

DET TEKNISK – NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

EKSAMEN I: (MSK 200 Materialteknologi)

DATO: 26.02.2014

TID FOR EKSAMEN: 4 timer

TILLATTE HJELPEMIDDEL: Ingen trykte eller håndskrevne hjelpemidler.

Kalkulator: HP30S, Casio FX82, TI-30

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

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

Vedlegg 2 inneholder 3 figurer.

Ved bedømmelsen vil hver av deloppgavene telle likt.

Totalt vil oppgave 1 telle ca. 33,3%, oppgave 2 telle ca. 33,3%, oppgave 3 ca. 19,0% og oppgave 4 ca. 14,3%.

Oppgave 1

To atomer i Grunntilstanden danner bindinger mellom hverandre, se Figur 1

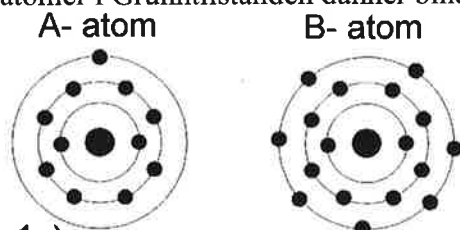


Fig. 1a)

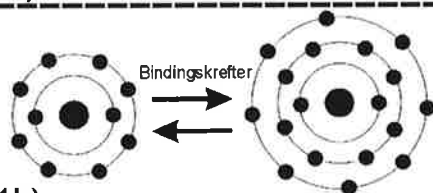


Fig. 1b)

Figur 1a) Bohrs atommodell for to forskjellige grunnstoffer, A og B i grunntilstanden.

b) Atomene A og B har dannet binding mellom hverandre, representert ved pilene.

- Vi antar at både atom A og atom B er i grunntilstanden, har ingen overskuddsladning, og har like mange nøytroner som protoner i kjernen. Hvilke av atomene A eller B har da størst masse? Begrunn svaret
- Hvilke grunnstoff er henholdsvis atom A og atom B av? Hvilken type binding er det mellom et A og et B atom? Begrunn svaret ut i fra Figur 1 og skriv kort om denne bindingstypen.
- Paulis eksklusjonsprinsipp er et kvantemekanisk prinsipp formulert av Wolfgang Pauli i 1925. Hva sies i dette prinsippet?
- Hvilket hovedkvantetall er det høyeste hovedkvantetallet som trengs brukes for å beskrive elektronstrukturen for henholdsvis atom A og B i grunntilstand? Begrunn svaret.

