

EKSAMEN

Emnekode: IRM34513	Emnenavn: Avanserte materialer
Dato: 26.11.2020 Sensurfrist: 16.12.2020	Eksamenstid: KL 0900-1330
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: <ul style="list-style-type: none">• Digital/hjemmeeksamen.• Besvarelsen leveres inn elektronisk i Inspera i PDF format.• Delene veier likt.• Alle besvarelser må begrunnes.	
Kandidaten må selv kontrollere at oppgavesettet er fullstendig	

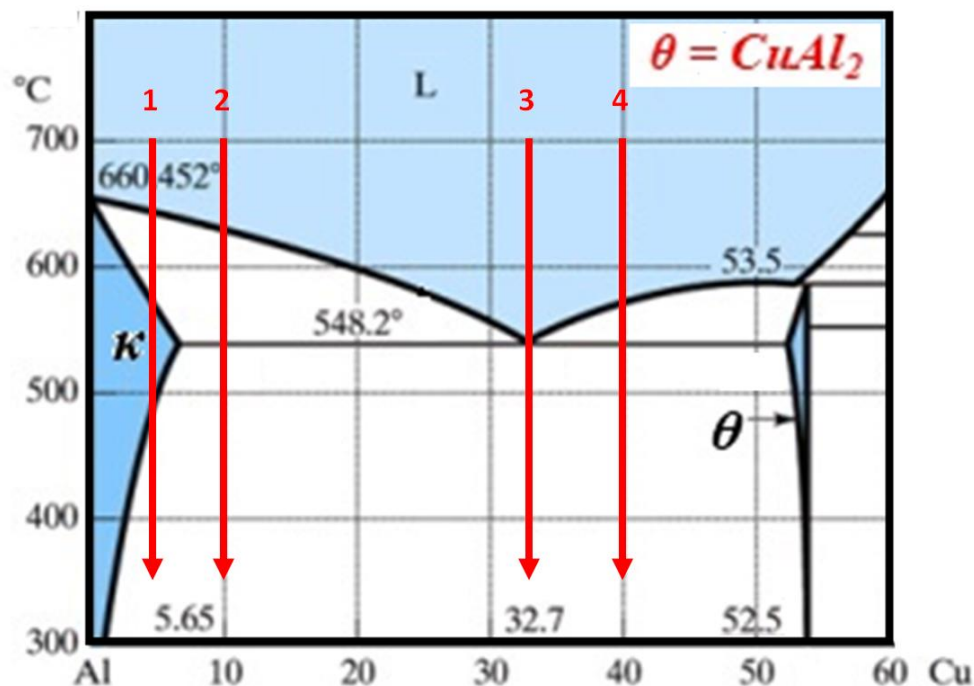


Del 1 Metalliske materialer og materialvalg

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 3.
- c) Forklar forskjell mellom mikrostrukturene for legering 3 og legering 4 ved romtemperatur.
- d) Hvorfor kobber innhold i kommersielle Al-Cu legeringer ikke kan forhøyes til rundt 32%?
- e) Forslå én Al-Cu legering, samt varmebehandlings prosedyre og herdingsmekanisme knyttet til prosedyren.

