

# Solutions to exam in Material och tillverkningsteknik-Z, May 28th, 2010

## 1. Atomic structure and intercrystalline bonding (3 P)

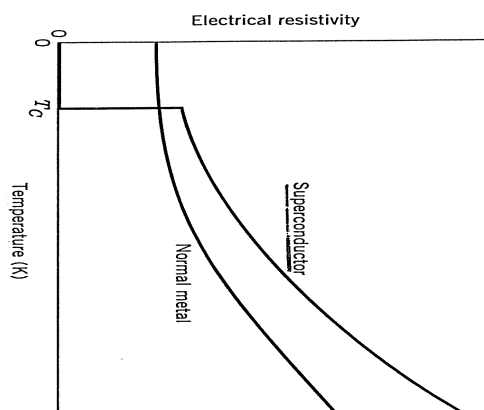
- a) Principal QN  $n$ ,  $n=1,2,\dots$  (or K, L, M..), shell  
Second QN  $l$ ,  $l = 0, 1, \dots, n-1$ , subshells  
Third QN  $m_l$ ,  $-1 < m_l < +1$ , energy states  
Fourth QN  $m_s$ ,  $+1/2, -1/2$ , spin  
Compare with Callister! (1,5 P)
- b) Metallic bonding (all metals), Ionic bonding (NaCl), Covalent bonding (Si) For description, see Callister! (1,5 P)

## 2. Electrical properties (5 P)

- a) Sketch of electronic band structure of metal and a ceramic – see Callister! (1 P)
- b) Where to find the donor and acceptor level in the band structure? - see Callister! (1 P)
- c) Metals are usually good conductors. When temperature increases, the atoms are oscillating more, leading to more scattering events for the travelling electrons. Hence, electrical conductivity is decreasing with increasing temperature.

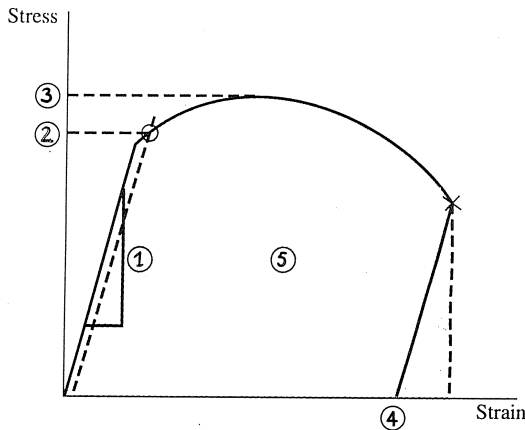
Semiconductors behave like insulators at low (and ambient) temperatures because there are no free electrons available. First when the temperature is not high enough to overcome the bandgap, there will be sufficiently many electrons become free electrons and then electrical conductivity is increasing rapidly. (2 P)

- d) Resistivity is decreasing at low temperatures but is usually not going down to zero in metals. In superconducting materials and at the critical temperature, resistivity is suddenly dropping to zero, meaning that an electrical current is At a critical temperature  $T_C$  the resistivity drops suddenly to zero (no more losses !), the material becomes a superconductor. Once set in motion, electrical current will flow forever in a closed loop of superconducting material. (1 P)

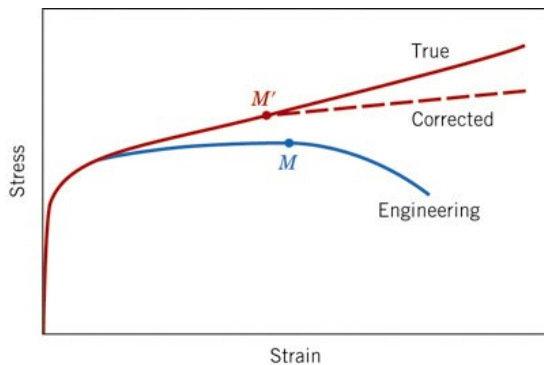


**3. Mechanical properties (4 P):**

- a) (for description, see Callister!)  
 (i) Yield strength point 2  
 (ii) Tensile strength point 3  
 (iii) Ductility point 4  
 (iv) Toughness point 5 (area under curve)  
 (0.5 P each incl description =  $\Sigma 2$   
 + 1 P for curve)

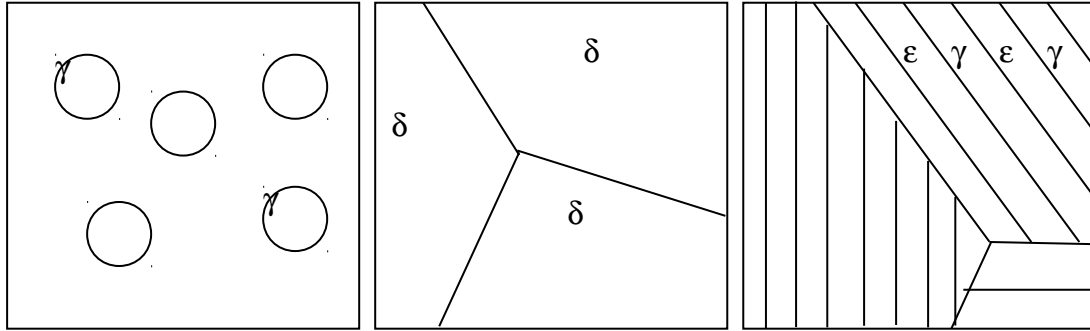


- b) When necking occurs, the true stress ( $s_{tr} = F/A_{actual}$ ) is still increasing up to the point of fracture. However, we are using the so called engineering stress and in this case it seems as if the material is softening (due to necking the cross section of the sample is decreasing locally – that’s not taken into account in the engineering stress – deviation!). (1 P)



**4. Phase diagrams (4 P)**

- a) Sketches of the microstructure of Cu – 75 wt.% Zn at  
 (i) 750° C,  
 (ii) 600° C, and  
 (iii) 500° C: (1,5 P)



(i) 750° C

(ii) 600° C

(iii) 500° C.

b) Cu – 70 wt.% Zn at 400° C:

phases present are  $\gamma$  and  $\epsilon$

their composition is  $\gamma$ : Cu - 65wt.% Zn and  $\epsilon$ : Cu - 78 wt.% Zn;

the phase amounts are: fraction of  $\gamma = \frac{78-70}{78-65} = 0,615$  61,5 % is of  $\gamma$ -phase

$$\epsilon = \frac{70-65}{78-65} = 0,385 \quad 38,5 \text{ \% is of } \epsilon\text{-phase} \quad (1,5$$

P)

c) What are the determining factors for solid solubility?