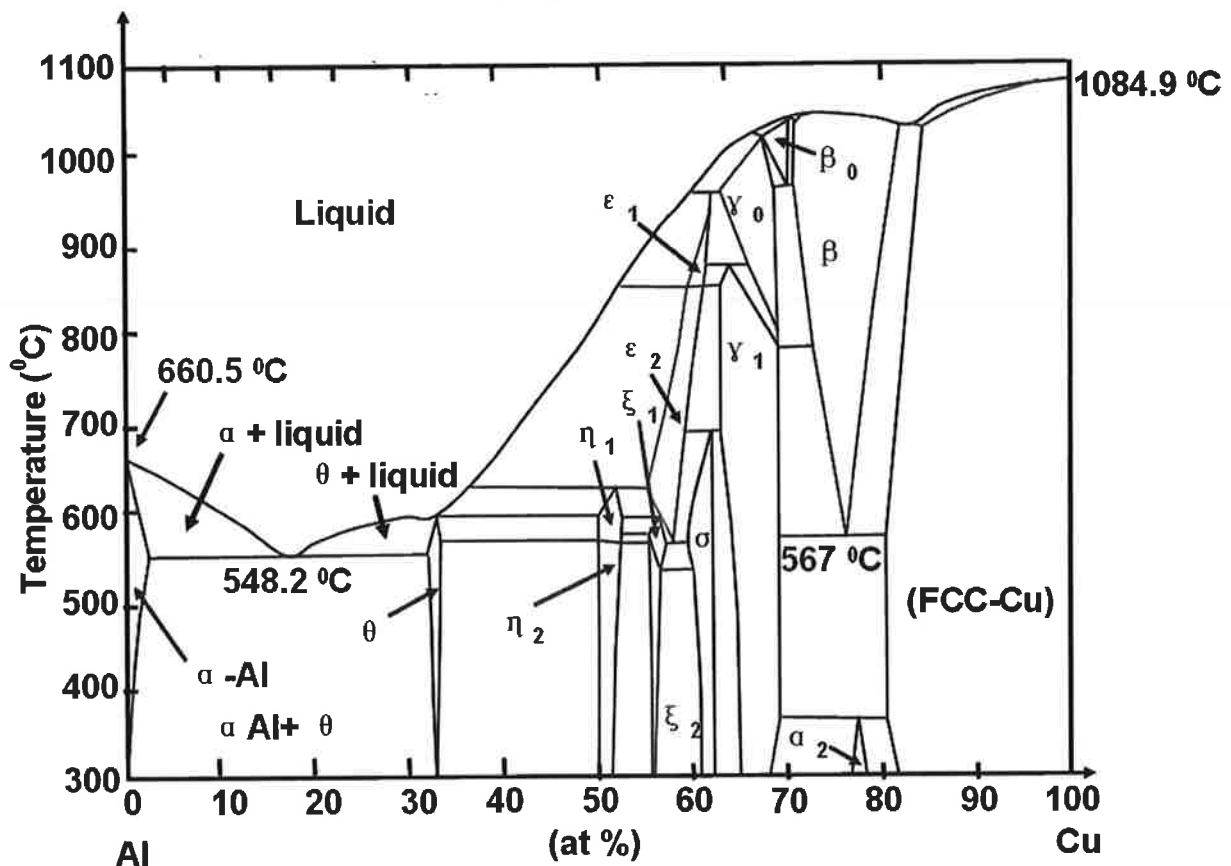
Strukturen som dannes når disse to typer atomer binder seg til hverandre har kubisk enhetscelle. Enkelt beskrevet så sitter atomene fra grunnstoff B i et FCC arrangement. A atomene sitter i cella på posisjonene: $\frac{1}{2} 0 0$; $\frac{1}{2} 1 0$; $0 \frac{1}{2} 0$; $1 \frac{1}{2} 0$; $0 0 \frac{1}{2}$; $\frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2}$; $1 0 \frac{1}{2}$; $0 1 \frac{1}{2}$; $1 1 \frac{1}{2}$; $\frac{1}{2} 0 1$; $0 \frac{1}{2} 1$; $\frac{1}{2} 1 1$; $1 \frac{1}{2} 1$.

- Tegn enhetscelle til strukturen grunnstoffene A og B danner med hverandre, marker alle atomene, ulikt symbol for A og B atomene (for eksempel A åpen sirkel: ○, og atom B fylt sirkel: ●).
- Hvor mange atomer er det av henholdsvis grunnstoff A og av grunnstoff B i enhetscella? Vis hvordan du har kommet fram til antall atomer.
- Vi antar at gitterkonstanten, a, er 0,276 nm for enhetscella bestående av atomene A og B slik som den er beskrevet ovenfor. Tegn et (012) plan hvor du angir posisjonene til henholdsvis A og B atomene i dette planet og regner ut den atomære plantettheten, PD. For beregningen av PD skiller vi ikke mellom A og B atomene. Vis utregninger.

Oppgave 2

- Kimdanning er et begrep i forbindelse med dannelse av nye faser. Forklar kort hva som menes med begrepene: homogen kimdanning og heterogen kimdanning?

Vi skal nå i deloppgavene b) til og med g) studere legeringssystemet aluminium (Al) og kobber (Cu), se Figur 2.



Figur 2. Fasediagram Al-Cu systemet.

