

LÖSNINGAR TILL:

Tentamen i Tillverkningsprocesser Z, MTT110

Datum:	12 Mars 2017
Tid/plats:	08:30-12:30, "Maskin"-salar
Examinator:	Gustav Holmqvist, 031- 772 5026
Hjälpmedel:	Typgodkänd kalkylator, bifogat formelblad (finns sist i tentamenstesesen), Beta (Mathematics Handbook), linjal, passare och cirkelmall
Resultatrapportering:	Meddelas via LADOK-mail (senast 2 april)
Granskning:	12 april 12.30-13.15, Gamma
Betygsgränser:	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 (8p)

Verktygsmaterial har flera viktiga egenskaper (minst 2):

- a) Vilka är de viktigaste egenskaperna hos ett verktygsmaterial? (Avser alltså material i skäret). Förklara också varför dessa respektive egenskaper är viktiga inom skärande bearbetning! (3 p)

Hårdhet (eller slitstyrka) och seghet i första hand

Hårdhet viktigt då det ger ett förslitningsmotstånd (främst mot abrasiv förslitning) och/eller gör att man kan köra med högre skärhastighet.

Seghet gör att skäret klarar hög belastning, även t ex mot slag och liknande, vid höga matningar eller vid fräsning.

- b) Vad är hårdmetall? Vad innehåller h.m.? Hur ges materialet de önskade egenskaperna (från uppgift a) – eller annorlunda uttryckt – hur kan egenskaperna styras? (3 p)

Hårdmetall är en ”komposit” av pulver av WC och Co där den första ger just hårdhet och Co är en ”bindemetall” som ger seghet.

Och genom att blanda dessa i lagom proportioner erhålls just den kombination hårdhet/segnet man är ute efter.

- c) Hur står sig verktygsmaterial som snabbstål respektive keramik gentemot hårdmetall med avseende på dessa egenskaper? (1 p)

Snabbstål är segare men mindre hårt

Keramik mindre segt (rent av sprött) men hårt (speciellt vid höga temp).

- d) Ange en fördel och en nackdel med diamant som skärmaterial! (Ej kopplat till egenskaper ovan nödvändigtvis.) (1 p)

Diamant är extremt hårt och slitstarkt men reagerar över viss temperatur tyvärr t ex med kolet i stål och bryts då ner.

2. Skärande bearbetning - verktyg, geometri mm (8p)

- a) Upprymmare och brotsch är verktyg som används vid hålbearbetning.

- Vad används dessa till principiellt i detta sammanhang, och hur skiljer sig utformningen av verktygen från ett vanligt spiralborr?

- Vad är egentligen alltså nackdelen med ett vanligt spiralborr och varför? (4 p)

b) Vilken påverkan har ställvinkeln hos verktyget på storleken på *huvudskärkraften* vid längsvarvning och varför? Du behöver inte härleda något samband utan bör kunna med lämplig figur och resonemang och eventuellt någon formel påvisa om den ökar/minskar och varför. Var noga med att definiera vinkeln (med figur).

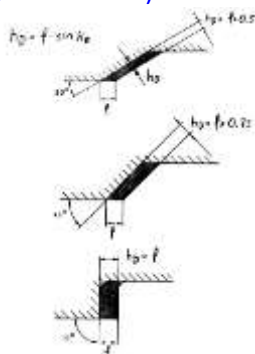
(2 p)

c) Vilken påverkan har spånvinkeln hos verktyget på storleken på *huvudskärkraften* vid skärande bearbetning och varför? Ökar/minskar den och varför med förändrad spånvinkel? Var återigen noga med att definiera vinkeln korrekt!

