

**Tentamen Materiaalkunde en Ontwerpen  
voor studenten Technische Natuurkunde  
6 juni 2000, 14.00-17.00 uur**

*Vermeld naam en studienummer duidelijk op ieder ingeleverd blad. Nummer de ingeleverde bladen en vermeld op blad 1 het totaal aantal ingeleverde bladen.*

**Opgave 1**

Geef een korte uitleg van de volgende begrippen:

- (a) Miller indices
- (b) Burgers vector
- (c) Rand dislocatie
- (d) Treksterkte
- (e) Young's modulus
- (f) Rekristallisatie
- (g) Perliet
- (h) Antiferromagnetisme
- (i) Piezoelectriciteit
- (j) MOSFET

**Opgave 2 (zie Fig.1)**

- a. Wat is de fraktie austeniet in een legering met de eutectische samenstelling bij 1147 °C en wat is de samenstelling van dit austeniet?
- b. Wat is bij 726 °C de totale fraktie ferriet in staal C45 (0.45 wt% C) en welk gedeelte hiervan is pre-eutectoidisch ferriet en welk gedeelte bevindt zich in perliet? Wat is de samenstelling van dit ferriet?
- c. Beschrijf waarom je op basis van Fig.1 kunt verwachten dat bij zeer snel afkoelen van austeniet met 0.77 wt.% C van 728 °C naar kamertemperatuur een harde metastabiele fase gevormd zal worden.
- d. Waarom neemt de snelheid waarmee austeniet (met 0.77 wt.% C) transformeert beneden 728 °C bij toenemende onderkoeling eerst toe en vervolgens (bij grote onderkoelingen) weer af?
- e. Hoe ziet schematisch het "Time-Temperature-Transformation" (TTT) diagram eruit voor staal C45 (0.45 wt.% C)?

**Opgave 3**

- a. Bij materialen opgebouwd uit polymeren (kunststoffen/plastics) kan niet over 1 molekuulgewicht gesproken worden, maar treedt een verdeling over gewichten op. Stel we hebben de volgende sterk vereenvoudigde (en dus onrealistische) distributie met alleen ketens met een massa van 200, 400, 600 en 800 (monomeer-eenheden), waarbij het aantal gemiddelde molekuulgewicht 400 en het gewicht gemiddelde molekuulgewicht 500 monomeer-eenheden is. 10% van het totaal aantal ketens blijkt een massa van 800 monomeer-eenheden te hebben. Met welke frakties van het totaal aantal ketens komen de ketens met een massa van 200, 400 en 600 eenheden voor?
- b. Eigenschappen van kunststoffen kunnen beïnvloed worden door het gemiddelde molekuulgewicht. Noem 2 zulke eigenschappen en beschrijf waarom en hoe ze veranderen bij een toename van het gemiddelde molekuulgewicht
- c. Cis 1,4 poly-isopreen is natuurrubber (met gunstige gebruikseigenschappen) en trans 1,4 poly-isopreen het veel hardere gutta-percha (met veel minder gunstige eigenschappen). Kennelijk kan

een beperkte verandering in de molekuulstructuur een grote invloed op de eigenschappen hebben. Geef aan wat het verschil tussen de cis- en trans-structuur is.

- d. Welke structuurkenmerken van polymeerketens bevorderen de kristallisatie van de ketens in het kunststof?
- e. Noem enkele eigenschappen van kunststoffen die beïnvloed worden doordat kristallisatie opgetreden is. Beschrijf waarom de beïnvloeding optreedt.

#### Opgave 4

Zuiver koper heeft bij 20 °C een geleidbaarheid van  $6.0 \cdot 10^7 (\Omega\text{m})^{-1}$ . Zuiver zilver van  $6.8 \cdot 10^7 (\Omega\text{m})^{-1}$ .

- a. Bepaal bij benadering de geleidbaarheid van Cu bij 170 °C. Verklaar waarom de gegeven verandering van de geleidbaarheid optreedt.
- b. Het Cu wordt verontreinigd met 2 at.% Ag. Wordt de geleidbaarheid van de legering beter of slechter dan van zuiver Cu? Motiveer je antwoord.
- c. Een legering van Cu met 72 wt.% Ag wordt gemaakt. Welke typische micro-structuur verwacht je op basis van Fig.2 voor deze legering? Geef voor deze legering een schatting van de geleidbaarheid.
- d. Intrinsiek GaAs heeft bij kamertemperatuur een geleidbaarheid van  $10^{-6} (\Omega\text{m})^{-1}$ . De mobiliteit van de elektronen en de gaten is respectievelijk 0.88 en  $0.04 \text{ m}^2/(\text{Vs})$ . De eenheidslading =  $0.16 \cdot 10^{-18} \text{ C}$ , het getal van Avogadro  $N_{\text{Av}}=6 \cdot 10^{23} (\text{mol})^{-1}$  en de konstante van Boltzmann  $k=8.617 \cdot 10^{-5} \text{ eV/K}$ . Wat is de concentratie elektronen en wat is de concentratie gaten bij deze temperatuur?
- e. De geleidbaarheid van GaAs bij 500 °C is  $10 (\Omega\text{m})^{-1}$ . Wat is de grootte van de bandgap van GaAs.
- f. Halfgeleiders kunnen luminiscentie vertonen; een verschijnsel dat in LEDs gebruikt wordt. Welk proces veroorzaakt luminiscentie en noem verschillende methoden waarmee luminiscentie in halfgeleiders opgewekt kan worden.

