

**EKSAMENSOPPGAVE****Emne:**

IRM34513 Avanserte materialer (Høst 2013)

**Lærer/telefon:**

professor Litian Wang / 472 88 765 (kl. 0900-1000)  
 professor Anna-Lena Kjøniksen / 919 91 942 (kl. 0900-1000)  
 professor Alf Egil Jensen / 971 58 961 (kl. 0900-1000)

|  |                            |                          |
|--|----------------------------|--------------------------|
| <b>Grupper:</b><br>11MAS, 11DESIGN   | <b>Dato:</b><br>17.12.2013 | <b>Tid:</b><br>0900-1300 |
| <b>Antall oppgavesider:</b><br>7 + forside   |                            |                          |
| <b>Sensurfrist:</b><br>20.1.2014   |                            |                          |
| <b>Hjelpemidler:</b><br><br>- Kalkulator, skrivesaker.<br><br>- Alt trykt og skrevet materiell   |                            |                          |
| <b>Eksamen består av tre like deler:</b><br>Del 1: Metalliske materialer og materialvalg (ansvarlig professor Litian Wang)<br>Del 2: Plast og nanomaterialer (ansvarlig professor Anna-Lena Kjøniksen)<br>Del 3: Kompositte materialer (ansvarlig professor Alf Egil Jensen) |                            |                          |
| <b>Alle besvarelser må begrunnes</b>   |                            |                          |
| <b>KANDIDATEN MÅ SELV KONTROLLERE AT OPPGAVESETTET ER FULLSTENDIG</b>  |                            |                          |

## Del 1 Metalliske materialer og materialvalg (1/3)

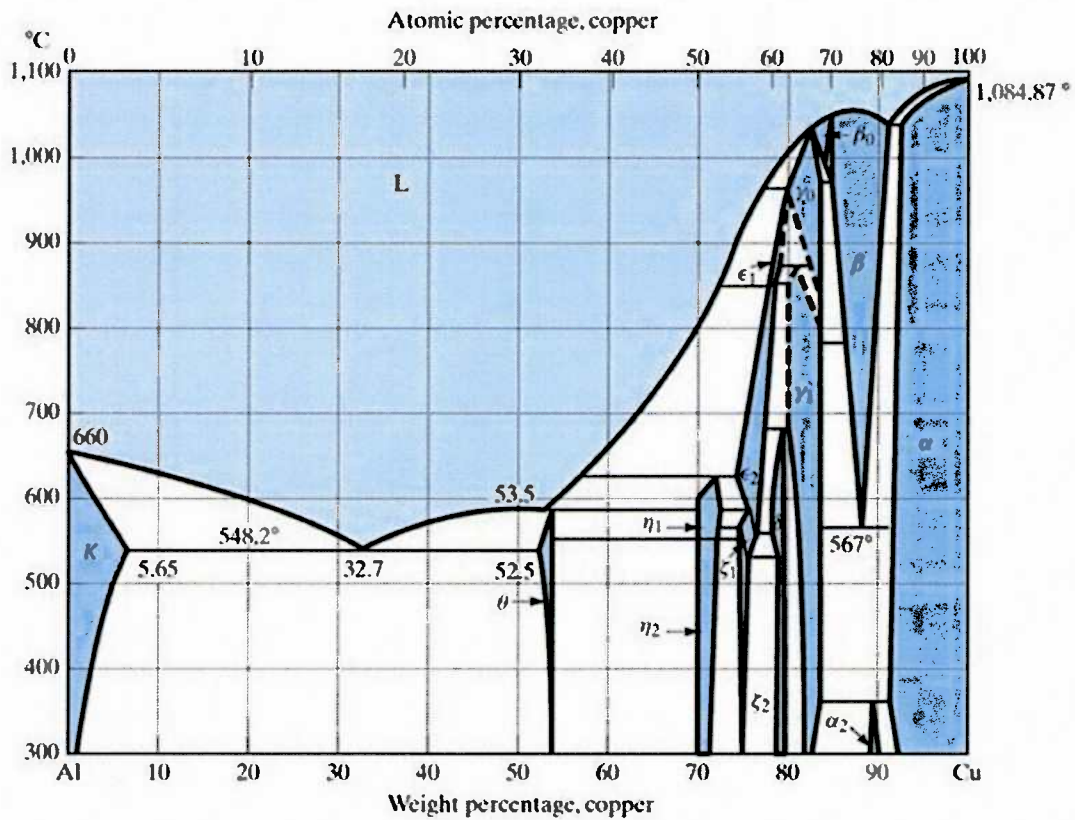
### Oppgave 1: Aluminium legeringer

Figuren 1 viser fasediagrammet til to aluminium legeringer

- Al-Cu (AW-20000 serie)
- Al-Mg (AW-50000 serie)

