

Marea 30

### Aufgabe 1

Ein elastisch isotropes Material mit einem Elastizitätsmodul von  $E = 150 \text{ GPa}$  und einer Querkontraktionszahl von  $\nu = 0,25$  wird in einen Spannungszustand versetzt, der durch folgenden Spannungstensor beschrieben wird:

$$\sigma_{ij} = \begin{pmatrix} -60 & 20 & -14 \\ 20 & -10 & 35 \\ -14 & 35 & 40 \end{pmatrix} \text{ MPa}$$

- a) Berechnen Sie den Kompressionsmodul  $K$  und den Schermodul  $G$  des Materials (2 Punkte).
- b) Berechnen Sie die bei der Aufbringung des Spannungszustandes auftretende relative Volumenänderung  $\Delta V/V$  (2 Punkte).
- c) Berechnen Sie den deviatorischen Anteil des Spannungstensors und zerlegen Sie ihn in fünf unabhängige reine Scherspannungszustände. (2 Punkte)

## Klausur

„Einführung in die Werkstoffphysik“  
und „Festkörpermechanik“

WS 2002/03

Termin: 11. Februar 2003  
14.45 bis 16.15 Uhr

Ort: MPI für Metallforschung  
Heisenbergstr. 3  
Seminarraum 2P4

Bearbeitungsdauer: 90 Minuten

Gesamtpunktzahl: 34

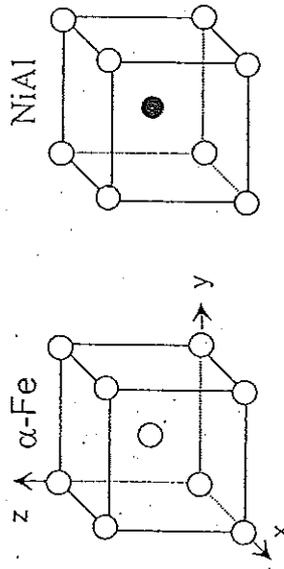
Erforderliche Punktzahl: 17

Für die Erlangung der Übungsscheine ist die erfolgreiche Teilnahme an der Klausur erforderlich.

### Aufgabe 2

$\alpha$ -Fe besitzt eine kubisch-raumzentrierte Gitterstruktur, während NiAl eine geordnete Cäsiumchlorid-Struktur aufweist (siehe Skizze). Zeichnen Sie für beide Fälle jeweils ein Gleitsystem in die Elementarzelle ein und indizieren Sie jeweils die Gleitebene und die Gleitrichtung.

Wie groß ist jeweils die Anzahl äquivalenter Gleitsysteme und der Betrag des Burgersvektors (in Einheiten der Gitterkonstanten) ?



(6 Punkte)

### Aufgabe 3

Die Vektoren  $t_1 = t_2 = [100]$ ,  $b_1 = b[001]$ , und  $b_2 = b[100]$  gehören zu zwei parallelen Versetzungen.

a) Wie nennt man die Vektoren? Wie nennt man die Typen der beiden Versetzungen? Welche der beiden Versetzungen kann klettern, welche kann quergleiten? (2 Punkte)

b) Berechnen Sie die „Kraft“, die auf die durch  $t_1 = [100]$ ,  $b_1 = b[001]$  charakterisierte Versetzung wirkt, wenn folgender Spannungszustand herrscht:

$$\sigma_{ij} = \begin{pmatrix} 0 & \sigma_{12} & \sigma_{13} \\ \sigma_{12} & \sigma_{22} & \sigma_{23} \\ \sigma_{13} & \sigma_{23} & \sigma_{33} \end{pmatrix}$$

Wie nennt man diese „Kraft“? Welche Dimension (bzw. Maßeinheit) besitzt sie? (2 Punkte)

c) Zerlegen Sie die in b) berechnete Kraft in die Gleit- und Kletterkomponenten. (2 Punkte)

### Aufgabe 4

Ein prismatischer Balken mit einem rechteckigen Querschnitt (Höhe  $h = 20$  mm, Breite  $b = 10$  mm) wird einer 3-Punkt-Biegebelastung unterworfen. Der Balken werde in der Mitte mit der Kraft  $F = 20$  N belastet. Die beiden äußeren Auflagepunkte sollen einen Abstand von  $L = 1$  m voneinander aufweisen.

