

DET TEKNISK – NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

EKSAMEN I: (MSK205 Materialmekanikk)

DATO: 09.12.2013

TID FOR EKSAMEN: 3 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 nyttig informasjon, bl.a. formler og konstanter.

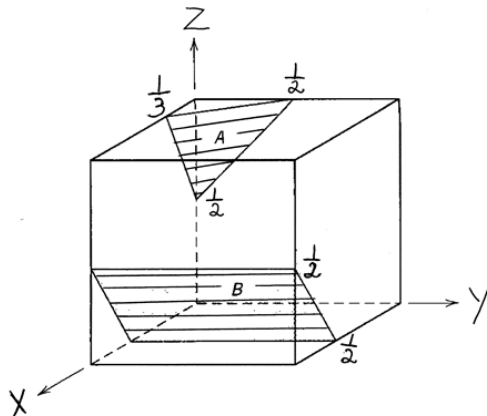
Vedlegg 2 består av et nominell spenning – nominell tøyings diagram.

Ved bedømmelsen vil hver av deloppgavene telle likt.

Totalt vil oppgave 1 vil telle ca. 37,5%, oppgave 2 telle ca. 37,5%, og oppgave 3 ca. 25,0%.

Oppgave 1

- a) Primærbindinger (primary interatomic bonds) deles inn i tre typer. En av dem er metallisk binding. Hva kalles de to andre?
- b) Metaller, som har metallisk binding, leder godt varme (good conductors of heat). Forklar hvorfor metaller leder godt varme.



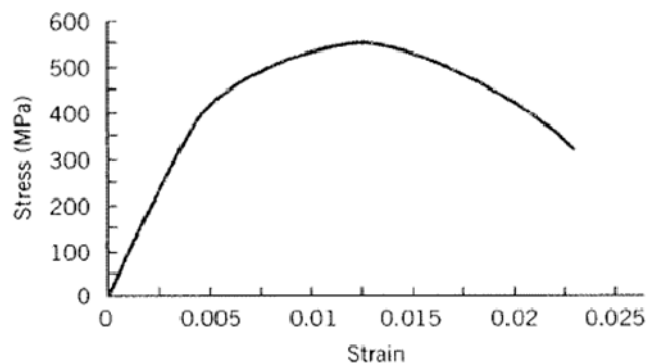
Figur 1.a) kubisk enhetscelle med to skraverte plan, A og B.



Figur 1b) (110)- plan i ei kubisk enhetscelle fra en BCC-struktur

- Figuren 1a) viser ei kubisk enhetscelle (unit cell) hvor to ulike plan, henholdsvis A og B, som er skraverte (hatched). Hva er Miller indekser for hvert av planene? Vis beregningene (calculations) som viser hvordan du har kommet fram til Miller indeksene for begge de to planene, A og B.
- Figur 1b) er et (110)-plan i en BCC- struktur, atomradius er 0,124 nm. Vi antar at atomene er stive kuler (hard-sphere) som berører hverandre (touch each other) langs de tettete retningene (directions). Hvor lang er akselengden (cube edge length), a , for denne enhetscella? Vis utregninger.
- Beregn den atomære plantettheten (planar density) for (110)-planet og for et (001)- plan for en BCC- struktur. Vis utregning og anta (suggest) en akselengde (cube edge length) hvis du ikke klarte å beregne a fra 1d).
- Hvilken av (001) eller (110) planet for BCC-struktur ville ha størst overflateenergi (surface free energi) dersom et slikt plan er ytre overflate av et metall. Begrunn svaret.

Oppgave 2



Figur 2. Nominell spenning og nominell tøyning fra en-akset strekk av en sirkulær prøvestav av et metall med Poissons forholdstall, $\nu = 0,30$. Målelengde, $l_0 = 150$ mm. og tverrsnittsradius, $r_0 = 8,5$ mm.

Figur 2, også i vedlegg 2, viser nominell spenning som funksjon av nominell tøyning for et metall under en-akset strekk utført ved romtemperatur. Prøvestaven ble maskinert til en sylindrisk stav med radius 8,5 mm og en mållengde på 150,0 mm. Poissons tall, ν , for metallet er 0,30.

Tegn (draw) en figur mest mulig lik, Figur 2, vedlegg 2. Bruk den tegna figuren til å vise hvor på diagrammet at verdier er avlest på i Figur 2, vedlegg 2, for de ulike deloppgavene, a) - e). Vis beregninger for de deloppgavene som krever beregninger.

