

DET TEKNISK – NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

EKSAMEN I: (MSK200 Materialteknologi)

DATO: 04.03.2015

TID FOR EKSAMEN: 4 timer

TILLATTE HJELPEMIDDEL: Ingen trykte eller håndskrevne hjelpemidler.
Kalkulator: godkjent kalkulator.

OPPGAVESETTET BESTÅR AV 4 OPPGAVER PÅ 4 SIDER + 3 SIDER VEDLEGG

MERKNADER: Vedlegg 1 består av nyttig informasjon, bl.a. formler og konstanter.

Vedlegg 2 inneholder 4 figurer.

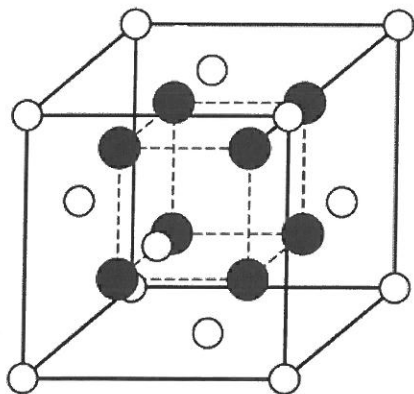
Ved bedømmelsen vil hver av deloppgavene telle likt.

Totalt vil oppgave 1 telle ca. 23,8%, oppgave 2 telle ca. 42,9%, oppgave 3 ca. 19,0% og oppgave 4 ca. 14,3%.

Oppgave 1

Barium reagerer med klor (Cl) og danner en forbindelse som består av barium og klor. Barium-atomene ligger som i en FCC enhetscelle, mens de sorte atomene, klor-atomene, ligger på atomposisjonene: $\frac{1}{4} \frac{1}{4} \frac{1}{4}$; $\frac{3}{4} \frac{1}{4} \frac{1}{4}$; $\frac{3}{4} \frac{3}{4} \frac{1}{4}$; $\frac{1}{4} \frac{3}{4} \frac{1}{4}$; $\frac{3}{4} \frac{1}{4} \frac{3}{4}$; $\frac{1}{4} \frac{1}{4} \frac{3}{4}$; $\frac{1}{4} \frac{3}{4} \frac{3}{4}$; $\frac{3}{4} \frac{3}{4} \frac{3}{4}$.

Enhetscella til denne strukturen er vist i figur 1.



Figur 1. Enhetscella til krystallstruktur som består av barium (åpne kuler) og klor (fylte, svarte kuler). De stiple linjene mellom de sorte atomene har ikke noe med enhetscella å gjøre, kun hjelpelinjer.

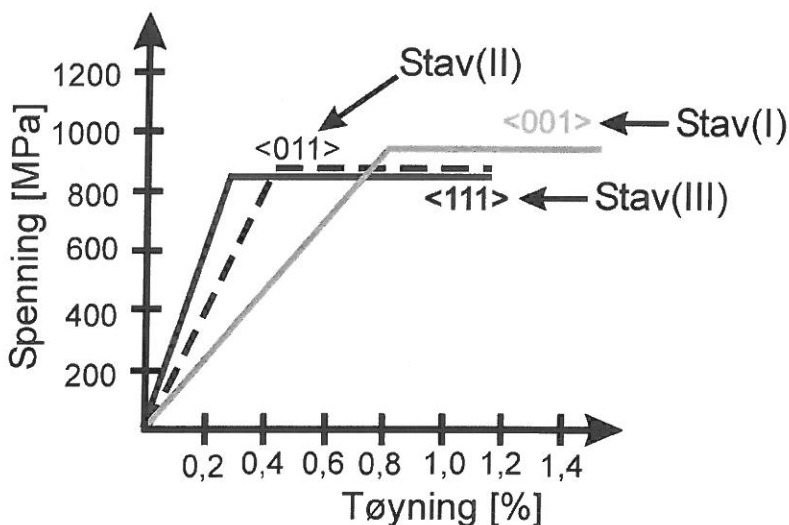
- Hvor mange atomer av barium og hvor mange atomer av klor er det i enhetscella, figur 1? Bruk dette til å bestemme den kjemiske formelen for forbindelsen mellom barium og klor. Vis hvordan du har kommet fram til svarene.
- Den dominerende bindingstypen i forbindelsen, figur 1, er ionisk binding. Beskriv kort ionisk binding.
- Regn ut % ionisk karakter av bindingen mellom ett Ba og ett Cl atom. Vis utregning.
- Tegn et (110)-plan for krystallstrukturen vist i figur 1, og merk av de ulike atomene som er i dette planet. Planet skal ikke skisseres inn i ei enhetscelle, men tegnes som en todimensjonal figur.
- Beskriv kort prinsippet for røntgendiffraksjon fra et pulver.
- Forbindelsen beskrevet i 1a) har $a = 0,7311$ nm. Beregn atomplanavstand mellom (111)-planene. Vis utregning og forklar hva de ulike symbolene i likningen står for.

