

DET TEKNISK – NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

EKSAMEN I: (MSK200 Materialteknologi)

DATO: 09.12.2013

TID FOR EKSAMEN: 4 timer

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

OPPGAVESETTET BESTÅR AV 3 OPPGAVER PÅ 4 SIDER + 3 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.

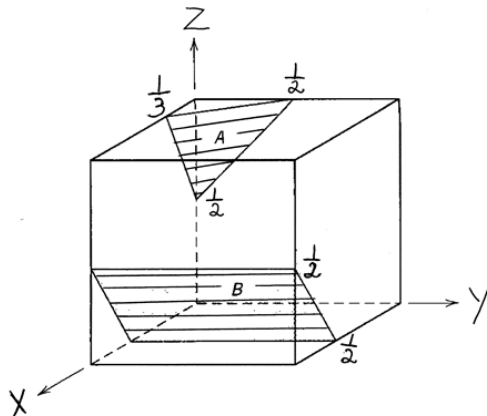
Vedlegg 2 består av tre ulike diagrammer.

Ved bedømmelsen vil hver av deloppgavene telle likt.

Totalt vil oppgave 1 vil telle ca. 28,6%, oppgave 2 telle ca. 47,6%, oppgave og oppgave 3 ca. 23,8%.

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.



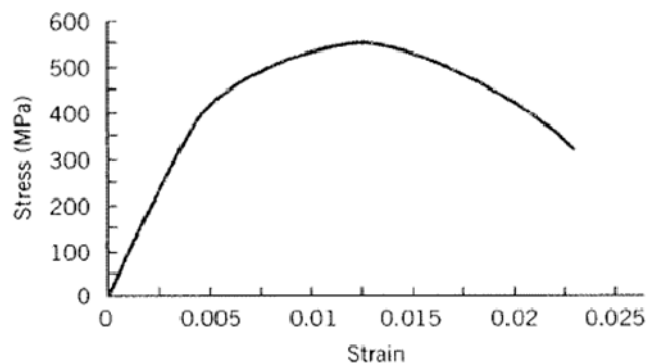
Figur 1.a) kubisk enhetscelle med to skraverte plan, A og B.



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.

- a) Beregn E-modul (modulus of elasticity) (Svaret i GPa).
- b) Finn flytegrense (yield strength) (Svaret i MPa), svarende til 0.2% plastisk deformasjon.
- c) Finn strekkfasthet (tensile strength) (Svaret i MPa).
- d) Finn bruddforlengelse (Svaret i %).
- e) Beregn tvernsnittsdiameteren (diameter) til staven ved nominell spenning på 300 MPa. Vis beregninger (svaret i mm.).
- f) 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?

Vi har flere prøvestaver som er identiske med den som ble brukt for å lage spenning tøyningdiagrammet, Figur 2. Den ene staven, her kalt stav (I), ble belastet til en nominell tøyning på $\epsilon = 0,010$ og avlasta. Den andre staven, her kalt stav(II), ble belastet til en nominell tøyning, $\epsilon = 0.015$ og avlasta.

- g) Vi måler Vickers hardhet midt på langsiden på stav (I) og på stav (II) etter avlastning. På hvilken av stavene måler vi størst hardhet? Begrunn svaret ut i fra forskjell i mikrostrukturene.
- h) Vi varmebehandler (heat-treat) de to stavene (I og II) etter avlastning til at de er fullstendig rekrySTALLISERT, men ikke lengre. Beskriv forskjeller i mikrostrukturen midt på langsiden på stavene etter rekrySTALLISASJON for hver av de to stavene. Begrunn svaret.
- i) Hvilken av de to stavene (I) eller (II) som vil ha størst flytegrense. Begrunn svaret ut i fra en likning (equation). Skriv likningen, dens navn og hva de ulike parameterne står for.
- j) Vi tar stav (I) som nå er rekrySTALLISERT. Varmer den opp til en høy temperatur, dvs. ikke så langt fra smeltepunktet (melting point). Staven blir påført en kraft ved den høye temperaturen i strekkmaskinen og E-modulen beregnes. Hvordan er den E-modulen en finner ved høy temperatur i forhold til E-modulen ved romtemperatur. Begrunn svaret.

Oppgave 3

Vi skal nå studere jern-karbon systemet (iron-carbon phase diagram), Figur 3, vedlegg 2.