- Vi har en legering, A, som består av 90 at% Cu. Aluminium atomene befinner seg da i fast løsning i kobber matriks. Hva vil det si at aluminiumsatomene er i fast løsning?
- Beregn legeringens kjemiske sammensetning som består av 90 at% Cu og 10 at% Al i enheten vektprosent.
- Ved 300°C er det en merkbar større løslighet av aluminiumsatomer i kobbermatriks enn det er av kobberatomer i aluminiumsmatriks. Sannsynliggjør dette ut i fra hva du har lært om løselighet av atomer i matriks.
- Beskriv kvalitativt hvordan mikrostrukturen utvikler seg for en legering som består av aluminium levert med 25 at% Cu som blir meget langsomt avkjølt fra 700°C og ned til romtemperatur. Tegn skisser av mikrostrukturen ved henholdsvis 600°C, 560°C og 300°C, en skisse for hver av temperaturene som du merker med romertallene I, II og III.
- Skriv reaksjonslikningen for den eutektiske transformasjonen i Al-Cu systemet som er i legeringsområdet hvor kjemisk sammensetning er mindre enn 50 at% Cu. Angi kjemisk sammensetning til fasene som inngår ved denne eutektiske reaksjonen ved den eutektiske temperaturen samt transformasjonstemperaturen.
- Angi den generelle reaksjonslikningen for eutektoidiske reaksjoner. Hvis β-fasen i Al-Cu systemet inngår i en slik reaksjon skriv reaksjonslikningen med symboler hentet fra fasediagrammet for den gitte eutektoidiske reaksjonen. Angi også kjemisk sammensetning til fasene som inngår ved en eventuell eutektoidiske reaksjonen ved den eutektoidiske temperaturen samt transformasjonstemperaturen.

Oppgave 3

- a) Tegn et typisk nominell spenning, nominell tøyning diagram for en relativt duktil metallisk prøve som ikke er av stål. Angi på kurven på figuren hvor du leser av flytegrense, svarende til 0,2% plastisk deformasjon og punktet for strekkfastheten.
- b) For konstruksjonsmaterialer vil vi i de aller fleste tilfeller ønske et materiale hvor strekkfasthet og flytegrense ikke ligger for nære hverandre i verdi. Hva er grunnen til dette og hva kalles et materiale hvor flytegrense og strekkfasthet har verdier som ligger nærme hverandre?
- c) Vi ønsker av og til å plote sann spenning/ sann tøyning i stedet for nominell spenning/nominell tøyning. Hvilke formler har vi for å konvertere et nominell spenning/nominell tøyning diagram til et sann spenning/ sann tøyning diagram? Angi hva symbolene som inngår i formlene står for, og også gyldighetsområdet for disse formlene.
- d) I det nominelle spenning tøyning diagrammet, 3a) skal du også skissere inn kurven for sann spenning/sann tøyning. Det skal komme tydelig fram i diagrammet hvilke kurve som er for nominell spenning/nominell tøyningkurven og hvilke som er for sann spenning/sann tøyning kurven. Angi også punktet for strekkfasthet på sann spenning/sann tøyning kurven. Begrunn hvordan de to punktene for strekkfastheten ligger i forhold til hverandre på den på nominell spenning/nominell tøyning kurven i forhold til punktet for strekkfastheten på kurven for sann spenning/sann tøyning.

Oppgave 4

Vi skal nå fokusere på materialsvikt.

- a) Teoretiske beregninger basert på atombindingsberegninger tilsier betydelig høyere bruddstyrke enn det som måles for materialer. Gi grunn/grunner for dette.
- b) Skriv formelen som relaterer kritisk spenning for at en sprekk i et sprøtt materiale skal føre til sprekkvekst. Forklar også hva symbolene i likningen står for.
- c) Vi gjør undersøkelser hvor vi måler den totale energien som absorberes ved å slå av en prøve. Hva heter prøvemethoden, hvordan utføres den og hva er prinsippet for å måle den absorberte energien?

Formler og konstanter

Atomtype	Mg (magnesium)	Al (aluminium)	Si (silisium)	Cu (kobber)
Atom vekt (g/mol)	24,31	26,98	28,09	63,55
Valens	2+	3+	4+	1+
Elektronegativitet	1,2	1,5	1,8	1,9
Krystallstruktur	HCP	FCC	Diamant	FCC

