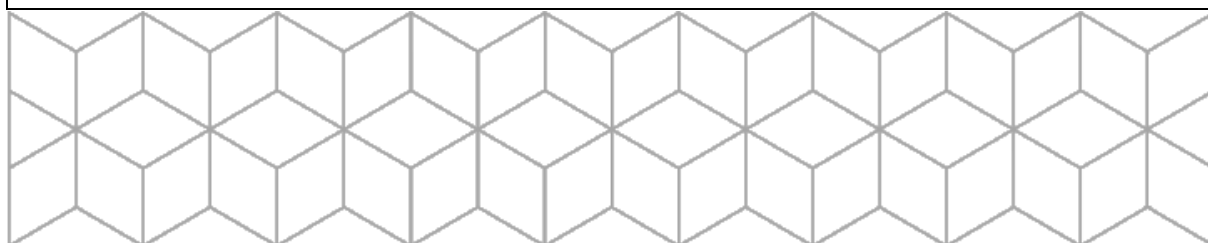


EKSAMEN

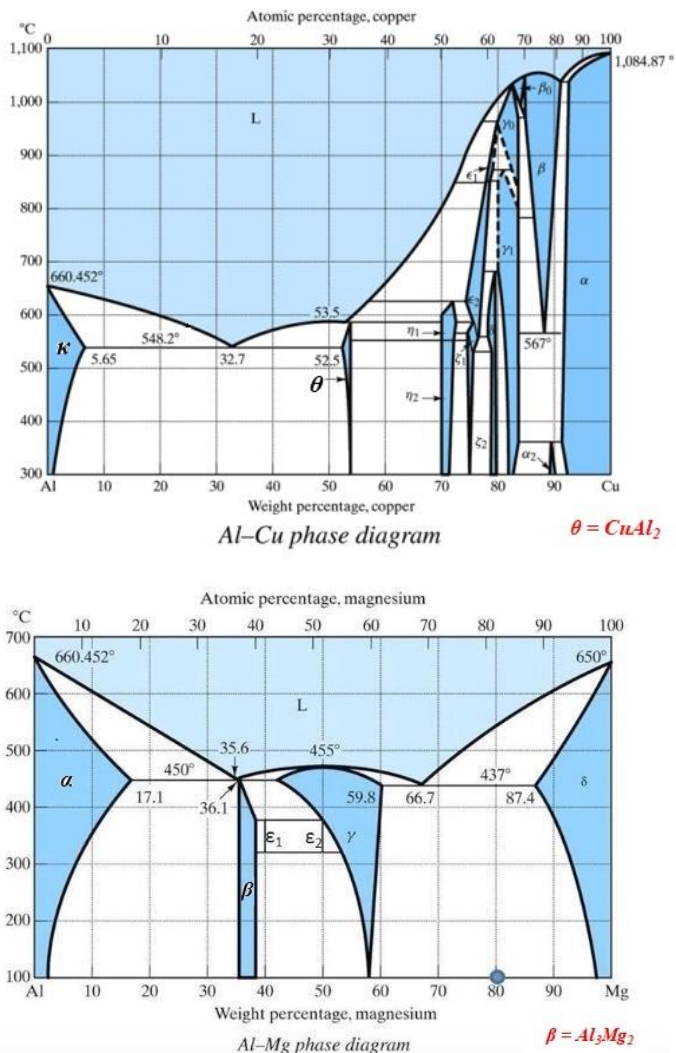
Emnekode: IRM34513	Emnenavn: Avanserte materialer
Dato: 28.11.2017 Sensurfrist: 19.12.2017	Eksamenstid: KL 0900-1300
Antall oppgavesider: 7 Antall vedleggsider: 1	Faglærer: Litian Wang 472 88 765 Anna-Lena Kjøniksen 919 91 942 Oppgaven er kontrollert: Ja
Hjelpemidler: <ul style="list-style-type: none">- Kalkulator, skrivesaker.- All trykne og skrevne	
Om eksamensoppgaven: <p style="text-align: center;">Delene veier likt.</p> <p style="text-align: center;">Alle besvarelser må begrunnes</p>	
Kandidaten må selv kontrollere at oppgavesettet er fullstendig	



Del 1 Metalliske materialer og materialvalg

Oppgave 1:

Figuren nedenfor viser fasediagrammet til legeringene Al-Cu og Al-Mg.



