

Tentamen Materiaalkunde

TN/TBK/TM

11 november 2010, 14.00-17.00 uur

*Vermeld naam en studentnummer 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 (messing), met 70 gewichts-% Zn wordt vanaf de vloeistoffase omgezet in vaste stof; zie Figuur 1. Bepaal op basis van het fasendiagram de temperatuur waarbij de eerste vaste fase gevormd wordt en de samenstelling van deze vaste stof. Bepaal vervolgens de temperatuur waarbij de laatste vloeistof verdwijnt en de samenstelling van deze laatste vloeistof.
- 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? Geef de naam of de namen van de fase(n) 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 fracties aan verschillende fasen die bij 200 °C aanwezig zijn bij Cu-Zn legeringen met achtereenvolgens 30, 50, 70 en 80 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

- Maak gebruik van het bijgevoegde periodiek systeem. Welk type chemische binding treedt overwegend op in natrium, germanium, InP, Al_2O_3 , HfIr en PVC? Licht toe waarom.
- Koper en Al_2O_3 blijken weinig verschil in treksterkte (ultimate tensile strength) te hebben, maar wel een groot verschil in 'fracture toughness' K_{Ic} . Leg uit waarom dit verschil in fracture toughness dan optreedt. Laat zien of leg uit hoe een proefstuk/beproeving voor het bepalen van de fracture toughness eruit zou kunnen zien.
- Wat is het glijsysteem (vlakken waarop en richting waarin glijding optreedt) van Cu, dat een 'face-centered cubic' structuur heeft en waarom is dit het glijsysteem? Hoeveel verschillende (onafhankelijke) glijrichtingen zijn er in ieder glijvlak? Waarom is het voor een constructiemateriaal belangrijk, dat er veel glijmogelijkheden zijn?
- Voor een herontwerp van de afsluitingen van elektrolyseovens van een aluminiumproducent is op basis van een aantal ontwerpeisen gekozen voor Al_2O_3 als materiaal. Het deksel mag niet te zwaar zijn, maximaal 20 kg, het moet een temperatuur van 1000 °C kunnen weerstaan. Verder is treksterkte > 80 MPa en een vloeigrens > 100 MPa geëist. Het betreft afsluitingen, die meer malen per dag handmatig afgenomen en herplaatst worden. Daarnaast kunnen er in het productieproces voorwerpen op vallen, maar ook een hoeveelheid vloeibaar aluminium. Wat zijn in een dergelijke werkomgeving de voor- en nadelen van Al_2O_3 als materiaal? Zou jij dezelfde ontwerpeisen stellen?
- Een messing (Cu-Zn legering) staaf, met een lengte van 1 meter en een diameter van 40 mm, wordt evenwijdig aan zijn lange as in trek o.i.v. een gewicht belast. Door de belasting verandert de diameter van de staaf 10 μm . Bereken de belasting in *kilogrammen*, die op de staaf staat en de lengtetoeename van de staaf. Ga er daarbij vanuit dat de belasting volledig elastisch is, maar controleer achteraf of dit gerechtvaardigd was. De vloeigrens van het messing is 75 MPa, de elasticiteitsmodulus 97 GPa, de Poissonconstante 0.34.

Periodic Table of the Elements

1																	18	
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Ha	Hs	Ns	Hs	Mt	Unn	Unu							
Lanthanide Series			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
Actinide Series			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

