

Øving 7

1

- Beskriv hva som menes med et eutektisk punkt i et fasediagram.
- Beskriv hva som menes med et eutektoid punkt i et fasediagram.

- a) Et eutektisk punkt i et fasediagram viser den kjemiske sammensetningen og temperaturen til det laveste smeltepunktet til en blanding. Her er væskefasen i likevekt med to faste faser.
- b) Et eutektoid punkt er et punkt hvor en fast fase er i likevekt med to andre faste faser: $\delta \rightleftharpoons \gamma + \epsilon$

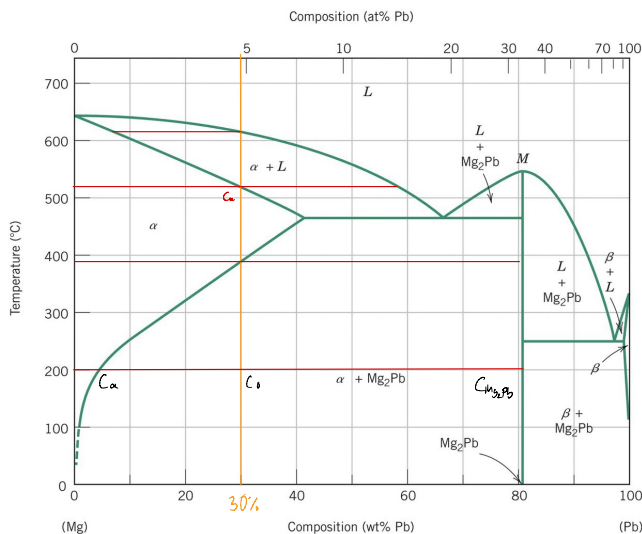
2

- Hva menes med en intermetallisk forbindelse?
- Hvordan vil en intermetallisk forbindelse vises i et fasediagram?

- a) En intermetallisk forbindelse består av to eller flere metaller i ett bestemt støkiometrisk forhold.
- b) En intermetallisk forbindelse kan kun eksistere "alene" ved en bestemt sammensetning. Derfor er de en rett linje i fasediagram (parallel med y-aksen).
- c) En Mg-Pb-legering inneholder 30 wt% Pb. Legeringen smeltes og avkjøles sakte til 200°C. Beskriv hvilke faser som dannes og hvordan andel og sammensetning endres under avkjølingen. Fasediagrammet er gitt under.
- d) Hva tror du vil skje om legeringen bråkjøles til romtemperatur? (hint: Diffusjonshastigheten er sterkt temperaturavhengig)
- c) Nedkjølingen vil skje slik: $L \rightarrow \alpha + L \rightarrow \alpha \rightarrow \alpha + \text{Mg}_2\text{Pb}$
- $L \sim C_0 = 30 \text{ wt\% Pb}$
 - $L \rightarrow \alpha + L$, Gjennom området omdannes væskefasen til α -fase
 - $\alpha + L \rightarrow \alpha$, All væskefase er omdannet til α -fase ved $T = 520^\circ\text{C}$
 - $\alpha \rightarrow \alpha + \text{Mg}_2\text{Pb}$, Små Mg_2Pb mikropartikler dannes i α -kornene.
 - $T = 200^\circ\text{C}$, $W_\alpha = \frac{81-30}{81-5} = 67\%$, $W_{\text{Mg}_2\text{Pb}} = \frac{30-5}{81-5} = 33\%$

d)

Det vil kun dannes α . Siden temperaturen synker så fort og diffusionshastigheden i fast fase er lav, vil nemlig ikke Mg_2Pb felles ut. Det gjør at man får α -fase som er overmettet av Pb.



3

- a) Vis hvordan kritisk størrelse av nukleider (r^*) avhenger av temperatur, og hva dette kan bety i praksis for størkningsprosesser. D.v.s hvordan kan man oppnå en mikrostruktur med mange, men små korn, og hvordan kan man oppnå færre, men store korn.
- b) Forklar forskjell på homogen og heterogen nukleering.

a)

$$r^* = \frac{-2\gamma T_m}{\Delta H_f \Delta T} = \frac{-2\gamma T_m}{\Delta H_f (T_m - T)}$$

Ved å senke T slik at $\Delta T = T_m - T$ er stor, vil veksten av mange, små korn favoriseres.

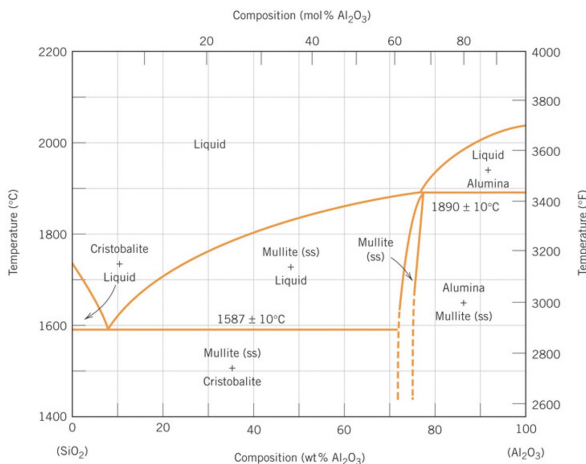
Ved å holde T litt under T_m , s.a. ΔT er liten, vil veksten av få, store korn favoriseres.

