

DET TEKNISK – NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

EKSAMEN I: (MSK200 Materialteknologi)
DATO: 20.12.2012

TID FOR EKSAMEN: 4 timer

TILLATTE HJELPEMIDDEL: Ingen trykte eller håndskrevne hjelpemidler.
Kalkulator: HP30S, Casio FX82, TI-30

OPPGAVESETTET BESTÅR AV 4 OPPGAVER PÅ 3 SIDER + 2 SIDER VEDLEGG

MERKNADER: Vedlegg 1 består av nyttig informasjon, bl.a. formler og konstanter.
Vedlegg 2 består av figurer som skal brukes til avlesning av verdier til deloppgaver i oppgave 2 og 3.
Noen fagord er skrevet på engelsk med liten font inne i parenteser.
Ved bedømmelsen vil hver av deloppgavene telle likt.
Totalt vil oppgave 1 vil telle ca. 38%, oppgave 2 telle ca. 29%, oppgave 3 ca. 19% og oppgave 4 ca. 14%.

Oppgave 1

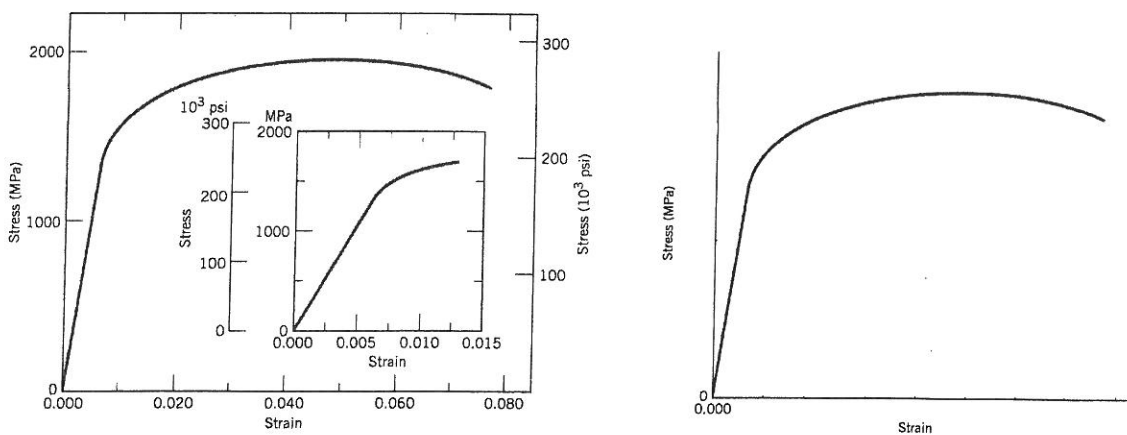
Både aluminium (Al) og kobber (Cu) har FCC krystallstruktur i fast fase. Enhetscella (unit cell) til aluminium har akselengden (lattice parameter), $a = 0,404$ nm.

- Tegn enhetscella til aluminium (atomene skal være markert som små runde kuler) og regn ut den atomære pakningstettheten (APF) (atomic packing factor). Når den atomære pakningstettheten til FCC jern skal regnes ut antas det at jern er harde kuler som berører hverandre langs de mest tettpakka krystallografiske retningene.
Vis utregning av atomær pakningstetthet.

- b) Tegn to kubiske enhetsceller uten atomer, aksene x, y og z må være avmerka på figurene. I den ene enhetscella tegnes inn planet med Miller indeks (111), i den andre enhetscella planet med Miller indeks (113).
- c) Aluminium kan legeres med kobber. Kobber er i fast løsning (solid-solution) i aluminium, hvilken type gitterplasser vil kobberatomene være på i aluminiumsgitteret? Begrunn svaret.
- d) Vi antar at gitterkonstanten til aluminiumsmatriks er 0,404 nm også etter at vi har tilsatt 5 at% kobber som er i fast løsning. Beregn massetettheten (density) til denne legeringen (alloy). Massetettheten angis med enhet: g/cm^3 .
- e) Beregn diffusjonskoeffisienten (diffusion coefficient) for kobber i aluminium ved 25°C og ved 150°C . Vis utregning og forklar kort ut i fra struktur hvorfor endring i diffusjonskoeffisient har den trenden som beregningene viser.
- f) Hvordan vil E-modulen og strekkfastheten (tensile strength) til aluminium levert med kobber i fast løsning være sammenlikna med E-modulen og strekkfastheten til aluminium uten noen legeringselementer? Begrunn svarene kort.
- g) Skriv opp den likningen du kjenner fra dette kurset hvor arbeidsherdingskoeffisienten (strain-hardening exponent) er en av parameterne. Forklar hva alle symbolene i likningen står for og gyldighetsområde (valid part) for likningen (equation).
- h) En plate av aluminium uten noen legeringselementer har blitt kraftig kald valsa (cold rolled) for å få den tykkelsen (thickness) en ønsker. Plata har ikke de mekaniske egenskapene (mechanical properties) vi ønsker etter valsing. Vi ønsker at plata skal ha tilnærma de samme mekaniske egenskapene som den hadde før valsing. Hva kan vi gjøre med plata for at den skal få disse mekaniske egenskapene? Begrunn svaret.