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

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

$$A = \pi r^2$$

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

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

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

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

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

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

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

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

hydrogen 1 H 1.0079																	helium 2 He 4.0026				
lithium 3 Li 6.941	beryllium 4 Be 9.0122															boron 5 B 10.811	carbon 6 C 12.011	nitrogen 7 N 14.007	oxygen 8 O 15.999	fluorine 9 F 18.998	neon 10 Ne 20.180
sodium 11 Na 22.990	magnesium 12 Mg 24.305															aluminum 13 Al 26.982	silicon 14 Si 28.086	phosphorus 15 P 30.974	sulfur 16 S 32.065	chlorine 17 Cl 35.453	argon 18 Ar 39.948
potassium 19 K 39.098	calcium 20 Ca 40.078	scandium 21 Sc 44.956	titanium 22 Ti 47.867	vanadium 23 V 50.942	chromium 24 Cr 51.996	manganese 25 Mn 54.938	iron 26 Fe 55.845	cobalt 27 Co 58.933	nickel 28 Ni 58.693	copper 29 Cu 63.546	zinc 30 Zn 65.39	gallium 31 Ga 69.723	germanium 32 Ge 72.61	arsenic 33 As 74.922	selenium 34 Se 78.96	bromine 35 Br 79.904	krypton 36 Kr 83.80				
rubidium 37 Rb 85.468	strontium 38 Sr 87.62	yttrium 39 Y 88.906	zirconium 40 Zr 91.224	niobium 41 Nb 92.906	niobium 42 Mo 95.94	technetium 43 Tc [98]	ruthenium 44 Ru 101.07	rhenium 45 Rh 102.91	rhodium 46 Pd 106.42	silver 47 Ag 107.87	cadmium 48 Cd 112.41	indium 49 In 114.82	tin 50 Sn 118.71	antimony 51 Sb 121.76	tellurium 52 Te 127.60	iodine 53 I 126.90	xenon 54 Xe 131.29				
cesium 55 Cs 132.91	barium 56 Ba 137.33	57-70 *	lanthanum 57 La 138.905	cerium 58 Ce 140.12	praseodymium 59 Pr 140.91	neodymium 60 Nd 144.24	promethium 61 Pm [145]	samarium 62 Sm 150.36	europium 63 Eu 151.96	gadolinium 64 Gd 157.25	terbium 65 Tb 158.93	dysprosium 66 Dy 162.50	holmium 67 Ho 164.93	erbium 68 Er 167.26	thulium 69 Tm 168.93	ytterbium 70 Yb 173.04					
francium 87 Fr [223]	radium 88 Ra [226]	88-102 **	actinium 89 Ac [227]	thorium 90 Th 232.04	protactinium 91 Pa 231.04	uranium 92 U 238.03	neptunium 93 Np [237]	plutonium 94 Pu [244]	americium 95 Am [243]	curium 96 Cm [247]	berkelium 97 Bk [247]	californium 98 Cf [251]	einsteinium 99 Es [252]	fermium 100 Fm [257]	mendelevium 101 Md [258]	nobelium 102 No [259]					
			united-kingdom 114 Uuq [289]																		

* Lanthanide series

** Actinide series

lanthanum 57 La [138.91]	cerium 58 Ce 140.12	praseodymium 59 Pr 140.91	neodymium 60 Nd 144.24	promethium 61 Pm [145]	samarium 62 Sm 150.36	europium 63 Eu 151.96	gadolinium 64 Gd 157.25	terbium 65 Tb 158.93	dysprosium 66 Dy 162.50	holmium 67 Ho 164.93	erbium 68 Er 167.26	thulium 69 Tm 168.93	ytterbium 70 Yb 173.04
actinium 89 Ac [227]	thorium 90 Th 232.04	protactinium 91 Pa 231.04	uranium 92 U 238.03	neptunium 93 Np [237]	plutonium 94 Pu [244]	americium 95 Am [243]	curium 96 Cm [247]	berkelium 97 Bk [247]	californium 98 Cf [251]	einsteinium 99 Es [252]	fermium 100 Fm [257]	mendelevium 101 Md [258]	nobelium 102 No [259]

