

### 8.3.6 Merkmale zu Kapitel 8.3: Verfestigung

Die kritische Scherspannung  $\tau_{krit}$ , ab der plastische Verformung einsetzt, kann durch geeignete Maßnahmen in weiten Grenzen manipuliert werden.

Sie ist zunächst bestimmt durch die intrinsische Fließgrenze  $\tau_i$  des (perfekten) Materials - eine Art Materialkonstante.

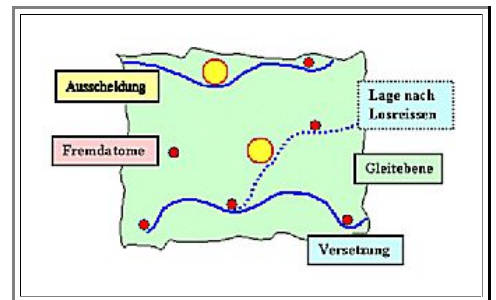
$\tau_{krit}$  = Funktion von:

- $\tau_{intrinsisch}$  des Grundmaterial **plus:**
- Versetzungsdichte (= Vorgeschichte)
- Mittlere Korngröße
- Konzentration an Fremdatomen
- Konzentration, Art und Größe von Ausscheidungen

Generell gilt: Alle Arten von Gitterdefekten können Versetzungen festhalten ("pinnen")

Wie stark **ein** Defekt **eine** Versetzung "pinnt", hängt von Art, Größe und Gestalt des Defektes ab

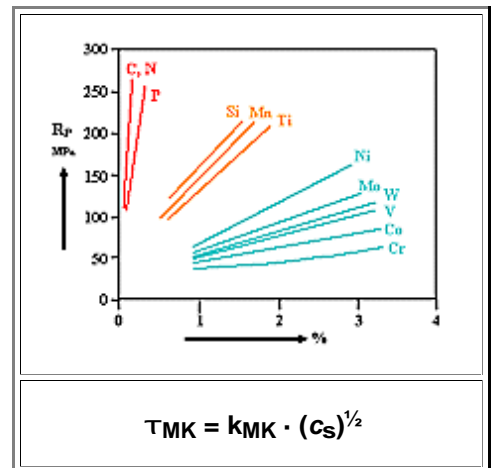
Wie stark **alle** Defekte **alle** Versetzungen "pinnen", hängt darüberhinaus noch von den Defekt**konzentrationen** und der Versetzungskonfiguration und -dichte ab.



Als **Mischkristallhärtung** bezeichnet man den Anteil  $\tau_{MK}$ , der von atomar gelösten interstitiellen oder substitutionellen Fremdatomen her stammt

Als paradigmatisches Beispiel mag **0.x % Kohlenstoff** im sonst recht weichen (Schmiede)eisen dienen: Wir erhalten harten **Stahl** schon für **x < 0.5%** !

Der Zuwachs  $\tau_{MK}$  an kritischer Schubspannung ist i.a. proportional zur Wurzel aus der Konzentration der **AF**.



Ausscheidungshärtung arbeitet entsprechend mit Ausscheidungen der zuvor atomar gelösten atomaren Fehlstellen.

Ausscheidungen behindern Versetzungsbewegung zwar i.d.R. weitaus effektiver als atomare Defekte, dafür ist ihre Dichte aber automatisch weitaus geringer

Der Zuwachs  $\tau_{Aus}$  an kritischer Schubspannung ist i.a. proportional zum Kehrwert des mittleren Abstands  $\langle d \rangle$  zwischen den Ausscheidungen

$$\tau_{Aus} = \frac{2G \cdot b}{\langle d \rangle}$$

Verformungs- und Feinkornverfestigung nutzt **Versetzungen** und **Korngrenzen** als Hindernisse für die Versetzungsbewegung

Viele Versetzungen erhält man durch plastische Verformung. Vorverformtes Material ist daher härter als jungfräuliches - aber es bricht auch früher! Der Zuwachs  $\tau_{VV}$  ist proportional zur Wurzel aus der Versetzungsdichte  $\rho_V$

Kleine Körner erhöhen  $\tau_{krit}$  erheblich um  $\tau_{KG}$ , das umgekehrt proportional zur Wurzel aus mittlerer Korngröße  $\langle d \rangle$  ist.

$$\tau_{VV} \approx 0,2 \cdot G \cdot b \cdot (\rho_V)^{1/2}$$

$$\tau_{KG} \approx \frac{k_{KG}}{\langle d \rangle^{1/2}}$$

Die technische Frage ist nun: Wie stellt an das optimale Gefüge her?

● Und wie erhält man es bei Temperprozessen, insbesondere beim Schweißen?

Die technische Frage ist nun: Wie stellt an das optimale Gefüge her?  
● Und wie erhält man es bei Temperprozessen, insbesondere beim Schweißen?  
Denn bei hohen Temperaturen *erholt* sich das Material, d.h. Defektdichten werden kleiner, und deshalb Körner und Ausscheidungen größer.

**Schweißen ist ein komplexer  
Prozeß**

**Die Schweißnaht wird  
unvermeidlich andere  
mechanische Eigenschaften  
haben als das Grundmaterial.**