

Answers to exam in Materials and Manufacturing Technology MMK 072 (2008-05-29)

1. Polymeric materials (9 P)

- a) Utgångsämnet monomer polymeriseras till en polymer, där polymeren har en karaktäristisk repeterande enhet (mer). (1 P)
- b) Principiell molekylviktsfördelning, där antalsmedelvärdet finns bortom maxpunkten och viktsmedelvärdet ytterligare högre upp i molekylvikt. (2 P)
- c) Oordnat nystan till utdraget nystan. Graden av molekylnystanets deformation kan beskrivas med ändpunktsavstånd och med begreppet molekylär orientering. (2 P)
- d) Glasomvandlingstemperatur och kristallin smältpunkt. Vid T_g övergår strukturen från fysikaliskt glas till vätska, medan solida kristaller smälter och övergår i vätska vid smältpunkten. ATP $T > T_g$, SKTP $T_g < T < T_m$, G t $> T_g$ och HP antingen $T < T_g$ eller $T > T_g$. (4 P)

2. Applications of thermoplastics (6 P)

- a) Exempelvis polyeten, polypropen, polystyren, PVC, PET, andra kan vara möjliga. (1 P)
- b) Fyra av Extrudering, Formpressning, Transferpressning, Formblåsning, Formsprutning, dessutom kortfattad beskrivning av processerna. (2 P)
- c) Töjbarhet, transparens, lågt pris, vatten- och syrepermeabilitet, låg densitet, god formbarhet (annat kan också vara lämpligt). (3 P)

3. Metal Forming (7 P)

- a) Plandeformation
- b) Töjning i plåtens breddled = noll; Spänning i plåtens längsled = noll
- c) Långsmal smides area, begränsad deformation och friktionsfritt
- d) Plåtvalsning, plåtbockning och plan smidning

4. Phase diagrams (6 P)

- a) Congruent reactions: $L \rightarrow \alpha$ and $L \rightarrow \beta$; (0.25 P)
- $L \rightarrow Mg_2Pb$ (0.25 P)
- Eutectic reactions: $L \rightarrow \alpha + Mg_2Pb$ and $L \rightarrow Mg_2Pb + \beta$ (0.5 P)

b)

- (i) Mg – 40wt.% Pb at 200°C eutectic structure consisting of α + Mg₂Pb and α' crystals
- (ii) Mg – 75wt.% Pb at 200°C eutectic structure consisting of α + Mg₂Pb and Mg₂Pb primary crystals
- (iii) Mg – 82wt.% Pb at 200°C single phase Mg₂Pb (congruent phase)
- (iv) Mg – 90wt.% Pb at 200°C eutectic structure consisting of β + Mg₂Pb and Mg₂Pb primary crystals
- (2 P/0.5 each)

c)(i) Mg – 50 wt.% Pb at 500°C phases present α and L (0.25 P)

Their composition is α : Mg – 36wt.% Pb

L: Mg – 62 wt.% Pb (0.25 P)

Phase amount of α = $(62-50)/(62-36) = 0.46$ (0.25 P)

Phase amount of L = $(50-36)/(62-36) = 0.54$ (0.25 P)

(ii) Mg – 50 wt.% Pb at 400°C phases present α and Mg₂Pb

Their composition is α : Mg – 32 wt.% Pb

Mg₂Pb: Mg – 82 wt.% Pb

Phase amount of α = $(82-50)/(82-32) = 0.64$

Phase amount of Mg₂Pb = $(50-32)/(82-32) = 0.36$

(iii) Mg – 90 wt.% Pb at 200°C phases present β and Mg₂Pb

Their composition is β : 100wt.% Pb

Mg₂Pb: Mg – 82 wt.% Pb

Phase amount of Mg₂Pb = $(100-90)/(100-82) = 0.55$

Phase amount of β = $(90-82)/(100-82) = 0.45$

5. Electrical properties (3 P)

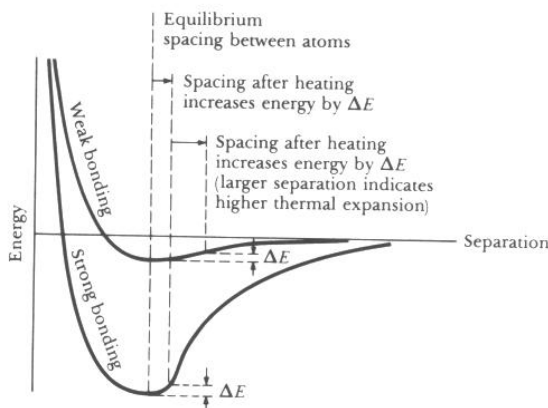
- a) Conductivity in metals is affected by temperature, impurities and deformation (Matthiesen's rule). Impurities have the strongest influence and reduce conductivity the most, followed by temperature. Deformation also decreases conductivity but due to the fact that dislocations and grain boundaries are further apart than solutes the effect is not as severe (longer mean free path). (1 P)
- b) Intrinsic material achieves reasonable electrical conduction only at higher temperatures (~ 250°C) since electrons have to be excited over the relatively wide band gap.

Extrinsic material on the other hand shows reasonable conductivity at ambient temperatures since electrons from the donor level can be easily excited to the conduction band (n-type). When the energy, i.e. temperature is high enough electrons can directly be excited from the valence band into the conduction band. In that case, the electron concentration approaches the same value as in intrinsic materials. At very low temperatures, the electron concentration is approaching zero because the temperature is not high enough to excite electrons from the defect level any more.