Grunnstoffenes periodiske system

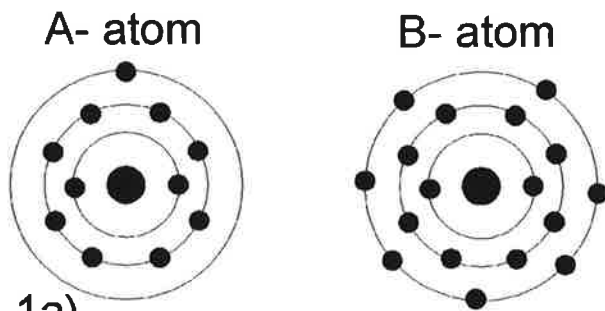


Fig. 1a)

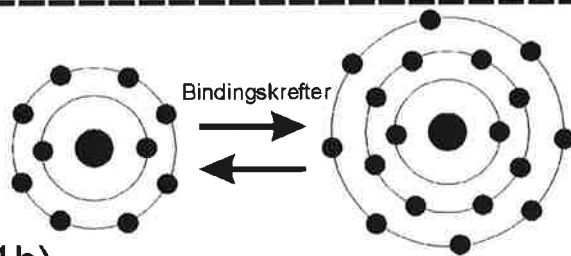
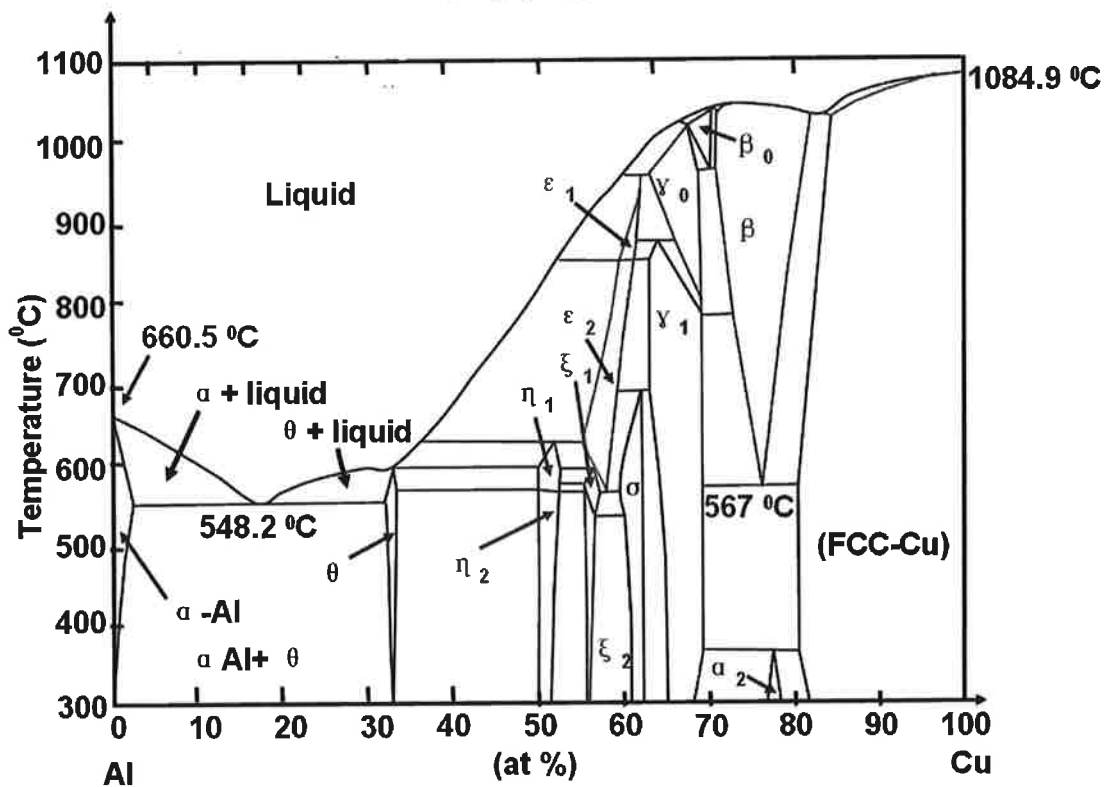


Fig. 1b)

Figur 1a) Bohrs atommodell for to forskjellige grunnstoffer, A og B i grunntilstanden.
 b) Atomene A og B har dannet binding mellom hverandre, representert ved pilene.



Figur 2. Fasediagram Al-Cu systemet.