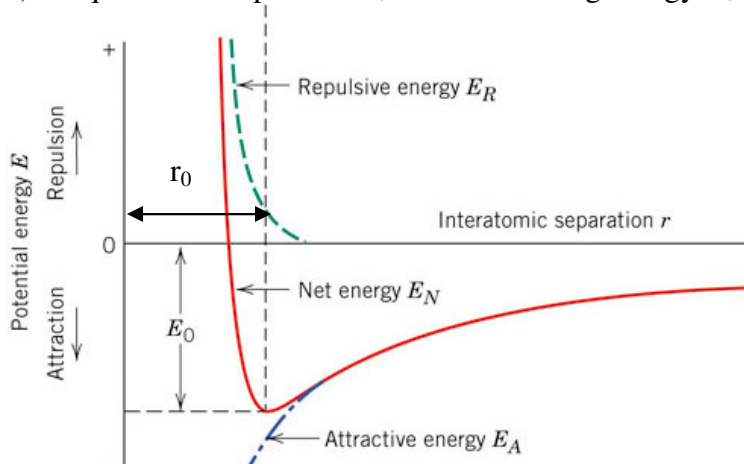


Solutions to exam in Material och tillverkningsteknik-Z, January 14th, 2010

1. Atomic structure and bonding in solids (5 P)

- a) Equilibrium separation r_0 and the bonding energy E_0 . (2 P)

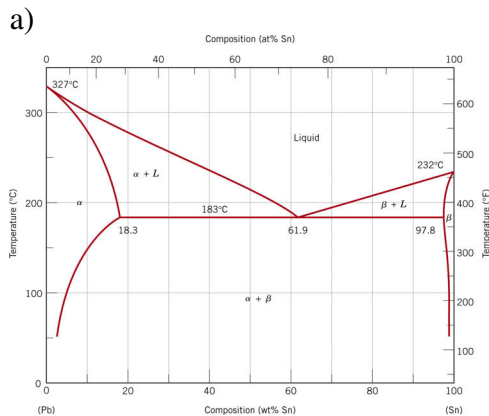


- b) Give the electron configuration of
- | | | |
|----------------|--------------------------------------|-------|
| (i) Oxygen | $1s^2 2s^2 2p^4$ | |
| (ii) Aluminum | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ | |
| (iii) Scandium | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2$ | |
| (iv) Titanium | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$ | (1 P) |

- c) In the water molecule, the H and O atoms are covalently bonded. NaCl is the classical example for ionic bonding. Covalent bonding and ionic bonding are described in the Callister book. (1 P)

- d) Bohr model:
- electrons revolve the nucleus on distinct orbits
 - energies of electrons are quantized.
 - energy is only changing upon a quantum jump (change of orbit) (1 P)

2. Phase diagrams (6 P)



(2 P)

b)

Cu-71 wt.% Zn at 600°C:

phases present: $\gamma + \delta$, phase amount of $\gamma = \frac{74 - 71}{74 - 70} = 0,75$

phase amount of $\delta = \frac{71 - 70}{74 - 70} = 0,25$

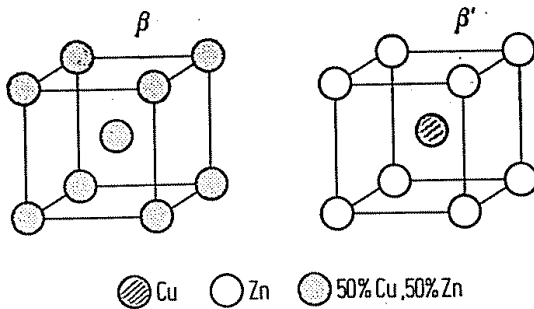
Cu-71 wt.% Zn at 500°C:

phases present: $\gamma + \epsilon$, phase amount of $\gamma = \frac{79 - 71}{79 - 68} = 0,727$

phase amount of $\epsilon = \frac{71 - 68}{79 - 68} = 0,273$ (2 P)

c) Cu-71 wt.% Zn at 600°C: Microstructure consists of primary γ and eutectic $\gamma + \delta$ (lamellae). (0.5 P)

d) β' is the low temperature phase and is ordered; β is the high temperature phase and is disordered due to entropy reasons.

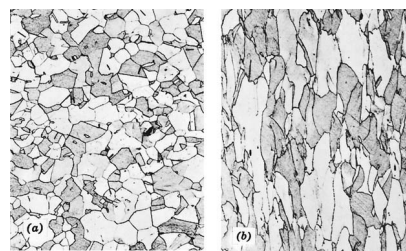


(1.5 P)

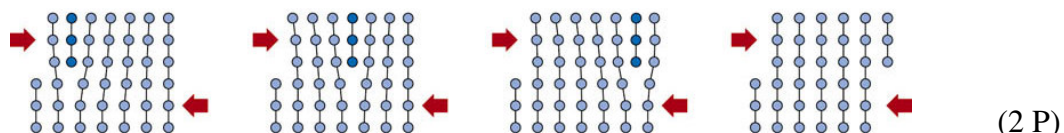
3. Deformation and strengthening mechanisms (5 P)

a)

Before deformation the grains may be equiaxed. Upon deformation, the grains become elongated along the direction in which the specimen is extended. Moreover, more dislocations will be present in the grains. (2 P)



b) Glide of edge dislocation:



(2 P)

c) Grain boundaries act as barriers for dislocation motion. Hence, a smaller grain size, i.e. a higher number of grain boundaries is resulting in higher strength. This is also described by the Hall-Petch relation. (1 P)

4. Thermal properties and failure (5 P)

- a) Heat conduction in solids relies on transport by phonons and electron. (0.5 P)
- b) Metals: both phonons and electrons are present. Heat conduction is good!
Ceramics: lack of electrons (covalent bonding and band gap in electron energy band structure) is responsible for reduced heat conduction. Only phonons are transporting heat; they are easily scattered at any defects in the material.
Polymers: Bad heat conduction. Lack of electrons and easy scattering of phonons (see ceramics). (1.5 P)
- c) Low density material with ~90% porosity is desired. Properties required: low thermal expansion and high resistance to thermal shock. (1 P)
- d) Electromigration: Excessive current densities – collisions between electrons and atoms of metallic film → drift of atoms in the direction of electron flow; due to divergences voids and hillocks or whisker extrusion are formed.
Corrosive attack: chlorine from for example saliva drop
Shorting: due to dirt/particles or bond wire touching edge of die
Electrical overstress: melting of bond wire or of interconnect lines
Tensile overload: detach/rupture of bond wires
Kirkendahl effect: 2 species, A and B are diffusing. B dissolves in A, and A dissolves in B. Movement of interface due to unequal diffusion rates. Formation of pores on one side, swelling on the other. (2 P)

5. Unconventional machining methods (3 P)

- a) Fig 6.3 i boken + förklaring
- b) AWJ bildas i ett skärhuvud där renvattenstråle skapar undertryck som suger in abrasiv (fig se FÖ).

6. Metal cutting – milling (fräsning) (4 P)

Givet:

$$P_m=2,5\text{kW}, D=20\text{ mm}, a_e=20\text{ mm}, \text{verkn}=80\%. a_p=5\text{ mm}, z=4, k_c\text{-ekv}, f_z=0,3\text{ max}$$

Sökt v_f och v_c

$$P_m [W] = \frac{Q \cdot k_c}{60 \cdot 1000 \cdot \eta}, \text{ där } Q = a_p \cdot a_e \cdot v_f,$$

k_c fås ur $k_c\text{-ekv}$ där h_m fås ur :

$$h_m = \frac{f_z \cdot a_e \cdot 360}{\pi \cdot D \cdot \omega_e} \sin \kappa = \frac{0,3 \cdot 20 \cdot 360}{\pi \cdot 20 \cdot 180} \cdot 1 = 0,191\text{ mm} \quad (\text{rimligt; ngt mindre än } f_z)$$

$$\Rightarrow k_c = 720 + 300 / 0,191 = 2291\text{ N/mm}^2$$

$$2,5\text{ kW} = 2500 = ((5 \cdot 20 \cdot v_f) \cdot 2291) / (60 \cdot 1000 \cdot 0,8)$$

$$v_f = (2500 * 60 * 1000 * 0,8) / (5 * 20 * 2291) = \mathbf{523,8 \text{ mm/min}}$$

vc=?

$$v_f = f * n, n = 1000 * v_c / \pi * D \text{ ger } (f = f_z * z)$$

$$v_c = \pi * D * v_f / (1000 * f) = \pi * 20 * 523,8 / (1000 * 0,3 * 4) = \mathbf{27,4 \text{ m/min}}$$

7. Metal cutting theory (4 P)

8. Plastic behaviour of metals (8 P)

9. The character of polymeric materials (5 P)

- a) Huvudsakligen organiska grundämnen, kolväten typ H, C, O, N etc. Monomer är utgångsämnet, som vid polymerisation (sammankoppling av monomerer) övergår i repeterande enheter ingående i en polymerkedja. (1 P)
- b) Karaktärisering görs vanligen genom klarläggande av
- Repeterande enhet - kemiska beståndsdelar och hur de är sammankopplade
 - Storlek - molekylviktsfördelning, medelvärden och heterogenitet (fördelningens bredd)
 - Form – ihoptrassling och orientering (konformation)
 - Struktur - kedjeförgrening och tvärbinding, ordning utmed polymerkedjan (konfiguration, stereoisomeri) och de repeterande enheternas geometri (geometrisk isomeri) (1 P)
- c) Termoplaster, Gummin (lätt tvärbunden struktur) och Hårdplast (tätt tvärbunden struktur), termoplaster indelas i Amorfa (oordnad fast struktur) och Semikristallina (ordnade kristallina områden i oordnad vätska). (1 P)
- d) Glasomvandlingstemperatur och kristallin smältpunkt. Vid glasomvandlingstemperatur övergår molekylerna från oordnad fas till oordnad vätska. Vid kristallin smältpunkt övergår ordnade kristaller (fast fas) till oordnad vätska. ATP används under T_g, SKTP används mellan T_g och T_m, G används över TG och HP används antingen över eller under T_g. (2 P)

10. Mechanical properties of polymeric materials (5 P)

- a) Figur 15.1 s 482 (2 P)
- b) Inverkande faktorer är temperaturen (i relation till aktuella transitioner) och deformationshastigheten. Materialfaktorer är molekylvikt och materialstruktur (molekylär orientering, kristallinitet och kristallstruktur) (2 P)
- c) Figur 15.5 c s 485 (1 P)