- a) Hvor stor masseandel (phase amounts) har vi av de ulike fasene i en jern legering med 0,76 wt% karbon ved 1450°C? Vis utregning.

- b) Skriv opp reaksjonslikning (equation for the reaction) for den eutektoide transformasjonen i jern-karbon systemet. Angi kjemiske sammensetning til de fasene som inngår og hvilke temperatur den eutektoide transformasjonen foregår ved.

TTT diagrammet for et karbonstål (Fe-C legering) med eutektoid sammensetning er vist i Figur 4, hvor P står for perlitt og B for bainitt.

- c) Hva står hver av de tre T'-ene for i et TTT-diagram?
- d) Ved hjelp av TTT-diagrammet, Figur 4, beskriv hvilke endringer i struktur som skjer på hvert trinn under de følgende fire varmebehandlinger og angi hvilken struktur man får etter endt varmebehandling. (Forutsett at avkjøling starter fra austenittområdet med 100% austenitt).
- 1) Bråkjøl til 650°C, holde 200 s, bråkjøl til 130°C
 - 2) Bråkjøl til 650°C, holde 200 s, bråkjøl til 350°C
 - 3) Bråkjøl til 650°C, holde 20 s, bråkjøl til 300°C, holde 30 s, bråkjøl til romtemperatur
 - 4) Bråkjøl til 650°C, holde 20 s, bråkjøl til 410°C, holde 30 s, bråkjøl til romtemperatur.
- e) Beskriv mikrostrukturen til perlitt. Tegn to skisser (draw two schematic illustrations) av mikrostrukturen til perlitt, en for perlitt dannet ved 580°C og en for perlitt dannet ved 680°C; forstørrelsen (magnification) skal være tilnærmet den samme for begge skissene. Forklar (explain) skissene og begrunn eventuelle forskjeller i mikrostruktur i de to skissene.

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)

