

DET TEKNISK – NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

EKSAMEN I: (BIM120-1 Materialmekanikk)

DATO: 17.12.2010

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 + 4 SIDER VEDLEGG

MERKNADER: Deloppgavene er i hovedsak laget slik at man skal kunne løse neste deloppgave uten å ha løst deloppgavene før i settet. Noen engelske ord er satt inn i parentes med mindre skrift.

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

Vedlegg 2 inneholder figurer. Vedlegg 3 inneholder kopier av figurer som skal legges ved besvarelsen.

Ved bedømmelsen vil hver deloppgave for oppgavene 1 og 2 telle likt.

Deloppgavene i oppgave 3 teller bare halvparten av deloppgavene i oppgave 1 og 2. Oppgave 1 vil da totalt telle ca. 59%, oppgave 2 ca. 29% og oppgave 3 ca. 12%

Oppgave 1

Figur 1a), vedlegg 2, viser Bohrs atommodell for et elektrisk nøytralt atom. Et fast stoff (solid state) bestående av denne typen atomer vil danne en FCC krystallstruktur.

- Hvilket atomnummer har grunnstoffet (element) i Figur 1a) og hva heter grunnstoffet? Begrunn svaret.
- Elektronkonfigurasjonen til atomer beskrives ved hjelp av notasjon av typen $nl^x\dots$. Elektronkonfigurasjonen til atomet i Figur 1a) skrives med denne notasjonen: $1s^22s^22p^63s^23p^1$. Hva står n og l for i denne notasjonen? (Beskriv med ord og ikke tall.) Hvordan er elektronbanene i Bohrs atommodell relatert til denne notasjonen?

- c) Hvilke type binding (bond) er det mellom atomer i et fast stoff bestående av denne typen atomer? Hvis du ikke vet hvilket grunnstoff det dreier seg om så anta at det er jern (iron). Gi også en kort beskrivelse av denne bindingstypen.
- d) Tegn FCC-enhetscella (FCC-unit cell) til jern, med atomer på alle gitterpunktene (lattice points), 14 stykker. Marker også aksene x, y og z på figuren.
- e) Angi koordinatene (coordinates) til alle gitterpunktene i enhetscella, totalt 14 stykker.
- f) Figur 1b) viser et plan i enhetscella. Hva er Miller indeksene (Miller indices) hkl for dette?
- g) Angi koordinatene til atom I, II, III og indeksene uvw for retningen m, Figur 1b) korrekt i henhold til krystallografiske konvensjoner.
- h) Beregn gitterkonstanten (lattice parameter) som funksjon av atomradius, R og sett inn tall. Anta at det er jern og at jernatomene er stive kuler (hard sphere) som tangerer hverandre. Vis utregning.
- i) Tegn først et (100) plan for cella med riktig (correct) radius på atomene i forhold til gitterparameteren. (Tips: et kronestykke kan brukes til å tegne runde, like store atomer.) Deretter tegnes en ny figur, også denne med atomene i riktig størrelse i henhold til enhetscella, hvor (100) planet utvides til to enhetsceller i bredden og to i høyden slik at figuren blir kvadratisk. Tegn inn nær senter av denne figuren ett legeringsatom (alloying atom) i en interstitiell og ett annet en substitusjonell posisjon. Angi tydelig på figuren hvilket atom som er i substitusjonell posisjon og hvilket som er i en interstitiell posisjon. Hva er den mest kritiske parameter med hensyn til hvilken av de to posisjonene et atom kan være i?
- j) Legeringsatomer tilsettes blant annet for å øke flytegrensen (yield strength) til et materiale. Forklar (explain) dette ut i fra mikrostruktur og mekanisme for plastisk deformasjon.
- k) Diffusjonskoeffisienten er forskjellig for substitusjonell og interstitielle atomer. Hva er den generelle trenden? Begrunn svaret kort.
- l) Hva er selvdifusjon (self-diffusion)? Hvilken type defekter kreves i et materiale for at selvdifusjon kan finne sted?

Oppgave 2

En sylindrisk prøvestav av stål (steel) med opprinnelig målelengde 10,0 cm ble strukket i en-akset strekk. Poissonstallet for legeringen er 0,30. Figur 2, vedlegg 3, viser diagrammet for nominell spenning (stress) – nominell tøyning (strain) fra testen. Figuren skal legges ved besvarelsen.