#### Opgave 5

Materials selection and design:

Een vierkante staaf, met lengte  $L$ , doorsnede oppervlak  $A_0$ , modulus  $E$ , vloeigrens  $\sigma_Y$  en dichtheid  $\rho$ , wordt mechanisch belast met een kracht  $F$

- (a) Leidt de performance index af voor de sterkte (d.w.z. optimalisatie van de staaf met het kleinste gewicht) indien de staaf in de lengte richting uniaxiaal wordt belast.
- (b) Leidt de performance index af voor de stijfheid (d.w.z. optimalisatie van de staaf met het kleinste gewicht) indien de staaf in de lengterichting uniaxiaal wordt belast.
- (c) Hoe verandert de performance index voor de stijfheid van de staaf als deze niet uniaxiaal maar in buiging wordt belast?
- (d) Welke vorm van de microstructuur zou je kiezen om a, b of c verder te optimaliseren?

Figuur 1

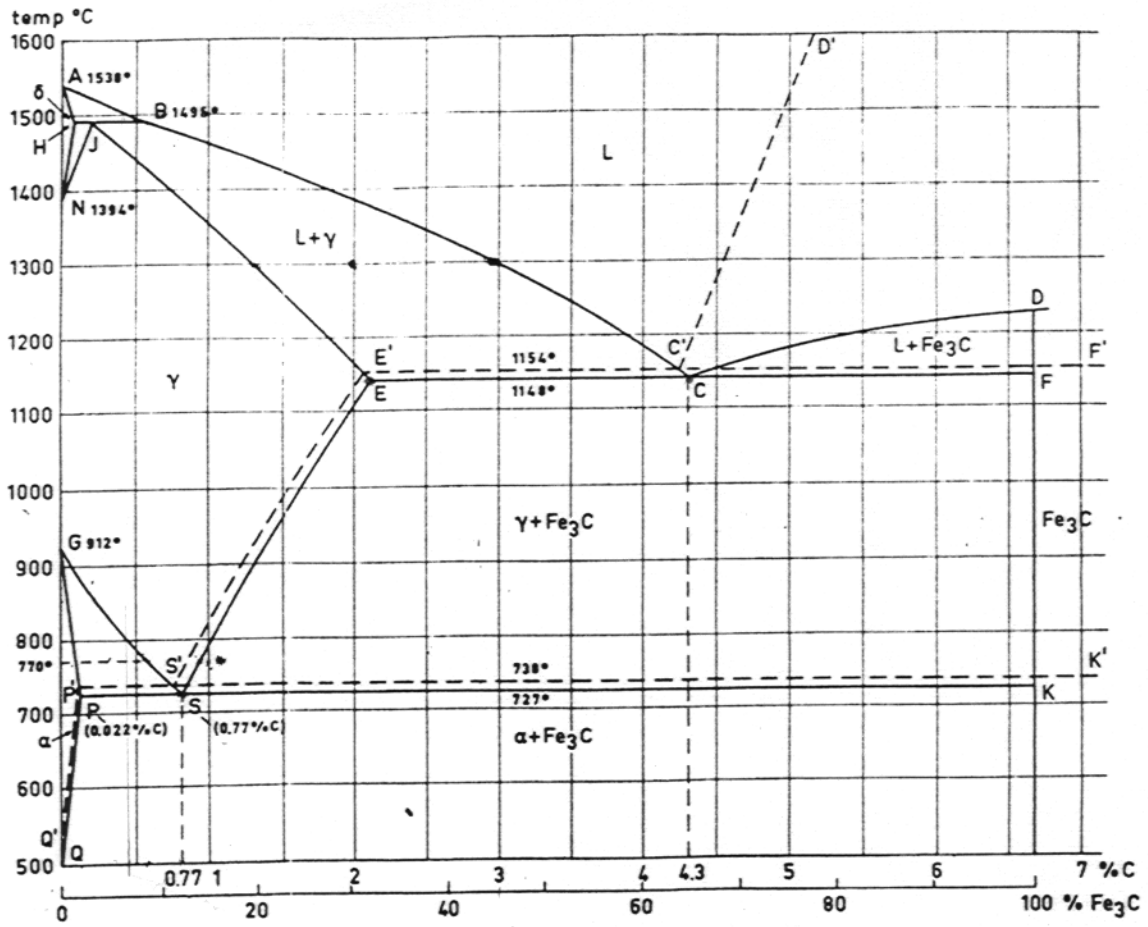


Figure 1. Het ijzer-koolstofdiagram.

Figuur 2:

## 2•28/Binary Alloy Phase Diagrams

### Ag-Cu