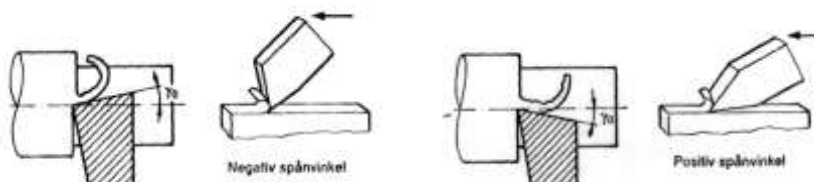
(2p)

a) Upprymmare och brotsch används för att förbättra noggrannhet (tolerans, yta, form) hos hål efter en borring. Ett borrhål kan ta hela hålets diameter medan arbetsmånen eller skärdjupet är litet vid uppr./brotschn. Bägge kan därför ges en mkt kraftigare kärna än ett spiralborr (som måste ha plats för spånevakuering och blir alltså "klenare"). Detta gör dem mekaniskt stabilare. (Upprymmare ser mest ut som spiralborr av de två och används före en brotsch. Brotsch skiljer sig mer, se fig 5.97-98).

b) Med minskande ställvinkel (från 90° enligt nedan) blir spånan tunnare. Ett lägre h_D leder till en högre spec skärkraft k_c (då $k_c = k_1 + k_2/h_D$) vilket i sin tur leder till en högre F_c (då $F_c = k_c \cdot A_D$, A_D är konstant).

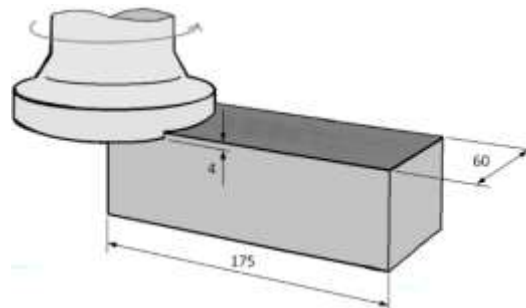


c) Vid mer negativ spånvinkel erhålls kraftigare deformation (mer skjuvning) vilket ökar kraften då den kraft som fås är ett resultat just av denna deformation. På motsvarande sätt fås lägre kraft vid mer positiv spånvinkel.



3. Skärande bearbetning – beräkning (8p)

En planfräsning utförs enligt bilden nedan. En passage görs då hela bredden tas samtidigt och höjden minskas med 4 mm (på hela bitens längd 175 mm). Fräsen har en diameter 100 mm, och 6 tänder. Enligt verktygsleverantören kan fräsen utsättas för en maximal tandmatning på 0,15 mm och en maximal skärhastighet på 295 m/min. Materialet är ett låglegerat stål med $k_c=2500 \text{ N/mm}^2$ (konstant).



- a) Fräsmaskinens maximala varvtal är 1000 rpm. Kontrollera först - fungerar ovanstående skärdata med avseende på varvtalet? (2 p)
- b) Fräsen har vidare en motoreffekt på 12 kW med en verkningsgrad på 80 %. Kan man med denna fräsmaskin utnyttja (den av verktygsleverantören bestämda) maximala tandmatningen och skärhastigheten vid operationen? (6p)

a) FS ger...

$$n_{\max} = 1000 \cdot v_{c,\max} / \pi \cdot D = 1000 \cdot 295 / \pi \cdot 100 = 939 \text{ rpm}$$

n alltså OK (< 1000)

b)

$$P_M = a_p \cdot a_p \cdot k_c \cdot v_f / 60 \cdot 10^6 \cdot \eta$$

$$v_{f,\max} = f_{z,\max} \cdot Z \cdot n_{\max}$$

(max anger alltså vad verktyget klarar och vad man vill köra med)

$$v_{f,\max} = 0,15 \cdot 6 \cdot 939 = 845,1 \text{ mm/min}$$

$$P_M = 4 \cdot 60 \cdot 2500 \cdot 845,1 / 60 \cdot 10^6 \cdot 0,8 =$$

$$= 10,6 \text{ kW}$$

Alltså OK då < 12 kW

4. CNC-maskiner (6 p)

- a) Hur håller en CNC-maskin reda på var den är, vilken dess position är?
– Det räcker med att du beskriver en princip för hur detta görs. (4 p)
- b) Beskriv kort skillnaden mellan glid-rätstyrningar respektive rull-rätstyrningar i en maskin, nämn också någon fördel för respektive teknik. (2 p)

a) I första hand avses beskrivning av principiellt motsvarande:



Ett mätton mäter läge (kan även säga förflyttning) längs axeln; fotoceller som mäter ("räknar") genomsläpp av ljus i gitter med genomsläppliga/icke genomsläppliga. Kopplas tillbaka till styrsystemet där signalen jämförs med börvärde i NC-programmet och en signal skickas till elmotorns förstärkare (servo) som driver motorn att flytta till rätt position.

