

Øving 2

1

Hvilke typer punktdefekter finnes i metaller?

- Vakanser
 - Interstitielt atom
 - Substitusjonelt atom
- } fremmedatom

2

a) Hva menes med en vakans?

b) Beregn antall vakanser per kubikkmeter for jern ved 855°C. Energien som kreves for å danne vakans er 1,08 eV/atom. Tettheten til jern ved denne temperaturen er 7,65 g/cm³.

a) En vakans er et "hull" i gitterstrukturen. En gitterposisjon som vanligvis er fylt av et atom, er tom.

b) $N_v = N e^{-\left(\frac{Q}{kT}\right)}$

$$N = \frac{\rho N_A}{M} = \frac{7,65 \cdot 10^6 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}}{55,85} = 8,2488 \cdot 10^{28} \text{ atomer/m}^3$$

$$N_v = 8,2488 \cdot 10^{28} \cdot \exp\left(-\frac{1,08}{8,62 \cdot 10^{-5} \cdot 1128}\right)$$

$$\underline{N_v = 1,238 \cdot 10^{24} \text{ vakanser/m}^3}$$

$$\begin{aligned} Q &= 1,08 \text{ eV/atom} \\ k &= 8,62 \cdot 10^{-5} \text{ eV/atom} \cdot K \\ T &= 855^\circ C = 1128^\circ C \\ \rho &= 7,65 \text{ g/cm}^3 \\ &= 7,65 \cdot 10^6 \text{ g/m}^3 \\ M &= 55,85 \text{ g/mol} \\ N_A &= 6,022 \cdot 10^{23} \text{ atomer/mol} \end{aligned}$$

3

a) Forklar hva som menes med fast løselighet.

b) Forklar forskjellen på substitusjonell fast løsning og interstitiell fast løsning.

c) Hvilke av elementene i Tabell 1 vil du forvente danner følgende løsninger med kobber? Begrunn.

- Substitusjonell fast løsning med fullstendig løselighet
- Substitusjonell fast løsning med delvis løselighet
- Interstitiell fast løsning

Tabell 1: Atomradius, krystallstruktur, elektronegativitet og valens til noen grunnstoff.

Element	Atomradius	Krystallstruktur	Elektronegativitet	Valens
Cu	0,1278	FCC	1.9	+2
C	0,071			
H	0,046			
O	0,060			
Ag	0,1445	FCC	1.9	+1
Al	0,1431	FCC	1.5	+3
Co	0,1253	HCP	1.8	+2
Cr	0,1249	BCC	1.6	+3
Fe	0,1241	BCC	1.8	+2
Ni	0,1246	FCC	1.8	+2
Pd	0,1376	FCC	2.2	+2
Pt	0,1387	FCC	2.2	+2
Zn	0,1332	HCP	1.6	+2

- a) Når fremmedatomer tilsettes et metall, uten at metallstrukturen endres
- b) Substitusjonell: fremmedatom erstatter vertsatom. Ca. lik atomstørrelse
 Interstitiell: fremmedatom plasserer seg i hulrom mellom vertsatomene.
 fremmedatomet er mye mindre enn vertsatomet
- c) Bruker Hume-Rothery reglene
- Substitusjonell fast løsning med fullstendig løselighet med Cu:
 - Ni
 - Substitusjonell fast løsning med delvis løselighet med Cu:
 - Ag, Al, Co, Cr, Fe, Pd, Pt, Zn
 - Interstitiell fast legering
 - C, H, O

C 1. $\Delta r = \frac{0,1278 - 0,071}{0,1278} \cdot 100\% = 44\% > 15\%$
 $\Rightarrow$ Interstitiell fast løsning