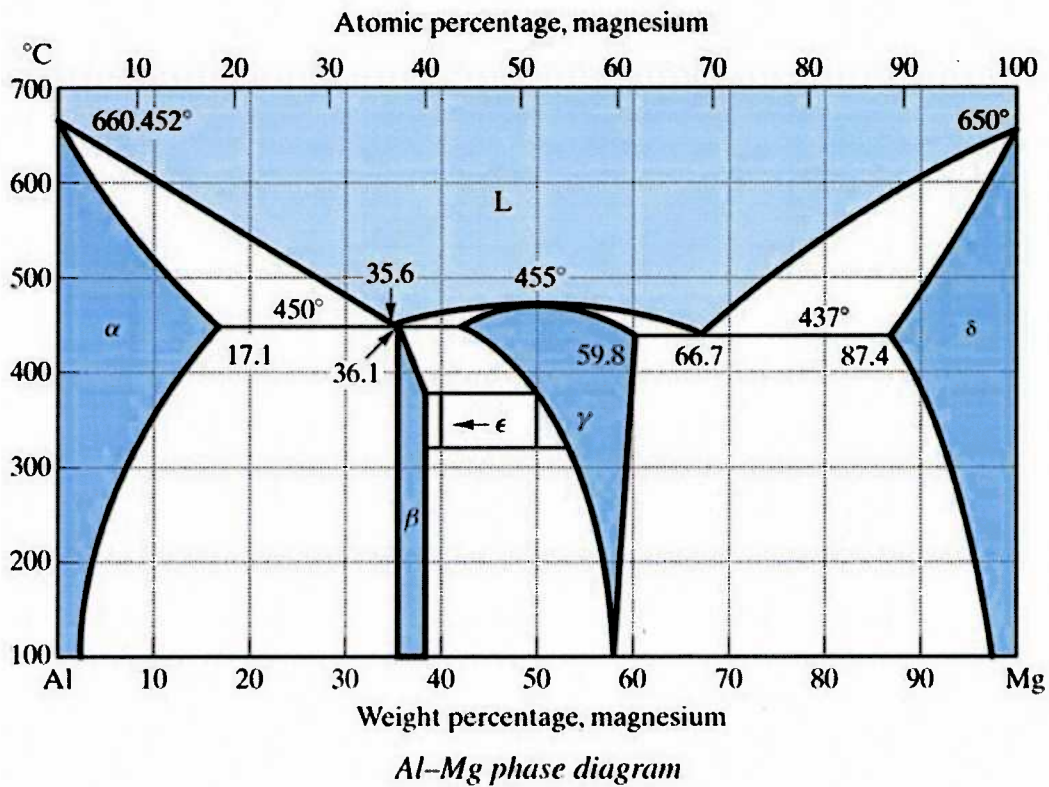
Basert på fasediagram, forklar

- hvorfor den maksimale kobber innhold til Al-Cu legeringer ikke kan overstige 5,65%?
- hvordan Al-Cu legeringer herdes? (eller hvordan legeringen varmebehandles?)
- hvorfor Al-Cu legeringer kan herdes?
- hvorfor Al-Mg legeringer ikke kan herdes på samme måte som Al-Cu legeringer.



*Al-Cu phase diagram*

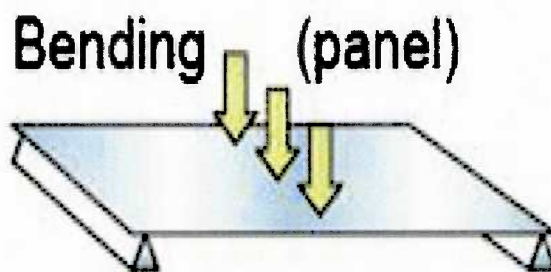
Figur 1a



Figur 1b

**Oppgave 2: Tema: Design, Materialvalg og «Material Index»**

Du får nå et oppdrag til å designe en pult for skolebarn i Africa fra UNICEF. Pulten skal være bærbare, stiv, lette og billige. Den skal også tåle en viss bøyning-belastning (se Fig. 2)



Figur 2

Anta at

- dimensjonering til topplaten er bestemt bort sett fra tykkelse (for eksempel 35cm x 60 cm)
- maksimal nedbøyning er under 5mm når belastning er på 5kg.

