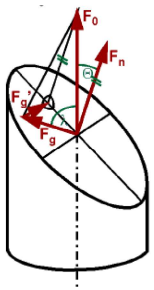
Schmidsches Schubspannungsgesetz: Zugkraft F_o Winkel Θ zwischen F_o und $\underline{n}$

$$\tau = \sigma \cdot cos\lambda \cdot cos\Theta$$

Zugspannung $\sigma = \frac{F}{A_0}$ λ zwischen F_o und g



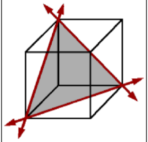
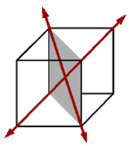
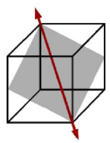
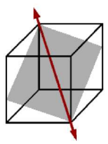
Erweitert/Mehrachsig: $\tau = \sum_i \sigma_i \cdot cos\lambda_i \cdot cos\Theta_i$ Fliessbedingung: $\tau \geq \tau_c$

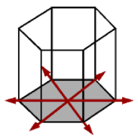
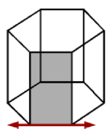
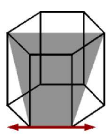
σ_{max} bei 45°, da wenn Θ=const. → $\tau = \sigma \cdot sin\Theta \cdot cos\Theta$

Sprödbruchfläche bei senkrecht zur Kraft. Duktilbruchfläche 45° zur Kraft, $\tau \leq \tau_{zul}$

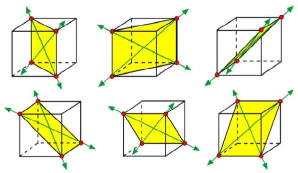
Bei der Einkristallverformung gleiten die Versetzungen nur in Richtung der dichtest gepackten Ebenen. Die Gleitebenen selbst sind auch möglichst dicht gepackt. Begründung: Versetzungsenergie ~ $|b|^2$, Prinzip vom Minimum der freien Enthalpie.

Das Paar *Gleitebene und Gleitrichtungen* nennt man ein **Gleitsystem:**

Gitter	Beispiel		Gleitebenen G Typ	Gleitebenen G Zahl	Gleitrichtung g Typ	Gleitrichtung g Zahl	Gesamtzahl der Gleitsysteme
kfz	Al Cu Ni Ag Au		(111)	4	[110]	3	12
krz	$Fe_{\alpha\delta}$ W Mo Nb Ta		(110)	6	[111]	2	12
	$Fe_{\alpha\delta}$ W Mo Nb		(112)	12	[111]	1	12
	$Fe_{\alpha\delta}$ W_a Mo		(123)	24	[111]	1	24

Gitter	Beispiel		Gleitebenen G Typ	Gleitebenen G Zahl	Gleitrichtung g Typ	Gleitrichtung g Zahl	Gesamtzahl der Gleitsysteme
hex	Cd Zn Mg Ti_α Be		(0001)	1	[1120]	3	3
	Cd Zn Mg Ti_α Be Zr_α		(1010)	3	[1120]	1	3
	Mg Ti_α		(1011)	6	[1120]	1	6

Gleitmöglichkeiten im krz-Gitter (110):

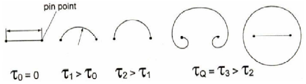


krz		
6E	x	2R = 12
(110)		[111]

6 Plastizität

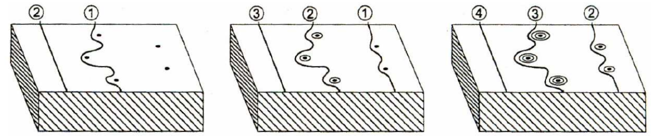
Die Versetzungsbewegung ist Trägerin der plastischen Deformation. Es werden bevorzugt Gleitsysteme aktiviert, in denen die Schubspannungen gemäss Schmid am grössten sind. Bei Überschreiten der kritischen Schubspannungen, werden neue Versetzungen in Versetzungsquellen produziert.

FRANK – READ – Quelle



Pin – Punkte: Punkte an denen Versetzungslinien verankert werden (Teilchen,…, Hindernis)

Die erforderliche Schubspannung, um die Versetzungslinie durch das Feld der Teilchen mit Abstand D zu treiben, beträgt: $\tau_c = \frac{Gb}{D}$, der Energieinhalt einer Versetzungslinie der Länge l ist $E = \frac{1}{2}\mathrm{Gb}^2\,\mathrm{l}$.



Immobile Versetzungen, wie im Bild rechts gut erkennbar (Pin-Punkte), sind Träger der Kaltverfestigung. Sie führen zu einer Steigerung der kritischen Schubspannung gemäss $\rho_{Vimm} = \frac{k}{D^2}$, wobei k eine Konstante ist.

Bei der Verformung von Vielkristallen braucht es eine höhere Schubspannung, um auch die Unterschiede in den Gleitsystemen und Lastspannungen zu überwinden. Taylor-Theorie: $\tau_{c,Vielkristall} = 1.5 \cdot \tau_c$

Schmid → $\sigma_s = 3 \cdot \tau_c \approx R_e \approx R_{p0.2}$ Bei hohen Deformationsgeschwindigkeiten: $\sigma_s = R_{el} + C\varphi^m + B\dot{\varphi}^m$

Massnahmen, mit denen die Festigkeit eines Werkstoffes gesteigert werden kann:
- Grundgitter mit hohem Schubmodul
- Möglichst kleiner Abstand der Hindernisse
- Möglichst harte Hindernisse

Ein hochfester Werkstoff hat:
- 0-D Hindernisse: Fremdatome $\Delta\sigma_M$
- 1-D Hindernisse: Versetzungen $\Delta\sigma_V$
- 2-D Hindernisse: Korngrenzen $\Delta\sigma_{KG}$
- 3-D Hindernisse: Teilchen einer anderen Phase (Ausscheidung) $\Delta\sigma_T$

Mischkristallhärtung: $\Delta\sigma_M \sim \sqrt{c}$ c = Konzentration der Fremdatome

Versetzungshärtung: $\Delta\sigma_V \sim \sqrt{\rho_{immobil}}$ $\rho_{immobil}$ = Dichte der immobilen Versetzungen

Teilchenhärtung: $\Delta\sigma_T \sim \frac{1}{D_T}$ D_T = Teilchenabstand

Korngrenzenhärtung: $\Delta\sigma_{KG} = k_c\sqrt{\frac{1}{D_{KG}}}$

$\sigma_s = \Delta\sigma_\perp + \Delta\sigma_M + \Delta\sigma_V + \Delta\sigma_T + \Delta\sigma_{KG}$ σ_s = Streckgrenze $\Delta\sigma_\perp$ = Versetzungsgleitspannung

Lineare Dehnung: $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \frac{l_1}{l_0} - 1$

für kleine ε und Volumenkonstanz: $\boxed{\varepsilon_l + \varepsilon_b + \varepsilon_h \approx 0}$

Logarithmische Dehnung: $\varphi = \ln\frac{l_1}{l_0} = \ln\frac{l_0 + \Delta l}{l_0} = \ln(1+\varepsilon)$

Volumenkonstanz bei log-Dehnungen: $\boxed{\varphi_l + \varphi_b + \varphi_h = 0}$