- a) Skizzieren Sie den Verlauf des Biegemoments als Funktion des Ortes entlang der Balkenachse (Achsen bezeichnen und skalieren!). (2 Punkte)
- b) An welchem Ort im Balken herrscht die größte Zugspannung? Wie groß ist diese Spannung und in welcher Richtung wirkt sie? (2 Punkte)

Hinweis: Das axiale Flächenträgheitsmoment für einen rechteckigen Querschnitt beträgt

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

### Aufgabe 5

Der Potenzialverlauf  $U(r)$  für die Bindung zwischen zwei Atomen mit Abstand  $r$  lässt sich folgendermaßen beschreiben:

$$U(r) = -\frac{A}{r^m} + \frac{B}{r^n}$$

- a) Erläutern Sie die physikalische Bedeutung der beiden Terme in obiger Gleichung. Skizzieren Sie in zwei übereinander angeordneten Diagrammen den Verlauf der Energie-Abstandsfunktion  $U(r)$  und der Kraft-Abstandsfunktion  $F(r)$ . Zeichne den Gleichgewichtsabstand  $r_0$  in beide Diagramme ein und die Bindungsenergie  $U_0$  in das  $U(r)$ -Diagramm. (2 Punkte)
- b) Bestimmen Sie für  $m = 2$  und  $n = 10$  die Konstanten  $A$  und  $B$  aus der Kenntnis des Gleichgewichtsabstandes ( $r_0 = 0.3$  nm) und der Bindungsenergie ( $U_0 = -4$  eV). (3 Punkte)
- c) Skizzieren Sie die Potenzialverläufe von Wolfram (Schmelztemperatur  $3380^\circ\text{C}$ ) und Al (Schmelztemperatur  $660^\circ\text{C}$ ) (angeben, welche Kurve zu welchem Material gehört!)  
Wie unterscheiden sich diese Materialien hinsichtlich ihrer thermischen Ausdehnungskoeffizienten und Elastizitätsmoduln? (2 Punkte)

### Aufgabe 6

In einer plastisch verformten Aluminiumlegierung befinden sich Versetzungen in einem mittleren Abstand von  $h = 200 \text{ nm}$ .

Berechnen Sie die Versetzungsdichte  $\rho$  und die durch die plastische Verformung erreichte Fließspannung gemäß der Taylor-Gleichung:

$$\tau = \tau_0 + \alpha G b \sqrt{\rho}$$

Benutzen sie hierzu folgende Werte:  $\tau_0 = 10 \text{ MPa}$ ,  $\alpha = 0.2$ ,  $G = 30 \text{ GPa}$ ,  $b = 3 \text{ \AA}$ .

Nennen Sie zwei weitere Mechanismen, die in Metallen zu einer Härtung führen. (3 Punkte)

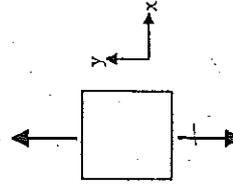
### Aufgabe 7

a) Skizzieren Sie den Mohrschen Spannungskreis für folgende Situationen:

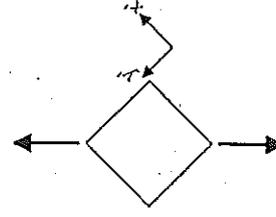
- Einachsiger Zugversuch
- Zweiachsiger Zugversuch mit  $\sigma_1 = 2\sigma_2$
- Reine Scherbeanspruchung

Beschriften Sie jeweils die Achsen des Koordinatensystems und zeichnen Sie die Hauptnormalspannungen und die maximale Scherspannung ein. (2 Punkte)

b) Bestimmen Sie für den Fall der einachsigen Zugbeanspruchung mit Hilfe des Mohrschen Spannungskreises die Komponenten des Spannungstensors in einem um  $45^\circ$  verkippten Koordinatensystem.



$$\sigma'_{ij} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 20 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \text{MPa}$$



$$\sigma'_{ij} = \begin{pmatrix} \sigma'_x & \sigma'_{xy} & 0 \\ \sigma'_{xy} & \sigma'_y & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

(2 Punkte)