

**Tentamen Materiaalkunde
voor studenten (Technische) Natuurkunde
24 augustus 2000, 9.00-12.00 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

- a. Een koper-zink legering, beter bekend als messing, met 50 gewichts-% Zn wordt vanaf 1100 °C langzaam afgekoeld tot 200 °C; zie Figuur 1. Beschrijf op basis van Fig.1 welke fasen achtereenvolgens optreden en specificeer hierbij zo nauwkeurig als mogelijk is de temperaturen waarbij een fasentransformatie begint en eindigt en de samenstelling van de fasen die dan betrokken zijn (vergeet dit laatste niet!).
- b. De stippellijnen in het fasendiagram geven fasengrenzen aan die niet nauwkeurig bekend zijn: neem aan dat ze correct zijn. Van het gebied onder de horizontale stippellijn wordt niet aangegeven welke fase of fasen daar aanwezig is of zijn. Gaat het hier om een 1-fase, 2- of 3-fasen gebied? Leg uit waarom? Heb je een idee welke naam de fase heeft of welke namen de fasen hebben in dat gebied? Het gebied β' eindigt bij 250 °C in 1 punt. Hoe wordt een dergelijk punt in een fasendiagram genoemd?
- c. Bereken met de hefboomregel de frakties aan verschillende fasen die bij 200 °C aanwezig zijn bij Cu-Zn legeringen met achtereenvolgens 20, 40, 80 en 90 gewichts-% Zn. (Schrijf hierbij steeds de samenstelling van alle betrokken fasen op.)
- d. Indien een Cu-Zn legering met 20 gewichts-% Zn niet langzaam afgekoeld wordt, is de kans groot dat de vaste stof α die uit de vloeistof gevormd wordt geen homogene samenstelling krijgt, maar dat van binnen naar buiten in de gevormde korrels een verloop van de samenstelling optreedt. Dit effect wordt segregatie ("coring") genoemd. Kun je voor deze Cu-Zn legering aangeven hoe het verloop van de samenstelling van binnen naar buiten in de korrels zal zijn bij snelle stolling? Geef hierbij aan hoe je aan je antwoord komt.

Opgave 2

Polymeren kunnen een uiteenlopende structuur vertonen, waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen lineaire, vertakte, gecrosslinkte of netwerk-polymeren, polymeren met isotactische, syndiotactische of atactische configuratie en polymeren met cis- of trans-configuratie en random, alternerende, ent(graft)- of blok-copolymeren.

- a. Beschrijf kort (en volledig) de opbouw van al deze polymeren met verschillende structuurkenmerken, waarbij in veel gevallen de typische structuurformule van de zich herhalende eenheid in het polymeer of een schematische tekening van een groter deel van het polymeer tot een beter antwoord leidt dan woorden (alleen).
- b. Welk polymeer van ieder van de onderstaande paren vertoont een grotere waarschijnlijkheid te kristalliseren en geef kort aan waarom?
 1. gecrosslinkt of isotactisch polymeer
 2. atactisch of syndiotactisch polymeer
 3. alternerend of random copolymeer
 4. blok of ent(graft)-copolymeer
- c. Naast de bovengenoemde structuurkenmerken is er ook nog een andere belangrijk kenmerk van invloed op kristallisatie van polymeren. Welk kenmerk is dit en geef aan waarom het belangrijk is.
- d. Op welke wijze beïnvloedt het kristallijn gehalte in polymeren het mechanisch gedrag van polymeren? Denk aan zowel aan vervorming als aan stijfheid en aan de sterkte als functie van de temperatuur.

