

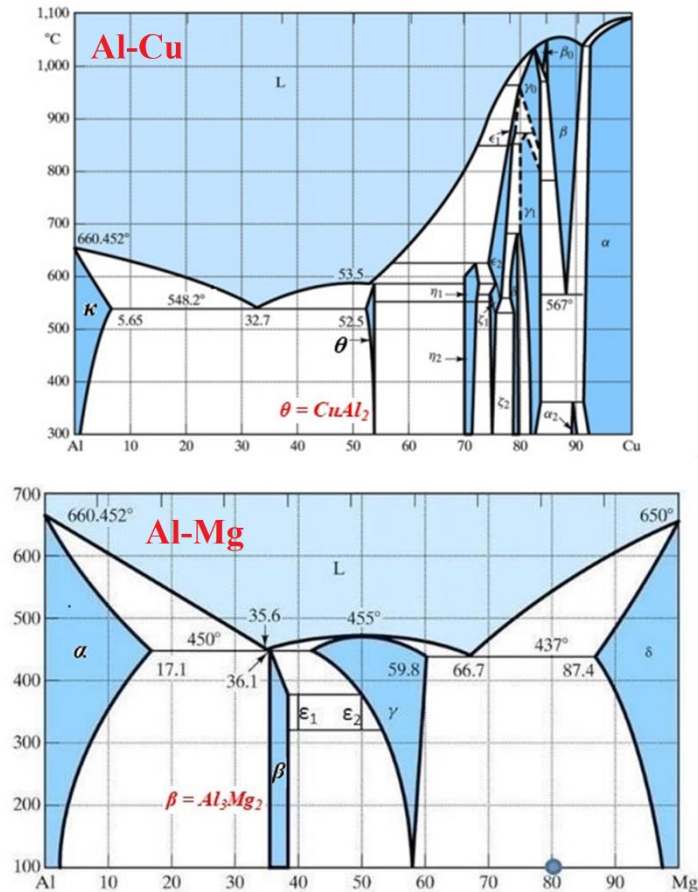
## EKSAMEN

<b>Emnekode:</b> IRM13112	<b>Emnenavn:</b> Materiallære og tilvirkningsteknikk - Deleksamen i Materiallære
<b>Dato:</b> 04.12.2018 <b>Sensurfrist:</b> 27.12.2018	<b>Eksamenstid:</b> KL. 0900-1200
<b>Antall oppgavesider:</b> 3 <b>Antall vedleggsider:</b> 0	<b>Faglærer:</b> Litian Wang (472 88 765) <b>Oppgaven er kontrollert:</b> Ja
<b>Hjelpemidler:</b> Skrivesaker. Egne notater (maks 3 sider) Kalkulator som ikke kan regne symbolsk eller kommunisere trådløst	
<b>Om eksamensoppgaven:</b>  <b>Alle besvarelser må begrunnes</b>	
<b>Kandidaten må selv kontrollere at oppgavesettet er fullstendig</b>	



## Oppgave 1: (25%)

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



Figur til oppgave 2: Likevekt fasediagram til Al-Cu og Al-Mg legeringer.

$\theta$  og  $\beta$  er to intermetalliske faser, dvs  $\theta = \text{CuAl}_2$  og  $\beta = \text{Al}_3\text{Mg}_2$ , henholdsvis.

a) (50%) Forklar hvordan mikrostrukturen til de følgende to legeringer ser ut

AL-32,7%Cu

Al-35,6%Mg.

Dette dreier seg om to eutektikum:

Eutektikumet i AL-32,7%Cu: Utregning  $\rightarrow (W_\kappa = 42,3\%, W_\theta = 57,7\%)$

Mikrostruktur: Lamell struktur med vektforhold  $\kappa : \theta = 2:3$

+Tegning

Eutektikumet i AL-35,6%Mg: Utregning  $\rightarrow (W_\alpha = 2,6\%, W_\beta = 97,4\%)$

Mikrostruktur: Lamell struktur med vektforhold  $\alpha : \beta = 1:40$

## +Tegning

- 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?

