

**Tentamen Materiaalkunde en Ontwerpen
voor studenten Technische Natuurkunde
10 juni 1997, 13.30-16.30 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

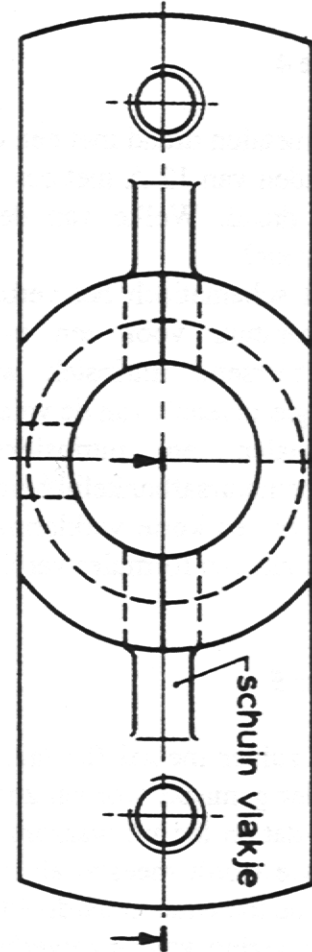
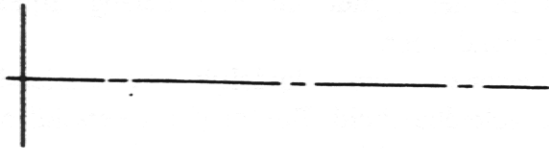
- (4) a. Een staal (Fe-C legering) met 1 gewichts-% C wordt vanaf 1600 °C langzaam afgekoeld tot 500 °C; zie Figuur 1. Beschrijf op basis van Fig.1 welke fasen achtereenvolgens optreden en specificeer hierbij zo nauwkeurig als mogelijk is de temperaturen waarbij een fasentransformatie begint en eindigt en de samenstellingen van de fasen die bij een dergelijk begin of eind betrokken zijn (vergeet dit laatste niet!).
- (4) b. Bereken met de hefboomregel de frakties aan verschillende fasen die aanwezig zijn bij deze Fe-C legering met 1 gewichts-% C bij achtereenvolgens 1400 °C, 900 °C, 728 °C en 726 °C. Schrijf hierbij steeds de geschatte samenstellingen van alle betrokken fasen op.
- (2) c. Beschrijf de mikrostructuur die bij 500 °C normaal verwacht mag worden voor dit staal. Is dit staal geschikt als konstruktie-staal? Waarom wel of niet?

Opgave 2

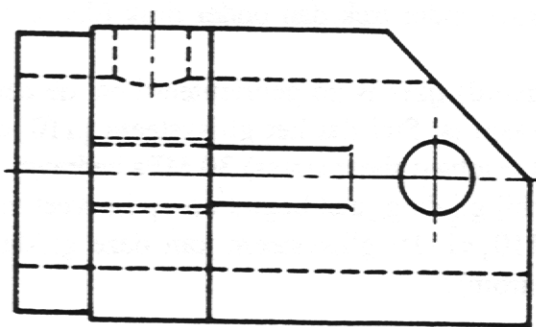
Op tijdstip t_0 wordt een trekspanning σ die enigszins beneden de vloeigrens ligt op een amorf polymeer aangebracht. De spanning wordt een relatief lange tijd konstant gehouden en wordt op tijdstip t_1 weer weggenomen.

- (4) a. Hoe verloopt de rek van het polymeer als functie van de tijd ?; geef hierbij duidelijk aan uit welke deelbijdragen dit verloop opgebouwd kan worden. Welk van deze deelbijdragen treedt op bij kristallijne materialen en welk bij laag moleculair-gewicht amorf materialen zoals glas?
- (2) b. Wat gebeurt er met de stijfheid van het polymeer bij opwarming, d.w.z. als functie van de temperatuur? (N.B.: meer of minder stijf is een te beperkt antwoord.)
- (4) c. Hoe ziet schematisch het verband tussen de temperatuur en de stijfheid, waarvoor als maat genomen wordt de logaritme van de relaxatie-modulus $E_r = \frac{\sigma(t)}{\epsilon_0}$ met $\sigma(t)$ de tijdsafhankelijke spanning beschouwd voor een zekere tijd t en ϵ_0 de opgelegde rek, er uit voor:
- (i) een amorf polymeer,
 - (ii) een amorf polymeer dat geschikt is als rubber en daardoor ge vulcaniseerd is,
 - (iii) een gedeeltelijk kristallijn polymeer en
 - (iv) een thermoharder?