(a) Hva er kravet til topplatens stivhet?

(b) Hva er forhold mellom materiales E-modul og tykkelsen? (Vis utregning)

- (c) Ved å introdusere letthet (lightness)  $L=1/masse$ . Vis at «Material Indeks» for å velge stiv og lett material er gitt ved  $M_s = E^{1/3}/\rho$ .
- (d) Vis at «Material Indeks» for å velge stiv, lett og billig material er gitt ved  $M_b = E^{1/3}/(\rho \cdot pris)$  ved å introdusere billighet (cheapness)  $B=1/Kostnad$ .
- (e) «Material Indeks» for å velge sterk og lett material er gitt ved  $M_t = \sigma_f^{1/2}/\rho$ . Hva er forskjell mellom  $M_t$  og  $M_s$  ?

--- --- slutt av Del 1 --- ---

## Del 2 Plast og Nano materialer (1/3)

### Oppgave 3

- a) (20 %) Du har to plastmaterialer. Det ene har høyere tetthet enn det andre, men nøyaktige analyser av de to materialene viser at de består av samme polymer, med nøyaktig samme molekylvekt og struktur (inkludert lik stereokjemi, forgreninger o.l.). Hvorfor har de allikevel forskjellig tetthet?
- b) (20 %) Hvorfor er bildekk kryssbundet (vulkanisert)?
- c) (20 %) Hvorfor vil vi ikke ha for mange kryssbindinger i bildekket?
- d) (20 %) Du ønsker å bruke et klebrig og deformerbart polymermateriale til å henge noe opp på en vegg (materialet kan formes uten å gå tilbake til sin opprinnelige form). Er det best med en høy eller lav molekylvekt på polymeren? Hvorfor?
- e) (20 %) Du ønsker å øke den mekaniske styrken til en nanokompositt. Vil det alltid være lurt å doble konsentrasjonen av nanopartikler i kompositten? Begrunn svaret.

### Oppgave 4

- a) (15 %) Du legger en dråpe av en væske på en glatt isoverflate og observerer en kontaktvinkel på  $23^\circ$ . Overflatespenningen mellom væsken og luft er  $44 \text{ mN/m}$  og overflatespenningen mellom is og luft er  $109 \text{ mN/m}$ . Hva er grenseflatespenningen mellom væsken og is hvis vi antar at kontaktvinkelen er i en likevektstilstand?
- b) (20 %) Det er to forskjellige områder på isen som begge har små ujevnheter, men med forskjellig struktur. På det ene området får dråpen en kontaktvinkel på  $6^\circ$  og på det andre området får den en kontaktvinkel på  $92^\circ$  (vi antar at kontaktvinkelene er i en likevektstilstand).  
Hvilken dråpe ligger på toppen av ujevnhetene og hvilken væter ned i ujevnhetene? Begrunn svaret (uten å regne på det).
- c) (15 %) Hvor stor del av dråpen som ligger på toppen av ujevnhetene er i kontakt med underlaget?
- d) (15 %) Hvor stor mye større er arealet til den ujevne overflaten sammenlignet med den glatte overflaten der dråpen væter ned i ujevnhetene?
- e) (15 %) Du har en olje med meget liten løselighet i vann. Du blander litt av oljen i et beger med vann (mye mer vann enn olje), og dispergerer oljen som meget små dråper i vannet ved hjelp av f.eks. ultralyd eller kraftig mekanisk røring. Den resulterende olje-i-vann emulsjonen ser tilsynelatende homogen ut. Emulsjonen er litt blakket/turbid (ugjennomsiktig). Hvorfor blir den det?
- f) (20 %) Etter at prøven har stått en stund observerer du at oljen har samlet seg på overflaten, og vannet under har blitt klart igjen. Oljen flyter oppover fordi den har lavere tetthet enn vann. Hvilke prosesser kan skje spontant i prøven (uten ytre påvirkning) som fører til at oljen samler seg raskere på toppen av prøven?