Oppgave 2

Figur 1 (Figur også i vedlegg 2) viser nominell spenning (stress) som funksjon av nominell tøyning (strain) for et stål under enakset strekk. Den opprinnelige prøve er sylindrisk med diameter 8,5 mm og lengde 80,0 mm. Poissons forholdstall, ν , for denne legeringen er 0,30.



Figur 1. Nominell spenning som funksjon av nominell tøyning (figuren finnes også i vedlegg 2). Diagrammet til høyre er kun et skjematisk diagram

For å få størst mulig nøyaktighet på tallene bruk Figur 1, vedlegg 2, til avlesningene.

Tegn et skjematisk spenning tøyingsdiagram, diagrammet til høyre, Figur 1. Bruk det tegna diagrammet til å vise hvor på diagrammet verdier er avlest på diagrammet, vedlegg 2. Vis beregninger for de deloppgavene som krever beregninger.

Les av / beregn følgende:

- E-modul (GPa).
- Flytegrense (MPa) (yield strenght), svarende til 0,2% plastisk deformasjon.
- Strekfasthet (tensile strenght) (MPa)
- Bruddtøyningen (%) (Bruk en grafisk løsning.)
- Beregn forlengelsen (mm) når staven utsettes for en kraft på 65 250 N i enakset strekk.
- Hva er den sanne spenningen (true stress) og den sanne tøyningen (true strain) når strekkstaven har en nominell tøyning (ϵ) på 0,01? Vis utregning.

Oppgave 3

Sølv har kjemisk symbol Ag og kobber har Cu. Figur 2 viser fasediagrammet til sølv-kobber systemet.

- På figur 2 er tre områder avmerket: (I), (II) og (III). Hvilke fase/faser er det i hvert av de tre områdene i fasediagrammet?

Vi har en legering som består av 20 wt% Sølv. Vi antar likevektsstørkning (equilibrium solidification).

- Bestem kjemisk sammensetning til smelta og den faste fasen som er felt ut ved 900°C. Beregn også massefraksjon (phase amounts as fraction) av fast fase ved 900°C. Vis beregninger.
- Er det et eutektisk punkt i sølv-kobber systemet? Hvis det er et eutektisk punkt så skal du skrive den eutektiske reaksjonen (med faser og kjemisk sammensetning) for dette systemet.
- Når fast fase dannes fra smelte må det være et kimdanningsstadium. Avhengig av kimdanningen (nucleation) så skiller vi mellom to kimdanningsmekanismer. Hvilke to typer kimdanningsmekanismer har vi og hvilken er det som opptrer i materialer som er industrielt støpt?

Oppgave 4

Jern-karbon systemet er et av de viktigste legeringssystemer teknologisk sett. Flere ulike strukturer opptrer i systemet hvor perlitt og sfæroidite er to av dem.

- Perlitt består av to faser. Beskriv kort hvilke to faser det er og hvordan morfologi (geometrisk form) til de to fasene er når strukturen er perlittisk
- Hvordan er mikrostrukturen (faser og morfologi) når strukturen sfæroidittisk?
- Hvordan forklares at perlitt transformerer til sfæroidite ved en passende varmebehandling som består av høy temperatur og lang tid?

