

Prüfungsfragen Materialtheorie

Prof. Popov

1. Nennen Sie drei Kristallgitterstrukturen. Beschreiben Sie qualitativ Gleiten als Grundmechanismus der plastischen Deformation von Metallen. Was sind Gleitebenen und Gleitrichtungen?
2. Schätzen Sie (mechanisch und thermodynamisch) die theoretische Festigkeitsgrenze von kristallinen Materialien.
3. Versetzung als Grenze einer Schubzone. Burgers-Vektor einer Versetzung. Grundeigenschaften von Versetzungen. Schraubenversetzungen, Stufenversetzungen.
4. Die auf eine Versetzung wirkende Kraft (die Peach-Köhler-Kraft, $F/L = \tau b$).
5. Leiten Sie die Gleichungen für den Schubwinkel ($\gamma = \frac{b}{2\pi r}$), das Spannungsfeld ($\tau = G\gamma = \frac{Gb}{2\pi r}$) und die Energie einer Schraubenversetzung her. Basierend darauf berechnen Sie die Linien-
spannung einer Versetzung ($w_L = \frac{W}{L} = \frac{Gb^2}{4\pi} \ln(R_1/R_0)$). Was sind Versetzungsreaktionen, unter
welchen Bedingungen können sie verlaufen?
6. Erläutern Sie die Wechselwirkung von Schraubenversetzungen $f_i = \tau b = \frac{Gb^2}{2\pi r}$ (Herleitung) und
qualitativ die Wechselwirkung von Stufenversetzungen.
7. Gleichgewicht eines gebogenen Versetzungssegmentes. Instabilität eines Versetzungsringes
(Orowan-Spannung, $\tau_c = \alpha \frac{Gb}{l}$), Frank-Read-Quelle.
8. Erläutern Sie den Begriff „Stapelfehler“ am Beispiel eines flächenzentrierten Gitters oder ei-
nes Mischkristalls. Was sind partielle und volle Versetzungen? Was sind Superversetzungen?
Superversetzungen in geordneten Mischkristallen.
9. Nennen Sie drei Verfestigungsmechanismen von metallischen Werkstoffen. Erläutern Sie den
Verfestigungsmechanismus durch Fremdatome (mit dazugehöriger grober Abschätzung,
 $\sigma_f = E\Delta V_n$).
10. Definieren Sie die skalare Versetzungsdichte. Leiten Sie die Gleichung für die Verfestigung
durch Versetzungen anderer Gleitsysteme her ($\tau = \alpha Gb\rho^{1/2}$, Abschätzung). Erläutern Sie den
Begriff „mikroplastische Deformation“.
11. Begriff der Schubzone. Speicherung von Versetzungen ($\frac{\Delta\rho}{\Delta\varepsilon} \approx \frac{4}{Db} = \frac{F}{Db}$). Schubzone in einem
einkristallinen Metall ($D = \frac{B}{Gb} \frac{\tau}{\rho}$). Verfestigungsdiagramm eines einkristallinen Metalls
($\rho^{1/2} = \rho_0^{1/2} + \frac{F}{2\alpha bB} \varepsilon$, $\tau = \tau_0 + \frac{GF}{2B} \varepsilon$).
12. Verfestigungsdiagramm eines polykristallinen Metalls ($\tau = \alpha Gb \left(\frac{F}{bD} \varepsilon \right)^{1/2}$). Wie hängt die
Fließgrenze von der Korngröße ab?
13. Erläutern Sie die physikalische Herkunft der „Skaleneffekte“ (z.B. Abhängigkeit der Härte
von der Indentierungstiefe).
14. Vernichtung von Versetzungen und Sättigung der Versetzungsdichte (qualitativ).

15. Geschwindigkeitsabhängigkeit der plastischen Deformation ($\dot{\epsilon} \approx v_0 e^{-U_0/kT} e^{V_0(\sigma - \sigma_c(\epsilon))/kT}$) und Kriechen.
16. Verteilung von Versetzungen in einer Schubzone (qualitative Erläuterung der Herangehensweise), Analogie mit einem Riss, Spannungskonzentrationen.
17. Griffith-Bruchkriterium ($\sigma_0 = g \sqrt{\frac{\gamma E}{L}} \approx \sqrt{\frac{\gamma E}{L}}$) und seine Anwendungen (Einfluss von oberflächenaktiven Substanzen, verzögerter Bruch oder statische Ermüdung, Prinzip der Faserwerkstoffe, Benutzung von Vorspannungen). Spannungskonzentration an der Spitze eines Risses.
18. Zhurkovs kinetische Theorie des Bruches. Lebenszeit $\tau(\sigma, T) \approx \tau_0 \exp \frac{U(\sigma)}{kT}$ mit $U(\sigma) \approx U_0 - \gamma \sigma$.
19. *Ludwik-Davidenkov-Orowan-Hypothese* und Tieftemperaturversprödung (Darstellung der Idee und der Fakten).
20. Ermüdung: physikalische Ursachen und Phänomenologie.
21. Verbundwerkstoffe. Kraftfluss in faserverstärkten Verbundwerkstoffen. Nanokomposite. Warum sind Nanokomposite tolerant bei Strukturdefekten?
22. Thermozyklisches Kriechen (Qualitative Beschreibung und Erläuterung der Gleichung $\epsilon \approx \frac{5}{3} \frac{\sigma}{\sigma_f} \Delta \alpha \cdot (\Delta T - \Delta T_c)$).
23. Formgedächtnislegierungen. Deformation bei Phasentransformation. Parameter des Phasenübergangs Austenit-Martensit (M_s, M_f, A_s, A_f). Einfluss von Spannungen auf den Phasenübergang (verallgemeinerte Clausius-Clapeyron-Gleichung, $\Delta T = -\frac{T_0 \epsilon_0}{q_0} \Delta \sigma$).
24. Physikalische Diskussion der folgenden Effekte sowie der Bedingungen, unter denen sie vorkommen: Pseudoelastizität und Formgedächtnis. Transformationsplastizität (Deformation unter Spannung bei Temperaturänderung). Reaktive Spannungen. Anomaler Rückgang der Deformation. Two way shape memory. Nennen Sie drei Anwendungen von Formgedächtnislegierungen.
25. Illustration von Eigenschaften von Formgedächtnislegierungen mit einem Zweikomponentenmodell – Grundideen der Herangehensweise.
26. Statistische Theorie der Gummielastizität. Erläutern Sie die Gleichung $f = \frac{F}{V_0} = f_0(T) + \frac{1}{2} n k_B T (\lambda_1^2 + \lambda_2^2 + \lambda_3^2)$ für die freie Energie (pro Volumeneinheit) eines idealen Elastomers. Wie benutzt man sie bei einachsiger Deformation?
27. Erläutern Sie die Grundbegriffe der Rheologie von Elastomeren: Was ist ein zeitlich abhängiger Schubmodul? Was ist ein „komplexer Schubmodul“? Was ist der „Speichermodul“? Was ist der „Verlustmodul“? Wodurch wird die Energiedissipation in Elastomeren bestimmt?
28. Erläutern Sie rheologische Modelle von Gummi (Maxwell-Element, Standard-Modell, Prony-Reihe).
29. Was sind „Masterkurven“?
30. Erläutern Sie qualitativ die Herangehensweise bei der Berechnung des Reibungskoeffizienten zwischen einem Elastomer und einer festen rauen Fläche. Diskutieren Sie die Gleichung $\mu = \xi \nabla_z \frac{G''(v/r)}{\hat{G}(v/r)}$.