Oppgave 2

En-krystaller av en nikkel superlegering, tabell 1, brukes blant annet til rotorblader i gassturbiner. Figur 1 viser et skjematisk nominell spenning tøyings diagram for en slik legering. I diagrammet er det plottet tre kurver. Stav (I) er laget slik at anvendt kraft er parallell med en krystallografisk retning av typen $\langle 001 \rangle$, stav (II) er slik at anvendt kraft er parallell med en $\langle 011 \rangle$ retning og stav (III) er anvendt kraft parallell med en $\langle 111 \rangle$ retning. Prøvene er sirkulære med tverrsnittsdiameter 20,0 mm, og lengden det måles over (målelengden) er 150 mm i ubelasta tilstand. Vi antar at Poissons forholdstall er 0,29.

Tabell 1. Kjemisk sammensetning til nikkel superlegeringen i vekt%. (Ni: nikkel; Co: kobolt; Ta: tantal; Cr: krom; W: wolfram; Al: aluminium; Ti: titan; Mo: molybden; Hf: hafnium; Si: silisium)

Grunnstoff	Ni	Co	Ta	Cr	W	Al	Ti	Mo	Hf	Si
Vekt%	64,2	5,1	6,0	8,0	8,1	5,0	1,3	2,1	0,1	0,1



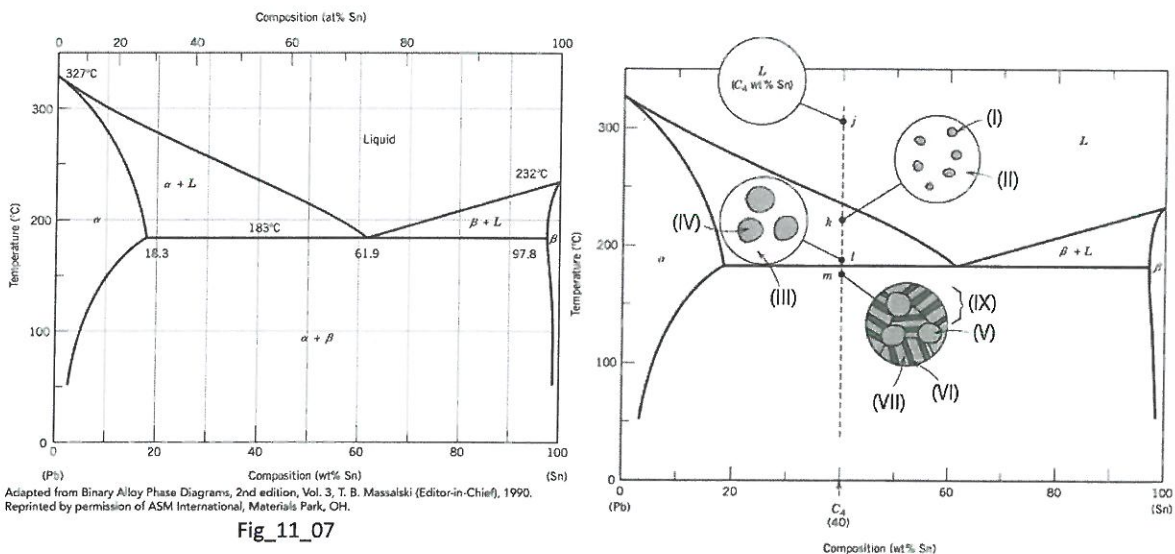
Figur 2. Skjematisk diagram som viser nominell spenning som funksjon av nominell tøyning for en nikkel superlegering ved 500°C. Diagrammet viser tøyingskurver for strekk av en-krystaller langs de tre ulike krystallografiske retningene $\langle 001 \rangle$, $\langle 011 \rangle$ og $\langle 111 \rangle$.

