

EKSAMEN

Emnekode: IRM34513	Emnenavn: Avanserte materialer
Dato: 27.11.2019 Sensurfrist: 18.12.2019	Eksamenstid: KL 0900-1300
Antall oppgavesider: 6 Antall vedleggsider: 1	Faglærer: Litian Wang 472 88 765 Anna-Lena Kjøniksen 919 91 942 Oppgaven er kontrollert: Ja
Hjelpemidler:	Kalkulator, skrivesaker. All trykne og skrevne
Om eksamensoppgaven:	Delene veier likt. Alle besvarelser må begrunnes
Kandidaten må selv kontrollere at oppgavesettet er fullstendig	

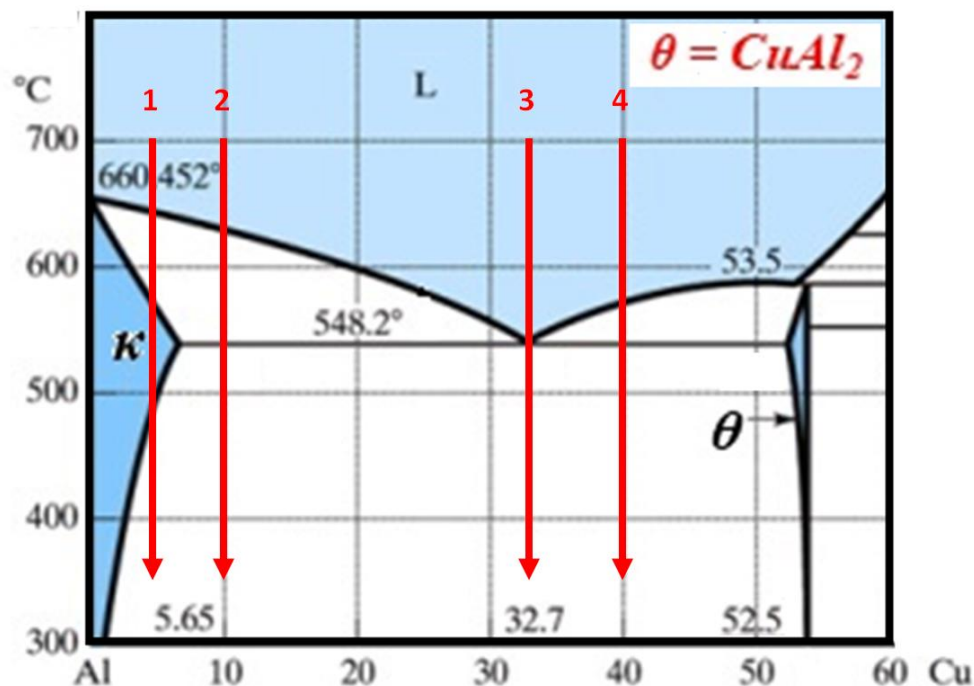


Del 1 Metalliske materialer og materialvalg

Oppgave 1

Figuren nedenfor viser fasediagrammet til legeringen Al-Cu. Vi skal vurdere følgende fire legeringer (se de fire vertikale linjer i fasediagrammet):

1. Al-4,5%Cu
2. Al-10%Cu
3. Al-32,7%Cu
4. Al-40%Cu



Figur 1: Likevekt fasediagram til Al-Cu.

- a) Hva er θ -fasen til Al-Cu legering for noe?
- b) Forklar forskjell mellom herdingsmekanismene for legering 1 og legering 2.
- c) Forklar forskjell mellom mikrostrukturene for legering 3 og legering 4 ved romtemperatur.
- d) Hvorfor kobber innhold i Al-Cu legeringer (klassifisert som 2000 series) er alltid under 6%?
- e) Forslå én Al-Cu legering, samt varmebehandlings prosedyre og herdingsmekanisme knyttet til prosedyren.

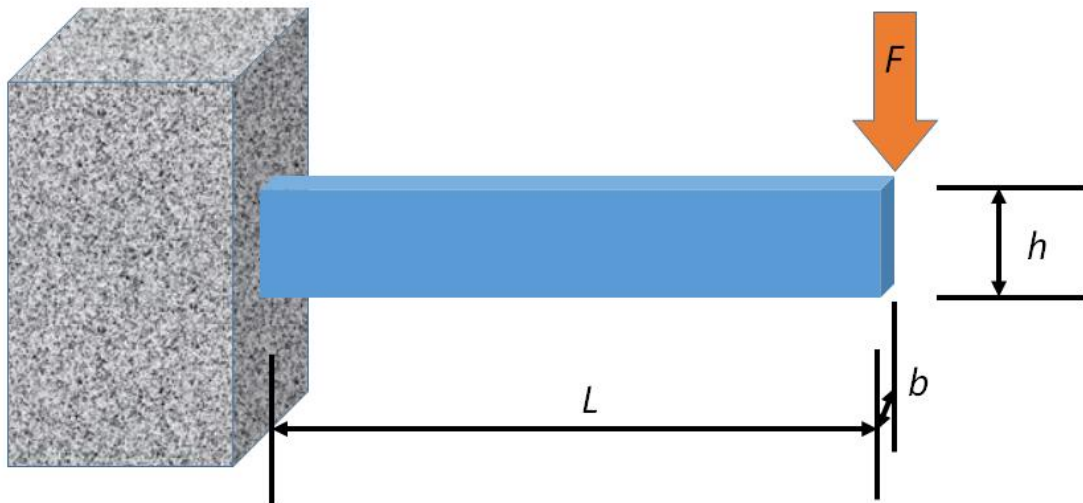
Oppgave 2

En bjelke med lengden L og rektangulær snitt (b, h) blir utsatt en belastning F på enden (se figuren nedenfor).