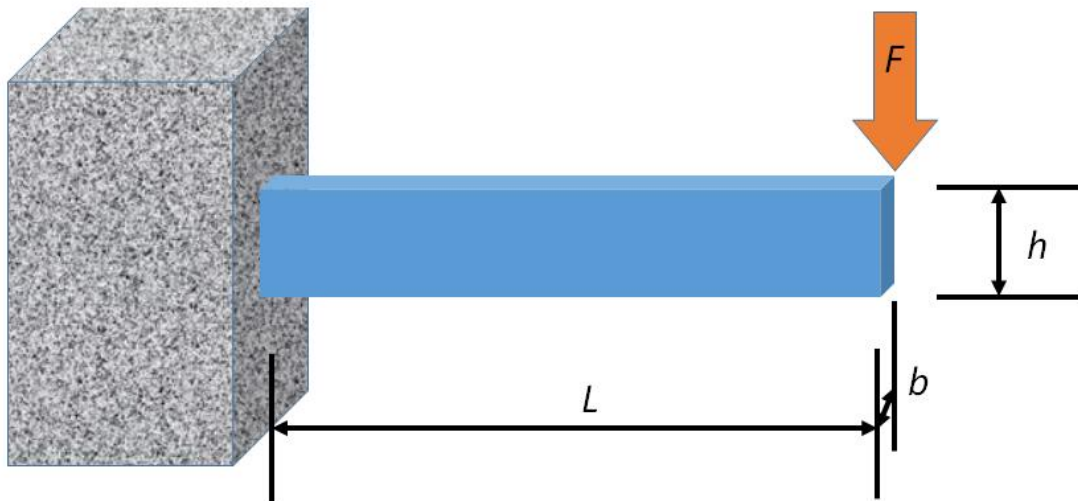
Oppgave 2

En bjelke med lengden L og med rektangulær snitt (b, h) blir innspent i en mur og den blir utsatt en belastning F på ende (se figuren nedenfor).

Dimensjonering til bjelken er gitt ved $L = 2,0 \text{ m}$ og $h = 3b$, hvor b er bredden til bjelken. (Med andre ord, høyden er tre ganger så stor som bredden).

Teknisk krav på nedbøyning er gitt ved $\delta_m = 8,0 \text{ cm}$ under belastning på 120 kg .

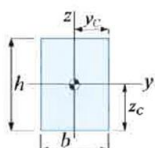
Krav på maksimal vekt til bjelken er gitt ved $m_{max} = 8,0 \text{ kg}$.



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 $M = E^{1/2}/\rho$.
- Bestem den minste verdien for material indeks for stiv og lett bjelke M .

Formel for Oppg 2:



$$A = bh \quad y_C = b/2 \quad z_C = h/2$$

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



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

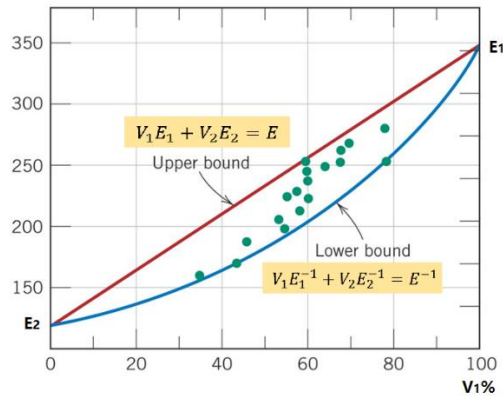
--- Slutt av del 1 ---

Del 2 Komposittmaterialer

Oppgave 3

Likningene nedenfor dreier seg om «Rule of mixture»:

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

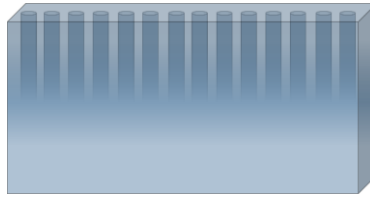


Figur 3: Illustrasjon på Rule of Mixture.

- Forklar og vis at $E = V_1 \cdot E_1 + V_2 \cdot E_2$.
- Forklar og vis at $E^{-1} = V_1 \cdot E_1^{-1} + V_2 \cdot E_2^{-1}$.
- 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? Hvordan bestemmer man flytegrense til kompositt material?

Oppgave 4: Plast og kompositter

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



Figur 4: Karbonfiberarmert plast / CFRP.