## Vedlegg til Del 2

### Formelsamling:

For en dråpe som hviler på en fast overflate gir Youngs ligning:

$$\cos\theta = \frac{\gamma_{SG} - \gamma_{SL}}{\gamma_{LG}}$$

hvor  $\theta$  er kontaktvinkelen til dråpen,  $\gamma_{SG}$  er overflatespenningen mellom det faste stoffet og luft,  $\gamma_{SL}$  er grenseflatespenningen mellom det faste stoffet og væsken (dråpen) og  $\gamma_{LG}$  er overflatespenningen mellom væsken og luft.

Dersom overflaten er ujevn gjelder Wenzels ligning

$$\cos\theta_{rough} = f \cos\theta_{smooth}$$

dersom dråpen væter alle ujevnheterne

og Cassie-Baxters ligning

$$\cos\theta_{rough} = -1 + \phi[\cos\theta_{smooth} + 1]$$

dersom dråpen ligger på toppen av ujevnheterne.

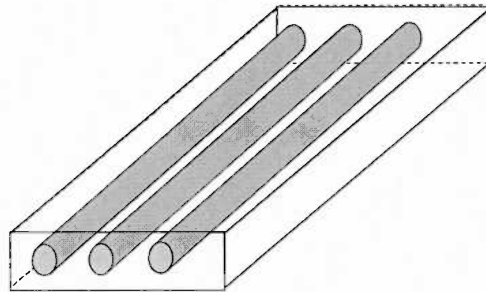
$f = A_{rough}/A_{smooth}$  hvor  $A$  er arealet av overflaten, og  $\phi$  er fraksjonen av overflaten som dråpen er i kontakt med.

--- --- slutt av Del 2 --- ---

### Del 3: Kompositt materialer (1/3)

#### Oppgave 5: Plast og kompositter

Et komposittlaminat, tilvirket ved hjelp av vakuuminjeksjon, består av kontinuerlige og ensrettede glassfiber og vinylester matrise. Se figur under.



Følgende materialparameter er oppgitt:

- ✓ Volumfraksjon fiber,  $V_f = 0.54$ .
  - ✓ Volumfraksjon matrise,  $V_m = 1 - V_f$ .
  - ✓ E-modulen til glassfibrene i fiberretningen,  $E_f = 75 \text{ GPa}$ .
  - ✓ E-modulen til ren uarmert vinylester,  $E_m = 3.1 \text{ GPa}$ .
- a) (30%) Bestem E-modulen til komposittlaminatet parallelt med fiberretningen,  $E_L$ , ved hjelp av "Rule of mixture".

Kreftene i henholdsvis fiberfasen ( $F_f$ ) og matrifasene ( $F_m$ ) er direkte proporsjonale med volumfraksjonsforholdet til de to fasene,  $V_f$  og  $V_m$ .

- b) (30%) Vis at: 
$$\frac{F_f}{F_m} = \frac{E_f V_f}{E_m V_m} . \quad (\text{Hint: Benytt Hooke's lov})$$

GRP laminatet har et tverrsnittsareal,  $A_0 = 250 \text{ mm}^2$ , og er utsatt for en **total** normalkraft langs fiberretningen,  $F = F_f + F_m = 12.5 \text{ kN}$ . Benytt i tillegg uttrykket fra b) og husk at  $V_f = A_f/A_0$  og  $V_m = A_m/A_0$ .

- c) (40%) Beregn normalspenningskomponentene i henholdsvis fiberfasen,  $\sigma_f = F_f/A_f$  og matrifasene,  $\sigma_m = F_m/A_m$ .

#### Oppgave 6: Plast og kompositter

- a) (50%) Lag en skisse med beskrivelse som forklarer hvordan man framstiller et komposittlaminat ved hjelp av prosessen vakuuminjeksjon. Navngi hvilke komponentene og utstyret som inngår i prosessen i skissen.

b) (25%) Hvilke tre hovedtyper av resiner benyttes i herdeplaster?

c) (25%) En viktig egenskap knyttet til armeringsfiber er begrepet "size". Hva er "size" og hvilken 2 hovedfunksjoner har det?

--- --- slutt av Del 3 --- ---

--- --- *god jul !* --- ---