H 1. $\Delta r = 64\% > 15\%$
 $\Rightarrow$ Interstitiell fast løsning

O 1. $\Delta r = 53\% > 15\%$
 $\Rightarrow$ Interstitiell fast løsning

- Ag**
1. $\Delta r = -13\% > -15\% \Rightarrow$ Substitusjonell
 2. Begge har FCC $\Rightarrow$ Fullstendig løselighet
 3. De har lik elektronegativitet $\Rightarrow$ Fullstendig løselighet
 4. Cu har +2, Ag har +1, fremmedatomet har minst valens
 $\Rightarrow$ Delvis løselighet
- $\Rightarrow$ Substitusjonell fast løsning med delvis løselighet
(fullstendig er også mulig siden 4. ikke er en "fast" regel)

- Al**
1. $\Delta r = -12\% > -15\% \Rightarrow$ Substitusjonell
 2. Begge har FCC $\Rightarrow$ Fullstendig løselighet
 3. $\Delta_{EN} = 0,4 \Rightarrow$ Delvis løselighet
 4. Cu har +2, Al har +3, fremmedatomet har størst valens
 $\Rightarrow$ Fullstendig løselighet
- $\Rightarrow$ Substitusjonell fast løsning med delvis løselighet
(fullstendig er også mulig siden 3. ikke er en "fast" regel)

- Co**
1. $\Delta r = 2\% < 15\% \Rightarrow$ Substitusjonell
 2. De har ikke samme struktur $\Rightarrow$ Delvis løselighet
- $\Rightarrow$ Substitusjonell fast løsning med delvis løselighet

- Cr**
1. $\Delta r = 2\% < 15\% \Rightarrow$ Substitusjonell
 2. De har ikke samme struktur $\Rightarrow$ Delvis løselighet
- $\Rightarrow$ Substitusjonell fast løsning med delvis løselighet

- Fe**
1. $\Delta r = 3\% < 15\% \Rightarrow$ Substitusjonell
 2. De har ikke samme struktur $\Rightarrow$ Delvis løselighet
- $\Rightarrow$ Substitusjonell fast løsning med delvis løselighet

Ni

1. $\Delta r = 3\% < 15\%$ $\Rightarrow$ Substitusjonell

2. Begge har FCC $\Rightarrow$ Fullstendig løselighet

3. $\Delta_{EN} = 0,1 \Rightarrow$ Fullstendig løselighet

4. Cu har +2, Ni har +2, de har lik valens
 $\Rightarrow$ Fullstendig løselighet

$\Rightarrow$ Substitusjonell fast løsning med fullstendig løselighet

Pd

1. $\Delta r = -8 > -15\%$ $\Rightarrow$ Substitusjonell

2. Begge har FCC $\Rightarrow$ Fullstendig løselighet

3. $\Delta_{EN} = 0,3 \Rightarrow$ Delvis løselighet

4. Cu har +2, Pd har +2, de har lik valens
 $\Rightarrow$ Fullstendig løselighet

$\Rightarrow$ Substitusjonell fast løsning med delvis løselighet

Pt

1. $\Delta r = -9 > -15\%$ $\Rightarrow$ Substitusjonell

2. Begge har FCC $\Rightarrow$ Fullstendig løselighet

3. $\Delta_{EN} = 0,3 \Rightarrow$ Delvis løselighet

4. Cu har +2, Pd har +2, de har lik valens
 $\Rightarrow$ Fullstendig løselighet

$\Rightarrow$ Substitusjonell fast løsning med delvis løselighet

Zn

1. $\Delta r = -4\% > -15\%$ $\Rightarrow$ Substitusjonell

2. De har ikke samme struktur $\Rightarrow$ Delvis løselighet

$\Rightarrow$ Substitusjonell fast løsning med delvis løselighet

4

- a) Beregn komposisjonen i vekt% i en legering med 6 atom% Pb og 94 atom% Sn.
 b) Beregn komposisjonen i atom% i en legering som inneholder 100 g Sn og 68 g Pb.
 c) Ge danner en substitusjonell fast løsning med Si. Beregn antall Ge atomer per cm^3 for en legering som inneholder 15 vekt% Ge og 85 vekt% Si. Tettheten til Ge er $5,31 \text{ g/cm}^3$ og tettheten til Si er $2,33 \text{ g/cm}^3$.

