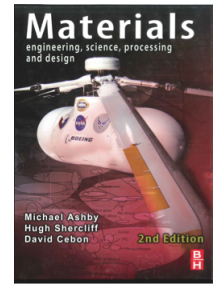


Tentamen WB6101 – Materiaalkunde I voor WB over de leerstof van studiejaar 2011-2012 7 november 2011



Inclusief de juiste antwoorden volgend op de opgaven

- **Scheur het antwoordformulier los en schrijf je naam en studienummer bovenaan de eerste bladzijde van het antwoordformulier. Lever alleen het antwoordformulier in.**
- Het is toegestaan om formules, grafieken en gegevens uit Ashby, Shercliff and Cebon's boek *Materials: engineering, science, processing and design* en uit de *Powerpoint lecture notes* te gebruiken. Andere bronnen mogen ook gebruikt worden.
- Kleine afrondingsfoutjes spelen geen rol.
- **Credits** Alle vraagonderdelen hebben hetzelfde gewicht.

Mogelijkerwijs nuttige gegevens (voor andere gegevens zie het boek van Ashby, Shercliff en Cebon)

$$1 \text{ eV} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K (Boltzmannconstante)}$$

$$u = 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg (atomaire massa-eenheid; atomic mass unit)}$$

Het Engelse werkwoord *yield* is in de opgaven meestal onvertaald gebleven (= vloeien, plastisch vervormen)

Probleem 1

Puur koper (Cu) heeft een yield strength $\sigma_y = 40.0 \text{ MPa}$ en een Young's modulus $E = 120 \text{ GPa}$. De rek bij breuk (*elongation*) is $\epsilon_f = 0.100$ (d.w.z. 10.0 %).

- Bereken de maximale elastische rek.
- Bereken de ideale sterkte.
- Neem aan dat het materiaal elastisch-ideaal plastisch is. Bereken de plastische arbeid per volume-eenheid die nodig is om het materiaal uit te rekken tot het breekt.

Probleem 2

Onder invloed van een schuifspanning loopt een randdislocatie (*edge dislocation*) van de ene kant van een zeker kristalletje naar de andere.

- Welke atomen zullen na afloop van dit proces verschoven zijn ten opzichte van hun beginpositie?
- Over welke afstand(en) hebben deze atomen bewogen?

Probleem 3

Een metaal-matrix composiet bestaat uit aluminium (Al) dat harde deeltjes siliciumcarbide (SiC) bevat. De deeltjes hebben een gemiddelde rand-tot-randafstand $L = 3.00 \mu\text{m}$. De deeltjes zelf hebben een gemiddelde diameter van $1.00 \mu\text{m}$. Deze composiet heeft een yield strength $\sigma_y = 200 \text{ MPa}$. Verwaarloos in de volgende opgaven de yield strength van het pure matrixmateriaal.

- Bereken het aantal SiC-deeltjes per volume-eenheid.
- Er wordt een nieuwe versie van de composiet gemaakt waarbij de SiC-deeltjes een gemiddelde afstand $L = 4.00 \mu\text{m}$ krijgen. Hoe groot is de yield strength van deze composiet?
- In een derde versie wordt in de *oorspronkelijke* composiet het matrixmateriaal Al vervangen door magnesium (Mg). Aannemende dat de lengte b van de slipvector in Al en Mg ongeveer hetzelfde is, hoe groot schat je de *yield strength* van deze composiet?

Probleem 4

Polymeren bevatten covalente bindingen en waterstofbindingen. Wanneer een polymeer elastisch gaat vervormen, welke bindingen zullen dan beginnen uit te rekken?

Probleem 5

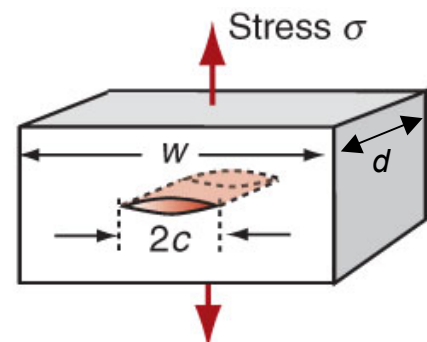
Een metaal bestaande uit atomen met een massa $m = 40.0 u$ en een diameter $d = 0.250 \text{ nm}$ heeft geen kristallijne structuur maar bevindt zich in de amorse toestand (u is de atomaire massa-eenheid, zie bovenaan dit tentamen). Uit metingen blijkt dat de atoompakking zo efficiënt mogelijk is. Bereken de dichtheid ρ .

Probleem 6

Het vermoeiingsgedrag van een machineonderdeel voldoet aan de wet van Basquin. Gegeven is dat de *endurance limit* de waarde $\sigma_e = 100 \text{ MPa}$ heeft. Wanneer het onderdeel cyclisch wordt belast door een sinusoidale spanning met amplitude $\sigma_a = 125 \text{ MPa}$ en gemiddelde $\sigma_m = 0 \text{ MPa}$, blijkt het na 6.15×10^5 cycli door vermoeiing te bezwijken. Bereken de Basquin-exponent b .

Probleem 7

In een bepaalde titaniumlegering is de breuktaaiheid $K_{Ic} = 70.0 \text{ MPa m}^{1/2}$, de Young's modulus $E = 100 \text{ GPa}$ en de yield strength $\sigma_y = 800 \text{ MPa}$. Een proefstuk van dit materiaal bevat een inwendig scheurtje met een lengte $2c = 3.00 \text{ mm}$ en wordt met toenemende trekspanning belast, zie bijgaande figuur. De breedte w en de diepte d van het proefstuk zijn beide 10.0 cm .



(a) Zal het proefstuk uiteindelijk door scheurgroei of door plastische vervorming (*yield*) bezwijken?