Dimensjonering til bjelken er gitt ved $L = 1,5 \text{ m}$ og $b = 50 \text{ mm}$.

Teknisk krav på nedbøyning er gitt ved $\delta_m = 5,0 \text{ cm}$ under belastning på 100 kg .

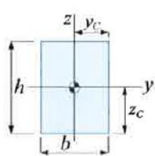
Krav på maksimal vekt til bjelken er $m_{max} = 5,0 \text{ kg}$.



Figur 2: Bjelke med belastning F .

- Hvordan definerer man stivheten til bjelken?
- Bestem eksplisitt relasjon/funksjon mellom bjelkens høyden (h) og E-modul (E).
- Vis at den materiale indeksen for å velge stiv og lett bjelken overfor er $M = E^{1/3}/\rho$.
- Bestem den minste verdien for material indeks for stiv og lett bjelke M .

Formel for Oppg 2:



$$A = bh \quad y_c = b/2 \quad z_c = h/2$$

$$I_y = \frac{bh^3}{12} \quad I_z = \frac{hb^3}{12}$$



$$w_B = \frac{PL^3}{3EI}$$

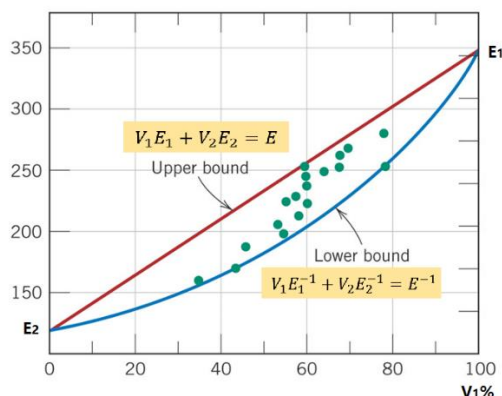
--- Slutt av del 1 ---

Del 2 Komposittmaterialer

Oppgave 3

Likningene nedenfor dreier seg om «Rule of mixture»:

$$\begin{cases} E = V_1 \cdot E_1 + V_2 \cdot E_2 \\ E^{-1} = V_1 \cdot E_1^{-1} + V_2 \cdot E_2^{-1} \end{cases}$$



Figur 3: Illustrasjon på Rule of Mixture.

- Vis $E = V_1 \cdot E_1 + V_2 \cdot E_2$.
- Forklar hvordan blir likningene anvendt i vurdering av mekanisk egenskap til kompositt materialer.
- I strekkprøving til kompositt materialer, oppstår det to stadium i $(\sigma \sim \epsilon)$ graf. Hva er mekanismer til disse to stadium?
- I kompositt materialer, blir total belastning ($F_{total} = F_f + F_m$) fordelt på fiberfasen (F_f) og matrisefasen (F_m).

Vis at forholdet mellom F_f og F_m er gitt ved

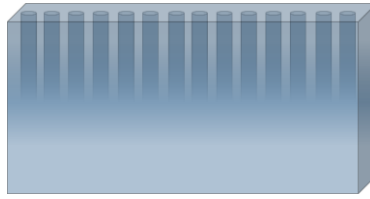
$$\left(\frac{F_f}{F_m}\right) = \left(\frac{E_f}{E_m}\right) \left(\frac{V_f}{V_m}\right),$$

og andel kraft belastet på fiberfasen vil bli da

$$\left(\frac{F_f}{F_{total}}\right) = \left(\frac{E_f}{E_m}\right) \left[\frac{V_f}{1 - V_f + \left(\frac{E_f}{E_m}\right) V_f} \right].$$

Oppgave 4: Plast og kompositter

Et karbonfiber kompositt (CFRP) tilvirket ved bruk av vakuuminjeksjon metode, består av kontinuerlige og ensrettede karbon og Epoxy matrise. Se figur under.



Figur 4: Karbonfiberarmert plast / CFRP.

Følgende materialparameter er oppgitt:

Fiber: $E = 350 \text{ GPa}$	Epoxy: $E = 7 \text{ GPa}$
------------------------------	----------------------------

- Bestem volum-prosent til fiber V_f dersom det kreves at relative belastning på fiberfasen F_f/F_{total} skal være minst 99%. (hint: se oppg. 3d)
- Bestem E-modul til kompositt langs fiberretningen, E_K .
- Gjenta beregning i (a) og (b) for Glassfiber med $E = 70 \text{ GPa}$.
- Diskuter resultater fra (c).

