

Solutions to exam in Material och tillverkningssteknik Z (MMK072) from 23.Oct. 2006

1. Pb-Sn-phase diagram

a) Eutectic or near eutectic solders are used because of the low melting temperature which promotes instant or rapid solidification of the solder connection; prevents grain growth during solidification.

b) 200°C

(i) α +L

(ii) α : Pb – 19wt.%Sn and L: Pb – 57wt.%Sn

$$(iii) \% \alpha = \frac{57 - 50}{57 - 19} = 0,184 \quad 18.4 \% \alpha$$

$$\% L = \frac{50 - 19}{57 - 19} = 0.816 \quad 81.6 \% L$$

100°C

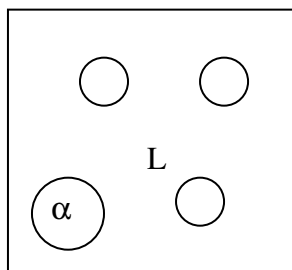
(i) α + β

(ii) α : Pb – 5wt.%Sn and β : Pb – 98wt.%Sn

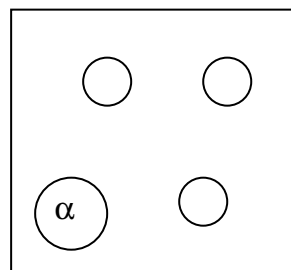
$$(iii) \% \alpha = \frac{98 - 50}{98 - 5} = 0,516 \quad 51.6 \% \alpha$$

$$\% \beta = \frac{50 - 5}{98 - 5} = 0.484 \quad 48.4 \% L$$

c)



200°C



100°C

2. Electrical properties

a) (i) see Smith book, chap. 14.4

(ii) At room temperature, electron excitation occurs from the donor level which lies in the band gap just below the lower end of the conduction band. Hence, there is only an electron in the conduction band and no hole created in the valence band. This happens only if electrons are excited from the valence band into the conduction band.

(iii) In a p-type semiconductor, there is an acceptor level in the band gap (just above the upper end of the valence band). An electron from the valence band can be excited into that acceptor level, leaving behind a hole in the valence band which then can move in an allied external field. Since no electron is excited into the conduction band at room temperature, there are no free electrons (in the conduction band).

- b) Conductivity in metals drop with increasing temperature due to a decrease in electron mobility which can in turn be attributed to thermal vibrations (increased scattering). In contrast, conductivity in semiconductors increases with increasing temperature. This can be attributed to an increased amount of charge carriers due to thermal activation (overcoming of band gap at higher temperature).

3. Atomic structure and chemical bonding

- a) Ionic and covalent bonding – see Smith book chap. 2.5, 2.6.
Examples: NaCl and CH₄
- b) Vanadium (23 electrons): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3 4s^2$
Gallium (31 electrons): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^1$

4. Failure

- a) (i) Ball bonding
(ii) Gold, others like Cu and Al don't form ball
(iii) We can see that there are balls formed which only occur when the material is melted. Hence, an electrical overload may have occurred which led to overheating and melting of the wire → failure.

5. Metal cutting: Tools and tool wear (verktyg och förslitning)

- a) Plastisk deformation: Beror på kombination av hög temperatur och mekanisk påkänning, dvs det krävs att materialet når en "mjukningstemperatur". (Denna varierar med material; är rel låg t ex för snabbstål, men är hög för keramiska skär)

Färförslitning: Mekanisk nötning av den skarpa eggen. (Är stor på ett skarpt hörn. Genom liten radie kan kraftig initialförslitning minskas)

Groppförslitning: Temperatur ger diffusion som ger försprödning. (Uppkommer vid plats för temp-topp.)

Urflisning: beror på höga krafter, eller diskontinuerligt skärförlopp. Särskilt i sprödaste skärmaterialen.

Bilder se fig 5.29.

- b) Pulvermetall, med hårdämne (största delen) som ger hårdhet och bindemetall (mindre del) som ger seghet.
Hårdämnen: Oftast WC (Även förekommande TiC, TaC, NbC)
Bindemedel: Co eller Ni

Beläggningar görs hårda – alltså ett sätt att kunna ha en segare bas-hårdmetall men bibehålla egghården.