Detta görs för varje axel. Vidare måste man starta med att man kör till en referensposition som man sedan utgår ifrån vid körning.

(Svar kan "tillåtas" inom olika delar av ovanstående. Tar man bara någon del behöver man gå ngt djupare för full poäng. Även kan mätning ju ske på motorns läge och inte på axeln mm).

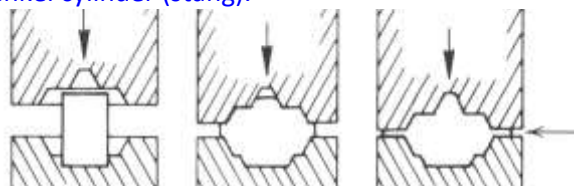
b) Bägge är till för att kunna köra maskinen rätlinjigt i en axels riktning (och har alltså egentligen bara en frihetsgrad). Glidlagret består av plana ytor medan rulllagret har just rullar emellan ytorna. Glid- är "stabilare"/mindre känsligt etc, medan rull- innebär lägre friktion/motstånd.

5. Plastisk bearbetning – smide (6 p)

- a) Beskriv metoden sänksmide!
-Notera fråga b) men svaren kan skrivas ihop om så önskas.
-Hur fungerar metoden i stort och vad används den till?
-Vilka syften har smide? Koppla till vad metoden används till. (3 p)
- b) Vid sänksmide bildas oftast skägg. Varför detta (går det att smida utan skägg)?
Samt - hur och varför är det viktigt att ha detta i åtanke när man tar fram verktyget ("sänket")? (2 p)
- c) Med friformsmide kan man även göra en hel del "formade" komponenter, även om men det också finns stora begränsningar.
Dock – varför kan ibland att bearbeta fram vissa formade komponenter med friformsmide vara lämpligt? (Alltså vad finns för fördel med friformsmide gentemot sänksmide?). (1 p)

a+b)

Sänksmide använder slag och tryck i en press med normalt två verktyg (över och under) som getts en geometri som skapar den tänkta geometrin hos metoden. Utgångsämne ofta en enkel cylinder (stång).



Syften: Ge form men även struktur. Det senare även kallat smideståga höjer hållf. Speciellt utmattning.

Används därför ganska ofta till detaljer som är utsatta för laster (speciellt dynamiska laster)

Volymen före – efter smidningen är konstant. För att garantera god formfyllnad ser man till att ha ett materialöverskott. Detta måste ta vägen någonstans, bildar skägget. Materialet får inte heller gå för lätt genom skäggbanan vilket gör skulle göra att materialet ej fyller formen. Särskilt i slutet av förloppet är det viktigt att få bra tryck i formen varför man oftast ger skäggbanan låg höjd eller med hinder i materialets deformationsväg. Utan skäggbildning kräver god volymkontroll, (bearbeta (svarva arbetsstycket t ex) och gör det kallt (ingen termisk volymändring)).

c) Huvudpoängen är att verktygskostnaden blir mkt lägre, dvs i princip används standardverktyg (plana ytor).

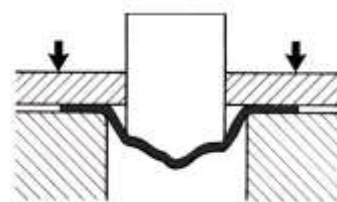
(Finns en annan anledning; då man vill ha smide av extremt stora detaljer – kan var omöjligt att göra i "ett slag" med sänksmide, medan friformsmide arbetar fram formen undan för undan.)