Figur 1: Likevekt fasediagram til Al-Cu og Al-Mg legeringer. θ og β er to intermetalliske faser.

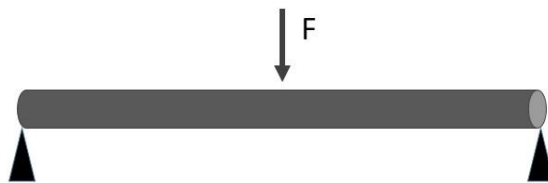
- a) (50%) Forklar hvordan mikrostrukturen til de følgende to legeringer ser ut
- AL-32,7%Cu og
 - Al-35,6%Mg.

Kan du si noe om mekaniske egenskaper til legeringene ovenfor?

- b) (25%) I kommersielle Al-Cu og Al-Mg legering, er Cu-innhold og Mg-innhold lave. Forklar hvorfor innholdet av Cu og Mg må være på under 5,65%-Cu og 17,1%-Mg?
- c) (25%) Forslå én Al-Cu eller Al-Mg legering, samt varmebehandlings prosedyren og herdingsmekanismen knyttet til prosedyren.

Oppgave 2

En sylindrisk bjelke med lengden l og radius r blir utsatt en belastning F på midten. Se figuren nedenfor.



Figur 2: Sylindrisk bjelke med belastning F .

- a) (20%) Hvordan definerer man stivheten til bjelken?
- b) (30%) Hvordan påvirker lengden og tykkelsen bjelkens stivheten?
- c) (50%) Definer material-indeks for stiv og lett bjelke $M_{lett,stiv}$.

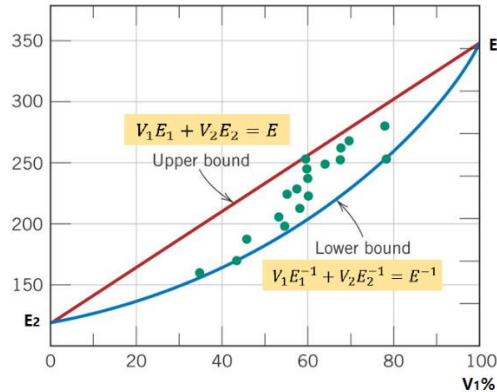
--- Slutt del 1 ---

Del 2 Komposittmaterialer

Oppgave 3: «Rule of Mixture»

Likningene nedenfor dreier seg om «rule of mixture»:

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



Figur 3: Illustrasjon på Rule of Mixture.

- (10%) Hvordan tolker man likningene?
- (20%) Forklar hvordan likningene blir anvendt i vurdering av mekaniske egenskaper til kompositt-materialer.
- (30%) I strekkprøving av kompositt-materialer oppstår det to stadier i arbeidsdiagrammet ($\sigma \sim \epsilon$). Hva er mekanismene til disse to stadiene?

I kompositt-materialer, blir total belastning ($F_{total} = F_f + F_m$) fordelt på fiberfasen (F_f) og matrisefasen (F_m).

- (40%) Vis at forholdet mellom F_f og F_m er gitt ved

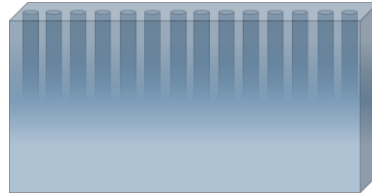
$$\left(\frac{F_f}{F_m}\right) = \left(\frac{E_f}{E_m}\right) \left(\frac{V_f}{V_m}\right)$$

og andel kraft belastet på fiberfasen da blir

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

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: Fiberarmert plast / FRP.