Teken het verloop van $\log E_r$ versus T zoveel mogelijk in 1 figuur (om onderling vergelijk goed mogelijk te maken) en geef korte verklaringen voor het karakteristieke verloop dat in de 4 gevallen optreedt.



- Naam:
- Opdracht:
1. Teken het vooraanzicht op de aangegeven plaats; half aanz. half doorsn. Alle stippellijnen tekenen.
 2. Schrijf de nodige maten op de juiste wijze in. Maten uit de tekening opmeten.



BENAMING MATERIALEN EN ONTWERPEN	GET D.T.S.	FORM A4	TEKNR TENT/6/'97	
TECHN.FYSICA/AFD.MATERIAALKUNDE RUG-GRONINGEN			BEH.BU SCHAAL 1:1	DATUM

Opgave 4

- (2) a. Een metalen draad met een cirkelvormige doorsnede van 3 mm diameter moet een stroom geleiden van 12 A met een spanningsafname die niet groter mag zijn dan 0.01 V per 300 mm draad. Welke van de in Tabel 1 vermelde metalen zijn mogelijke kandidaten hiervoor?
- (3) b. Geef schematisch het verband weer tussen de Fermi-energie (het Fermi-niveau) en de temperatuur voor een n-type halfgeleider tot temperaturen waarbij de geleiding overheersend intrinsiek wordt. Geef tevens in het figuur de van belang zijnde energie-niveau's van de valentie- en de geleidingsband weer.
- (4) c. Metalen en intrinsieke halfgeleiders vertonen een duidelijk verschillende temperatuursafhankelijkheid van de elektrische geleidbaarheid. Beschrijf dit verschil en geef er een korte verklaring voor (een beschrijving en verklaring waarbij gebruik wordt gemaakt van formules verdient de voorkeur).

Opgave 5

- (3) a. Een zuiver metaal (bestaat voor 100% uit 1 element) kan op twee manieren sterker en harder gemaakt worden zonder dat de zuiverheid aangetast wordt. Welke twee manieren zijn dat en leg uit waarom het metaal hierbij sterker/harder wordt. Deze toename van de sterkte wordt meestal als positief gezien. Welk negatief effect gaat bijna altijd gepaard met de toename in hardheid?
- (1½) b. Toevoeging van onzuiverheden aan een metaal, waarbij de atomen van de onzuiverheid oplossen in het metaalrooster, leidt ook tot een toename van de sterkte/hardheid. Dit wordt oplosharding (solid-solution hardening) genoemd. Leg uit waarom het metaal harder wordt.
- (1½) c. Welk zuiver materiaal, ijzer, nikkel (kubisch vlakken gecentreerd; fcc) of magnesium (hexagonaal dichtgepakt; hcp) zal de minste plastische vervormbaarheid (ductility) vertonen en waarom?
- (2) d. Waarom is de ductiliteit van kristallijn keramiek in het algemeen veel geringer dan van metalen en waarom bezwijkt keramiek veel eerder onder trek dan onder druk (d.w.z. bij een veel lagere absolute belasting)?
- Een eenkristal van bcc (kubisch ruimtelijk gecentreerd) ijzer is zo georiënteerd dat de een-assige trekspanning langs de [010] richting werkzaam is. Stel dat het glijstelsel $\{110\}\langle\bar{1}11\rangle$ is en dat de kritische afschuifspanning (critical resolved shear stress) 30 MPa bedraagt.
- (4) e. Wat is dan de waarde van de trekspanning waarbij glijding juist begint en op hoeveel van de 12 equivalente glijmogelijkheden in het $\{110\}\langle\bar{1}11\rangle$ glijstelsel kan deze glijding gaan plaatsvinden (naast getal ook aangeven waarom)?