



Universitetet
i Stavanger

DET TEKNISK – NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

EKSAMEN I: (BIM120-1 Materialmekanikk)

DATO: 2.12.2011

TID FOR EKSAMEN: 4 timer

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

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

MERKNADER: Noen engelske ord er satt inn i parentes med mindre skrift.

Vedlegg 1 består av figurer i forbindelse med oppgave 3

Vedlegg 2 består av nyttig informasjon, bl.a. formler og konstanter.

Ved bedømmelsen vil hver av deloppgavene telle likt med unntak av oppgave 2b) som vil telle dobbelt av de andre oppgavene.

Totalt vil oppgave 1 vil telle 35%, oppgave 2 telle 35% og oppgave 3 telle 30%.

Oppgave 1

Jernatomer kan ordne seg enten i en BCC krystallstruktur (Crystal structure), ferritt, (gitterparameter (unit cell length) $a = 0.287$ nm) eller i en FCC krystallstruktur, austenitt.

- Tegn (draw) en BCC og en FCC enhetscelle (unit cell).
- Hvilken type binding (bonding) er det mellom atomene i jern (iron)? Lag en skjematisk skisse (illustration) som illustrerer denne typen bindinger. Er dette en retningsbestemt (directional) type binding? Begrunn svaret.
- Tegn to individuelle kubiske enhetsceller uten atomer. Aksene x , y og z skal angis på begge de to tegna enhetscellene. Tegn inn (110)-planet i den ene enhetscella og (112)-planet i den andre.

- d) Vi antar at jernatomene er stive kuler (hard sphere) som berører hverandre langs de mest tettpakka (most closely packed) retningene (directions). Tegn så atomene i et (110)-plan for FCC jern og deretter tilsvarende for et (110)-plan for BCC jern. Det skal være tilnærmet riktige forhold mellom atomstørrelsen og de ulike retninger på figurene. (Tips: bruk et kronestykke til å tegne inn atomene med og tilpass akselengdene til myntstørrelsen.)
- e) Beregn gitterparameteren, a , for FCC jern dersom vi antar at jern-atomene er stive kuler som berører hverandre. Vis utregning, svaret skal ha enhet nm.
- f) Dersom vi antar at jern-atomene er stive kuler som berører hverandre, beregn den atomære pakningsfaktor (atomic packing factor, APF) for BCC jern. (Enheten skal være: %).
- g) Beregn den teoretiske massetettheten (density) til BCC jern, vis utregninger. (Enheten skal være: g/cm^3).

Oppgave 2

De fleste konstruksjonsmaterialer er legeringer (alloys). Vi skal se nærmere på to legeringer av aluminium (Al) tilsatt relativt små mengder magnesium (Mg). Legeringene er støpt ut i 4,0 cm tykke bånd (thick plate). Plate A inneholder 1,0 wt% Mg, mens plate B inneholder 1,5 wt% Mg. Magnesiumatomene er i fast løsning (solid solution). Rent aluminium har FCC-struktur med gitterparameter $a = 0,404$ nm. Med matriks i denne legeringen menes de aluminium-rike områdene med samme FCC-type struktur som aluminium.

- a) Hver av platene blir delt i tre like store stykker, hvert med bredde (width) 3,0 cm og lengde (length) 20,0 cm. Til sammen har vi da seks geometrisk like stykker (equal plates), tre fra hver legering. Fra hver legering blir det ene stykke værende uvalsa (un-rolled), det andre blir kaldvalsa (cold-rolled) til 3,0 cm tykkelse og det siste blir kaldvalsa til 2,0 cm tykkelse. Vi antar at platene ikke har endra bredde, kun tykkelse og lengde under kaldvalsingen. Hvor lange blir da de ulike platene etter valsing? Beregn også % tøyning (strain) i lengderetningen for de fire kaldvalsa platene. Vis utregning.
- b) Det blir laget strekkstaver (tensile specimen), en fra hver av platene, dvs. 3 fra hver legering (uvalsa, valsa til 3,0 og 2,0 cm tykkelser). Tegn to nominell spenning nominell tøyningdiagram, en for hver legering. Angi på figuren hvilken legering den representerer. Tegn så inn skjematisk hvordan nominell spenning tøyningkurvene (3stk.) fra hver av de 3 tilstandene blir i samme diagram. Begrunn kort kurvenes lik/ulikheter med hensyn på E-modul, flytegrense (yield strenght), strekkfasthet (tensile strenght) og bruddtøyning.
- c) Kalddeformasjon endrer i hovedsak mikrostrukturen på to måter hvorav en av dem er kornstrukturen (grain structure). Hvordan endrer mikrostrukturen seg fra den uvalsa via den 2,0 cm til den 3,0 cm tykke kaldvalsa plata med tanke på kornstruktur og hva er den andre store mikrostrukturelle endringen? Begrunn svaret.
- d) Mg atomene er substitusjonelt løst i matriks. Hva menes med at Mg atomene er substitusjonelt løst i matriks.
- e) Hvis Mg atomene ikke hadde vært i fast løsning (solid solution), hvor hadde magnesiumatomene i legeringen da befunnet seg? Forklar kort hva som skiller slike områder fra matriks.