Følgende materialparameter er oppgitt:

Fiber	Plast
$V_f = 0.60$	$V_m = 0.40$
Høy-E karbonfiber $E = 350 \text{ GPa}$	Epoxy $E = 7 \text{ GPa}$

- (a) (20%): Bestem E-modulen til kompositt parallelt med fiberretningen, E_K .
- (b) (20%) Finn relative belastning på fiberfasen i kompositten.

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

- (c) (30%) 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.

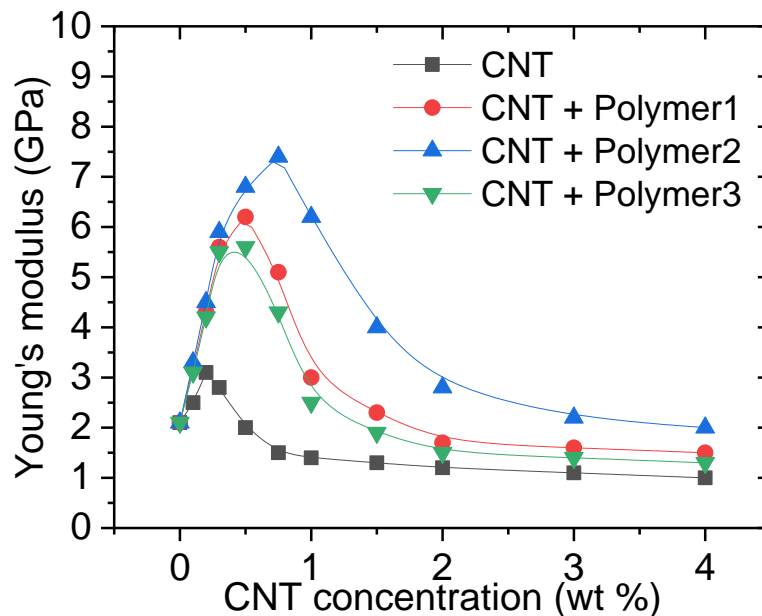
- (d) (30%) Beskriv tilvirkningsprosessene konsist, og diskutere det mest krevende steget i prosessene.

--- Slutt av del 2 ---

Del 3 Plast og Nanomaterialer

Oppgave 5:

- (a) (20 %) Du ønsker å teste ut 5 forskjellige polymerer for å se hvilken av dem som virker best for å dispergere carbon-nanorør (CNT). Du tester ut systemene ved å blande CNT og polymer i et løsningsmiddel, og bruker ultralyd (sonication) for å fremme dispergeringen. Når du skal måle hvilket system som virker best har imidlertid måleinstrumentet ditt for å karakterisere størrelser sluttet å virke, og det vil ta lang tid før dert kan repareres. Hvordan kan du enkelt og uten dyr instrumentering se hvilke av de 5 polymerene som gir en god dispergering av CNT?
- (b) (20%) Forsøket i oppgave a) viser at 3 av polymerene er lovende for dispergering av CNT. Du lager derfor nanokompositter av en plast og CNT med hver av disse polymerene (og med rent CNT).

