

EKSAMEN

Emnekode: IRM13112	Emnenavn: Materiallære og tilvirkningsteknikk, deleksamen tilvirkningsteknikk
Dato: 24. mai 2019 Sensurfrist: 14. juni 2019	Eksamenstid: 3 timer
Antall oppgavesider: 3 Antall vedleggsider: 2	Faglærer: Olav Aaker Oppgaven er kontrollert: Ja
Hjelpemidler: Skrivesaker, kalkulator, arbeidsmappe med øvinger	
Om eksamensoppgaven: Dersom du savner opplysninger som er nødvendige for å kunne løse oppgavene, bruk symboler eller rimelige verdier med begrunnelse. Oppgi alle svar i SI enheter hvis annet ikke er spesifisert. Kontakttelefon eksamensdagen: 94 80 64 30	
Kandidaten må selv kontrollere at oppgavesettet er fullstendig	

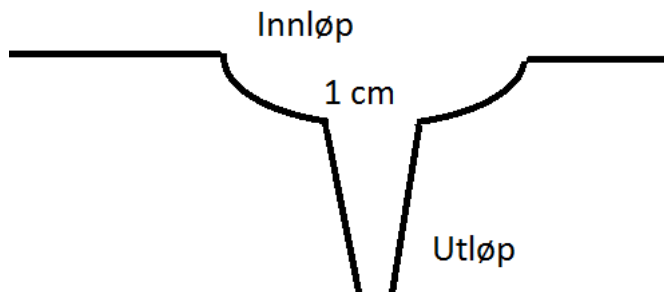


1: Noen spørsmål (20%)

Svar kort på følgende spørsmål

1. Hva er typisk forskjell i metallstruktur ved støping og smiing?
2. Hvorfor er det ikke ønskelig å ha lange spon ved maskinering?
3. Hva er en løsegg?
4. Hva forteller Bernoullis ligning om?
5. Hvorfor trenger vi Reynolds tall i forbindelse med støping?
6. Hvordan er egenskapene ved pulvermetallurgi i forhold til støping?
7. I mange tilfeller lages deler ved maskinering når man lager få eksemplarer, mens støping brukes til å lage større partier av et gitt produkt. Kan du tenkte deg hvorfor?
8. Et rør som bøyes 90 grader får gjerne en vinkel som er mindre enn 90 grader. Derfor må man bøye røret mer enn 90 grader hvis endelig vinkel skal være 90 grader. Hvorfor?
9. Forklar hva «kontinuitetsligningen» er.
10. Hvordan er materialforbruk ved pulvermetallurgi i forhold til maskinering?

2: Utforming av støpeform (25%)



Figur 1. Av plasshensyn er ikke proporsjonene på tegningen riktige. Riktige mål er gitt, eller skal regnes ut i oppgaven

Nedløpet i en sandform er som vist på figur 1. Følgende data gjelder for metallet som skal støpes:

- Tetthet: 7.6 g/cm^3
- Dynamisk viskositet: $2.75 \cdot 10^{-3} \text{ pa} \cdot \text{s}$

Nedløpet er 5 cm høyt. Diameter ved innløpet er 1 cm. Spørsmål:

1. Hva bør diameter ved utløpet være? Anta at innløpet er 2 cm under overflaten, og utløpet er 7 cm under overflaten av det flytende metallet.
2. Hva er strømningshastighet (m/s) nederst i nedløpet? Anta at diameter er slik at designligningen for nedløp er oppfylt. Dette vil tilsvare hastigheten hvis metallet faller fritt.
3. Hva er Reynolds tall ved utløpet? Anta at utløpet er sirkulært, og har diameter lik 0.5 cm.

Hvis du ikke greier å regne ut (1), fortell hvilke(e) forml(er)/ sammenheng(er) som bør brukes for utregningene. Relevante formler finnes i vedlegget til denne oppgaven.

3: Maskinerings hastighet og verktøyslitasje (25%)

Et emne skal dreies fra diameter 50mm til diameter 49mm.

Følgende data gjelder for dreilingen:

- $V = 325 \text{ m/min}$
- $Mating = 0.1 \text{ mm/ omdreining}$

1. Hvor lang tid tar det å dreie en aksling som er 200 mm lang?
2. Taylors ligning gjelder for verktøyslitasje. For dette verktøyet er $n=0.2$, og verktøylevetid er 15 minutter. Hvis verktøyhastighet reduseres til 300 m/min, hva blir verktøylevetid?
3. Når verktøyhastighet reduseres øker levetiden, men produksjonsraten går ned. Får man fjernet mer spon før verktøyet er utslitt ved å redusere hastigheten i oppgaven ovenfor? Begrunn med et regneeksempel.

(Hint: Se i vedlegg for å finne Taylors ligning og andre nyttige formler ved behov)

4: Pulvermetallurgi (15%)

Du skal produsere en del med pulvermetallurgi. Forklar hvordan du vil gå frem for å gjøre følgende:

1. Finne ut hvor mye pulver du trenger.
2. Beregne nødvendig kraft for å presse sammen pulveret.

Forklar selve produksjonsprosessen, hvilke trinn den består av, og hva som skal gjøres i hvert trinn.

