

Tentamen Materiaalkunde
voor studenten (Techn.) Natuurkunde / Minor 'Science for Scientists'
19 Januari 2009, 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 (zie Fig.1)

- a. Welke fasen met welke samenstelling (i.e. gewichtpercentage koolstof) ontstaan als vloeibaar staal met 4.3 gewichtsprocent C omgezet wordt in vaste stof?
- b. Bij welke geschatte temperatuur bestaat staal met 1.5 gewichtsprocent C voor 1/4 uit L (vloeistof) en 3/4 uit γ en bij welke geschatte temperatuur voor 3/4 uit L en 1/4 uit γ ?
- c. Bepaal de fractie van γ (austeniet) en ijzercarbide (Fe_3C) in dit staal met 1.5 gewichts-% C bij 900 °C, 728 °C en 726 °C. Schrijf hierbij steeds de geschatte samenstellingen van alle betrokken fasen op.
- d. Wat is de fractie pre-eutectoïdisch ferriet in staal met 0.25 gewichts-% C (let op: andere samenstelling dan hier voor)? Welke fractie van dit staal bezit na afkoelen de perlietische structuur? Laat zien hoe je aan je antwoorden komt.
- e. In plaats van de normale structuur van perliet met lamellen kan ook een zachtere structuur verkregen worden (geschikt voor b.v. dieptrekken) waarin bolletjes ('spheroids') cementiet in een α -matrix voorkomen. Op welke wijze moet perliet gegloeid worden om deze structuur te verkrijgen en wat is de reden dat deze structuur dan ontstaat?

Opgave 2

- a. Geef drie verschillende manieren om een metaal te verstevigen (harder te maken). Leg in het kort uit waarom het materiaal verstevigd. Bepaalde typen defecten spelen hierbij een belangrijke rol. Beschrijf deze defecten en bespreek hun rol.
- b. Wat is het glijstelsysteem (vlakken waarop en richting waarin glijding optreedt) van Ni, dat een 'face-centered cubic' structuur heeft en waarom is dit het glijstelsysteem? Hoeveel verschillende (onafhankelijke) glijrichtingen zijn er in ieder glijvlak?
- c. Een Ni éénkristal dat parallel aan de [101] kristalrichting (éénassig) onder trek wordt belast blijkt bij een spanning van 97.98 MPa te gaan vloeien (i.e. plastisch te vervormen). Wat is de kritische afschuifspanning (critical resolved shear stress) van Ni?
- d. Twee materialen vertonen dezelfde maximale spanning waarbij nog elastisch gedrag optreedt (yield strength of elastic limit), maar de ene heeft een grotere stijfheid dan de andere. In welke van de twee materialen kan de meeste elastische energie opgeslagen worden? Leg uit waarom.

Opgave 3

- a. Polymeren vertonen met name viscoelastische gedrag en amorfe materialen zoals glas vertonen o.a. viskeus gedrag. Maak duidelijk (grafische of met eenvoudige formules) wat elastisch, viskeus en viscoelastische gedrag inhoudt, waardoor ook de verschillen tussen de 3 soorten gedragingen goed naar voren komen.
- b. Kun je een uitspraak doen over de temperatuur van de glas-overgang van een materiaal dat we als rubber bestempelen?
- c. Noem 2 manieren waarmee de smelttemperatuur van polymeren verhoogd kan worden?
- d. Een isotactisch en atactisch polymeer met indentieke macromolecuulformules (en dezelfde macromolecuullengten) kunnen toch grote verschillen in eigenschappen vertonen. Waardoor kunnen die verschillen dan toch optreden?
- e. Een polymeer heeft de volgende sterk vereenvoudigde (en dus onrealistische) distributie van molecuulmassa's: 20% van het aantal ketens heeft een massa van 100 (monomeer-eenheden), 50% van het aantal ketens een massa van 1000, 20% een massa van 5000 en uiteindelijk 10% van het

aantal ketens een massa van 10000. Bereken nu zowel het aantal gemiddelde molekuulgewicht als het