- b) Homogen nukleering: Nukleider dannes uniformt fra væskefasen. Krever supercooling, som er nedkjøling til under smeltepunktet, ofte (80-300°C)

Heterogen nukleering: Nukleidene dannes på en overflate (f.eks. allerede tilfødt partikkel, beholder)
Krever mindre supercooling (0.1-10°C)

4

Fasediagrammet til $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ er gitt nedenfor. Ulike sammensetninger i dette systemet anvendes som ildfaststein. Diskuter hvordan sammensetningen påvirker maksimal anvendelsestemperatur for ildfaststeinen.



En ildfaststein bør ikke smelte ved bruk, soliduslinjen viser derfor maksimal brukstemperatur.

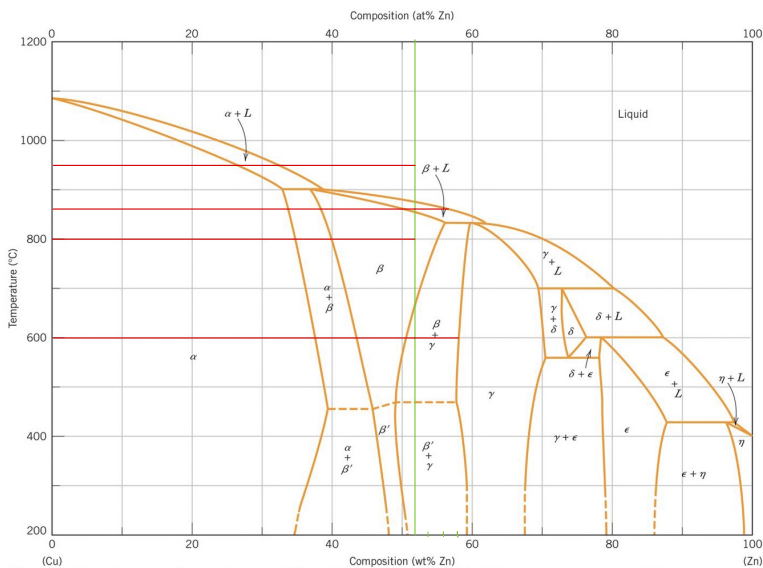
- For 0-72 wt% Al_2O_3 er maks brukstemperatur $1587 \pm 10^\circ\text{C}$
- For 72-77 wt% Al_2O_3 er det en kraftig økning "per wt%"
- For 77-100 wt% Al_2O_3 er maks brukstemperatur $1890 \pm 10^\circ\text{C}$

Ren SiO_2 har smeltepunkt 1740°C og ren Al_2O_3 2050°C , men ved lave tilsetninger av Al_2O_3 ,

dannes det smeltefase ved 1587°C (tilsvarende molbrøtt vei). Hvis smeltefase dannes, mister steinen styrke veldig fort. Dermed må maksimal brukstemperatur være lavere enn "første smeltepunkt".

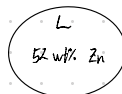
5

Gitt en 52 wt% Zn-48 wt% Cu-legering. Skisser skjematisk mikrostrukturen som vil bli observert etter veldig lav avkjøling til følgende temperaturer: 950°C , 860°C , 800°C og 600°C . Navngi alle faser og indiker deres omtrentlige sammensetninger.

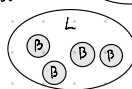


950°C : Væskefase

$W_L = 100\%$



860°C : $\beta + L$



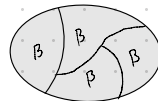
$C_B = 51\%$, $C_L = 57\%$

$$\Rightarrow W_B = \frac{C_L - C_0}{C_L - C_B} = \frac{57 - 52}{57 - 51} = 83\%$$

$$W_L = \frac{C_0 - C_B}{C_L - C_B} = \frac{52 - 51}{57 - 51} = 17\%$$

800°C : β

$W_B = 100\%$

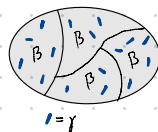


600°C : $\beta + \gamma$

$C_B = 51\%$, $C_\gamma = 58\%$

$$W_B = \frac{58 - 52}{58 - 51} = 86\%$$

$$W_\gamma = \frac{52 - 51}{58 - 51} = 14\%$$

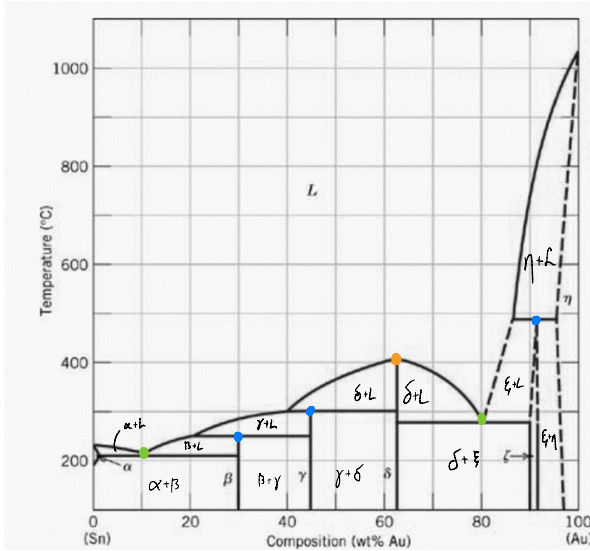


6

Figuren under viser fasediagrammet for Sn-Au (bare enfase regioner er merket). Spesifiser omtrentlig temperatur og sammensetning for alle:

Eutektiske
Eutektoide
Peritektiske
Kongruente

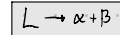
fasetransformasjoner som kan finne sted. Skriv i tillegg reaksjoner ved avkjøling for alle tilfellene.