Opgave 3

- Sommige dielectrische materialen vertonen ferro-elektrisch gedrag. Geef schematisch weer hoe, in principe, de eenheidscel van het kristalrooster van een ferro-elektrisch materiaal er uit kan zien. Het hoeft dus geen bestaand kristal te zijn, maar het ferro-elektrische gedrag moet wel uit je weergegeven cel af te leiden te zijn. Zijn ferro-elektrische materialen goede geleiders, halfgeleiders of isolatoren en is typisch sprake van metallische, covalente of ionogene binding in het kristalrooster? Motiveer beide keuzen.
- Ferro-elektrische materialen vertonen een hysteresegedrag analoog aan ferro-magneten. Bij ferromagneten geldt de hysteresese voor de magnetisatie van het materiaal als functie van een uitwendig aangebracht magnetisch veld. Bij ferro-elektrica geldt de hysteresese voor de (elektrische) polarisatie van het materiaal als functie van een uitwendig aangelegd elektrisch veld. Teken de hystereselus voor een ferro-elektrisch materiaal met als begin een materiaal zonder netto polarisatie en beschrijf wat er in het ferro-elektrisch materiaal gebeurt als de lus (1 keer) doorlopen wordt.
- Alle ferro-elektrische materialen vertonen ook piezo-elektrisch gedrag. Wat houdt piezo-elektrisch gedrag in en waarom zijn deze materialen interessant voor bepaalde meetinstrumenten?
- In dielectrische materialen kan onderscheid gemaakt worden tussen 3 verschillende typen polarisatie. Noem en beschrijf kort deze 3 typen. Wanneer de waarde van de dielectrische constante als functie van de frequentie van de wisselspanning gemeten wordt, dan komt duidelijk tot uiting dat deze 3 typen polarisatie aanwezig zijn. Verklaar waarom dit duidelijk is?

Opgave 4

Een dunne coating van TiC is bij 700 °C (met Chemical Vapor Deposition) aangebracht op een stalen oppervlak met een afmeting van 0.200 x 0.200 m². Door het verschil in lineaire uitzettingscoëfficiënt van de laag en substraat, resp. $5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ en $12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, treden bij kamertemperatuur (20 °C) spanningen op in de laag (bij benadering ontstaan geen significante spanningen in het staal). Vervolgens wordt dit materiaal in een constructie belast, waarbij de zijden van het vierkante oppervlak 0.2 mm langer worden. De Elasticiteitsconstanten (Young's Moduli) van het TiC en staal zijn resp. 449 en 212 GPa en hun Poisson constanten zijn 0.19 en 0.29.

- Welke redenen kunnen er zijn om een TiC laag op staal aan te brengen?
- Welke spanningen treden op in de TiC laag en in het staal? Zijn de spanningen die door het afkoelen in de laag zijn ontstaan in het algemeen gunstig of ongunstig? Motiveer deze keuze.
- De spanningen worden opgevoerd tot boven de vloeigrens (yield strength) van 550 MPa van het staal. Leg uit wat op microscopische schaal in het staal dan gaat plaatsvinden. Bespreek hierbij de rol van kristalvlakken en defekten in het kristalrooster van het staal (bespreek hierbij ook specifiek de invloed van korrelgrenzen).
- Verschiedende modificaties van staal zijn aanwezig. Staalplaat in koud gewalste en gerekristalliseerde toestand en staal met 0.3 en 0.45 wt.% C. Leg uit welke van deze modificaties tot een hogere vloeigrens van het staal aanleiding geven en waarom dat zo is.

Opgave 5

- Wat betekent 'performance index' in de ontwerpkuunde van materialen? Geef de mathematische uitdrukking en leg uit wat de fysische aannames zijn.
- Schets de procedure om een 'performance index' op te stellen.
- Leidt de performance index af voor een lichte en sterke staaf onder een trekbelasting
- Hoe verandert c. als de staaf niet alleen sterk maar ook een hoge stijfheid dient te bezitten?
- Hoe zou je de microstructuur van een polykristallijn metaal bij -d- kiezen (in termen van de vorm van de korrels, de grootte verdeling, oriëntaties van de korrels t.o.v. de aangelegde trekbelasting)? Leg uit!