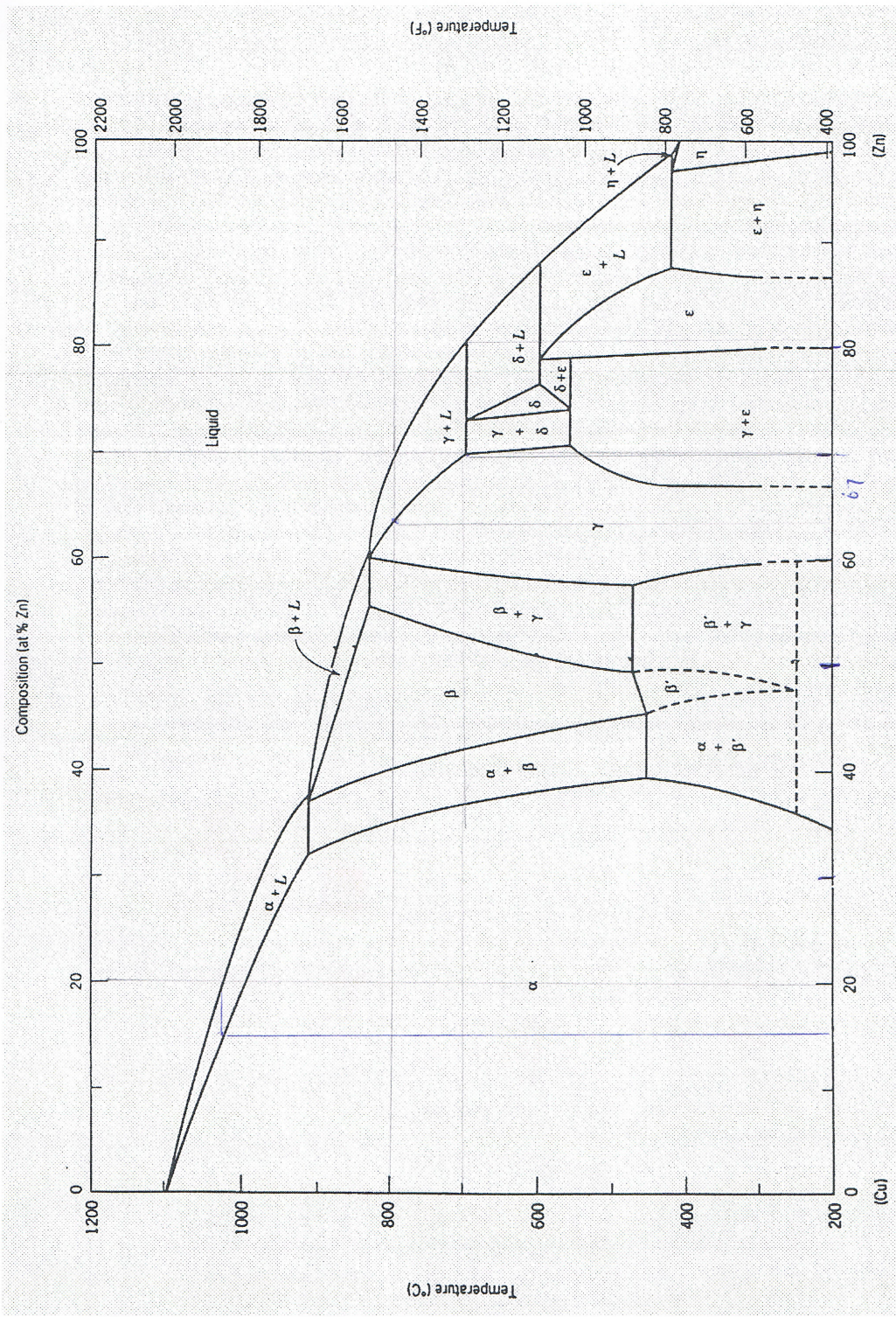


Figure 1 The copper-zinc phase diagram. (Adapted from *Metals Handbook: Metallography, Structures and Phase Diagrams*, Vol. 8, 8th edition, ASM Handbook Committee, T. Lyman, Editor, American Society for Metals, 1973, p. 301.)

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: 40% van het aantal ketens heeft een massa van 500 (monomeer-eenheden), 30% van het aantal ketens een massa van 1000, 20% een massa van 1500 en uiteindelijk 10% van het aantal ketens een massa van 2000. Bereken nu zowel het aantalgemiddelde molekuulgewicht als het gewichtsgemiddelde molekuulgewicht (in monomeer-eenheden).
- b. Als maat voor de stijfheid geldt de (logaritme van de) relaxatie-modulus $E_r = \sigma(t)/\epsilon_0$, met $\sigma(t)$ de tijdsafhankelijke spanning beschouwd voor een zekere tijd t en ϵ_0 de opgelegde rek. Hoe ziet schematisch het verband tussen $\log(E_r)$ en de temperatuur T er dan uit voor:
(i) een amorf polymeer, (ii) een gedeeltelijk kristallijn polymeer en (iii) een thermoharder? Teken het verloop van $\log(E_r)$ versus T in één figuur (om onderling vergelijk goed mogelijk te maken) en geef korte verklaringen voor het karakteristieke verloop dat in de 3 gevallen optreedt.
- c. Aan welke voorwaarde(n) moeten de moleculen in een polymeer voldoen, zodat zij een kristallijne structuur kunnen vormen?
- d. Cis 1,4 poly-isopreen is natuurrubber en trans 1,4 poly-isopreen het veel hardere gutta-percha (met veel minder gunstige eigenschappen dan van natuurrubber). 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.