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

$$\tau = G\gamma$$

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

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

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

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

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

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

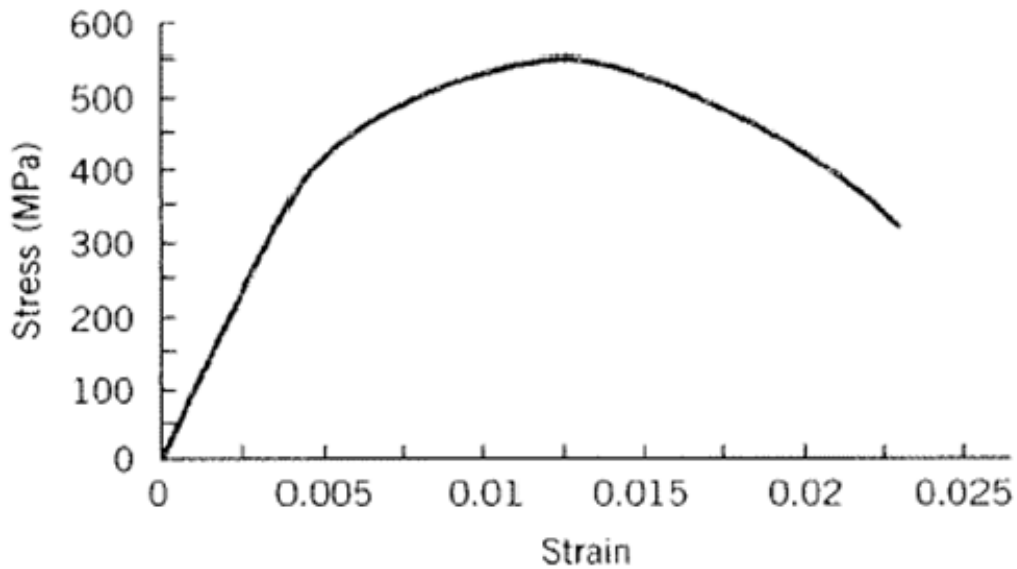
$$K_c = Y\sigma_c(\pi a)^{1/2}$$

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

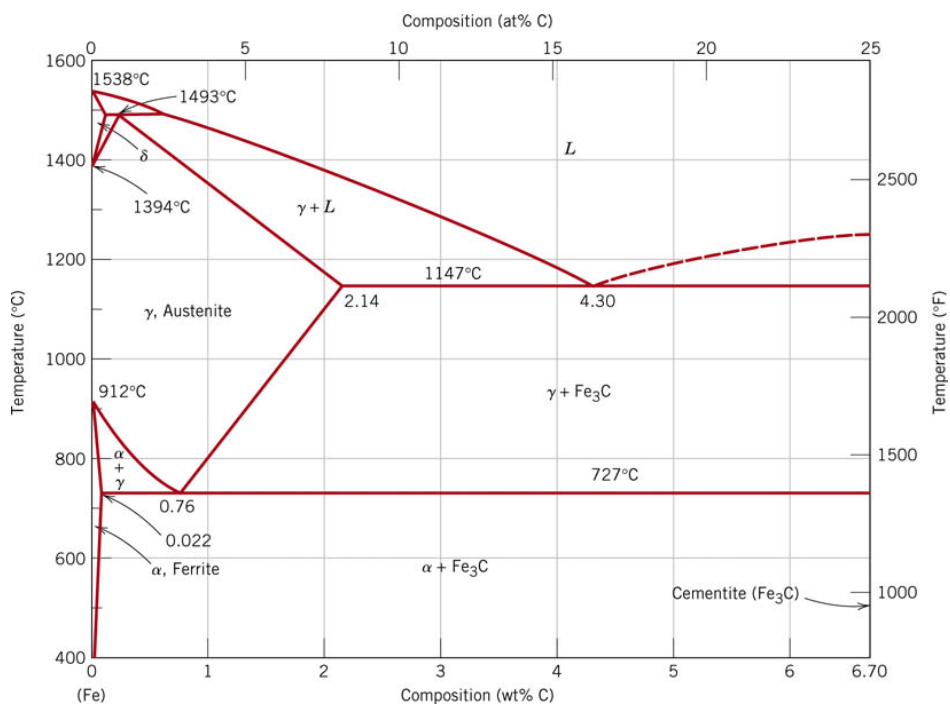
$$\sigma_y = \sigma_0 + k_y d^{-1/2}$$

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

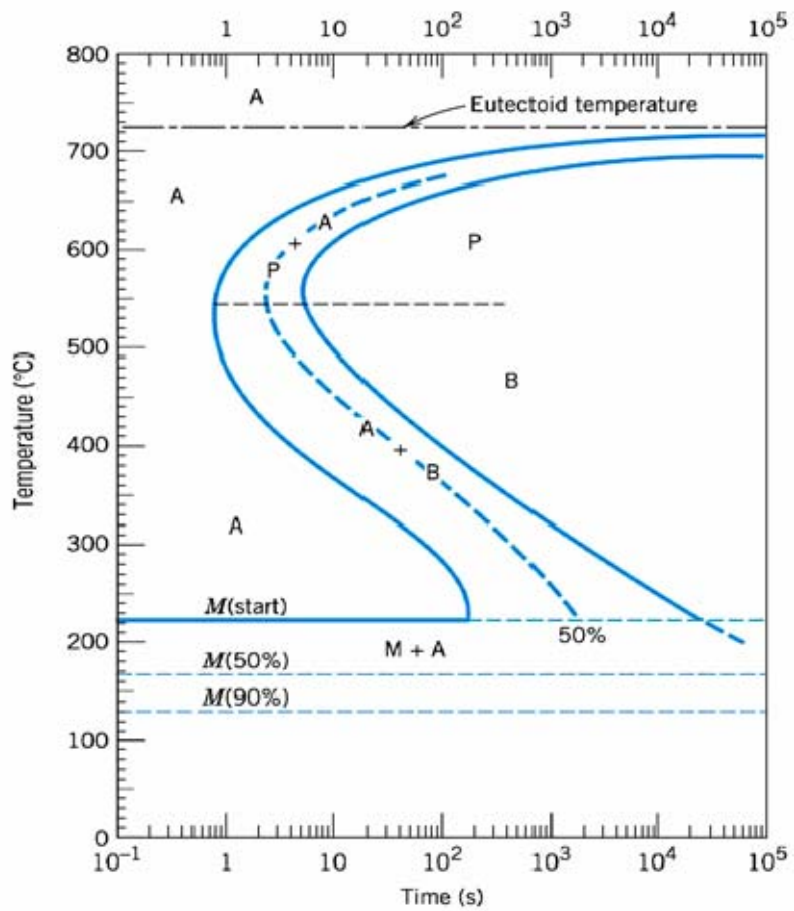
Vedlegg 2



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.



Figur 3. Fasediagram for jern- karbon systemet.



Figur 4. TTT-diagram for jern-karbon legering med eutektoid sammensetning.