Atomic size factor < 8%; same crystal structure, same or higher valence preferred, same electronegativity preferred! (1 P)

### **5. Metal cutting theory (4 P)**

For answer, see book!

### **6. Metal forming – sheet metal forming (plåtformning) (3 P)**

Se Modern Produktionsteknik 3.7.2

Används framförallt till enklare cirkulärsymmetriska detaljer/former, relativt stort djup

Verktyg motsv fig 3.75 måste vara med i svar

Fel: Veck och brott/sprickor.

Veck undviks genom plåthållning (tillhållarens tryck). Denna kan dock ej bli för stor då materialet ej kan glida in i verktyget - detta leder till sprickrisk.

Ovanstående bgränsar ocksp djup. Mkyt djupa detaljert görs i flera steg.

### **7. Metal forming - calculations (4 P)**

a)

$$\phi = \text{abs}(\epsilon 1), \quad \epsilon 1 = \ln(t/t_0) = \ln(0,7) = -0,357,$$

$$\phi = 0,357 \Rightarrow$$

$$k_f = 200 \cdot 0,357^{0,32} = 143,8 \text{ MPa (alltså ökar 43,8 \%)}$$

b)

$$F = k_f \cdot A \quad A = F / k_f = 100\,000 \text{ N} / 143,8 \text{ N/mm}^2 = 695,4 \text{ mm}^2$$

Detta är dock slutdiamatern

Startdiamatern fås ur LKV

$$t/t_0 = A_0/A = 0,7$$

$$\Rightarrow A_0 = 0,7 * 695,4 \text{ mm}^2 = 486,8 \Rightarrow D \approx 25 \text{ mm}$$

(Har man antagit en friktionskoefficient och räknat med formel i FS är detta givetvis ok)

### **8. Metal cutting - Turning (Svarvning) (4 P)**

a)

$$F_c = k_c A_D = 2000 \text{ N (max)} \quad k_c = 750 + 250/f$$

$$A_D = f a_p = 3 f$$

$$F_c = (750 + 250/f) 3 f = 2250f + 750 = 2000$$

$$\text{ger } f = 0,556 \text{ mm max}$$

b)

$$T_{CM} = \left( \frac{1}{\alpha} - 1 \right) \cdot t_b = (1/0,35 - 1) \cdot 2 = 3,71 \text{ min} \quad \text{ger } v_c = 412 / 3,72^{0,35} = 260 \text{ m/min}$$

$$P_c = F_c v_c = 2000 * 260/60 = 8676 \text{ W}$$

$$\text{Tillgängligt} = 12 * 0,7 = 8,4 \text{ kW,}$$

$$\text{funkar ej alltså minska till } 8,4/8,676 * 260 = 252 \text{ m/min}$$

(eller minska f ok som svar)

### **9. Unconventional machining methods (3 P)**

Laserskärning:

Största och viktigaste fördel:

Mkt snabb särskilt i tunn plåt och särskilt i stål

Nackdelar:

Viss värmepåverkan av ytan

Ger vissa giftiga gaser

Vattenskärning:

Inte så snabb som laser (väsentligt långsammare)

Kan skära betydligt tjockare dimensioner

Ingen värmepåverkan i snittytan

Väta/rostrisk, stråle fortätter efter snitt

andra aspekter kan finnas med (se FÖ)

### **10. The character of polymers (6 P)**

a) Karaktärisering av polymera material skall innehålla

Kemi – repeterande enhet med ingående atomslag (1 P)

Storlek – molekylviktsfördelning, medelmolekylvikt (1 P)

Form – Mobilitet, sidogrupper, konformation (1 P)

Struktur – Graden av förgrening, konfiguration, isomeri (1 P)

b) Frekvens mot molekylvikt,

- fördelning enligt fig (1 P)
- c) Antalsmedelvärde och viktsmedelvärde (1 P)

**11. The viscoelasticity of polymeric materials (5 P)**

- a) Krypning – konstant spänning och tidsberoende deformation mäts. Relaxation – konstant töjning och tidsberoende spänning mäts. (2 P)
- b)  $E_C(t) = \sigma/\epsilon(t)$ , krypmodul;  $E_R(t) = \sigma(t)/\epsilon_0$  (3 P)

**12. Transitions (5 P)**

- a) Glasomvandlingstemperatur ( $T_g$ ) – oordnad fast fas övergår till oordnad vätska, (Kristallin) smältpunkt – ordnad (kristallin) fas övergår till oordnad vätska. (2 P)
- b) Användningsområde mellan  $T_g$  och  $T_m$  på grund av att materialet är relativt styvt och har god seghet (slagseghet) och att över  $T_m$  går formen förlorad. Figur enligt kurva A med  $T_g$  och  $T_m$  angivna. (2 P)
- c) Styvheten för amorfa termoplaster vid temperaturer under  $T_g$  (rumstemperatur är normalt lägre än  $T_g$ ) är ca 3 GPa. (1 P)