Les av nødvendige størrelse fra figur 2 der dette kreves for å løse oppgavene.

- Regn ut kraften som trengs for at nominell spenningen skal bli 600 MPa. Vil kraften for dette variere for de tre ulike strekkstavene [stav (I), stav(II) og stav(III)]? Hvis kraften varierer så regn ut kraften for hver av de tre stavnene med angivelse av hvilken stav nummer utregningen gjelder for. Vis utregning eller skriv begrunnelse.
- Regn ut sann spenning for stav(I) når nominell spenning er 800 MPa.
- Hva kaller vi stigningstallet til flytekurven i det lineære området av flytekurven i forbindelse med et nominelt spenning tøyingsdiagram?
- Hva forteller stigningstallet i det lineære området i nominelt spenning tøyingsdiagram oss om bindingsenergien?
- Vi drar alle de tre stavnene til brudd. Bestem lengden av målelengden for hver av de tre strekkstavene etter brudd. Vis utregning og angi hvilken stav utregningen gjelder for.
- Hvilken mekanisk egenskap/størrelse er det som er definert som motstand mot plastisk deformasjon?
- Motstand mot plastisk deformasjon øker i en nikkel superlegering dersom man får utskilt nanometer store partikler. Forklar ut i fra mikrostruktur hvorfor motstand mot plastisk deformasjon økes av de nanometer store partiklene.

Oppgave 3

Bly har kjemisk symbol Pb og tinn har Sn. Figur 2 viser fasediagrammet til bly-tinn systemet. Vi har en legering som består av 15 vekt% tinn. Vi antar likevektsstørkning.



Figur 3. Fasediagram for bly-tinn systemet

- a) Systemet bly-tinn har et eutektisk punkt. Angi den eutektiske reaksjonen med tilhørende kjemisk sammensetning og temperatur for reaksjonen.
- b) I mikrostrukturene som er skissert inne i rundingene i fasediagrammet, figur 3 i høyre diagram, er romertallene (I) til (VII) brukt på ulike faser. Om mulig sett symbol på fasene i henhold til fasediagrammet. Om mulig skal også kjemisk sammensetning til fasene angis og settes på.
- c) Beregn faseandel av fasene angitt med romertallene (IV) og (III) ved den gitte temperaturen i punktet *l*. Vis utregninger.
- d) Hvordan kan lamellebredden til mikrostrukturen angitt med romertall (IX) i punktet *m* endres med varierende avkjølingshastighet og hvordan forklares denne endringen av lamellebredde?

Oppgave 4

Vi skal se litt på brudd og bruddoppførsel.

- a) Sprøbrudd kan enten være transkrystallinske eller interkrystallinske. Forklar kort hva et transkrystallinskt brudd er.
- b) Hvordan bestemmes om et brudd er et transkrystallinskt eller et interkrystallinskt brudd?
- c) Charpy V testing brukes for å finne ut om et materiale er sprøtt eller ikke. Hva måles med denne testen?
- d) En prøve av et gitt materiale har bruddseigheten på $45 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ i plan tøyning. Materialet utsettes for en spenning på 1000 MPa i plan tøyning. Vil det oppstå brudd i materialet da det har en overflatesprekk med lengden $0,76 \text{ mm}$? Konstanten Y settes lik 1. Vis utregning.