$$a) m_{\text{Pb}} = 0,06 \cdot 207,2 = 12,432$$

$$m_{\text{Sn}} = 0,94 \cdot 118,7 = 111,578$$

$$C_1 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot 100\%$$

$$\underline{C_{\text{Pb}} = 10,02\%, C_{\text{Sn}} = 89,98\%}$$

$$b) n_{\text{Pb}} = \frac{68 \text{ g}}{207,2 \text{ g/mol}} = 0,3282 \text{ mol}$$

$$n_{\text{Sn}} = \frac{100 \text{ g}}{118,7 \text{ g/mol}} = 0,8425 \text{ mol}$$

$$C_1' = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \cdot 100\%$$

$$1,1707$$

$$\underline{C_{\text{Pb}}' = 28,03\%, C_{\text{Sn}}' = 71,97\%}$$

$$c) \rho_{\text{avg}} = \frac{m_{\text{tot}}}{V_{\text{tot}}} = \frac{15 \text{ g} + 85 \text{ g}}{\frac{15 \text{ g}}{5,31 \text{ g/cm}^3} + \frac{85 \text{ g}}{2,33 \text{ g/cm}^3}} = 2,5442 \text{ g/cm}^3$$

$$\Rightarrow m_{\text{Ge}} \text{ per } \text{cm}^3 = 0,15 \cdot 1 \text{ cm}^3 \cdot 2,54417 \text{ g/cm}^3 = 0,3816 \text{ g}$$

$$N_{\text{Ge}} = \frac{m_{\text{Ge}}}{M_{\text{Ge}}} \cdot N_A = \frac{0,3816 \text{ g}}{72,63 \text{ g/mol}} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ atomer/mol}$$

$$\underline{N_{\text{Ge}} = 3,1642 \cdot 10^{21} \text{ atomer/cm}^3}$$

5

Aluminium – litium legeringer har blitt utviklet av luftfartsindustrien for å redusere vekten og forbedre ytelsen til flyene. I en kommersiell flykropp er det ønskelig med en tetthet på $2,47 \text{ g/cm}^3$. Beregn konsentrasjonen av Li i wt% som er påkrevd. Anta at tettheten til legeringen kan beregnes fra følgende ligning:

$$\rho_{\text{ave}} = \frac{100}{\frac{C_1}{\rho_1} + \frac{C_2}{\rho_2}} = 2,47 \text{ g/cm}^3$$

1:Li

2:Al

$$C_2 = 100\% - C_1$$

$$\rho_{\text{Li}} = 0,534 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_{\text{Al}} = 2,70 \text{ g/cm}^3$$

$$\frac{100}{\frac{C_1}{0,534} + \frac{100 - C_1}{2,7}} = 2,47 \Rightarrow C_1 = \frac{100 \cdot 0,534 \cdot 2,7}{2,47 \cdot 2,166} - \frac{53,4}{2,166}$$

$$\underline{C_1 = 2,30\%}$$

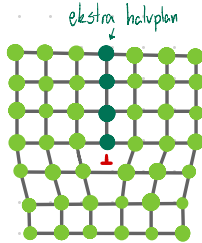
6

- Hva er en dislokasjon og hvilke typer dislokasjoner har vi?
- Forklar hva en kantdislokasjon er. Tegn en skisse. Forklar betydningen av dislokasjoner i metaller.
- Hvilken type defekt er en korngrænse?
- Forklar hvordan korn og korngrænser i et metall kan bli synlige i et optisk mikroskop.
- Forklar hva en tvillinggrænse er.

a) En dislokasjon er en linjedefekt i strukturen, hvor atomene rundt dislokasjonen er forskjøvet fra sine egentlige stillinger, vi har tre typer:

- kantdislokasjon
- skruedislokasjon
- blandet dislokasjon

b) En kantdislokasjon er en linjedefekt som skyldes ett ekstra halvplan med atomer i strukturen.

