

DET TEKNISK – NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

EKSAMEN I: (MSK200 Materialteknologi)

DATO: 12.12.2015

TID FOR EKSAMEN: 4 timer

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

OPPGAVESETTET BESTÅR AV 5 OPPGAVER PÅ 4 SIDER + 3 SIDER VEDLEGG

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

Vedlegg 2 inneholder 3 figurer.

Ved bedømmelsen vil hver av deloppgavene telle likt.

Totalt vil oppgave 1 telle ca. 28,6%, oppgave 2 telle ca. 19,0%, oppgave 3 ca. 14,3%, oppgave 4 ca. 19,0 og oppgave 5 ca. 19,0%.

Oppgave 1

Jern og nikkel er grunnstoffer som ofte brukes i konstruksjonsmaterialer.

- Nikkel har FCC type krystallstruktur. Tegn en FCC enhetscelle hvor atomene avmerkes som små runde kuler og tell opp antall atomer i enhetscella. Vis utregning av antall atomer i enhetscella.
- Nikkel (Ni) i grunntilstand (ground state) har elektronkonfigurasjonen: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2$. Hva vil det si at et atom er i grunntilstanden? Tegn Bohrs atommodell for Ni med den gitte elektronkonfigurasjonen (electron configuration).
- Tegn to kubiske enhetsceller uten atomer. Koordinataksene x, y og z må være avmerka på begge figurene. I den ene enhetscella tegnes inn planet med Miller indekser (321), i den andre enhetscella tegnes inn retningsvektoren (direction vector) [123]. Vis utregninger.
- Rene metaller som har metallisk binding leder elektrisk strøm godt (good conductors of electricity). Hva er grunnen til at metaller med metallisk binding leder elektrisk strøm godt? Forklar kort.

- e) Nikkel kan legeres med jern (Fe) og danne en legering. Nikkel blir da det "oppløsende" element og jern er i fast løsning. Hvilken krystallstruktur vil legeringen ha? Begrunn svaret kort.
- f) Legeringen består av 52 at% Ni og 48 at% Fe. Hva er legeringens kjemiske sammensetning i vektprosent? Vis utregning

Oppgave 2

Vi har en 6,0 cm tykk kobberplate som vi deler i to stykker. Den ene delen av plata, heretter kalt plate(I), kaldvales (cold rolling) til 4,0 cm tykkelse. Den andre delen av plata, heretter kalt plate(II), kaldvales ned til 2,0 cm tykkelse.

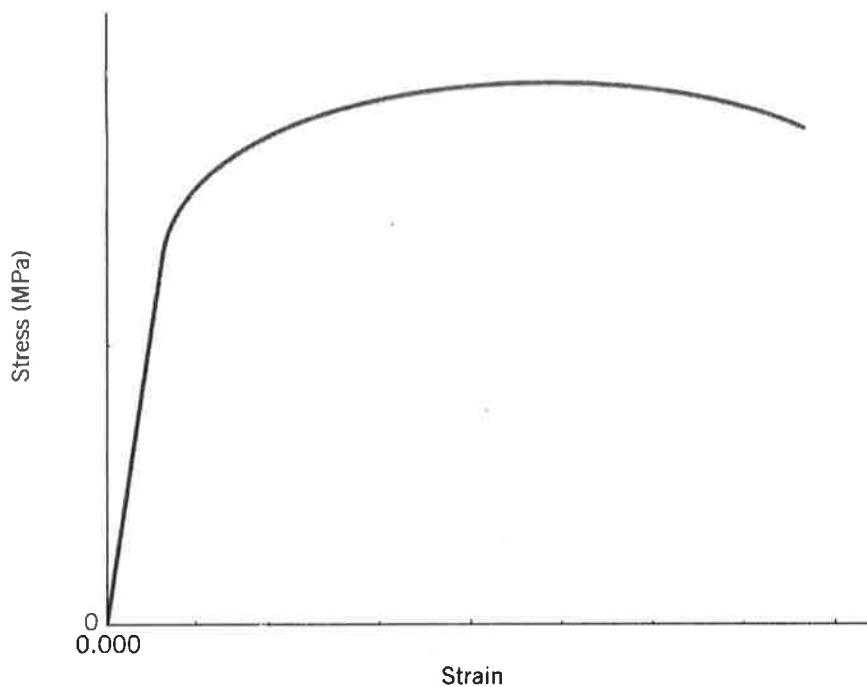
- a) Vi måler Vickers hardhet for de to platene, men glemmer å notere hvilket inntrykk som er fra plate(I) og hvilket som kommer fra plate(II). Hvordan kan i ettetid se på de noterte diametere fra inntrykkene hvilke som kommer fra plate(I) og hvilke som kommer fra plate(II)? Begrunn svaret kort.
- b) Vi varmebehandler begge platene ved samme temperatur ved en temperatur over rekrystallisasjons temperaturen. Hvilke av platene rekrystalliseres etter den korteste varmebehandlingstiden? Begrunn svaret kort.

