



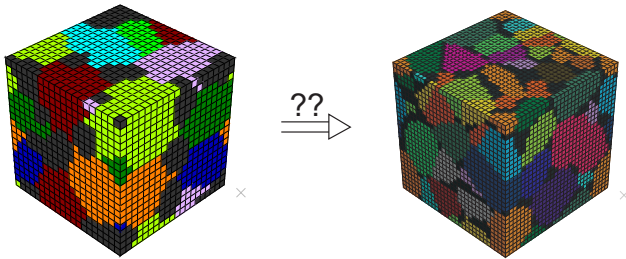
Mikromechanische Modellierung von polykristallinen Dualphasenstählen

Diplomarbeit von Stefan Lacher
entstanden am Fraunhofer Insitut für Werkstoffmechanik



Motivation - Einleitung

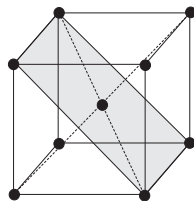
Dualphasenstähle besitzen aufgrund ihres Aufbaus aus den zwei Phasen Ferrit und Martensit eine hohe Festigkeit unter Beibehaltung einer guten Umformbarkeit. Ihre mechanischen Eigenschaften werden durch die Zusammensetzung der Mikrostruktur beeinflusst. Diese Mikrostruktur verändert sich während der einzelnen Schritte (z.B. Walzen, Wärmebehandeln, Umformen). Um diese Veränderungen zu erfassen, zu untersuchen und evtl. vorherzusagen wird die Mikrostruktur in einer Einheitszelle abgebildet. Anhand von Parameterstudien z.B. zur Kornanzahl, Kornverteilung, Kristallorientierung und Phasenverteilung soll diese Einheitszelle zu einem repräsentativen Volumenelement (RVE) werden, mit Hilfe dessen man virtuelle Versuche zur Werkstoffoptimierung durchführen kann.



Modellierung

Die zweiphasige Mikrostruktur wird basierend auf der Voronoi-Tessellation, durch Anlagerung der zweiten Phase zwischen den Körnern der ersten Phase, erzeugt. Für das aus einer kubisch-raumzentrierten Kristallstruktur aufgebaute Ferrit wird zur Beschreibung des Verformungsverhaltens ein Kristallplastizitätsmodell verwendet.

Dabei wird angenommen, dass die Verformungen infolge von Versetzungswanderungen auf kristallografischen Gleitebenen stattfinden.



$$\text{Fließbedingung: } \dot{F}_{ik}^p \cdot (F_{kj}^p)^{-1} = \sum_{\alpha=1}^n \dot{\gamma}^{(\alpha)} s_i^{(\alpha)} m_j^{(\alpha)}$$

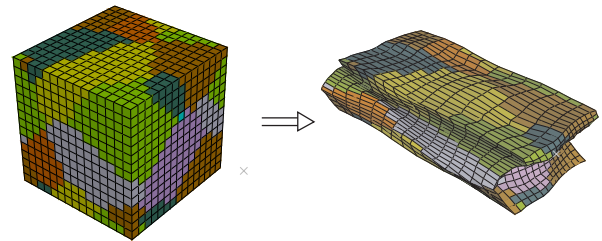
$$\text{Gleitrate: } \dot{\gamma}^{(\alpha)} = \dot{\alpha}^{(\alpha)} \cdot \frac{\tau^{(\alpha)}}{g^{(\alpha)}} \cdot \left| \frac{\tau^{(\alpha)}}{g^{(\alpha)}} \right|^{n-1}$$

Das Materialverhalten der zweiten Phase Martensit wird durch ein isotropes elastisch-plastisches Verformungsgesetz modelliert.

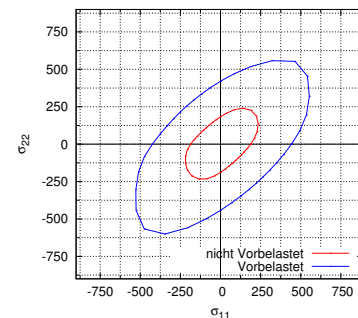
Ergebnisse

Walzsimulation:

Durchgeführt an einer einphasigen Einheitszelle, bestehend aus 9 Ferritkörnern mit unterschiedlicher Kristallorientierung.



Mittels der numerischen Homogenisierung ist infolge der Vorbelastung durch den Walzvorgang, eine deutliche isotrope Verfestigung des Werkstoffes anhand der makroskopischen Fließfläche in Blechebene zu erkennen.

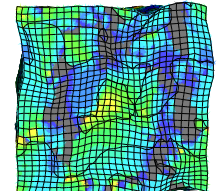
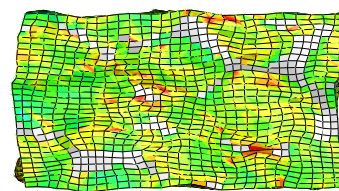


Mikrostrukturelle Betrachtung:

An einem feiner diskretisierten, zweiphasigen RVE wurde eine Zugbelastung aufgebracht. Anhand von Schnitten durch das deformierte Netz wurde die Spannungsverteilung untersucht.

Mises-Spannung in Zugrichtung:

22-Spannung senkrecht:



Parallel zur Belastung (linke Abbildung) sind deutlich erhöhte Zugspannungen (rot) zwischen in Zugrichtung liegenden Martensitinseln (weiß) zu erkennen. In orthogonaler Richtung zur Belastung zieht sich das RVE zusammen. Dementsprechend ist in der rechten Abbildung eine Druckaussteifung (blau) über den Martensit (grau) zu sehen.