Vedlegg 1

Formler og konstanter

Atomtype	Ba (barium)	Cl (klor)	Al (aluminium)	Fe (jern)
Atom vekt (g/mol)	137,33	35,45	26,98	55,85
Ionisk radius (nm)	0,136	0,181	0,053	0,077
Elektronegativitet	0,9	2,9	1,5	1,7

$$N_A = 6,023 \times 10^{23} \text{ atomer/mol}$$

$$R = 8,31441 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$$

$$D_0 \text{ (Cu i Al)} 0,000078 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Q \text{ (Cu i Al)} 211 \text{ kJ/mol}$$

$$A = \pi r^2$$

$$V = (4/3)\pi r^3$$

$$1 \text{ kPa} = 10^3 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ GPa} = 10^9 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ }\mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$$

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

$$\rho = \frac{nA}{V_C N_A}$$

$$\%IC = \{1 - \exp[-(0,25)(X_A - X_B)^2]\} \times 100$$

LD = (number of atoms centered on direction vector)/(length of direction vector)

PD = (number of atoms centered on a plane)/(area of plane)

APF = (volume of atoms in the unit cell)/(total unit cell volume)

$$D = D_0 \exp[-Q_d/(RT)]$$

$$n\lambda = 2d_{hkl} \sin(\theta)$$

$$\tau = G\gamma$$

$$d_{hkl} = a/\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$\nu = -(\epsilon_X/\epsilon_Z) = -(\epsilon_Y/\epsilon_Z)$$