Den ene plata har korn (grain) med korndiameter $2\mu\text{m}$ etter rekrystallisasjon etter en isoterm varmebehandling (heat treatment). Etter 50 minutters lengre isoterm varmebehandlingstid er korndiameteren vokst til $3\mu\text{m}$.

- c) Beregn flytegrensen (yield strength) for rekrystallisert kobber med korndiameter på henholdsvis $2\mu\text{m}$ og $3\mu\text{m}$. Vis utregninger og anslå flytegrensen for uendelig store korn av kobber gitt av Hall-Petch relasjonen.
- d) Vi fortsetter den samme isoterme varmebehandlingen. Hvor lang total varmebehandlingstid kreves for at korndiameteren har vokst til $5\mu\text{m}$ når eksponenten i uttrykket som må brukes i beregningen settes lik 2? Vis utregning.

Oppgave 3

- a) Tegn på svararket et skjematisk spenning tøyingsdiagram (schematic stress-strain diagram), mest mulig likt figur 1. Marker på den tegna figuren hvor du ville lest av: 1) flytegrense (yield strength) svarende til 0,2% plastisk deformasjon; 2) strekkfasthet (tensile strength) og 3) bruddtøyningen (failure strain) etter brudd.



Figur 1. Skjematisk diagram som viser nominell spenning som funksjon av nominell tøyning.

- b) Figur 2, se vedlegg 2, viser nominell spenning- nominell tøyningkurven for jern ved tre ulike temperaturer. Definer kvantitativt duktilitet og seighet (toughness) og begrunn kort ved hvilke/hvilken temperatur jern har størst duktilitet/seighet av ved -100°C og 25°C .
- c) Hvilke type brudd og hvordan vil bruddflaten (fracture surface) se ut fra jern strukket av ved -200°C i en-akset strekk?

Oppgave 4

Bly har kjemisk symbol Pb og tinn har Sn. Figur 3, se vedlegg 2, viser diagram som beskriver legeringer av bly og tinn.

- a) Hva kaller vi et slikt diagram som figur 3, og hva forutsettes for at diagrammet skal være gyldig?
- b) Når en legering størkner vil kimdanningen være enten homogen eller heterogen. Tegn en figur med kimradius r på x-aksen og ΔG på y-aksen. Grafen for homogen og grafen for heterogen kimdanning skisseres på figuren. Merk av ΔG^* og r^* for både heterogen og homogen kimdanning på grafene.
- c) Hvis det er en eutektisk reaksjon i Pb-Sn systemet, figur 3, så skriv reaksjonslikningen for denne eutektiske reaksjonen og tegn en skisse av den eutektiske mikrostrukturen.

Vi har en legering som består av 30 wt% tinn. Vi antar likevektstørkning (equilibrium solidification).

- d) Tegn en skjematisk skisse (schematic illustration) av mikrostrukturen av legeringen bestående av 30, wt% Sn ved 150°C. Sett symbol på fasen/fasene i henhold til fasediagrammet. Regn også ut faseandel (determine phase amount) av hver av fasene hvis det er flere faser til stede ved denne tilstanden.

Oppgave 5

Jern-karbon systemet er et av de viktigste legeringssystemer teknologisk sett. Vi vil nå se på en legering som består av jern med eutektoid sammensetning, det vil si leget med 0,76 wt% karbon. Figur 4, vedlegg 2, viser prosentvis perlitt som funksjon av varmebehandlingstiden.

- a) Hver av kurvene, figur 4, kan beskrives ved hjelp av en likning (equation). Skriv navnet på likningen og forklar hva symbolene i likningen står for.
- b) Perlitt består av to faser. Tegn en skisse av perlitt hvor du setter på navnene til de to fasene på skissen. Forholdet mellom bredden til de to fasene skal også være tilnærmet riktig på skissen.
- c) Anta at to stålbit(er), stålbit(I) og stålbit(II), har vært varmebehandlet (heat treat) lenge nok ved 760°C til at en har fått en homogen austenittisk fase. Stålbit(I) bråkjøles så til 600°C og holdes der i 10²sek. Deretter bråkjøles til romtemperatur. Stålbit(II) bråkjøles til 675°C og holdes så der i 10²sek. Deretter bråkjøles til romtemperatur. Hvilken mikrostruktur/mikrostrukturer består stålbit(I) og stålbit(II) av ved romtemperatur etter angitte varmebehandlinger. Angi også hvis mulig prosentvis andel av fasene i de to stålbitene.
- d) Skisser TTT-diagrammet for varmebehandling mellom 600°C og 675°C ut i fra opplysningene i figur 4. Målepunkter fra figur 4 skal markeres på TTT-diagrammet.