- a) Beregn E-modulen som skal oppgis med enhet GPa. Finn strekkfastheten (tensile strength), enhet MPa og bruddtøyningen (strain after fracture) i %. Vis på Figur 2, vedlegg 3, hvordan de tre størrelsene er fremkommet.
- b) Da den nominelle tøyningen var 0,005 hadde strekkstaven belastning 60 kN. Hvor stor diameter (enhet: cm) hadde strekkstaven (tensil specimen) før pålastning? Vis utregninger og avsett nødvendige målpunkt på Figur 2, vedlegg 3.
- c) Hvor stor diameter har strekkstaven når tøyningen er 0,005?
- d) Hvor stor er sann tøyningen (true strain) og sann spenning (true stress) ved en nominell tøyning på 0,04? Forklar fremgangsmåten og vis utregning.
- e) Etter at prøven var gått til brudd, ble målelengden målt. Hvor lang er den da? Finn lengden vha grafisk løsning. Vis tydelig hvordan du har gjort det ved hjelp av Figur 2, vedlegg 3 og utregning. Svaret skal gis med enhet cm.

- f) Vi ønsker å studere bruddoverflaten (fracture surface) til prøven i et mikroskop. Hvilke type mikroskop er best egnet til dette? Begrunn svaret

Oppgave 3

Figur 3 viser en typisk kurve av tøyning (strain) som funksjon av tid for en sigetest (creep test).

- Hvordan utføres en typisk sigetest av et metall?
- Hvor mange sigetrinn (regions) er det vanlig å dele opp en sigetest i? Marker sigetrinnene på Figur 3, vedlegg 3, og før på betegnelse for hvert av trinnene i figuren.
- I det tidsmessig lengste sigetrinnet (tidsintervallet) er det konstant sigehastighet (steady-state creep). Gi en kort begrunnelse ut i fra mekanismene for siging i dette området.
- Vis på Figur 3, vedlegg 3, hvordan sigehastigheten kan bestemmes i trinnet med konstant sigehastighet.
- Hvilke type brudd (sprøtt eller duktilt) (brittle or ductile) observeres i et metall etter en sigetest? Begrunn svaret.

Vedlegg 1

Formler og konstanter

Atomtype	Mg	Al	Si	Fe
Atomnummer	12	13	14	26
Atomradius, R (nm)	0,160	0,143	0,118	0,124
Smeltepunkt (°C)	649	660	1410	1538

$$\ln(ab) = \ln(a) + \ln(b)$$

$$\ln(a^x) = x\ln(a)$$

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

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

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

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

$$k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/atom}\cdot\text{K}$$

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

$$C = 12,011 \text{ g/mol}$$

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

$$\text{Si} = 28,09 \text{ g/mol}$$

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$A = \pi r^2$$

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

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

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)

$\sigma_T = K\varepsilon^n$ K og n konstanter (n: arbeidsherdingskoeffisienten)