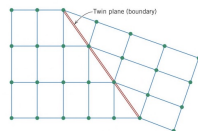


Dislokasjoner påvirker metallens mekaniske egenskaper, dette gjør at vi kan bestemme metallens egenskaper ved å kontrollere dislokasjonene. F.eks. gjør dislokasjoner at det kreves mer kraft for å forskyve atomplan ift hverandre.

c) En korngrænse er en plandefekt

d) Metallprøven prepareres til undersøkelse ved først å poleres slik at overflatestrukturen fjernes. Ved å etse prøven med en reagens, vil overflaten til de ulike kornene endres, slik at lys reflekteres forskjellig fra ulike korn. Ettersom atomer i korngrænser er veldig reaktive, vil de reagere mye, slik at det dannes riller i korngrænsene. Disse reflekterer lys forskjellig fra kornene, og vil derfor være synlige i optisk mikroskopi.

e) Det er en type korngrænse. Atomene på hver side av tvillinggrænsen er lokalisert i speilbildeposisjoner av hverandre.



- a) Vil overflateenergien til et (100) plan være større eller mindre enn overflateenergien til et (111) plan i FCC? Forklar hvorfor.
- b) Vil overflateenergien til et material være større, mindre eller lik korngrænseenergien? Forklar hvorfor.
- c) Korngrænseenergien til en lav – vinkel – korngrænse er mindre enn for en høy – vinkel – korngrænse. Hvorfor?

a) I øving 1 fant jeg at for FCC var $PD_{100} = \frac{1}{4R^2}$ og $PD_{111} = \frac{1}{2\sqrt{3}R^2}$
 $\Rightarrow PD_{111} > PD_{100}$

Ettersom (111) er tettere pakket, vil det ha ett større snitt-antall nærmeste naboer enn (100), dermed har det også færre "manglende" bindinger hvilket gir en lavere overflateenergi enn (100)

$\Rightarrow$ Overflateenergien til et (100) plan er mindre enn overflateenergien til et (111) plan.

- b) Overflateenergien til et material vil være større enn korngrænseenergien. I korngrænseene vil noen atomer kunne danne bindinger på tvers av korngrænsen, hvilket senker energien, det er ikke tilfelle for overflateatomene.
- c) Fordi for lav-vinkel-korngrænser er korngrænseene mer tettere pakket, dette senker energien fordi flere bindinger på tvers av korngrænsen kan dannes, og bindingene er under mindre stress enn for høy-vinkel-korngrænser.

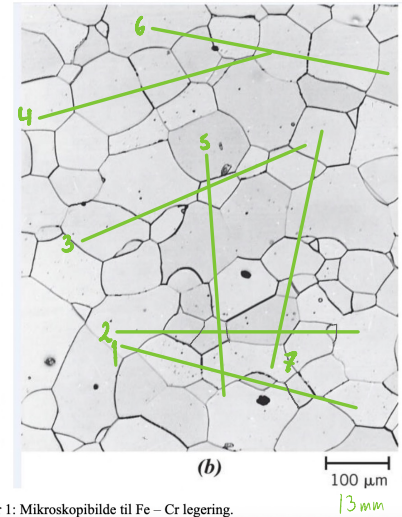
- Tegn linjer med lik lengde i ulike retninger
 $L_T = 7 \times 50 \text{ mm} = 350 \text{ mm}$
- Tell kryssninger mellom korgrenser og linjer

Linje	# kryssninger
1	7
2	6
3	5
4	6
5	5
6	5
7	8
Totalt:	42

$$P = 42$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_T}{P \cdot M} = \frac{350 \text{ mm}}{42 \cdot 130} = 0,0641 \text{ mm}$$

=> Gjennomsnittlig kornstørrelse er 0,0641 mm



Figur 1: Mikroskopibilde til Fe – Cr legering.

Skala på bildet:

$$M = \frac{13 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{100 \cdot 10^{-6} \text{ m}} = 130$$