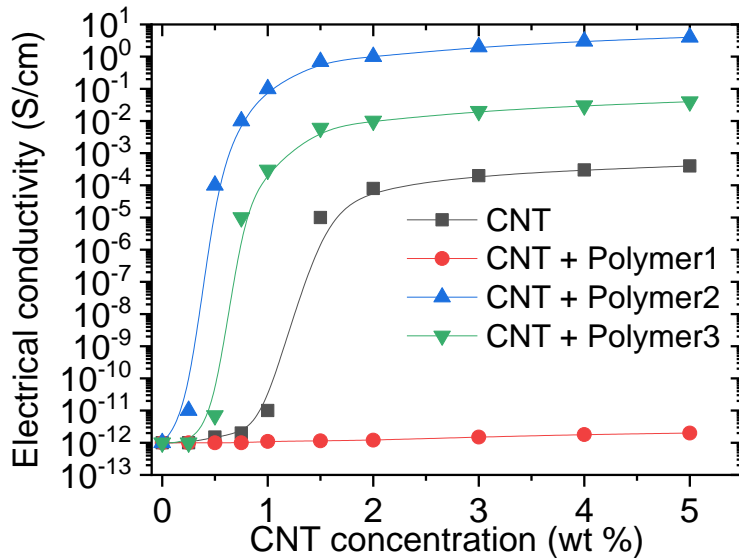


Figuren viser E-modulen (Youngs modul) målt for nanokompositter med CNT, og effekten av å bruke de 3 polymerene for å dispergere CNT bedre.

Hvorfor har kurvene et maksimum?

- c) (20 %) Fra figuren i oppgave b), hvilken polymer virker best for å dispergere CNT i nanokompositten? Begrunn svaret.

d) (20%) Du måler også den elektriske ledningsevnen til nanokomposittene fra oppgave b)



Forklar forskjellen i elektrisk ledningsevne mellom prøvene der man har brukt Polymer1 og Polymer3 i figuren over i lyset av E-modulene (Youngs modul) for disse i oppgave b).

e) (20%) Nanokomposittene over er lagd av en termoplast. Vil glasstransisjonstemperaturen til nanokomposittene være høyere eller lavere enn for et tilsvarende plastmateriale uten CNT? Begrunn svaret.

Oppgave 6:

Du har to plastmaterialer (Plast1 og Plast2) med forskjellige overflate/grenseflate-spenninger.

Plast1 har en ru overflate og Plast2 har en glatt overflate.

Den ujevne overflaten til Plast1 har et overflateareal som er 18,5 ganger større enn en tilsvarende glatt overflate.

En dråpe som ligger på toppen av ujevnheten til Plast1 vil være i kontakt med 1/8 av underlaget.

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

Overflatespenningen mellom Plast2 og luft er 454,1 mN/m.

Anta at kontaktvinklene er i likevektstilstand i utregningene.

a) (20%) Det ligger en vanddråpe med kontaktvinkel 173,2° på Plast1.

Du vet ikke om dråpen ligger på toppen av ujevnheten, eller væter ned i ujevnheten.

Hva hadde kontaktvinkelen til dråpen på en tilsvarende glatt overflate vært i hvert av disse to tilfellene?

b) (10 %) En vanndråpe som ligger på Plast2 har en kontaktvinkel på $160,7^\circ$.

Hva er grenseflatespenningen mellom vann og Plast2?

c) (20 %) Du støper Plast2 ned i ujevnhetene til Plast1, slik at en vanndråpe på det nye underlaget har en kontaktflate mot underlaget som består av $1/8$ av Plast1 og $7/8$ av Plast2.

Kontaktvinkelen til dråpen på dette blandingsunderlaget er $146,4^\circ$.

Sett opp ligningen for hvordan kontaktvinkelen til dråpen på blandingsunderlaget er avhengig av overflate/grenseflate-spenninger og fraksjonen av Plast1 i underlaget.

d) (20 %) Bruk ligningen fra oppgave c) (og opplysninger fra tidligere oppgaver) til å regne ut kontaktvinkelen til en vanndråpe på et glatt underlag av Plast1.

e) (10%) Sammenlign svarene fra oppgave a) og oppgave d).

Ligger dråpen i oppgave a) på toppen av ujevnhetene, eller væter den nedi ujevnhetene?

f) (20%) Nevn 2 grunner til at det kan være små avvik mellom kontaktvinklene fra oppgave a) og oppgave e)

--- 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 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 ϕ er fraksjonen av overflaten som dråpen er i kontakt med.