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

$$E \propto (dF/dR)_{r_0}$$

$$\tau = G\gamma$$

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

$$\nu = -(\varepsilon_X/\varepsilon_Z) = -(\varepsilon_Y/\varepsilon_Z)$$

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

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

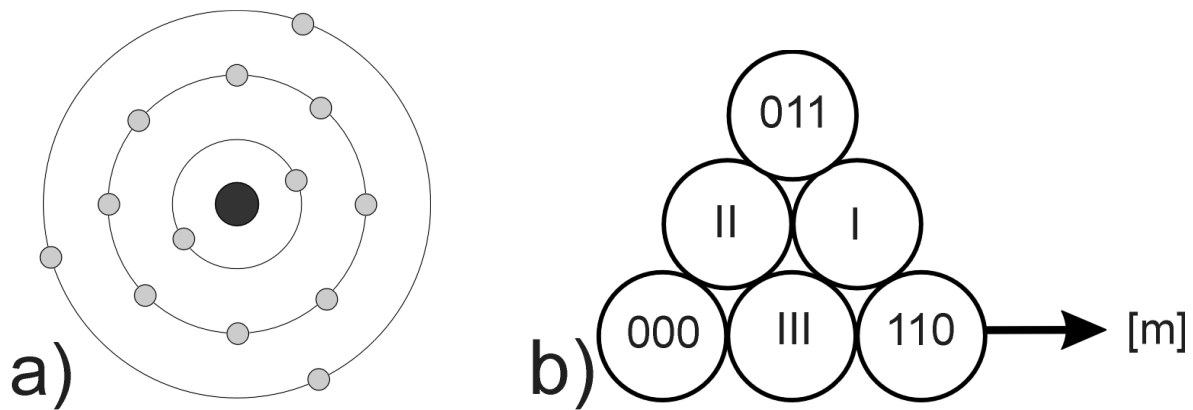
$$K_c = Y\sigma_c(\pi a)^{1/2}$$

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

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

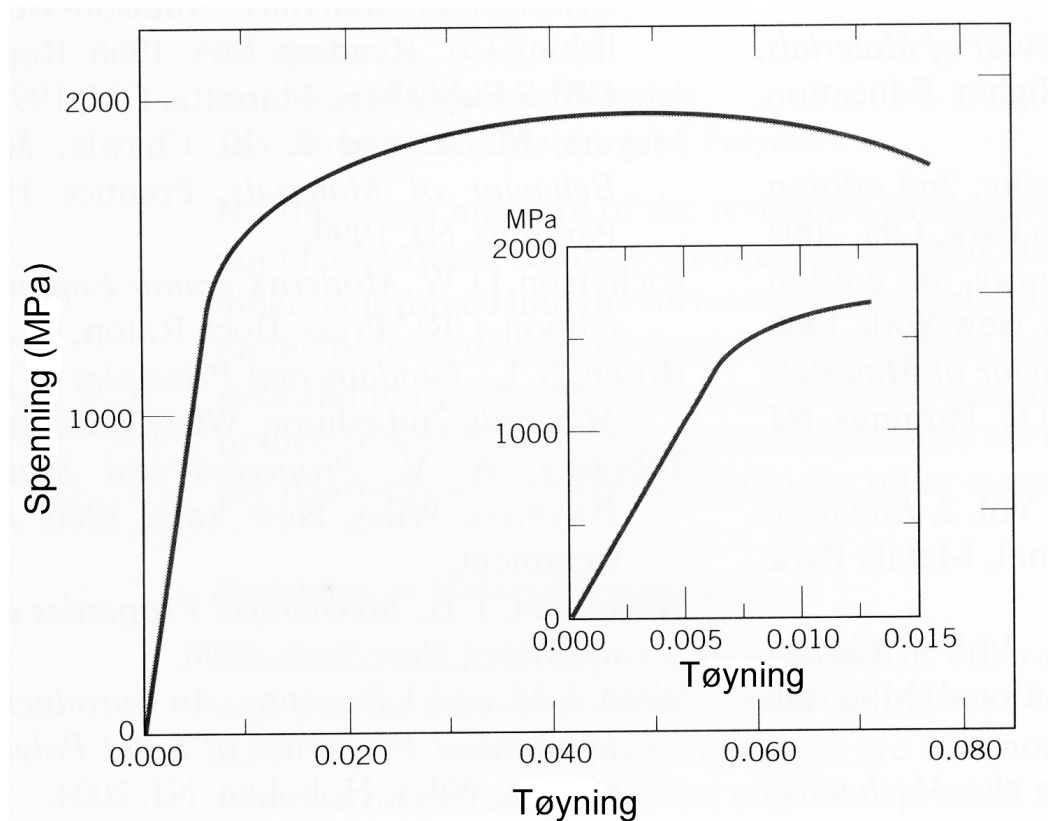
$$\varepsilon_T = \ln(1 + \varepsilon)$$

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

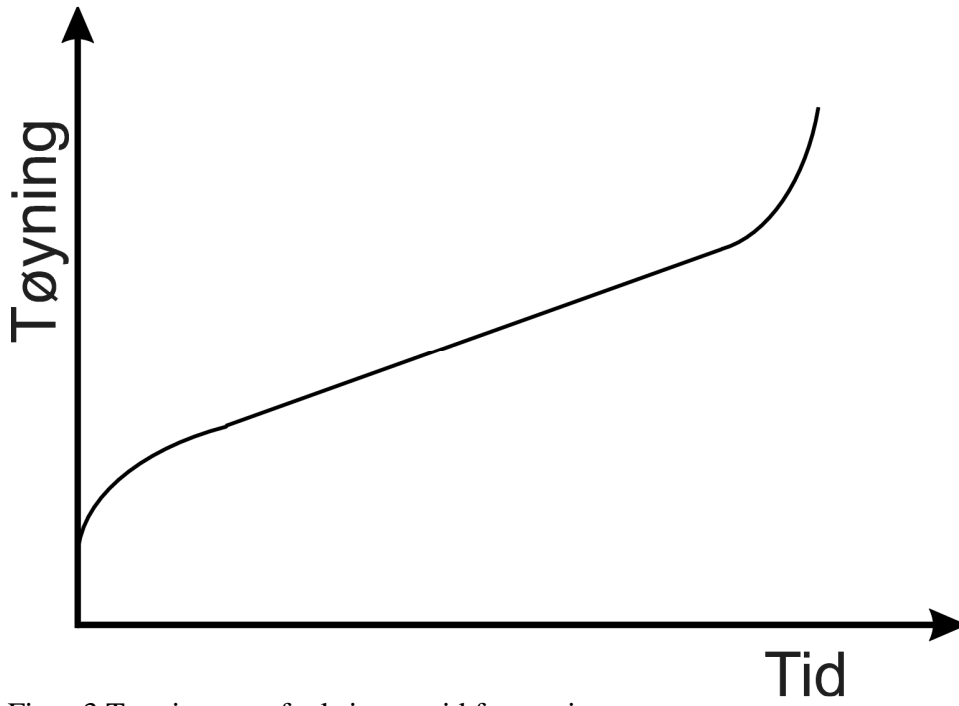


Figur 1 a) Bohrs atommodell for ett grunnstoff som er elektrisk nøytralt. Mørke sirkel i sentrum indikerer kjernen.

b) Ett atomplan i en FCC kubisk struktur. Sirkelene indikerer atomer. Tall inne i sirklene gir atomposisjonene til atomene. 3 av atomene er angitt med romertallene I, II og III. [m] er en krystallografisk retning.