5: Vurdering av ulike produksjonsmetoder (15%)

Et tannhjul, diameter 10 cm, tykkelse 2 cm skal produseres. Materialet er en metallegering. Følgende tilvirkningsmetoder er tilgjengelige:

1. Pulvermetallurgi
2. Støping
3. Maskinering

Din jobb er å velge tilvirkningsmetode for dette tannhjulet. Spørsmål:

Forklar hva du vil vurdere for å ta en avgjørelse om produksjonsmetode. Er det en metode som er best, eller vil dette avhenge av andre forhold, eksempelvis produksjonsvolum?

Vedlegg: Formler

Bernoullis ligning:

$$h + \frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} = Const$$

$$mgh + pV + \frac{mv^2}{2} = Const$$

Kontinuitetsligningen:

$$Q = A_1 v_1 = A_2 v_2$$

Areal og trykkhøyde:

$$\frac{A_1}{A_2} = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

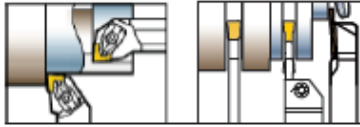
Reynolds tall:

$$Re = \frac{\rho v D}{\eta}$$

Taylors ligning:

$$V_1 T_1^n = V_2 T_2^n$$

Formulas and definitions



Turning

Cutting speed (v_c)
(m/min)

$$v_c = \frac{D_m \times \pi \times n}{1000}$$

Spindle speed (n)
(rpm)

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_m}$$

Metal removal rate (Q)
(cm³/min)

$$Q = v_c \times a_p \times f_n$$

Net power (P_c)
(kW)

$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{60 \times 10^3}$$

Machining time (T_c)
(min)

$$T_c = \frac{l_m}{f_n \times n}$$

Specific cutting force (k_c)
(N/mm²)

$$k_c = k_{c1} \times h_m^{-m_c} \times \left(1 - \frac{\gamma_0}{100}\right)$$

Average chip thickness (h_m)

Round inserts
(mm)

$$h_m = \frac{360 \times f_n \times a_p}{IC \times \pi \times \arccos\left(1 - \frac{2 \times a_p}{IC}\right)}$$

Note: arccos in degrees

Insert shapes: C, D, S, T, V, W
(mm)

$$h_m = r_n \times \sin \kappa_r$$

Max. chip thickness (h_{ex})

Round inserts
(mm)

$$h_{ex} = r_n \times \sqrt{\frac{4 a_p}{IC} \times \left(\frac{2 a_p}{IC}\right)^2}$$

Insert shapes: C, D, S, T, V, W
(mm)

$$h_{ex} = r_n \times \sin \kappa_r$$

Profile depth (R_{max})
(μ m)

$$R_{max} = \frac{r_n^2 \times 125}{r_z}$$

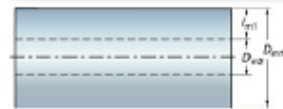
Spiral Cutting Length (SCL)

External or internal (straight) turning
(m)

$$SCL = \frac{D_m \times \pi}{1000} \times \frac{l_m}{f_n}$$

Facing
(m)

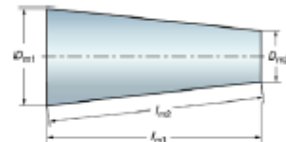
$$SCL = \left(\frac{D_{m1} + D_{m2}}{2} \times \frac{\pi}{1000}\right) \times \frac{l_{m1}}{f_n}$$



Taper cutting
(m)

$$SCL = \left(\frac{D_{m1} + D_{m2}}{2} \times \frac{\pi}{1000}\right) \times \frac{l_{m2}}{f_n}$$

$$l_{m2} = \sqrt{l_{m1}^2 + \left(\frac{D_{m1} - D_{m2}}{2}\right)^2}$$



Parameter	Meaning	Metric unit
D_m	Machined diameter	mm
a_p	Depth of cut (D.O.C.)	mm
f_n *)	Feed per revolution	mm/r
v_c	Cutting speed	m/min
n	Spindle speed	rpm
P_c	Net power	kW
Q	Metal removal rate	cm ³ /min
T_c	Machining time	min
l_m	Machined length	mm
h_m	Average chip thickness	mm
h_{ax}	Maximum chip thickness	mm
k_c	Specific cutting force	N/mm ²
k_{c1}	Specific cutting force valid for $h_m = 1$ mm	N/mm ²
m_c	Correction factor for actual h_m	
κ_r	Entering angle	degree
γ_0	Chip rake angle	
r_z	Nose radius	mm
R_{max}	Profile depth	μ m
SCL	Spiral Cutting Length	m

*) In parting and grooving, f_{rx} (radial feed) and f_{rz} (axial feed) are also used.