Når  $Cu > 5,65\%$  og  $Mg > 17,1\%$ , vil eutektikum bli dannet. Her vil man hindre dannelse av eutektikum i det hele tatt.

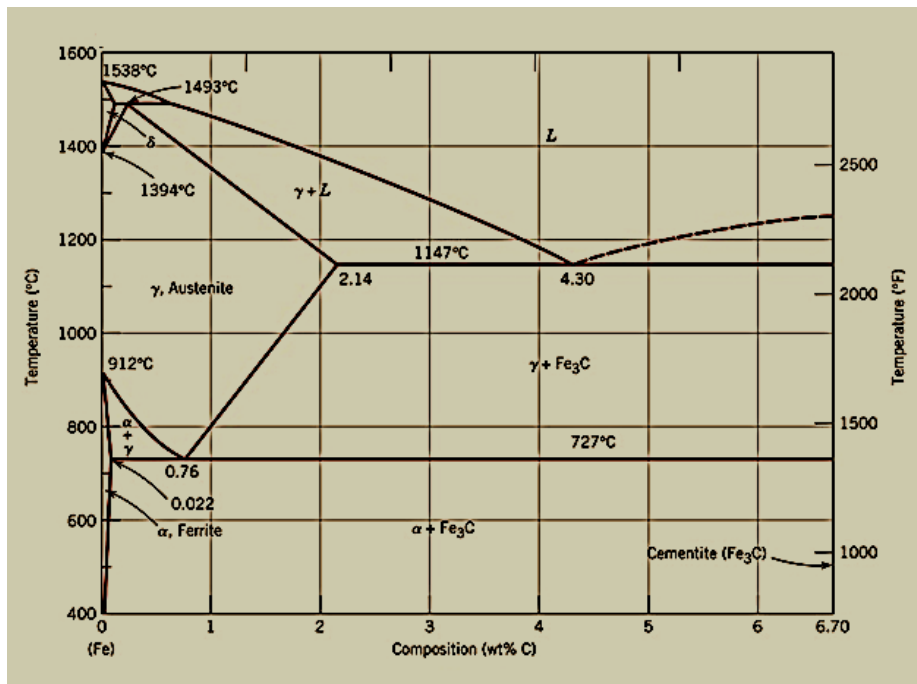
Når  $Cu < 5,65\%$  og  $Mg < 17,1\%$ , vil det være mulig å få  $\theta$  og  $\beta$  fasene i form av partikler utfelles (precipitation) fra  $\kappa$  og  $\alpha$  matrisen slik at matrisen kan forsterkes/herdes.

- c) (25%) Forstå én Al-Cu eller Al-Mg legering, samt varmebehandlings prosedyren og herdingsmekanismen knyttet til prosedyren.

Det handling om utfellingsherding: Etter legering blir relativt hurtig nedkjølt, kan den varmes opp (under den nedre venstre kurven), og oppholdes over lengre tid (f. eks. 4 timer – ett døgn) slik at  $\theta$  og  $\beta$  partikler felles ut. Dette er en diffusjons prosess, og det trenger tid!

## Oppgave 2 (20%)

Karbonstål med 0,94 wt% C blir avkjølt sakte til 700°C etter fullstendig austenisering (homogeniseringsgløding) ved 1100°C.