$$E = 2G(1 + \nu)$$

$$\sigma_m = 2\sigma_0(a/\rho_t)^{1/2}$$

$$\sigma_T = \sigma(1 + \epsilon)$$

$$\sigma_c = [(2E\gamma_s)/(\pi a)]^{1/2}$$

$$\sigma_T = \sigma(1 + \epsilon)$$

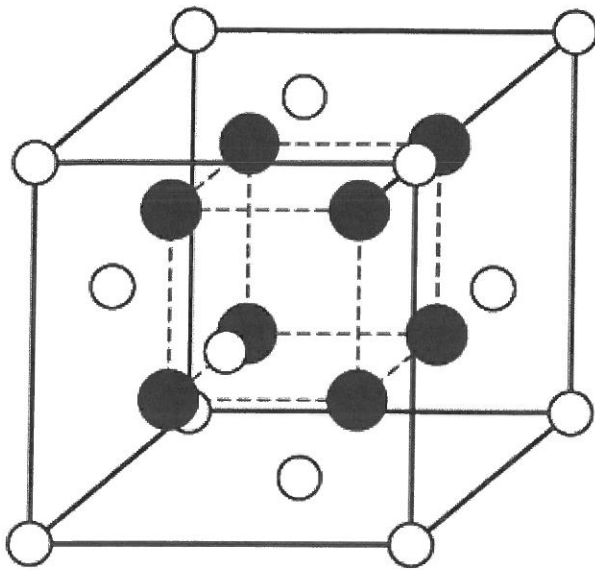
$$K_c = Y\sigma_c(\pi a)^{1/2}$$

$$\sigma_T = K\epsilon^n$$

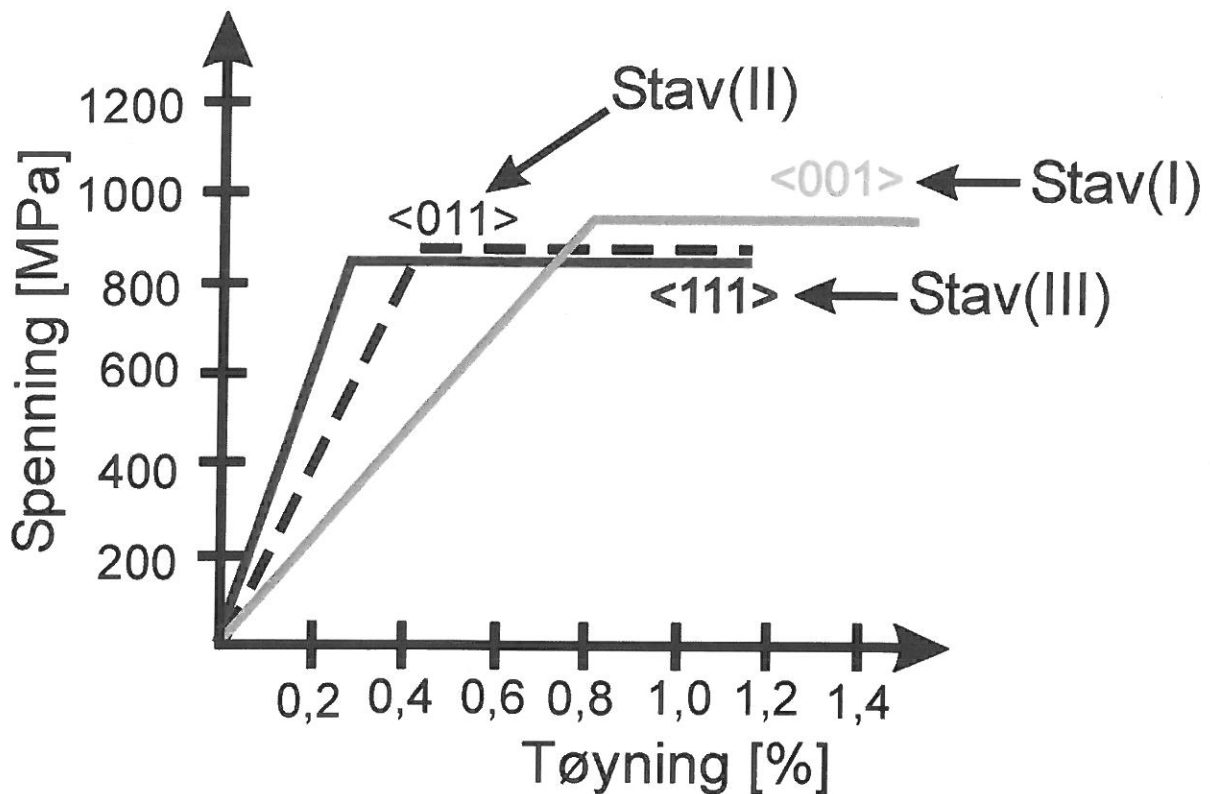
$$y = 1 - \exp(-kt^n)$$

$$\sigma_y = \sigma_0 + k_y d^{-1/2}$$

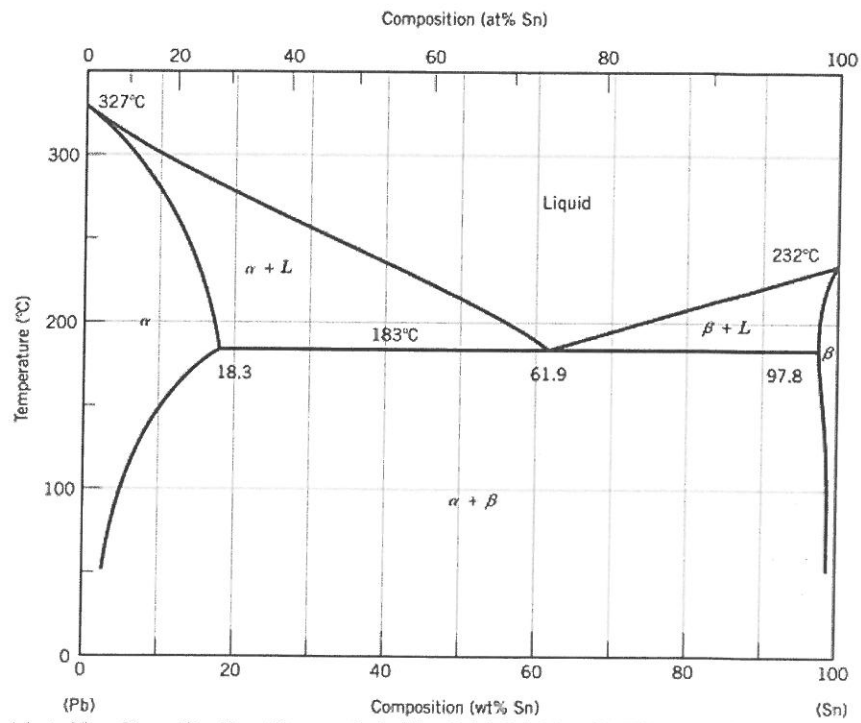
$$d^n - d_0^n = Kt$$



Figur 1. Fasediagram for sølv – kobber systemet