Ser på β , γ og δ som intermetalliske forbindelser

Eutektiske punkt: ●

• $T = 220^\circ\text{C}$, 11 wt% Sn



• $T = 280^\circ\text{C}$, 80 wt% Sn

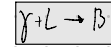


Eutektoide punkt: ●

Ingen

Peritektiske punkt: ●

• $T = 250^\circ\text{C}$, 30 wt% Sn



• $T = 300^\circ\text{C}$, 45 wt% Sn

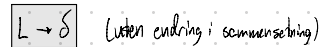


• $T = 490^\circ\text{C}$, 92 wt% Sn



Kongruente punkt: ●

• $T = 410^\circ\text{C}$, 63 wt% Sn



7

- Skriv om uttrykket for endring i den totale frie energien for et tilfelle med en kubisk nuklide med sidekant a (i stedet for en kule med radius a). Differensier dette uttrykket med hensyn på a og løs for både den kritiske kubiske kantlengde, a^* , og ΔG^* .
- Er ΔG^* størst for en kube eller en kule? Hvorfor?

a) Har en volumdel med ΔG_v og en overflatedel med γ

$$\Rightarrow \Delta G = a^3 \Delta G_v + 6 \cdot a^2 \gamma$$

$$\frac{d\Delta G}{da} = 3a^2 \Delta G_v + 12a\gamma$$

$$\frac{d\Delta G}{da} = 0 \Rightarrow 3a^2 \Delta G_v + 12a\gamma = 0$$

$$\Rightarrow a^* = -\frac{4\gamma}{\Delta G_v}$$

$$\Delta G^* = \Delta G(a^*) = \left(-\frac{4\gamma}{\Delta G_v}\right)^3 \Delta G_v + 6 \cdot \left(-\frac{4\gamma}{\Delta G_v}\right)^2 \gamma = \frac{32\gamma^3}{(\Delta G_v)^2}$$

b) $\frac{\Delta G_{\text{kube}}^*}{\Delta G_{\text{kule}}^*} = \frac{32}{16\pi/3} = \frac{6}{\pi} > 1 \Rightarrow \Delta G^* \text{ er størst for en kube}$

Dette er fordi kuber har mer overflateareal per volum enn kuler.

ΔG øker i takt med $\frac{A}{V}$, hvilket gjør at ΔG^* er størst for kuber.

8

Kinetikken for transformasjonen austenitt $\rightarrow$ perlit følger Avrami-ligninga:

$$y = 1 - \exp(-k \cdot t^n)$$

Bruk tabellen under med data for «fraction transformed» til å bestemme tiden for omdanning av 95 % av austenitt-fasen til perlit:

Fraction Transformed	Time (s)
0.2	280
0.6	425

Fra tabellen får vi to likninger:

I: $1 - \exp(-k \cdot 280^n) = 0,2$

II: $1 - \exp(-k \cdot 425^n) = 0,6$

Man løse for k og n

Skriver om I: $\exp(-k \cdot 280^n) = 0,8$

$$k \cdot 280^n = -\ln 0,8$$

III: $k = -\frac{\ln 0,8}{280^n}$

Skriver om II:

IV: $k = -\frac{\ln 0,4}{425^n}$

Setter III inn i IV:

$$-\frac{\ln 0,4}{425^n} = -\frac{\ln 0,8}{280^n}$$

$$\frac{425^n}{280^n} = \frac{\ln 0,4}{\ln 0,8}$$

$$n \cdot \ln\left(\frac{425}{280}\right) = \ln\left(\frac{\ln 0,4}{\ln 0,8}\right)$$

$$n = \frac{\ln\left(\frac{\ln 0,4}{\ln 0,8}\right)}{\ln\left(\frac{425}{280}\right)} = 3,38$$

Setter $n = 3,38$ inn i III:

$$\Rightarrow k = 1,16 \cdot 10^{-9}$$

Løser Avramiligningen med hensyn på t :

$$y = 1 - \exp(-k t^n)$$

$$\exp(-k t^n) = 1 - y$$

$$-k t^n = \ln(1 - y)$$

$$t^n = -\frac{\ln(1 - y)}{k}$$

$$t = \left(-\frac{\ln(1 - y)}{k}\right)^{1/n}$$

Setter inn $y = 0,95$, $k = 1,16 \cdot 10^{-9}$, $n = 3,38$

$$\Rightarrow t = 603 \text{ s}$$