

# EKSAMENSOPPGAVE

**Emne:**

**IRM34513 Avanserte materialer (Høst 2015)**

**Lærer/telefon:**

professor Litian Wang  
professor Anna-Lena Kjøniksen  
professor Alf Egil Jensen

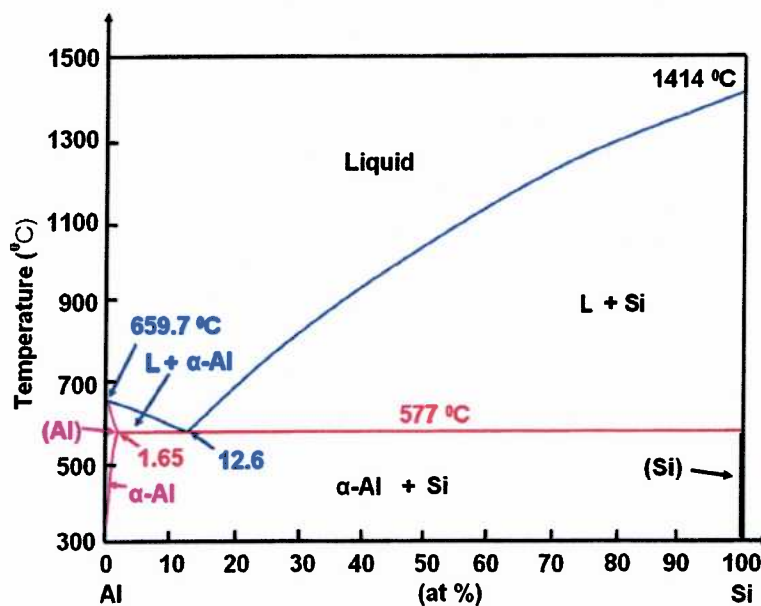
<b>Grupper:</b> 13MAS, 13DESIGN	<b>Dato:</b> 04.12.2015	<b>Tid:</b> 0900-1300
<b>Antall oppgavesider:</b> 7 + forside		
<b>Sensurfrist:</b> 04.01.2016		
<b>Hjelpemidler:</b>  - Kalkulator, skrivesaker.  - All trykne og skrevne		
<b>Eksamen består av tre like deler, og alle oppgaver veies likt:</b> Del 1: Metalliske materialer og materialvalg (ansvarlig professor Litian Wang) Del 2: Plast og nanomaterialer (ansvarlig professor Anna-Lena Kjøniksen) Del 3: Kompositt 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

Silumin er en legering med sammensetningen 86–89 % aluminium og 11–14 % silisium. Med hensyn til struktur og styrkeegenskaper tilsettes for eksempel ca. 0,7 % kobber. Legeringen kan oppnå en strekkfaststyrke på 170–200 N/mm<sup>2</sup> med en forlengelse på 6-8 %. Den er også relativt korrosjonsbestandig og lett.

Figuren nedenfor viser fasediagrammet til to aluminium - silisium (AC-40000 serie) legeringer.



(Figur til Oppgave 1)

- (40%) Nevn de to viktigste karakteristikker til Al-Si fasediagrammet?
- (30%) En Al-Si legering med 50%Si (eller mer) har meget dårlig støpbarhet. Forklar hvorfor?
- (30%) Hvordan kan 0,7 % kobber øke legeringens strekkfasthet?

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

Overbygg på maritime fartøy krever ofte lette og stive konstruksjoner. Vi skal dekke dørken med paneler på en dimensjon  $2,0\text{ m} \times 1,5\text{ m}$ . Panelet skal tåle  $200\text{ kg}$  (punkt-belastning på senter av panelet) og nedbøyning skal ikke overstige  $1,5\text{ cm}$ .

(a) (20%)

Bestem den påkrevde stivheten  $S$ .

Hva er forholdet mellom stivheten og panelets lengde?

Hva er forholdet mellom stivheten og materiales stivhet  $E$ ?

(b) (10%)

Vis at

$$EI = 21\,800\text{ Nm}^2$$

(c) (20%)

Vis at forholdet mellom  $E$ -modul og panelts tykkelse kan uttrykkes ved

$$h = 55,87 \left(\frac{1}{E}\right)^{1/3}$$

(d) (30%)

Det ønskes at panelet skal være stivt nok og samtidig lettest mulig. Vis at «Material Indeks» for materialvalg til et slikt stivt og lett panel skal være  $M_s = E^{1/3}/\rho$ .

(e) (20%)

Vis at tilsvarende minimum krav på «Material Indeks» er lik

$$M = 16,76$$

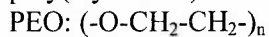
dersom krav på vekten er  $10\text{ kg}$ ?

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

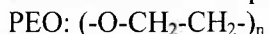
## Del 2 Plast og Nano materialer (1/3)

### Oppgave 3

a) (25 %) Du har fått i oppdrag å produsere skjorte-knapper. Hvorfor bør du unngå å lage knappene av poly(etylenksid)?