- Beregn E-modul (modulus of elasticity) (Svaret i GPa).
- Finn flytegrense (yield strength) (Svaret i MPa), svarende til 0.2% plastisk deformasjon.
- Finn strekkfasthet (tensile strength) (Svaret i MPa).
- Finn bruddforlengelse (Svaret i %).
- Beregn tvernsnittsdiameteren (diameter) til staven ved nominell spenning på 300 MPa. (Svaret i mm.). Vis beregninger.
- Vi integrerer hele arealet under nominell spenning – nominell tøyningkurven. Tallet vi får da en størrelse som vi har et eget navn på. Hva kaller vi denne størrelsen og hva er denne størrelsen et mål for?

Oppgave 3

Utmattingsforsøk (fatigue experiments) av messing gav følgende eksperimentelle data:

| Spennings-amplitude (MPa) | Antall sykler Til brudd (N) | Log(N) |
|---------------------------|-----------------------------|--------|
| 170 | 3.7×10^4 | 4.5 |
| 148 | 1.0×10^5 | 5.0 |
| 130 | 3.0×10^5 | 5.5 |
| 114 | 1.0×10^6 | 6.0 |
| 92 | 1.0×10^7 | 7.0 |
| 80 | 1.0×10^8 | 8.0 |
| 74 | 1.0×10^9 | 9.0 |

- De fleste havaritilfeller for metalliske materialer er knyttet til utmatting. Hva er karakteristisk for spenningstilstanden som fører til utmattingsbrudd?
- Plot S–N diagrammet for messing ut i fra oppgitte data i tabellen over, og bestem utmattingsfastheten (fatigue strength) for 4.0×10^6 sykler.
- Hvilken type/typer laboratorieutstyr brukes for å bestemme eksperimentelle data av den typen som vist i tabellen over?
- Utmattingsprosessen (process of fatigue failure) beskrives i tre trinn. Beskriv kort hver av de tre trinnene.

Vedlegg 1

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 |

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

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

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

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

$$A = \pi r^2$$

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

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

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

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

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

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

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

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)

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

$$\tau = G\gamma$$

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

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

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

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

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

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

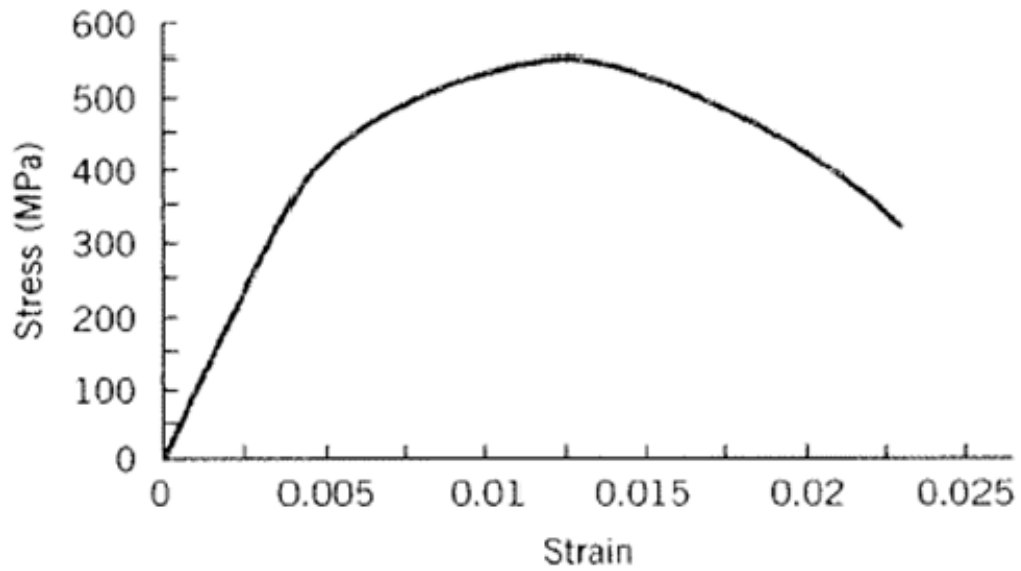
$$K_c = Y\sigma_c(\pi a)^{1/2}$$

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

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

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

Vedlegg 2



Figur 2. Nominell spenning og nominell tøyning fra en-akset strekk av en sirkulær prøvestav av et materiale med Poissons forholdstall, $\nu = 0,30$. Målelengde, $l_0 = 150$ mm. og tverrsnittsradius, $r_0 = 8,5$ mm.