(b) Hoeveel energie kost het om het nieuwe oppervlak te creëren dat na het bezwijken ontstaat (neem aan dat het proefstuk horizontaal volledig in tweeën gedeeld wordt.)

Probleem 8

We gebruiken een massieve draagbalk met een vierkante doorsnede $b \times b = 2.00 \text{ cm} \times 2.00 \text{ cm}$ in een toepassing waarbij buigstijfheid belangrijk is, maar de breedte van de balk niet ($b =$ breedte). We willen in de toekomst de buigstijfheid van de balk vergroten en zijn massa hetzelfde houden. Daartoe gaan we de massieve balk door een holle balk van hetzelfde materiaal vervangen, nog steeds vierkant, met een wanddikte $t = 2.00 \text{ mm}$.

(a) Bereken de breedte b van de nieuwe balk. Je mag gebruiken dat t veel kleiner is dan b .

(b) Stel dat het antwoord $b = 5.00 \text{ cm}$ voor onderdeel (a) correct is. Met welke factor is de buigstijfheid van de balk dan toegenomen?

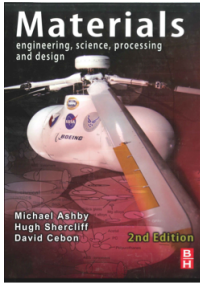
(c) Het balkmateriaal is dezelfde titaniumlegering als die in probleem 7. De lengte van de balk tussen de draagpunten is $L = 1.00 \text{ m}$. De *massieve* balk wordt aan de bovenkant belast met een gewicht $F = 200 \text{ N}$, gelijkmatig verdeeld over de balk. Bereken hoe ver het midden van de balk naar beneden zal doorbuigen.

Probleem 9

In een apparaat is een spiraalveer nodig, zodanig dat de *elastische* uitrekking u onder belasting van een bekende kracht F zo groot mogelijk is (dus: maximale uitrekking zonder plastische vervorming). De geometrie van de spiraalveer ligt vast: het aantal windingen n , de draaddiameter d en de spiraalstraal R . Welke *material index* M moeten we gebruiken om voor de spiraalveer het optimale materiaal te selecteren?

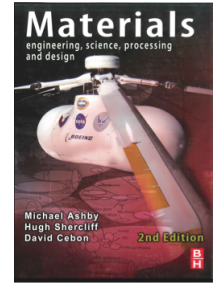
Student name:

Student number:



Tentamen WB6101 – Materiaalkunde I voor WB
over de leerstof van studiejaar 2010-2011
7 november 2011

Antwoordformulier



Kruis het juiste antwoord aan. Formuleer eventueel een eigen antwoord op de stippellijn. Er is geen uitleg nodig.

Probleem 1 (a)

- 0.400
- 0.333
- 3.00×10^{-4}
- 3.33×10^{-4}
-

Probleem 1 (b)

- 4.00 MPa
- 40.0 MPa
- 8000 MPa
- 12.0 GPa
- Dit is niet uit de gegevens af te leiden

Probleem 1 (c)

- 40.0 MJ/m²
- 400 MJ/m²
- 12.0 GJ/m²
- 120 GJ/m²
- 4.00 MJ/m³ (of 4.00 MJ/m² vanwege fout in eenheden hierboven)

Probleem 2 (a)

- Alle atomen
- Alle atomen boven het slipvlak, d.w.z. aan de kant waar het extra halfvlak ligt.
- Bepaalde atomen boven het slipvlak, namelijk alléén de atomen in de enkele atoomlaag direct grenzend aan het slipvlak.
- Bepaalde atomen boven het slipvlak, namelijk alléén de atomen in het extra halfvlak.

Probleem 2 (b)

- Minder dan b , de lengte van de slipvector
- b
- Meer dan b
- Sommige b , sommige minder dan b
- Dit varieert van minder dan b to meer dan b .

Probleem 3 (a)

- $2.50 \times 10^5 \text{ m}^{-3}$
- $3.33 \times 10^5 \text{ m}^{-3}$
- $1.56 \times 10^{16} \text{ m}^{-3}$
- $3.70 \times 10^{16} \text{ m}^{-3}$
-

Probleem 3 (b)

- 150 MPa
- 160 MPa
- Blijft 200 MPa
- 250 MPa
- 267 MPa
-

Probleem 3 (c)

- Om en nabij 60 MPa
- Om en nabij 120 MPa
- Blijft ongeveer gelijk
- Om en nabij 330 MPa
- Om en nabij 420 MPa

Probleem 4

- De waterstofbindingen
- De covalente bindingen
- Beide types bindingen in ongeveer dezelfde mate
- Dit hangt van de mate van crosslinking af

Probleem 5

- $6.49 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$
- $5.19 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
- $6.01 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
- $1.27 \times 10^4 \text{ kg/m}^3$
-

Probleem 6

- 0.08
- 0.10
- 0.12
- 0.33
-

Probleem 7 (a)

- Scheurgroei
- Plastische vervorming
- Dit is niet uit de gegevens af te leiden

Probleem 7 (b)

- 47.5 kJ
- 980 J
- 950 J
- 490 J
- 475 J

Probleem 8 (a)

- 2.50 cm.
- 4.00 cm.
- 5.00 cm.
- 10.0 cm.
-

Probleem 8 (b)

- 10 of meer
- Tussen 5 en 10
- 5 of minder
- Niet te zeggen zonder het materiaal van de balk te kennen

Probleem 8 (c)

- 24.4 mm.
- 3.12 mm.
- 0.244 mm.
- 0.195 mm.
- 1.95 mm.

Probleem 9

- σ_y^2/G
- σ_y/G
- $\sigma_y^{1/2}/G$
- $\sigma_y^{1/3}/G$
-