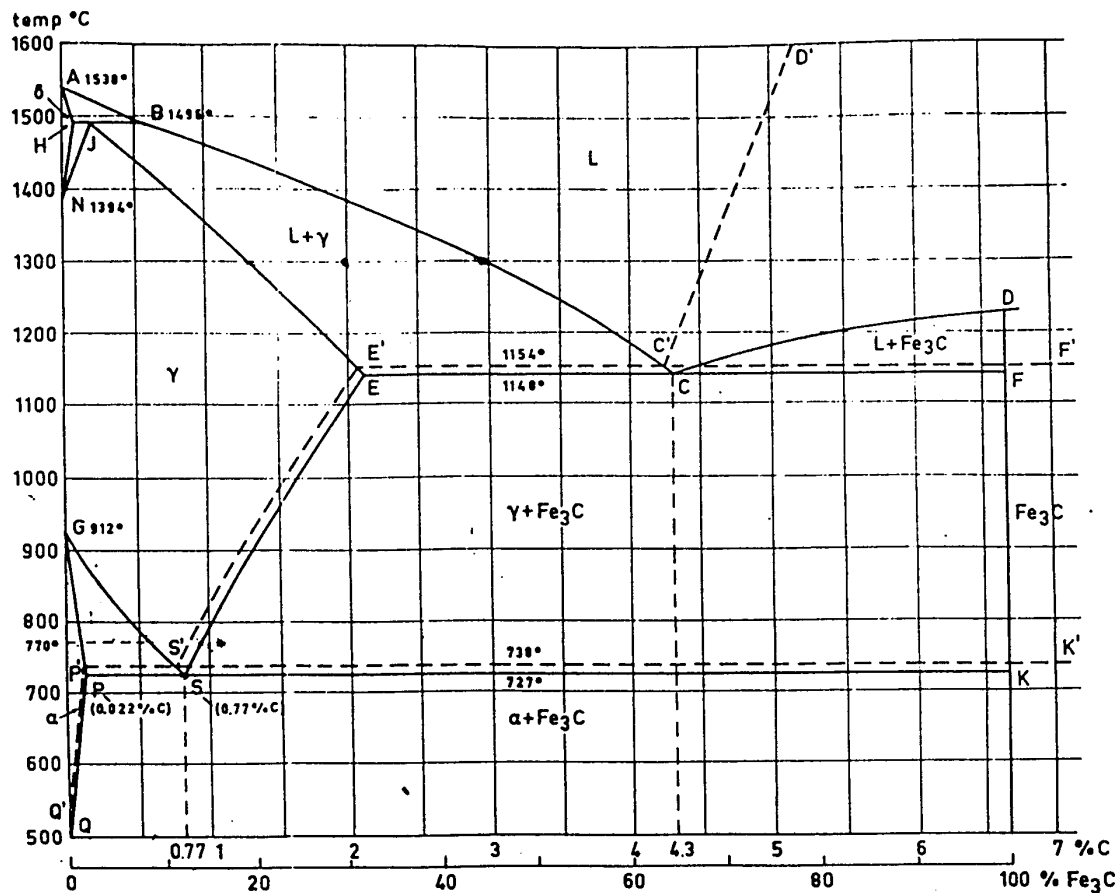


Figure 1. Het ijzer-koolstofdiagram.

gewichtsgemiddelde molekuulgewicht (in monomeer-eenheden).

Opgave 4

- Halfgeleiders worden onderverdeeld in intrinsieke en extrinsieke n- of p-type halfgeleiders. Beschrijf deze drie typen halfgeleiders door hun elektronen-energie bandenstructuren schematisch weer te geven (zo eenvoudig mogelijk, maar volledig).
- Galliumarsenide (GaAs) wordt zo gedoteerd dat in 1 op de 10^5 eenheidscellen (roosterconstante $a_{\text{GaAs}}=0.600 \text{ nm}$) een As-atoom vervangen door een Ga-atoom. In het periodiek systeem staan Ga en As in dezelfde rij, maar As staat 2 kolommen verder naar rechts. Si en Ge staan in de kolom precies tussen Ga en As. Welk type halfgeleider is het GaAs voor en welk type na de vervanging en geef aan waarom?
- De mobiliteit van elektronen $\mu_e=0.50 \text{ m}^2/(\text{Vs})$ en van gaten $\mu_g=0.015 \text{ m}^2/(\text{Vs})$. De eenheidslading = $0.16 \cdot 10^{-18} \text{ C}$. Bereken het geleidingsvermogen na de vervanging.
- Magneten die op grote schaal toegepast worden zijn ferro-magneten. Deze magneten kunnen worden onderverdeeld in harde en zachte magneten. Leg uit wat het verschil is tussen beide typen magneten (maak hierbij gebruik van de hysteresis-lus waarbij de magnetisatie van de ferromagneet tegen het aangelegde magnetische veld is uitgezet) en geef typische toepassingen voor beide typen magneten.
- Zachte magneten worden bij voorkeur op basis van ijzeroxiden gemaakt i.p.v. magnetische metalen. Leg uit waarom dit zo is.

Opgave 5

We willen uitzoeken welke materialen het meest geschikt zijn voor toepassing in vliegwielen.

- Waarom worden vliegwielen in technische toepassingen gebruikt, i.e. wat is het doel van vliegwielen?
- Als de bepalende randvoorwaarde bij het ontwerp is dat het vliegwiel veilig heel moet blijven, dan wordt het doel optimaal bereikt door materialen met de hoogste waarde voor σ/ρ , waarbij σ de treksterkte van het materiaal is en ρ de dichtheid. Bepaal m.b.v. de Ashby map hieronder welk type materiaal nu het meest geschikt is om een vliegwiel van te maken.
- Een belangrijk kenmerk van een vliegwiel is het traagheidsmoment J . Als het vliegwiel uit één materiaal met dichtheid ρ gemaakt wordt dan geldt: $J = \rho \int r^2 dV$ met r de afstand van de infinitesimaal kleine volume elementen dV tot de rotatie-as. De meeste vliegwielen zijn opgebouwd uit platte cilindrische schijven. Bereken het traagheidsmoment van de volgende twee vliegwielen gemaakt van het materiaal dat je in vraag b geselecteerd hebt. De eerste heeft een dikte van 10 cm en een diameter van 50 cm. De tweede heeft een dikte van 7 cm voor afstanden tussen 0 en 20 cm tot de rotatie-as en daarna van 20 tot 25 cm tot de rotatie-as een dikte van 15 cm.
- Wat is het gewicht van beide vliegwielen?
- Als de bepalende randvoorwaarde van het vliegwiel het toerental is, d.w.z. de toeren worden nooit zo hoog dat het materiaal in de buurt van de treksterkte wordt belast dan zijn de beste materialen voor vliegwielen die met de hoogste waarde voor ρ . Bepaal m.b.v. de Ashby map welk materiaal nu het best gebruikt kan worden voor het vliegwiel.