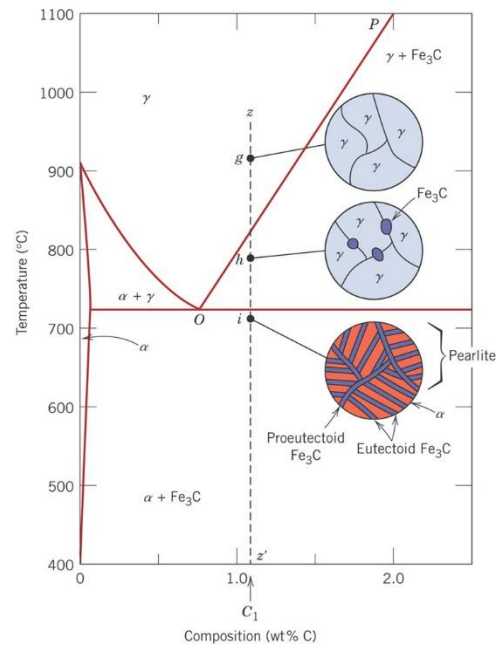


Figur til oppgave 3: Fasediagram for stål

- a) Hvordan ser mikrostruktur til stålet ut *underveis*? For eksempel, ved 800°C, 750 og 700°C, henholdsvis.

Mikrostruktur: Perlitt + (proeutektoid) Sementitt.

Sementitten ligger primært langs korngrensen.



b) Bestem vektprosentene til Ferritt og Sementitt i stålet.

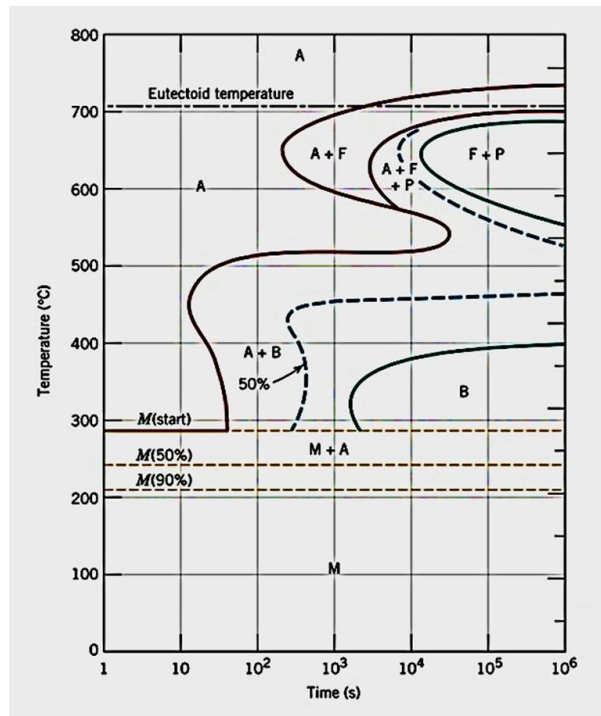
$$W_{\text{Ferritt}} = 86,3\% \text{ og } W_{\text{Sementitt}} = 13,7\%$$

c) Bestem at vektprosentene til Perlitt og den proeutektoidisk Sementitt i stålet.

$$W_{\text{Perlitt}} = 97,0\% \text{ og } W_{\text{Sementitt}} = 3,0\%$$

### Oppgave 3 (15%)

Figuren nedenfor viser TTT og TCT diagrammer for et legert karbonstål AISI 4340 med karboninnhold 0,38wt%-0,43wt%. Stålet blir først holdt i ca 800°C for normalisering.



Figur til oppgave 4: Fasediagram for isotherm faseomvandling for stål

Foreslå en (iso-term) varmebehandlingsprosedyre for å få følgende mikrostruktur i stålet:

- a) 50% Bainitt og 50% Martensitt.

Steg 1: 800°C → 400°C, Holdetid ca 400 sekunder

Steg 2: Bråkjøling

- b) Ferritt og Perlitt.

Steg 1: 800°C → 650°C, Holdetid ca  $1,5 \cdot 10^4 \sim 2,0 \cdot 10^4$  sekunder

Stål skal varmebehandles ved bruk av kontinuerlig avkjøling (CCT)

- c) Vis at nedkjølingshastighet må være høyere enn ca  $40^{\circ}\text{C}/\text{sekund}$  for å få Martensitt.