Figur 2. Skjematisk diagram som viser nominell spenning som funksjon av nominell tøyning for en nikkel superlegering. Diagrammet viser tøyningkurver for strekk av en-krystaller langs de tre ulike krystallografiske retningene $\langle 001 \rangle$, $\langle 011 \rangle$ og $\langle 111 \rangle$.



Adapted from Binary Alloy Phase Diagrams, 2nd edition, Vol. 3, T. B. Massalski (Editor-in-Chief), 1990. Reprinted by permission of ASM International, Materials Park, OH.

Fig_11_07

Figure 3. Fasediagram for bly-tinn systemet.

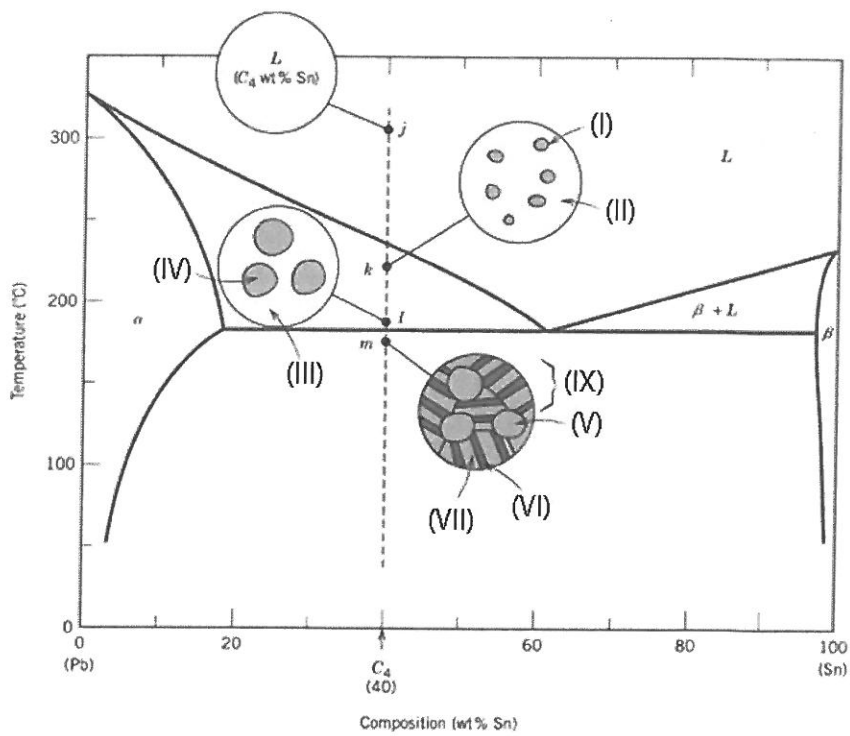


Figure 3. Fasediagram for bly-tinn systemet.