You are tasked with producing shirt-buttons. Why should you avoid using poly(ethylene oxide)?



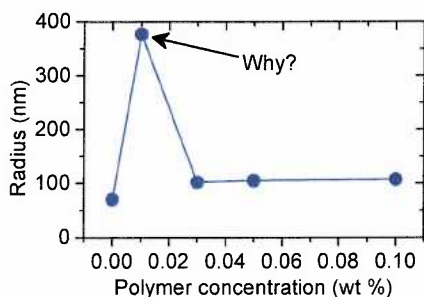
b) (25 %) Du har en suspensjon av nanopartikler i vann. Du ønsker å adsorbere et lag av en polymer rundt partiklene for å forhindre at de aggregerer over tid. Du har attraktive krefter mellom polymeren og nanopartiklene, og vann er et godt løsningsmiddel for polymeren. Du måler størrelsene av partiklene som funksjon av hvor mye polymer du tilsetter til nanopartikkel-suspensjonen.

Ved de fleste polymerkonsentrasjonene ser du en moderat økning av størrelsen, pga det adsorberte polymerlaget. Ved den laveste polymerkonsentrasjonen er imidlertid størrelsen mye høyere (se figur).

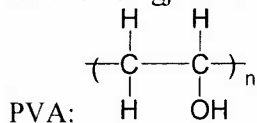
**Forklar hvorfor radiusen er mye høyere ved den laveste polymerkonsentrasjonen.** (Det er ikke en målefeil.)

You have a suspension of nanoparticles in water. You wish to adsorb a polymer layer around the particles to prevent that they aggregate with time. You have attractive forces between the polymer and the nanoparticles, and water is a good solvent for the polymer. You measure the size of the particles as a function of how much polymer you add to the nanoparticle suspension.

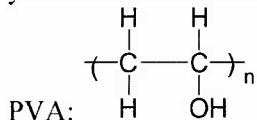
At most polymer concentrations, you have a moderate size increase due to the adsorbed polymer layer. However, for the lowest polymer concentration the size is significantly higher (see figure). **Explain why the radius is much higher at the lowest polymer concentration.** (This is not a measuring error.)



c) (25 %) Poly(vinylalkohol) er hydrofil, men allikevel vanskelig å løse i vann fordi den er krystallinsk. Hva kan du gjøre for å få løst den i vann?



Poly(vinyl alcohol) is hydrophilic, but difficult to dissolve in water due to its crystallinity. What can you do to render it water-soluble?



d) (25 %) Du ønsker å bruke grafen til å forbedre både de mekaniske egenskapene og flammehemmer-egenskapene til et plastmateriale. Du ønsker imidlertid å unngå at plasten blir elektrisk ledene pga tilsatt grafen. Hva kan du gjøre for å oppnå dette?

You wish to utilize graphene to improve both the mechanical properties and flame retardant properties of a plastic material. However, you want to prevent the plastic from becoming an electric conductor due to the added graphene. What can you do to achieve this?

#### Oppgave 4

Du har et overflate med små ujevnheter på overflaten, og en tilsvarende glatt overflate laget av det samme materialet. Det ligger en vann-dråpe (a) på den glatte overflaten og tre dråper (b, c og d) på den ujevne overflaten. (Vi vet ikke om disse er vann eller ikke.)

Kontaktvinkelen til vann-dråpen på den glatte overflaten er:  $\theta_a = 105^\circ$ .

Kontaktvinklene til de tre dråpene (b, c og d) på den ujevne overflaten er:

$$\theta_b = 155^\circ, \quad \theta_c = 167^\circ, \quad \theta_d = 141^\circ.$$

Anta at alle kontaktvinklene er i likevekt.

Hvis en dråpe på den ujevne overflaten ligger på toppen av ujevnhetene, er den i kontakt med 1/8 av underlaget.

Hvis en dråpe på den ujevne overflaten væter ned i ujevnhetene, er kontaktoverflaten 3 ganger større enn for den glatte overflaten.

Overflatespenningen mellom vann og luft er 72,7 mN/m.

Overflatespenningen mellom overflaten og luft er 107,4 mN/m.

You have a rough surface, and a corresponding smooth surface of the same material. There is a water drop (a) on the smooth surface, and three drops (b, c, and d) on the rough surface. (We do not know whether these are water or not.)

The contact angle of the water drop on the smooth surface is:  $\theta_a = 105^\circ$ .

The contact angles of the drops (d, c, and d) on the rough surface is:

$$\theta_b = 155^\circ, \quad \theta_c = 167^\circ, \quad \theta_d = 141^\circ.$$

Assume that all contact angles are in equilibrium.

If a drop on the rough surface is resting on top of the rough surface, it is in contact with 1/8 of the surface.

If a drop on the rough surface is wetting down into the rough surface, the contact surface is 3 times higher than for the smooth surface.

The surface tension between water and air is 72.7 mN/m.