Formler og konstanter

Atomtype	Mg (magnesium)	Al (aluminium)	Si (silisium)	Cu (kobber)
Atom vekt (g/mol)	24,31	26,98	28,09	63,55
Atomradius (nm)	0,160	0,143	0,118	0,128
Elektronegativitet	1,2	1,5	1,8	1,9

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

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

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

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

$$A = \pi r^2$$

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

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

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

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

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

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

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

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)

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

$$\tau = G\gamma$$

$$\nu = -(\epsilon_x/\epsilon_z) = -(\epsilon_y/\epsilon_z)$$

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

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

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

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

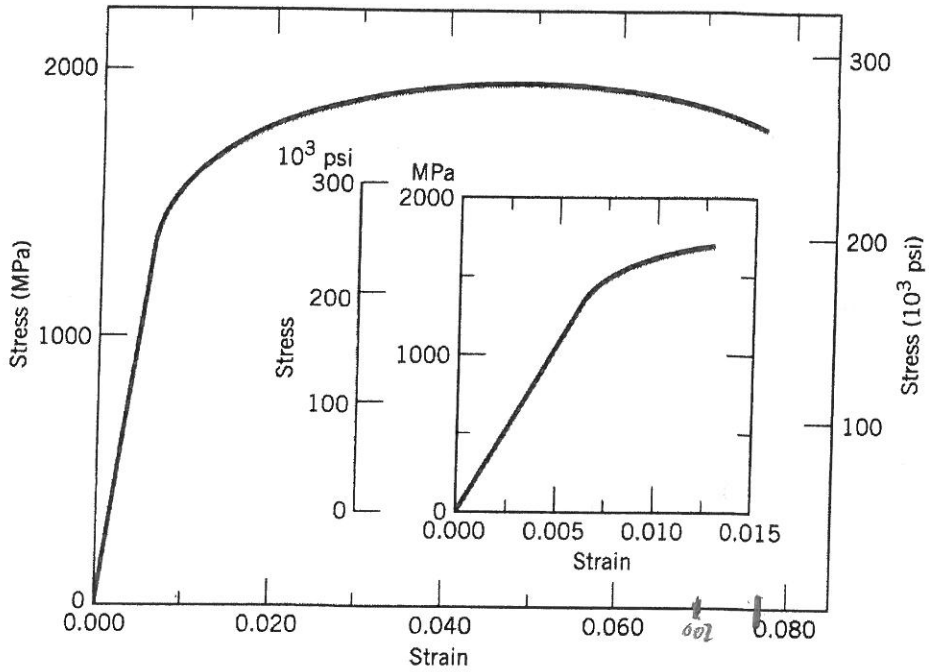
$$\epsilon_T = \ln(1 + \epsilon)$$

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

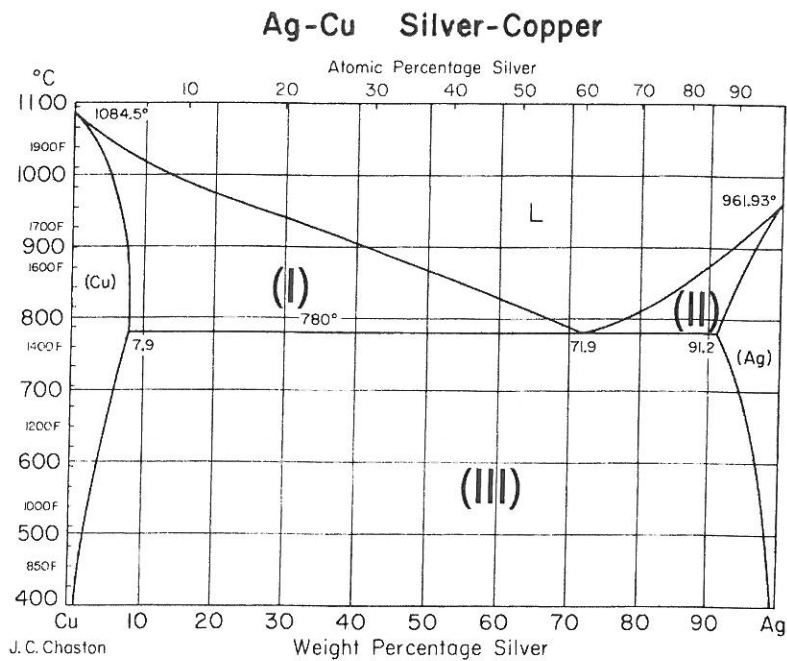
$$\sigma_T = K\epsilon^n$$

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

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



Figur 1. Nominell spenning som funksjon av nominell tøyning.



Figur 2. Fasediagram for sølv – kobber systemet