom viktigaste är brott respektive veckbildning.

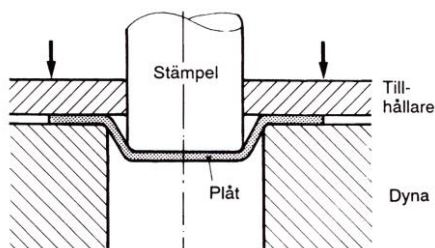
- Förklara *vad* som menas med veckbildning, *var* man får det samt *varför* man typiskt får veck. (3 p)
- Brott (sprickbildning) fås typiskt på ett visst ställe på koppen. *Var* då? Och – *varför* fås sprickan på just detta ställe? (3 p)

a) Vid koppdragning ska materialet dras in i verktyget och måste omformas från en rund plan plåt till en kopp. Tittar man på en sektion (till vänster):

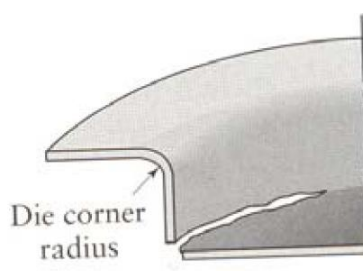
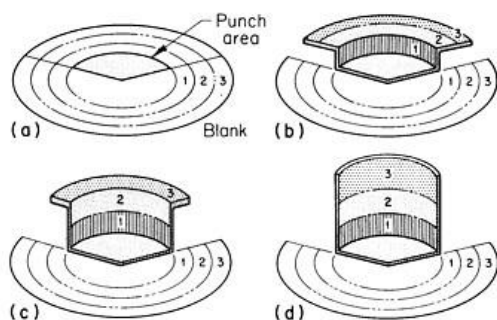


... kan man se att materialet därför måste stukas ihop för att "få plats". Denna stukning kan ju lätt leda till veckbildning – på "flänsen" hos koppen (ovan till höger)

Genom att ha en tillhållare med ett visst tryck kan detta undvikas. (Dvs för lågt tryck en orsak till veck).



b) Materialet som ska dras ner kommer stukas olika mkt. Materialet i "element" 3 nedan stukas mer än i element 1. Detta leder till att koppen i slutskedet är tjockare längst upp än längst ner. Sker eventuellt ett brott kommer det ske längst ner då redan tunnast där



7. Plastisk bearbetning – beräkning (8p)

Mässningstråd ska i en verkstad dras till en exakt diameter på 1,2 mm. Man har utgångsämne (också tråd) i rätt material som är på 1,5 mm diameter. Man ska göra detta i en operation (en reduktion).

- a) Beställningen är på 5000 m tråd. Hur lång tråd måste man ha som utgångsämne? Hela tråden tillverkas i ett drag. (2 p)

- b) Vad blir energibehovet (arbetet) för hela längden? Materialet har en Ludwicks ekvation som lyder:

$$k_f = 300 \phi^{0,3} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (5 \text{ p})$$

- c) Vad blir materialets sträckgräns efter dragningen? (1 p)

7 a) Givet $D_0 = 1,5 \text{ mm}$ $L_0 = 5000 \text{ m}$!
 $D_1 = 1,2 \text{ mm}$ $L_1 = 5000 \text{ m}$
 $k_f = 300 \phi^{0,3}$

Lösning LKV \Rightarrow

$$\frac{\pi D_0^2}{4} \cdot L_0 = \frac{\pi D_1^2}{4} \cdot L_1$$

$$L_0 = L_1 \cdot \frac{D_1^2}{D_0^2} = \underline{3200 \text{ m}}$$

- b) Arbetet (idela) ges av

$$W_i = V \cdot \int k_f d\phi = V \cdot \frac{k_f \phi^{n+1}}{n+1}$$

$$\phi = |\epsilon,1| = \{1 - \text{längsred}\} = \ln \frac{L_1}{L_0} = 0,446 = \phi$$

$$W_i = \frac{\pi \cdot 1,2^2 \cdot 5000 \cdot 10^3}{4} \cdot 300 \cdot 0,446^{1,3} / 1,3$$

enheter: $\text{mm}^3 \cdot \text{N/mm}^2 = \text{Nmm}$

$$5655 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \cdot 80,85 \text{ N/mm}^2 = \underline{457 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}$$

$$= \underline{457 \text{ kNm}}$$

- c) Ny sträckgräns ges av Ludwicks ekv.

dras $k_f = 300 \cdot \phi^{0,3}$ Vid $\phi = 0,446$ är

$$k_f = \underline{235 \text{ N/mm}^2} \text{ den nya sträckgränsen}$$

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: $\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$

Speciella bearbetningsfall:

enaxligt spänningstillstånd: $\sigma_1 = k_f$

axialsymmetrisk deformation: $\phi = |\varepsilon_1|$

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:

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60} \quad P_M = \frac{P_c}{\eta}$$

Bearbetningstid:

$$t_s = \frac{L}{f \cdot n}$$

Teoretisk ytjämnhet:

$$R_y = (R_t) = \frac{f^2}{8 \cdot r_\epsilon} \quad [\text{mm}]$$

Bordsmatning fräsning:

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n \quad [\text{mm/min}]$$

Avverkningshastighet fräsning:

$$Q = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f}{1000} \quad [\text{cm}^3/\text{min}]$$

Effektbehov fräsning:

$$P_{cm} = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f \cdot k_{cm}}{60 \cdot 10^6} \quad [\text{kW}] \quad P_{Mm} = \frac{P_{cm}}{\eta}$$

Medelspåntjocklek

Valsfräsning:

$$h_m = f_z \sqrt{\frac{a_e}{D}}$$

Ändplansfräsning:

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