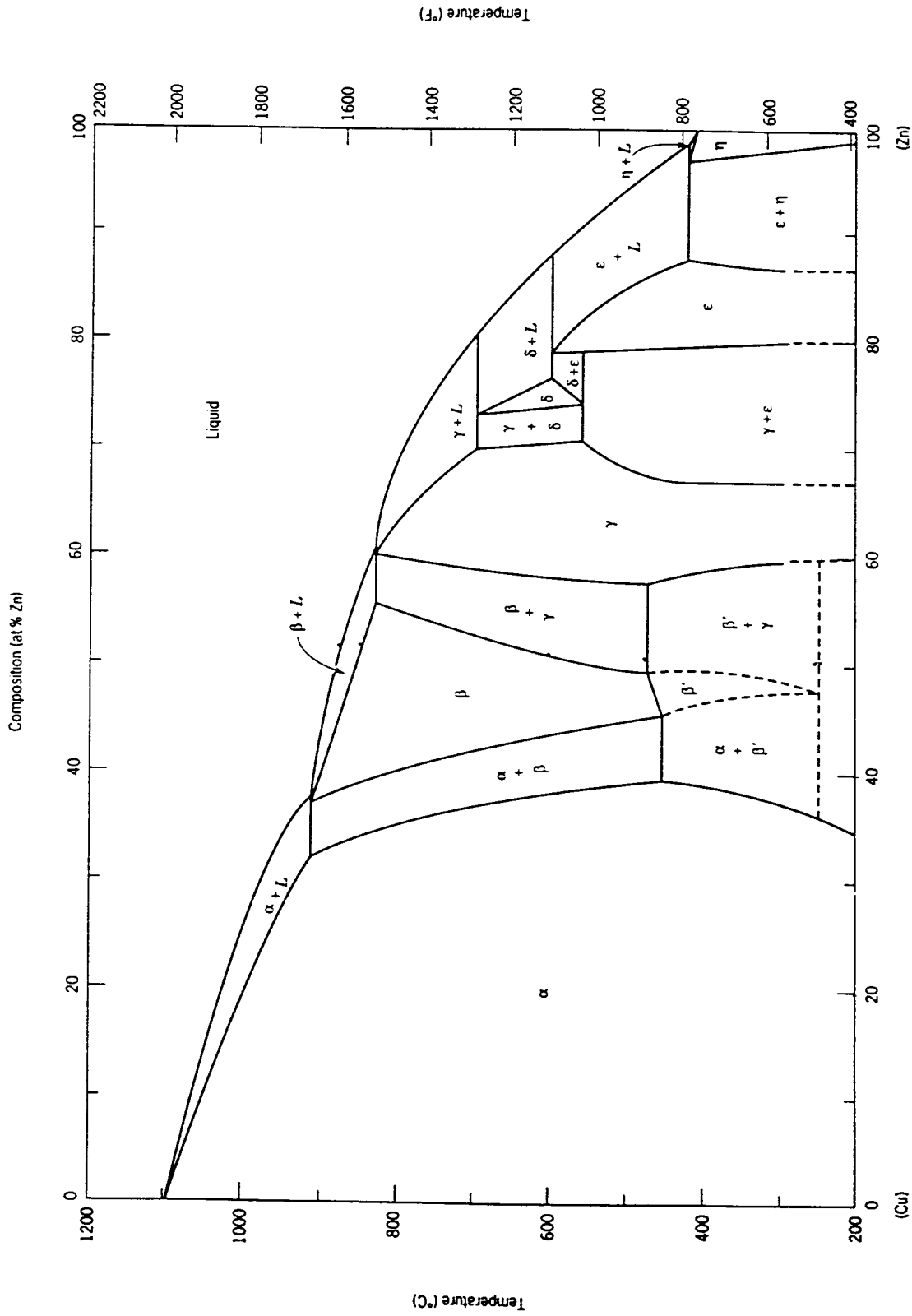


Figure 11 The copper-zinc phase diagram. (Adapted from *Metals Handbook: Metallography, Structures and Phase Diagrams*, Vol. 8, 8th edition, ASM Handbook Committee, T. Lyman, Editor, American Society for Metals, 1973, p. 301.)