6. Plåtbearbetning (6p)

a) Sträckpressning: Denna metod är vid första anblicken lik dragpressning. Dock – vad är den stora skillnaden och hur påverkar det formningsförloppet och de komponenter som därmed kan tillverkas? (3 p)

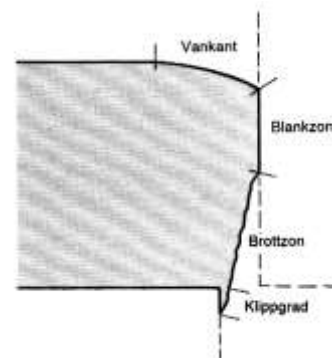
b) Klippande bearbetning: Beskriv klippförloppet vid klippning/stansning av plåt, samt hur en klippt yta (alltså sidoyta) bildas och ser ut. Här krävs inte benämningar utan mer beskrivning av förlopp och ytan (t ex kan man rita upp det hela). (3 p)

a) Sträckpressning skiljer sig mot dragpressning genom att man har en hög tillhållarkraft. I princip kan plåten låsas fast. Man får då en sträckning och plasticering av plåten vilket gör att man kan forma ("avbilda") mer komplexa former med ett verktyg (stämpel) som getts en komplex form.



Eftersom man får en sträckning och plasticering i princip direkt kan inte alls lika djupa detaljer tillverkas med metoden utan endast relativt "grunda" komponenter.

b) Inledningsvis böjs materialet ner plastiskt. Därefter börjar öververktyget (stansen) tränga in i materialet. Då stansen trängt in relativt mkt blir spänningarna så stora att sprickbildning sker. Av sprickbildning bildas brottytan (ojämn/prickig/skrovlig). Verktöget fortsätter nu neråt och blankzonen bildas (glidning stans mot yta). En grad bildas också mot det nedre skäret (dynan) i slutet då det ligger på en kraft nedåt pga friktion och materialet har "fritt fram" att deformeras över kanten.



7. Plastisk bearbetning – beräkning (8p)

En detalj i stål ska tillverkas med kallsmide. Den ska efter kallsmidet bli en enkel solid cylinder med diametern 48 mm och höjden 28 mm. Utgångsämnet är tänkt att vara stång med diametern 35 mm. Stången kapas till lämplig längd (dvs höjd) före smidningen. Ludwicks ekvation för materialet kan tecknas:

$$k_f = 400 \phi^{0,30} \quad [\text{N/mm}^2]$$

Beräkna:

- Vad blir formändringen (dvs effektiva töjningen)? (2 p)
- Vad blir materialets sträckgräns efter operationen? (1 p)
- Man har en tillgänglig press för ändamålet med 750 kN i max-kraft. Man är vidare rätt så säker på att friktionen inte är lika med noll. Vad måste teoretiskt friktionskoefficient ner till för att pressen ska gå att använda? (5 p)

a) $\phi = \left| \ln h_1/h_0 \right|$ p g a axial.sym.

$h_1 = 28$ h_0 ges av LKV:

$$h_0 \cdot \pi \cdot d_0^2 / 4 = h_1 \cdot \pi \cdot d_1^2 / 4 \quad \text{dvs} \quad h_0 = h_1 \cdot d_1^2 / d_0^2 = 28 \cdot 48^2 / 35^2 = 52,663 \text{ mm}$$

$$\phi = \left| \ln 28/52,663 \right| = 0,631706 \approx 0,63 \quad (\text{pos tecken})$$

b) Nya sträckgränsen ges av Ludwicks ekv, dvs k_f -värdet blir sträckgränsen.

k_f enligt Ludwicks ovan med $\phi=0,631706$ insatt

$$k_f = 348,5 \text{ N/mm}^2$$

c) $F_{\max} = p_{m(\max)} \cdot A_{\max}$

F.S. ger $p_m = k_f (1 + 2 \mu r_1 / 3 h_1)$

$$p_{m(\max)} = \text{i slutet} = 348,51 (1 + 2 \cdot \mu \cdot 24 / 3 \cdot 28)$$

$$A_{\max} = A_1 = \pi \cdot 24^2$$

$$F_{\max} = 348,51 (1 + 2 \cdot \mu \cdot 24 / 3 \cdot 28) \cdot \pi \cdot 24^2 = 750\,000 \text{ N}$$

$$\mu = (750\,000 / 348,5 \cdot \pi \cdot 24^2 - 1) \cdot (3 \cdot 28 / 2 \cdot 24) = 0,33 \text{ (mindre än!)}$$

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:

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

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: $Q = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f}{1000}$ [cm³/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: $h_m = \frac{f_z \cdot a_e \cdot 360}{\pi \cdot D \cdot \omega_e} \sin \kappa$