The surface tension between the surface and air is 107.4 mN/m.

a) (25 %) En eller flere av de tre dråpene som ligger på den ujevne overflaten er **ikke** vann. Hvilke(n) dråpe(r) kan ikke være vann? Begrunn svaret.

One or more of the three drops on top of the rough surface is **not** water. Which drop(s) cannot be water? Explain why.

b) (25 %) Hva er grenseflatespenningen mellom vann og overflaten?

What is the interfacial tension between water and the surface?

c) (25 %) For den ujevne overflaten som er beskrevet her, vil en vann-dråpe i likevektstilstand (laveste energinivå) ligge på toppen av overflaten eller væte ned i ujevnhetene? Begrunn svaret.

For the rough surface described here, will a water drop at equilibrium (lowest energy state) lay on top of the rough surface or be wetting down into the rough surface? Explain why.

d) (25 %) Vi lar dråpene ligge litt, og de begynner å fordampe. Hva observerer vi? (I tillegg til at dråpene blir mindre.)

We leave the drops for a while, and they start to evaporate. What do we observe? (In addition to the decreasing size of the drops.)

**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 dersom dråpen væter alle ujevnheterne

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

og Cassie-Baxters ligning dersom dråpen ligger på toppen av ujevnheterne.

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

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

**Equations:**

Youngs equation, for a drop that is resting on top of a solid surface

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

where  $\theta$  is the contact angle of the drop,  $\gamma_{SG}$  is the surface tension between the solid surface and air,  $\gamma_{SL}$  is the interfacial tension between the solid surface and the liquid drop, and  $\gamma_{LG}$  is the surface tension between the liquid drop and air.

Wenzel's equation for a rough surface where the drops is wetting down into the rough surface:

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

Cassie-Baxter's equation for a drop that is resting on top of a rough surface:

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

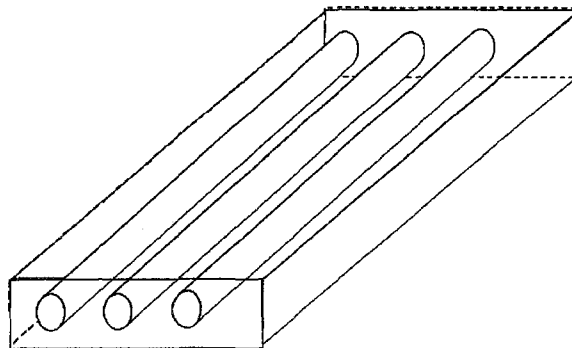
$f = A_{rough}/A_{smooth}$  where A is the area of the surface, and  $\phi$  is the fraction of the surface the drop is in contact with.

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

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

#### Oppgave 5 Komposittmaterialer

Et komposittlaminat, tilvirket ved hjelp av vakuuminjeksjon, består av kontinuerlige og ensrettede karbonfiber innstøpt i gummi-modifisert vinylester matrise. Se figur under.



Følgende materialparameter er oppgitt:

- ✓ Volumfraksjon fiber,  $V_f = 0.50$ .
  - ✓ Volumfraksjon matrise,  $V_m = 1 - V_f$ .
  - ✓ E-modulen til karbonfibrene i fiberretningen,  $E_f = 115 \text{ GPa}$ .
  - ✓ E-modulen til ren uarmert vinylester,  $E_m = 3.0 \text{ GPa}$ .
- 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 matrisefasen ( $F_m$ ) er direkte proporsjonale med volumfraksjonsforholdet til de to fasene,  $V_f$  og  $V_m$ . Ved å benytte Hooke's lov kan det utledes

$$\text{at: } \frac{F_f}{F_m} = \frac{E_f V_f}{E_m V_m} \quad (1).$$

Et CFRP 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 uttrykket (1) og husk at  $V_f = A_f/A_0$  og  $V_m = A_m/A_0$ .

- b) (40%) Beregn normalspenningskomponentene i henholdsvis fiberfasen,  $\sigma_f = F_f/A_f$  og matrisefasen,  $\sigma_m = F_m/A_m$ .
- c) (30%) Beregn normaltøyningen,  $\epsilon_k$  i kraftretningen til komposittmaterialet.

## Oppgave 5 Komposittmaterialer

- a) (10%) Hvilke hovedtyper av resiner benyttes i herdeplaster?
- b) (25%) Navngi minst fem framstillingsprosesser for tilvirkning av komposittmaterialer.
- c) (20%) Beskriv oppbyggingen til et sandwich panel?
- d) (20%) En viktig egenskap knyttet til armeringsfiber er begrepet "size". Hva er "size" og hvilken 2 hovedfunksjoner har det?
- e) (25%) Ved en belastning tilsvarende ren bøyning, vil en høyest mulig fiberandel i et laminat gi den beste styrken? Her forutsettes det en konstant mengde fiber og at man kun varierer volumprosenten med matrise. (Hint: Regneøving med Landgang).

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

- - *God jul og godt nytt år!* - -