Opgave 4

- a. Zuiver koper heeft bij 25 °C een geleidbaarheid van $6.0 \cdot 10^7 (\Omega\text{m})^{-1}$. Bepaal bij benadering de geleidbaarheid van Cu bij 225 °C. Verklaar waarom de gegeven verandering van de geleidbaarheid optreedt.
- b. Zuiver Si heeft bij 25 °C een geleidbaarheid van $4 \cdot 10^{-4} (\Omega\text{m})^{-1}$. De mobiliteit van de elektronen en de gaten is respectievelijk 0.19 en $0.045 \text{ m}^2/(\text{Vs})$. De eenheidslading = $0.16 \cdot 10^{-18} \text{ C}$ en de 'band gap' van GaAs bedraagt 1.11 eV. De constante van Boltzmann $k=8.617 \cdot 10^{-5} \text{ eV/K}$. Wat is de geleidbaarheid (in $(\Omega\text{m})^{-1}$) van Si bij 225 °C?
- c. Waarom is de verandering van de elektrische geleidbaarheid als functie van de temperatuur zeer verschillend voor Cu en Si?
- d. We doperen het Si met 10^{16} m^{-3} arseen (As) atomen. Welk type halfgeleider hebben we nu? Hoe ziet voor dit materiaal schematisch het verband tussen geleiding en temperatuur (zeg tussen 0 en 600 K) er uit?
- e. Boven een bepaalde temperatuur gaat in gedoteerd materiaal intrinsieke geleiding domineren. Bereken globaal deze temperatuur voor het materiaal in vraag d.

Opgave 5

Hieronder is een 'Ashby map' weergegeven, waarin de stijfheid (Young's modulus E) uitgezet is tegen de dichtheid (ρ) van materialen. Voor een dunne staaf die belast wordt onder druk is knikken van de staaf de beperkende factor. Indien de staaf wat betreft gewicht zo licht mogelijk ontworpen moet worden, voldoen die materialen het best die een zo groot mogelijke waarde voor $E^{0.5}/\rho$ hebben. Voor een dunne staaf die onder trek wordt belast voldoen die materialen het best die een zo groot mogelijke waarde voor E/ρ hebben. We hebben vurenhout (parallel aan de vezel), een aluminiumlegering en staal.

- a. Hoe verhouden zich de prestaties van de 3 materialen onder druk? Motiveer je antwoord.
b. Hoe verhouden zich de prestaties van de 3 materialen onder trek? Motiveer je antwoord.

- c. Bereken de shape-factor bij buiging (=knik) van een rechthoekige balk met hoogte h en breedte b , waarbij de shape-factor gedefinieerd is als $\phi_B^e = 4\pi I_{xx}/A^2$ waarin $I_{xx} = \int y^2 dA$ met y de afstand tot de buigas in de hoogte-richting en A het materiaaloppervlak in de doorsnede (en dA dus infinitesimaal kleine delen van het oppervlak). Is deze doorsnede (on)gunstiger dan een massieve ronde doorsnede?
- d. Hout (parallel aan de vezel) heeft een massieve ronde doorsnede. Met welke shape factor moet staal toegepast worden om ongeveer dezelfde prestaties onder druk als dit hout te krijgen? Leg uit, op basis van onderstaande figuur, hoe je aan je antwoord komt. Geef schematisch weer hoe de vorm van de doorsnede van het staal er dan uit zou kunnen zien.
- e. Welke rol speelt de vorm van de doorsnede en dus een shape factor bij trekbelasting?

