

Answers to exam in Material och tillverkningsteknik Z (MMK072) from 15. Jan. 2007

1. Electron configuration and chemical bonding (4 P)

- a) n: shell, $n = 1, 2, 3, \dots$
l: subshell, $l = 0, \dots, n-1$
 m_l : number of energy states, $m_l = -l, \dots, +l$
 m_s : spin, $m_s = +1/2, -1/2$
An energy state cannot hold more than 2 electrons (with different spin)!
- b) By use of the wave mechanical model, the distribution of electrons in a single atom can be described (use of quantum numbers) while the electron energy band structure describes a solid material (many atoms). This is necessary, because in a solid, the electrons and nuclei of adjacent atoms influence each other. The energy states split up into a series of closely spaced electron bands.
- c) Ionic bonding (giving up and taking up electrons) is most likely to occur if elements from the right hand side of the periodic system bond with elements from the left hand side (electronegative and electropositive, respectively.)

2. Phase diagrams (4 P)

- a) see Matter program
- b) Martensite is not an equilibrium phase (diffusionless transformation), and is not present in the phase diagram. Martensite is formed if austenite is rapidly cooled (quenched) below to the vicinity of the ambient.
- c)

$$\text{total ferrite} = \frac{6.7 - 0.5}{6.7 - 0.022} = 0.928 \rightarrow 92.8 \%$$

$$\text{cementite} = \frac{0.5 - 0.022}{6.7 - 0.022} = 0.072 \rightarrow 7.2\%$$

- d) compare course book

3. Joining technique (4 P)

- a) Casting, forging, powder metallurgy
- b) Welding: The metal parts being joined are partly melted in the vicinity of the joint. There will be a heat affected zone around the weld joint.
Brazing: The braze metal melts but the parts being joint may not. Bonding is established by solid-state diffusion; temperatures applied $> 425^\circ\text{C}$.

Soldering: Only the solder melts, joint is made by capillary action; temperatures applied are below 425°C.

- c) Eutectic or near-eutectic alloys (having a low melting temp) are used as solders to promote rapid solidification of the solder connection and to prevent grain growth during solidification.

4. Mechanical properties (6 P)

- a) (i) Toughness: describes the combination of properties, ductility and strength. It is described by the area under the stress-strain curve.
(ii) Stiffness: is the resistance of the material against deformation. It is described by the modulus of elasticity E, which is the slope of the linear portion of the stress-strain curve.
(iii) Strength: is the maximum stress in the stress-strain curve
(iv): Ductility: measures the amount of deformation that a material can withstand without breaking. (%elongation).
- b) Hall-Petch relationship relates grain size and yield strength and describes the grain size strengthening, i.e. to increase strength by decreasing grain size.
- c) Charpy test: Using a pendulum, the energy which was absorbed by the material during failure is determined (difference in potential energy)

5. Metal cutting: BUE and Surfaces (lösegg och ytor)

- a) Se kap 5.1.5
Lösegg = anhopning material på skäregg. Materialet omsätts diskontinuerligt, bitar följer med arbetsstycke & spåna.
Orsak=Temperaturberoende, påsvetsning som sker vid visst tempintervall. Erhålls i rel. Låga skärhastighetsintervall.
Typiskt höjs skärhastigheten för att undvika, kan även sänka densamma.
- b) kap 5.1.6
Nosradie & matning, fig 5.22 bör finnas med i svaret. Hänvisning till formel i FS lämplgt.
- c) Allmän verktygsförslitning, främst fasförslitning.
Vibrationer

6. Metal cutting: Calculation of machine settings in turning (svarvning)

$\kappa=60^\circ$ ger $hD=f \sin \kappa=0,6$

Diagr ger $k_c=2000 \text{ N/mm}^2$

(Enhet finns ej i diagr, men man bör känna till typiska enheter – mm resp N/mm^2)

$$P_m = \frac{F_c \cdot v_c}{\eta \cdot 60} \text{ ger}$$

$$v_c = P_m \cdot \eta \cdot 60 / F_c$$

$$F_c = k_c * A_D = 2000 * 0,7 * 3 = 4200 \text{ N}$$

$$v_c = 20\,000 * 0,75 * 60 / 4200 = 214 \text{ m/min}$$

7. Metal Forming: Wire Drawing (Tråddragning)

- a) Fig 3.60 måste finnas med, helst tillsammans med 3.59
 Låga vinklar: Friktionsarbetet blir stort
 Höga vinklar: Skjuvarbetet (deviationsarbete) blir stort.
 Summa energi är summa av dessa samt homogena deformationsarbetet (som beror bara av själva töjningen vi enkelt kan räkna ut)
 Denna summa får alltså ett minimum
- b) Orsak till att speciellt arrangemang behövs är hastighetsökningen, som kan beräknas utifrån reduktionen. Man kan ha skivor och block i serie. Blocken drivs då separat men olika varvtal. Eller så jobbar man som i en fintrådbänk med "samma" dragblock men med olika diametrar på olika delar av blocket vilket ger utväxling. (Någon variant ska nämnas)

8. Metal Forming: Forging (Smidning)

$$\epsilon_1 = \ln 0,7 / 1 = -0,357$$

$$\epsilon_e = 0,412 \text{ (se FS)}$$

$$\sigma_e = K * \epsilon^n$$

$$K = 2 * \sigma_s$$

$$\sigma_e = 2 * \sigma_s * \epsilon^n$$

$$\sigma_e = 2 * \sigma_s * 0,412^{0,32}$$

$$= 1,5$$

Dvs ökar 50%

9. Structure and stiffness of polymers (5 P)

- a) Termoplaster (TP) består av enskilda molekyler i en huvudsakligen oordnad amorf struktur, alternativt med ordnade kristallina domäner (1 p). Gummin består av glest förnätade molekyler (0,5 p) medan hårdplaster har tätt förnätade (0,5 P).
- b) ATP har i princip konstant styvhet fram till glasomvandlingstemperaturen, där styvheten sjunker och övergår i viskositet (0,5). SKTP liknade fram till T_g, däröver sjunker styvheten i ett steg och svagt sjunkande fram till T_m där styvheten övergår i viskositet (0,5). Gummin har som ATP fram till T_g, däröver sjunker styvheten i ett steg till en huvudsakligen låg och konstant nivå (0,5). Styvheten för HP är något lägre över T_g (0,5).
- c) ATP under T_g, SKTP över T_g och under T_m, G över T_g och HP under eller över T_g. (0,25 P per del)

10. Processing of polymers (4 P)

- a) Extrudering, Formpressning, Transferpressning och Formsprutning (2 P)
- b) Plasticering (åstadkomma vätska), exempelvis smältning
 Transport och formning, exempelvis fylla en form

- Konsolidering (fast och dimensionsstabil form) exempelvis stelning (1 P)
- c) De större tekniska utmaningarna dels
- att tillföra och bortföra värme, polymera material är bra termiska isolatorer, vilket alltså riskerar att göra tillverkningsprocesserna långsamma och därför kostsamma
 - Viskositeten hos polymera material är relativt hög, alltså krävs höga tryck för snabba tillverkningsprocesser (1 P)

11. Engineering plastics (5 P)

- a) ABS, PA, POM, PC, PET, PPO (4 P)
- b) Användningstemperaturer, mekaniska egenskaper, kemiska egenskaper och elektriska egenskaper och tillverkningsaspekter. (3 av dessa ger 1 P)