Would our computers be made out of intrinsic material, it would need to be 250 – 300°C hot for achieving reasonable conductivity. Consequently, we need extrinsic material in our devices!

6. Atomic bonding (5 P)

- a) Compare Callister; Example covalent bonding: H₂O
 Example ionic bonding: NaCl
- b) Van der Waals bonding is a secondary type of bonding which is much weaker and occurs due to dipole bonding (permanent dipoles or dipoles due to fluctuations); Van der Waals bonding is for example found in polymers and between molecules in inert gases.
- c)



Strong bonding: ionic bonding; deeper and narrow curve; high energy required to break the bond (melt the material)

Weak bonding: van der Waals; shallow and broad curve; little energy required to break the bond

7. Mechanical properties (3 P)

Yield strength: the strength of the material at which it starts to deform plastically

Tensile strength: max strength of the material

Both tensile and yield strength decrease with increase in temperature (when recrystallization sets in). Dislocations become more movable and the strengthening mechanisms and obstacles can be overcome easier. At the same time, elongation increases due to the same arguments (the softer material is easier to deform, i.e. to elongate).

8. Unconventional machining methods: Electric Discharge Machining (3 P) **(Gnistbearbetning)**

Dielektrikumet är det medium i vilket gnistbearbetningsprocessen sker. Detta består som regel av flytande kolväteföreningar och kan utgöras av paraffin eller någon lätt olja såsom fotogen. Det har till uppgift att koncentrera urladdningsenergin till en smal kanal mellan elektroderna så att hög energitäthet åstadkommes på arbetsstyckets yta. Det tjänar också till att kyla elektroderna samt att bortföra avverkat material från bearbetningen undan från gapet.

Dielektrikumets ledningsförmåga styr hur stor överslagsspänningen, V_c , blir. Ett lågt V_c erhålls om dielektrikumet har hög ledningsförmåga, vilket resulterar i att urladdningen kommer snabbare och har lägre energiinnehåll. Restprodukterna från bearbetningen, som kan uppta en del av gapet mellan elektroderna påverkar också dielektrikumets ledningsförmåga.

Följande egenskaper eftersträvas hos dielektrikumet:

1. De skall erbjuda tillräckligt högt dielektriskt motstånd för att inte leda ström innan överslagsspänningen uppnås.
2. De skall snabbt avjoniseras. God gnistbearbetning uppstår på kort tid.
3. De skall ha låg viskositet så att de lätt kan spolas in i spalten mellan elektroderna och där bortföra de rester som uppstår vid bearbetningen.

Vid trådgnistning används i allmänhet avjoniserat vatten = också OK som svar på delfråga 2.

Metal Cutting economy 5p

K_m	800	N	500	f	0,3
t_b	1	A_i	140	D	350
t_{un}	0,5	E	6	α	0,25
A	1500	L	175		

a)

$$K_v = \frac{A}{N} + \frac{A_i}{0,75 \cdot E} + t_b \frac{K_m}{60} \Rightarrow K_v = \frac{1500}{500} + \frac{140}{0,75 \cdot 6} + 1 \cdot \frac{800}{60} = 47,44$$

Case 1: $v_{c1} = 300$ m/min Case 1: $T_{c1} = 15$ min

Case 2: $v_{c2} = 250$ m/min Case 2: $T_{c2} = ?$

$$t_s = \frac{L}{f \cdot n} = \frac{L \cdot \pi \cdot D}{f \cdot v_c} \quad C_b = \frac{K_m}{60} \cdot (t_{un} + t_s) + K_v \cdot \frac{t_s}{T_c}$$

Case 1:

$$t_s = \frac{0,175 \cdot \pi \cdot 350}{0,3 \cdot 300} = 2,138 \quad C_b = \frac{800}{60} \cdot (0,5 + 2,138) + 47,44 \cdot \frac{2,138}{15} = 41,9$$

Case 2:

$$\begin{aligned} v_c * T^\alpha &= C \\ v_{c1} * T_{c1}^\alpha &= v_{c2} * T_{c2}^\alpha \Rightarrow \\ T_{c2} &= \left(\frac{v_{c1} * T_{c1}^\alpha}{v_{c2}} \right)^{\frac{1}{\alpha}} = \left(\frac{300 * 15^{0,25}}{250} \right)^{\frac{1}{0,25}} = 31,1 \end{aligned}$$

$$t_s = \frac{0,175 \cdot \pi \cdot 350}{0,3 \cdot 250} = 2,566 \quad C_b = \frac{800}{60} \cdot (0,5 + 2,566) + 47,44 \cdot \frac{2,566}{31,1} = 44,8$$

Answer: Difference in machinability cost: 44,8-41,9 2,9 kr/detail

b)

$$T_{ce} = \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right) \cdot \frac{60 K_v}{K_m} \quad T_{ce} = \left(\frac{1}{0,25} - 1 \right) \cdot \frac{60 \cdot 47,44}{800} = 10,7$$

$$\begin{aligned} v_c * T^\alpha &= C = 300 * 15^{0,25} = 590 \\ v_{ce} &= \frac{C}{T_{ce}^\alpha} = 327 \end{aligned} \quad t_s = \frac{L}{f \cdot n} = \frac{L \cdot \pi \cdot D}{f \cdot v_{ce}} = \frac{0,175 \cdot \pi \cdot 350}{0,3 \cdot 327} = 1,964$$

$$C_{be} = \frac{800}{60} \cdot (0,5 + 1,964) + 47,44 \cdot \frac{1,964}{10,7} = 41,6$$

Answer: The minimum machining cost is 41,6 kr/detail

Metal cutting theory 3p

See lectures and Jarfors et. al.