For å for Martensitt, må stålet kjøles fort, f. eks. Bråkjøling med vann.

Målet er å hindre alle faseovergang til Perlitt eller Bainitt.

*Fra fasediagrammet, kan man ser at den laveste hastighet må være slik at Bainitt dannelse ved  $450^{\circ}\text{C}$  og 10 sekund ikke være mulig.*

Konklusjon: Nedkjøling  $800^{\circ}\text{C} \rightarrow 400^{\circ}\text{C}$  i løpet av 10 sekund vil effektivt hindre Bainitt og Perlitt. Derfor, kritisk hastigheten vil bli  $(800-400)/10=40^{\circ}\text{C}/\text{sekund}$ .

#### Oppgave 4 (15%)

Vi skal nå bestemme karbon innhold til et ukjent karbonstål. Mikroskopisk undersøkelsen viser at stålet inneholder 10,0<sup>wt</sup>% sementitt totalt.

- a) Bestem karboninnhold til stålet.

$$W_{\text{Sementitt}} = 10\% \rightarrow W_{\text{Ferritt}} = 90\%$$

$$C\% = 0,022\% \cdot W_{\text{Sementitt}} + 0,67\% \cdot W_{\text{Ferritt}} = 0,69\%$$

- b) Bestem vektprosent (wt%) til Perlitt og den proeutektoide fasen i stålet.

Fra  $C\% = 0,69\%$  får man

$$W_{\text{Pro.Ferritt}} = 9,5\% \rightarrow W_{\text{Perlitt}} = 90,5\%$$

Eller

Fra  $W_{\text{Sementitt}} = 10\%$ , får man «Lasagne» produsert som

$$W_{\text{Perlitt}} = 10\%^{\text{Sementitt}} + 80\%^{\text{Ferritt}} = 90\%^{\text{Perlitt}}$$

og

$$W_{\text{Ferritt}} = 10\%$$



### Oppgave 5 (25%)

- a) Hva er forskjellen mellom E-modul og flytegrensen?

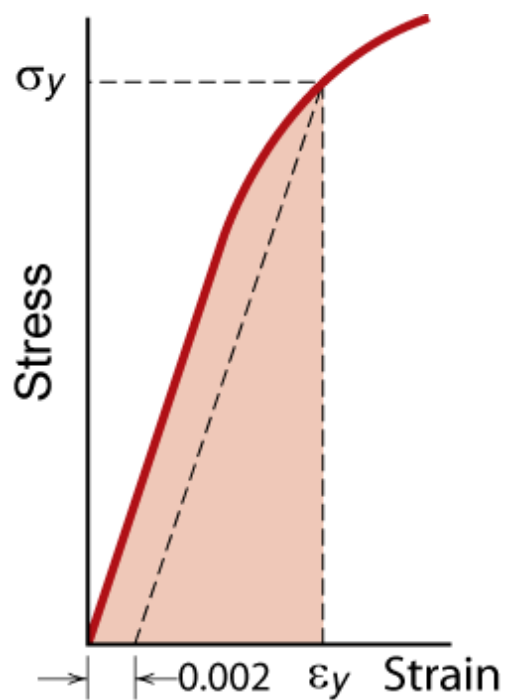
E-modul E:

Elastisk egenskap (Stivhet)

Hookes lov,

Stigningstallet i arbeidsdiagram

Eksempel: Karbonstål 200-500 GPa ← GPa



Flytegrensen  $\sigma_y$ :

Plastisk egenskap (igangsetting av plastisk deformasjon),

Bøynings punkt (tilsvarende 0,2% deformasjon) i arbeidsdiagram

Eksempel: Karbonstål 200-1000 MPa ← MPa

- b) Hvordan påvirker kornstørrelse mekanisk egenskap til metalliske materialer?

$$\sigma_y \sim 1/\sqrt{\text{diameter}}$$

-----(*slutt*)-----

-----*God jul og godt nytt år !*-----