Et CFRP laminat skal tilvirkes. Laminatet består av seks lag kompositt med bruk av kompositt nevnte i (a). Fiberretninger i de seks lagene er henholdsvis $(-45^\circ, 0^\circ, -30^\circ, 30^\circ, 90^\circ, 45^\circ)$

- Bestem laminatets longitudinal E-modul $E_{Laminat}$.

Håndopplegg og vakuuminfusjon er to mest vanlige prosedyrer for tilvirkning av kompositt laminater. Vi har gjennomført/observert tilvirkningsprosessene.

- Beskriv tilvirkningsprosessene konsist, og diskuter hvorfor det er viktig å opprette vakuum i de prosessene dere har gjennomgått.

--- Slutt av del 2 ---

Del 3 Plast og Nanomaterialer

Oppgave 5:

Du har to fortynnede løsninger av samme polymer i vann. Disse polymerløsningene er ved gode løsningsmiddelbetingelser ved romtemperatur og dårlige løsningsmiddelbetingelser ved 37 °C.

Den eneste forskjellen mellom de to prøvene er at den ene prøven har en pH på 4 og den andre prøven har en pH på 10. Ved pH 4 har polymeren mange positive ladninger langs kjeden. Ved pH 10 er polymeren nøytral.

- Når du varmer på en slik prøve fra 20 til 37 °C, har du to forskjellige mekanismer som kan endre størrelsen du måler i prøven. Hvilke to mekanismer er dette, og hvordan endrer hver av dem størrelsen til prøven?
- Ut i fra svaret i a), hva har skjedd dersom størrelsene du måler ved 20 og 37 °C er like store?
- Du varmer prøvene opp til 37 °C, og observerer at den nøytrale prøven ved pH 10 blir turbid (melkehvit) og sedimenterer, mens den positivt ladde prøven fortsatt er gjennomsiktig og sedimenterer ikke. Hvorfor?
- Du tilsetter nanopartikler til hver av de to prøvene (ved romtemperatur). Det ser ikke ut til å skje noe spesielt med prøven som har pH 10, men prøven som har pH 4 danner aggregater som sedimenterer når du har tilsatt nanopartiklene. Hva forteller dette om nanopartiklene?
- Nevn to metoder du kan bruke til å bestemme størrelsene direkte på disse prøvene uten å tørke eller fortygne dem.

Oppgave 6:

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

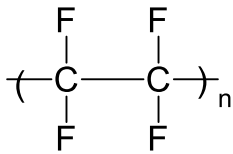
Overflatespenningen mellom teflon og luft er 18,5 mN/m.

Overflatespenningen mellom kvikksølv og luft er 425,4 mN/m.

Grenseflatespenningen mellom teflon og kvikksølv er 312,4 mN/m

- Du legger en dråpe vann på en glatt teflonoverflate og observerer en kontaktvinkel på 109,0°. Hva er grenseflatespenningen mellom vann og teflon hvis vi antar at kontaktvinkelen er i en likevektstilstand?
- Du har en kvikksølvdråpe på en ujevn teflonoverflate. Den ligger på toppen av ujevnhetene og er i kontakt med 1/8 av overflaten. Dråpen har en kontaktvinkel på 167,8°. Hva er kontaktvinkelen på en tilsvarende glatt teflonoverflate hvis vi antar at kontaktvinkelene er i en likevektstilstand?

- c) Er dråpen i b) i likevekt?
- d) Du legger en vandråpe på samme teflonunderlag som i b). Den får en kontaktvinkel på $173,8^\circ$.
Ligger dråpen på toppen av ujevnhetene, eller væter den ned i ujevnhetene?
Begrunn svaret.
Hvis den væter ned i ujevnhetene, hvor mye større overflateareal er den i kontakt med sammenlignet med dråpen på det glatte underlaget?
Anta at kontaktvinkelene er i en likevektstilstand.
- e) Selv om den er veldig temperaturbestandig, er Teflon (PTFE) en termoplast med lineære polymerkjeder:



Vil den ha høy eller lav grad av krystallinitet? Begrunn svaret.

--- Slutt av del 3 ---

---God jul ---

Formelsamling:

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

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

hvor θ er kontaktvinkelen til dråpen, γ_{SG} er overflatespenningen mellom det faste stoffet og luft, γ_{SL} er grenseflatespenningen mellom det faste stoffet og væsken (dråpen) og γ_{LG} er overflatespenningen mellom væsken og luft.

Dersom overflaten er ujevn gjelder Wenzels ligning dersom dråpen væter alle ujevnhetene

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

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

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

$f = A_{rough}/A_{smooth}$ hvor A er arealet av overflaten, og ϕ 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 θ is the contact angle of the drop, γ_{SG} is the surface tension between the solid surface and air, γ_{SL} is the interfacial tension between the solid surface and the liquid drop, and γ_{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 ϕ is the fraction of the surface the drop is in contact with.