Figur 2. Nominell spenning - nominell tøyingsdiagram til en stålprøve. Nedre del av diagrammet er også satt inn i figuren.

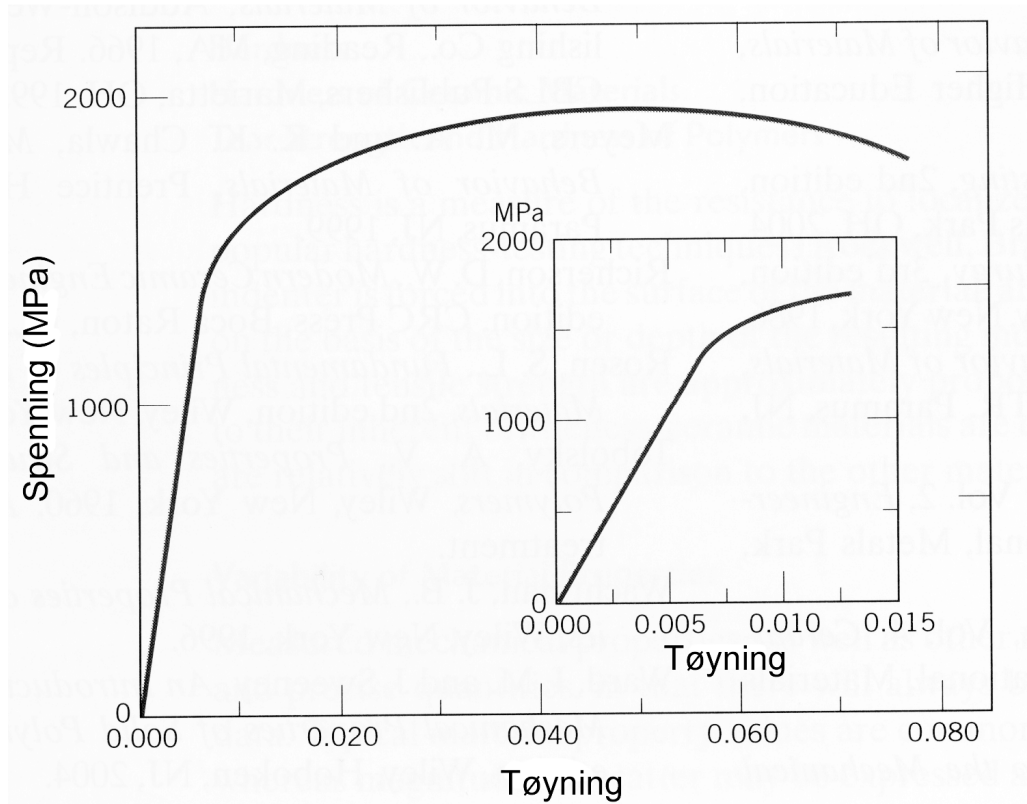


Figur 3 Tøyning som funksjon av tid for en sigetest.

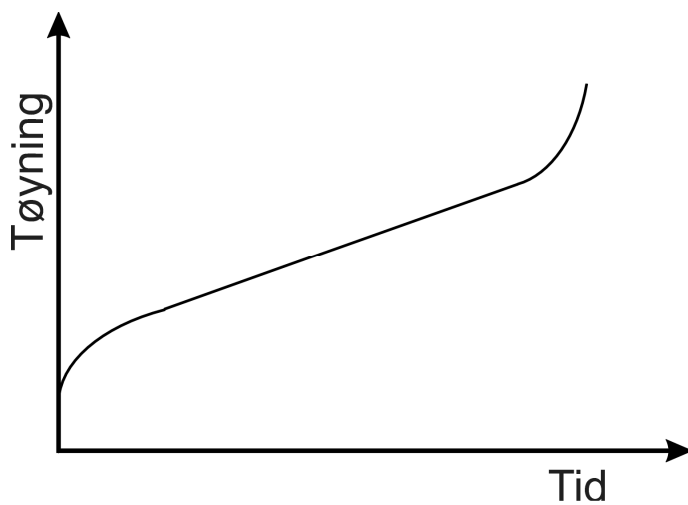
Vedlegg 3

Emnekode:.....
Dato:.....

Side nr.....
Emnenavn:.....
Kandidat nr:.....



Figur 2. Nominell spenning – nominell tøyningsdiagram til en stålprøve. Nedre del av diagrammet er også satt inn i figuren.



Figur 3. Tøyning som funksjon av tid for en sigetest.