Formler og konstanter

Atomtype	Ni (FCC) (nikkel)	Al (FCC) (aluminium)	Fe (BCC) (jern)	Fe (FCC) (jern)
Atom vekt (g/mol)	58,69	26,98	55,85	55,85
Atomradius (nm)	0,125	0,1431	0,1241	0,1241
Akselengde, a, (nm)	0,3536	0,4047	0,2866	0,3510

Hall-Petch konstanter for kobber: $\sigma_0 = 25 \text{ MPa}$; $k_y = 0,11 \text{ MPam}^{1/2}$

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

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

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

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

$$A = \pi r^2$$

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

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

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

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

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

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

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

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)

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

$$\tau = G\gamma$$

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

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

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

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

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

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

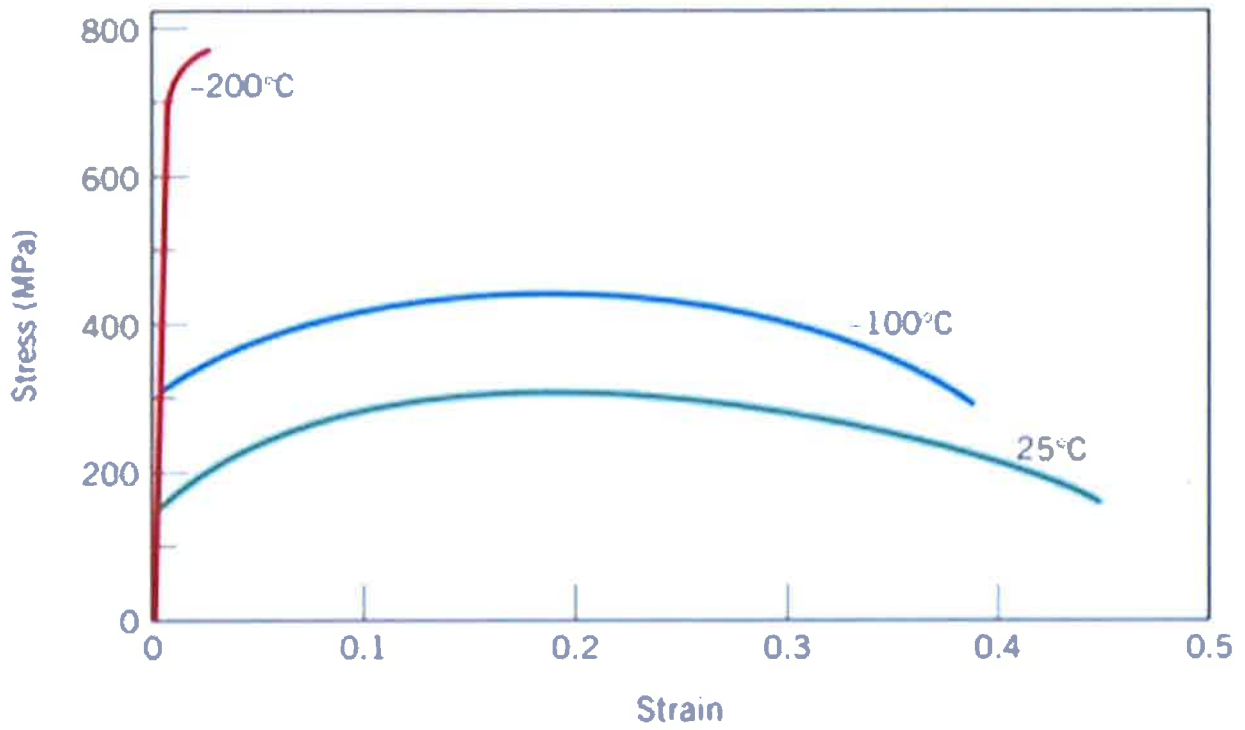
$$K_c = Y\sigma_c(\pi a)^{1/2}$$

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

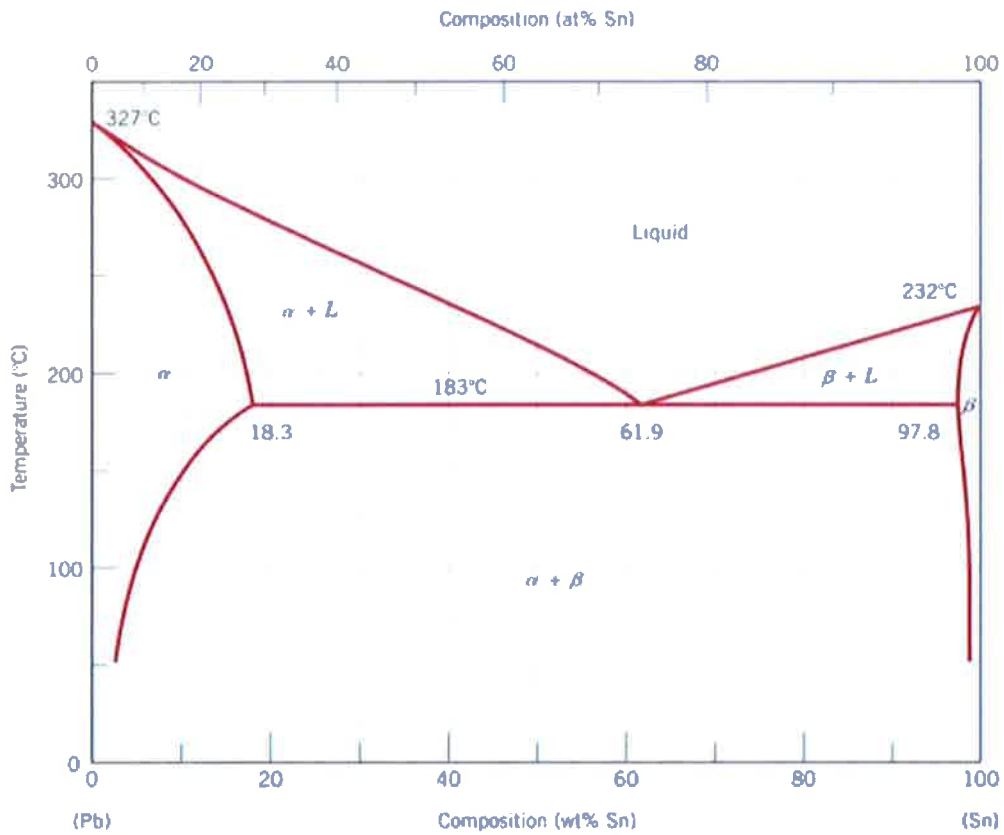
$$y = 1 - \exp(-kt^n)$$

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

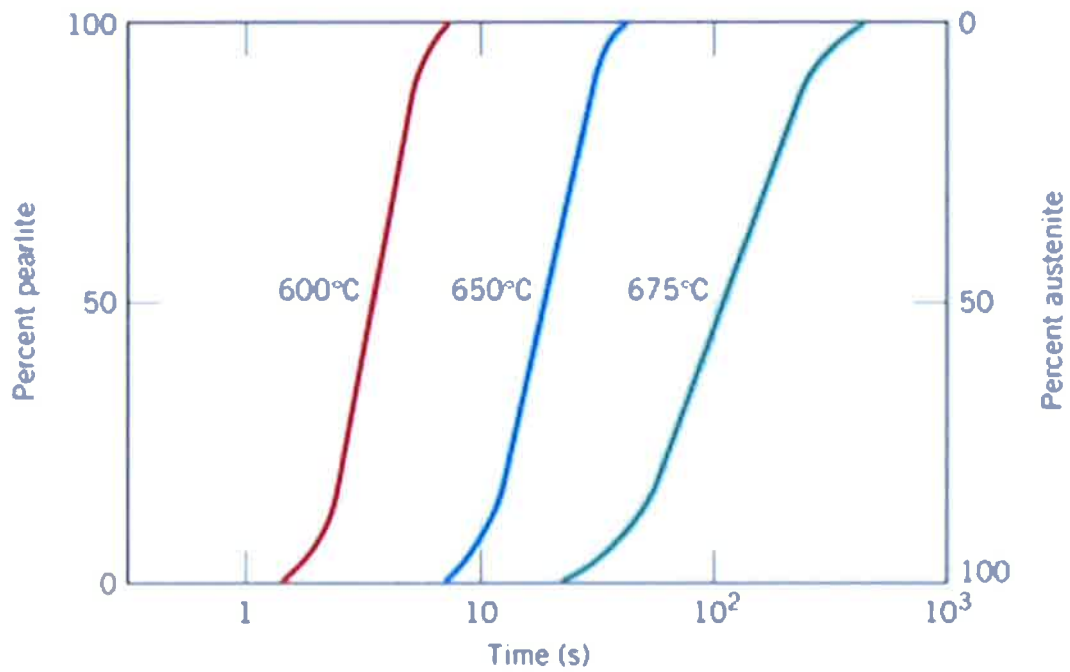
$$d^n - d_0^n = Kt$$



Figur 2. Nominell spenning – tøyingsdiagram for jern ved tre ulike temperaturer



Figur 3. Fasediagram for bly – tinn systemet



Figur 4. Prosent perlitt som funksjon av varmebehandlingstid