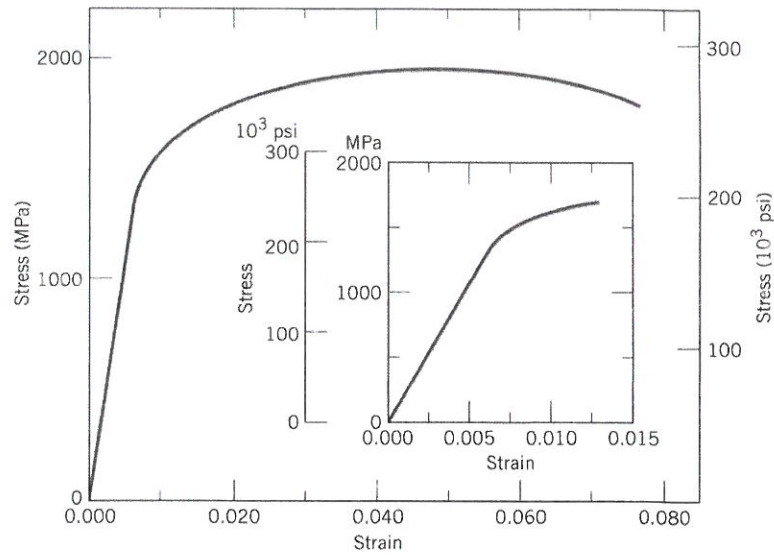
- f) Legerings konsentrasjonen var i dette tilfelle gitt i vektprosent (wt%). Hvilken annen enhet kunne vært brukt? Og hvor stor hadde konsentrasjonen av Mg atomer vært med denne enheten. Vis utregning.

Oppgave 3

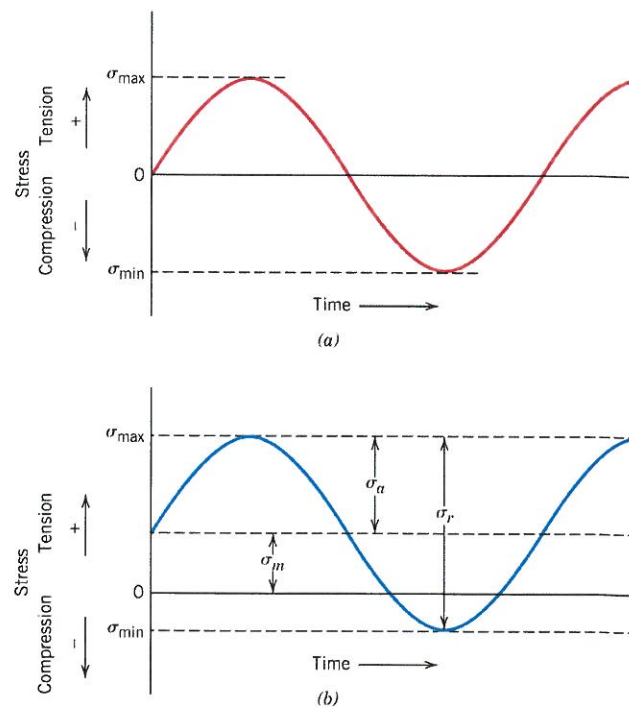
Utmattning (fatigue) eller materialtretthet er et av de mest vanlige havaritilfellene for metalliske materialer. Figur 2 (vedlegg 1) viser ulike måter å påføre spenninger på et materiale i laboratorium for å måle utmattingsegenskapene til materialet. Spenning tøyingsdiagrammet for materialet som skal utmattes er vist i Figur 1 (vedlegg 1).

- En prøve skal utmattes i laboratoriet. Hva er den største σ_{\max} som kan velges for at dette skal være et vanlig utmattingsforsøk? Angi svaret til σ_{\max} (MPa). Begrunn svaret.
- Hva kalles diagrammet som er vanlig å bruke for å systematisere data fra utmattingsforsøk? Skisser et slikt diagram, diagrammet skal ha en utmattingsgrense (fatigue limit). Sett på vanlige betegnelsene på aksene (x og y aksen) og marker tydelig en utmattingsgrense.
- Utmattingsprosessen beskrives ofte i tre trinn (three distinct steps). Beskriv kort hvert av de tre trinnene.
- Det er mistanke om at et brudd skyldes utmatting. Hvordan påvises det at et brudd er et utmattingsbrudd?
- Det blir utført to korrosjonsutmattingsforsøk av identiske materialer. Spenning syklusene er i det ene tilfelle i henhold til Figur 2a) og i andre i henhold til Figur 2b). Hvilke vil først utmattes til brudd. Begrunn svaret.
- Nevn 3 forhold (factors) som er med på å bestemme utmattingstiden (affect fatigue life) til en maskindel.

Vedlegg 1



Figur 1. Nominell spenning som funksjon av nominell tøyning.



Figur 2. Variasjon av spenning som funksjon av tiden for utmattingsforsøk

Formler og konstanter

Atomtype	Mg	Al	Fe	Cu
Atom vekt (g/mol)	24,31	26,98	55,85	196,97

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

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

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

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

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

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

$$A = \pi r^2$$

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

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

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)

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

$$\tau = G\gamma$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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