

- w f
- A8 (2 Punkte) 2
- Substitutionell gelöste Fremdatome bewirken keinen Mischkristalleffekt durch Atomradienfehlpassung, wenn nur Schraubenversetzungen vorliegen.
- Mischkristallhärtung durch Kohlenstoff in α -Eisen funktioniert bei reinen Schraubenversetzungen nicht.
- A9 (3 Punkte) 3
- Bei konstantem Volumenanteil lassen sich kleine Teilchen leichter durch den Orowan-Prozess umgehen als große.
- Für die Festigkeitszunahme durch den Orowan-Mechanismus sind die Materialeigenschaften der Teilchen (E-Modul etc.) unwichtig.
- Die Festigkeitszunahme durch den Orowan-Mechanismus ist bei konstantem Volumenanteil unabhängig vom Teilchenabstand.
- A10 (2 Punkte) 2
- Versetzungskriechen ist unabhängig von der Korngröße.
- Durch Erniedrigung der Stapelfehlerenergie kann Versetzungskriechen verlangsamt werden.
- A11 (1 Punkt) 1
- Coble-Kriechen hat eine stärkere Korngrößenabhängigkeit als Nabarro-Herring-Kriechen.

Naturkonstanten und Formelsammlung:

$$R = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \quad k = 1,381 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

$$\tau = \frac{a_0^2}{36D} \quad \sigma_1 = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\theta}{2} \left(1 + \sin \frac{\theta}{2} \right)$$

$$\Delta \tau = \frac{\gamma^{3/2}}{b^2} \cdot \left(\frac{2f}{G} \right)^{1/2} \quad \sigma_2 = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\theta}{2} \left(1 - \sin \frac{\theta}{2} \right)$$

$$\Delta \tau = 0,8 \cdot \frac{Gb}{L} \quad \sigma_3 = 0 \text{ bzw. } \sigma_3 = \frac{2 \cdot K_I}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\theta}{2}$$

$$\Delta \tau = 4 \cdot G \cdot |\epsilon|^{3/2} \cdot \left(\frac{f}{b} \right)^{1/2}$$

$$\Delta \tau = 2 \cdot \frac{\gamma^{3/2}}{r} \cdot \left(\frac{f}{Gb} \right)^{1/2}$$

$$\Delta \tau = 0,1 \cdot G \cdot |\epsilon|^{3/2} \cdot \sqrt{c}$$

$$f = 2 \cdot (r/L)^2$$

Teil B

B1 (4 Punkte)

Zeigen Sie, daß sich zweiachsiger Zug in einem dünnen Film ($\sigma_x = \sigma_y = \sigma$) und einachsiger Druck gleichen Betrags senkrecht zur Filmebene nur in der hydrostatischen, nicht aber in der deviatorischen Spannungskomponente unterscheiden. Welche Komponente ist für Versetzungsbewegung von Bedeutung?

B2 (a: 4 Punkte; b: 4 Punkte)

- a) Zeichnen Sie ein typisches Kriechdiagramm ($\epsilon-t$ -Diagramm) für Versuche unter konstanter Spannung. Zeichnen Sie den Kurvenverlauf für zwei verschiedene Spannungen $\sigma_1 > \sigma_2$. Tragen Sie insbesondere die drei Kriechstadien, die stationäre Kriechrate und die Zeit bis zum Bruch ein.
- b) Zeichnen Sie ein typisches Verformungsmechanismusdiagramm (nach Frost & Ashby). Achten Sie auf die Beschriftung der Achsen und der Mechanismus-Felder.

2 Punkte

B3 (a: 4 Punkte; b: 3 Punkte; c: 2 Punkte)

Eine Aluminiummatrix (Schubmodul = 27 GPa) wird durch 8 Vol% geordneter Teilchen einer intermetallischen Phase mit Radius $r=4$ nm gehärtet. Die Gitterkonstanten von Matrix und Teilchen seien $a_M=4.04 \text{ \AA}$ und $a_T=4.00 \text{ \AA}$. Die APB-Energie im Teilchen betrage $\gamma_{APB}=0,2 \text{ J/m}^2$, die Grenzflächenenergie $\gamma_G=0,05 \text{ J/m}^2$ und die Energie der freien Oberfläche $\gamma_{OF}=1 \text{ J/m}^2$. Der Burgersvektor ist $b=[110]/2$

- a) Berechnen und vergleichen Sie die zu erwartenden Festigkeitssteigerungen aufgrund von Kohärenzspannungshärtung, Ordnungshärtung (nur Einzelversetzungen) und Orowan-Mechanismus. Welcher Effekt ist festigkeitsbestimmend?
- b) Bei welcher Teilchengröße liegt das Härtemaximum, wenn nur Ordnungshärtung und Orowan-Mechanismus berücksichtigt werden? Wie hoch ist die entsprechende Festigkeitssteigerung?
- c) Welchen Festigkeitsanstieg würde man erwarten, wenn statt der Teilchen eine Dispersion feiner Poren gleichen Volumenanteils und gleicher Größe ($r=4$ nm) vorläge?

B4 (a: 2 Punkte; b: 2 Punkte; c: 2 Punkte)

Die intermetallische Phase FeAl besitzt CsCl-Struktur

- Wenn diese Phase vollständig geordnet ist, erfolgt die Gleitung z.B. im System (110)[001]. Zeichnen Sie dieses Gleitsystem in eine Elementarzelle ein. Wie groß ist für dieses Gleitsystem der Schmidfaktor für Zugbeanspruchung in [112]-Richtung?
- Bei einer bestimmten Temperatur entordnet diese Phase. Welchen Typ von Gleitsystem würden Sie für ungeordnetes FeAl erwarten? Warum unterscheidet sich dieser vom Gleitsystem im geordneten Zustand?
- Für den geordneten Zustand gibt es eine kristallographische Richtung, in der man eine Normalspannung anlegen kann, ohne daß in irgendeinem der möglichen Gleitsysteme Abgleitung aktiviert wird. Welche Richtung ist dies (Begründung)? Gibt es eine solche Richtung auch für den ungeordneten Zustand?

Hinweis: Hier ist keine aufwendige Herleitung nötig; einfache geometrische Überlegungen reichen aus!

B5 (4 Punkte)

Für einen ferritischen Stahl (α -Fe) liege der Snoek-Peak bei 110 °C, wenn die Dämpfungsmessung bei einer Frequenz von 1000 Hz durchgeführt wird. Berechnen Sie die Peak-Temperatur für eine Prüffrequenz von 250 Hz. Die Aktivierungsenergie für Diffusion von C-Atomen in α -Fe beträgt 84 kJ/mol.

Warum tritt der Snoek-Effekt in γ -Eisen nicht auf?

B6 (3 Punkte)

Leiten Sie die kritische Spannungsintensität her, die ausreicht, um die theoretische Trennfestigkeit der Bindung σ_{th} vor einer Risspitze zu überschreiten. Berechnen Sie dazu die Normalspannung auf den Riss im Abstand b von der Risspitze. Schätzen Sie die daraus theoretische K_{Ic} Werte für folgende Materialien ab:

Material:	E [GPa]
Stahl	200
Al ₂ O ₃	390

Hinweis: Nehmen Sie für den Bindungsabstand bzw.

Burgersvektor jeweils $b=3 \text{ \AA}$ an und setzen Sie $\sigma_{th} = E/10$.