- c) Keramiska material (t ex Al₂O₃), Kubisk bornitrid – CBN , eller diamant (ofta PCD)

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

$f = 0,5 \text{ mm/rev}$

$a_p = 2,5 \text{ mm}$.

$$F_c = k_c * f * a_p$$

$$k_c = \left(600 + \frac{250}{h_D} \right) = (h_D = f \text{ ty } \kappa = 90) = 1100 \text{ N/mm}^2$$

$$F_c = 1375 \text{ N}$$

$$\text{F.S. ger max } v_c = 60 * P * \eta / F_c = 98,18 \text{ m/min}$$

$$n = v_c / (\pi * D) = 98,18 / (\pi * 0,075) = 416,7 \text{ varv/min} = \underline{\underline{416 \text{ varv/min}}}$$

(även avrundat uppåt godkänns, även om man då går över effektbegr.)

7. Metal Forming: Sheet-metal forming (Plåtformning)

a) Dragpressning:

Låg tillhållarkraft, kraften (egentligen trycket) till för att undvika veckbildning i fläns. Plåttjocklek ändras endast måttligt. Viss risk för midjebildning i koppens bottenradie. (Plåten blir även tjockare närmast toppen av en kopp)

Kan göra relativt djupa detaljer. I ett steg minimeras dock djupet av maximala dragförhållandet. I flera steg kan djupa detaljer göras, t ex ölburkar.

Sträckpressning

Hög tillhållarkraft, för att sträcka plåten

Större tjockleksreduktion eftersom materialet sträcks

Används för grundare detaljer då man snabbare når brottgräns p g a sträckning. (Dock kan mer komplexa former göras då materialet plasticeras över större delen av plåtytan.)

b) Sträckdragning. 1) Sträckning & Plasticering i hela plåten, 2) Formning över enklare verktyg. (används för svagt kupade detaljer).

a+b): Lämpligt men ej nödvändigt rita figurer motsv 3.75-77

8. Metal Forming: Forging (Smidning)

Kraften erhålls ur spänningen * arean. Spänningen fås ur Ludwicks ekv. För att använda Ludwicks behöver vi veta ϵ .

$$\epsilon_e = \epsilon_1 \text{ (riktning } l = \text{höjdd)} = \ln (h_1/h_0)$$

$$h_1 = 40 \text{ mm}$$

$$h_0 = \text{ej känt erhålls ur LKV: } d_0^2 h_0 = d_1^2 h_1 \text{ ger } h_0 = 59 \text{ mm}$$

$$\epsilon_1 = \ln (h_1/h_0) = -0,388, \text{ dvs } \epsilon_e = 0,388$$

Ludwik's equation ger $\sigma_\epsilon = 300 \epsilon_e^{0,3} = 226 \text{ N/mm}^2 = \sigma_I$ p g a cirkulärsymmetri

$F = \sigma_I A$ eftersom ingen friktion

$A = \pi d_1^2/4 = 5674 \text{ mm}^2$ (obs slutarean då denna störst)

F=1282 kN

(tre värdesiffror bör vara korrekta, svar avrundat nedåt godkänns, liksom avrundat uppåt)

Kommentar: Om man inte kommenterar att effektivvärde = värde i höjded; Om allt annat är korrekt ges Ej poängavdrag. Samma gäller friktionens inverkan.

9. Basic concepts about polymeric materials

a) Plast = Polymer + tillsatser

Polymer = många enheter, vanligen 10.000-tals till 100.000 tals enheter

Repetrande enhet = den vanligen mista del som upprepas i en polymerkedja

Monomer = Utgångsämne som via reaktion bildar polymer, alltså inte detsamma som repeterande enhet

Polymerisation = process där monomerer reagerar och bildar polymerer (långa kedjor)

Makromolekyler = väldigt många enheter, samma betydelse som polymer

(0,5 p per begrepp, totalt max 3 p)

b) Vid glasomvandlingstemperaturen övergår amorfa delar från fast fysikaliskt glas till vätska, medan kristaller smälter och övergår i vätska vid smältpunkten. Båda processerna är reversibla. (2 p)

10. Manufacturing processes and mechanical properties for polymeric materials

a) se s 492-494 (2 p)

b) SKTP – viskoelastiskt, ATP – styvt elastiskt, G – vekt elastiskt, HP – Styvt elastiskt (2 p)

c) Krypning, förloppet beskrivs i figur 10.51 s 547 (1 p)

11. Properties and application of polymeric materials

PE, polyeten – (repetrande enhet) – SKTP- segt duktilt, inte särskilt starkt

PP polypropen – (repetrande enhet) – SKTP – hårdare, sprödare och lite starkare

PS polystyren – (repetrande enhet) – ATP – hård, spröd, stark

PVC polyvinylklorid – (rep enhet) – ATP – hårt till mjuk, sprött till duktilt, starkt till svagt
(1 per material, max 4 p)