I kompositt materialer, blir total belastning ($F_{total} = F_f + F_m$) fordelt på fiberfasen (F_f) og matrisefasen (F_m), og andel kraft belastet på fiberfasen er gitt ved

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

La oss betrakte kompositt med følgende materialparameter:

Fiber: E = 260 GPa	Vinylester: E = 2 GPa
--------------------	-----------------------

- Bestem volum-prosent til fiber V_f dersom det kreves at relative belastning på fiberfasen F_f/F_{total} skal være minst 99%.
- Bestem E-modul til kompositt langs fiberretningen, E_K .
- Gjenta beregning i (a) og (b) for Glassfiber med E = 70 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 $(-45^\circ, 0^\circ, 45^\circ, -45^\circ, 0^\circ, 45^\circ)$

- Bestem forstivende faktor for laminatet.

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

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

--- Slutt av del 2 ---

Del 3 Plast og Nanomaterialer

Oppgave 5:

- Nevn to ting du kan gjøre med et plastmateriale for å forbedre barriere-egenskapene.
- Ut ifra tabellen under, er single wall carbon nanotubes (SWNT) eller multi wall carbon nanotubes (MWNT) mest egnet til å forsterke et plastmateriale fra å danne sprekker (fracture)? Begrunn svaret.

Property	SWNT	DWNT	MWNT
Tensile strength (GPa)	50–500	23–63	10–60
Elastic modulus (TPa)	~1	-	0.3–1
Elongation at break (%)	5.8	28	-
Density (g/cm ³)	1.3–1.5	1.5	1.8–2.0
Electrical conductivity (S/m)		~10 ⁶	
Thermal stability		>700°C (in air)	
Typical diameter	1 nm	~5 nm	~20 nm
Specific surface area		10–20 m ² /g	

- Du har to like lange gummistrikker. Du henger begge opp med et 1 kg lodd festet nederst på strikkene slik at de blir strukket ut. Du lar loddene henge der til dagen etter. Når du fjerner loddene ser du at selv om begge gummistrikkene trekker seg sammen igjen, har den ene strikken blitt merkbart lenger. Hvorfor – hva er forskjellene mellom strikkene?
- Du ønsker å dispergere noen nanopartikler i et løsningsmiddel. Hvilke tre egenskaper bør løsningsmiddelet ha for å hindre sedimentasjon av prøven?
- Målemetoden cryo-TEM går ut på å raskt fryse ned en prøve, for deretter å måle TEM på den frosne prøven. Nevn én grunn til at man gjør dette istedenfor å måle direkte på suspensjoner av nanopartikler?

Oppgave 6:

Du har en glatt overflate av et fast stoff og en tilsvarende ujevn overflate.

Overflatespenningen mellom det faste stoffet og luft er 23,5 mN/m

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

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

Grenseflatespenningen mellom vann og det faste stoffet er 35,1 mN/m.

- Du legger en dråpe vann på den glatte overflaten.
Hva er kontaktvinkelen til dråpen hvis vi antar at den er i en likevektstilstand?
- Når du legger en kvikksølvdråpe på den glatte overflaten får den en kontaktvinkel på 165,9°. En kvikksølvdråpe på den ujevne overflaten får en kontaktvinkel på 172,8°. Anta at kontaktvinklene er i likevektstilstand og at dråpen ligger på toppen av ujevnheterne.
Hvor stor del av underlaget er dråpen på den ujevne overflaten i kontakt med?

- c) Når du legger en vanndråpe på den ujevne overflaten får en kontaktvinkel på $145,6^\circ$. Anta at kontaktvinklene er i likevektstilstand og at dråpen væter ned i ujevnhetene. Hvor mye større overflateareal er dråpen i kontakt med sammenlignet med dråpen på det glatte underlaget?
- d) Vanndråpen fra c) blir liggende på den ujevne overflaten en stund. Du ser at kontaktvinkelen gradvis blir lavere til den stabiliserer seg på $141,2^\circ$. Hvorfor?
- e) Du tilsetter gradvis mer vann til dråpen fra d). Kontaktvinkelen blir gradvis høyere til den stabiliserer seg på $147,9^\circ$. Hvor stor er kontaktvinkelhysteresen for dråpen?

--- 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.