

Modellierung der anisotropen Plastizität zweiphasiger Stähle

Problemstellung

Die mechanischen Eigenschaften von Dual- und Komplexphasenstählen werden stark von ihrer Mikrostruktur bestimmt, die sich abhängig von den verschiedenen Prozessschritten während der Produktion des Bleches ausbildet. Ein bereits bestehendes Modell [1] beschreibt diese Gefüge-Eigenschafts-Korrelation von Dualphasenstählen. Liegen prozessbedingt zudem kristallographische Vorzugsorientierungen im Polykristall vor, so bewirken diese eine Richtungsabhängigkeit der elastisch-plastischen Materialeigenschaften. Die meisten metallischen Werkstoffe zeigen eine solche Anisotropie, die in FEM-Simulationen berücksichtigt werden muss. Die Erweiterung des Modells von Scherff [1] um plastische Anisotropie ermöglicht damit dessen Anwendung auf eine größere Bandbreite an Stahllegierungen.

Modellierung über Fließfunktionen

Anisotropes, plastisches Verhalten wird mit phänomenologischen Fließfunktionen beschrieben. Das Modell von Hill [2] ist eines der einfachsten Modelle zur Beschreibung von plastischer Anisotropie und besteht aus einer quadratischen Fließfunktion, die eine Erweiterung des weit verbreiteten isotropen Fließkriteriums von Mises [3] darstellt.

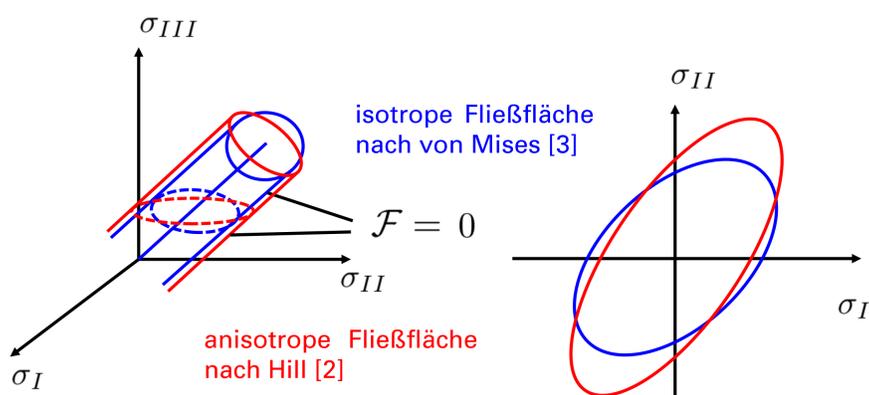


Abb. 1: Vergleich zwischen isotroper und anisotroper Fließfläche

Die Fließfunktion nach Hill [2] hat folgende Form:

$$\mathcal{F} = F(\sigma_{yy} - \sigma_{zz})^2 + G(\sigma_{zz} - \sigma_{xx})^2 + H(\sigma_{xx} - \sigma_{yy})^2 + 2(L\sigma_{yz}^2 + M\sigma_{zx}^2 + N\sigma_{xy}^2) - 1$$

Die Formulierung geht in die Mises-Plastizität über, wenn für die Anisotropieparameter gilt

$$F, G, H, L, M, N = 1.$$

Hill-Modell in der Anwendung

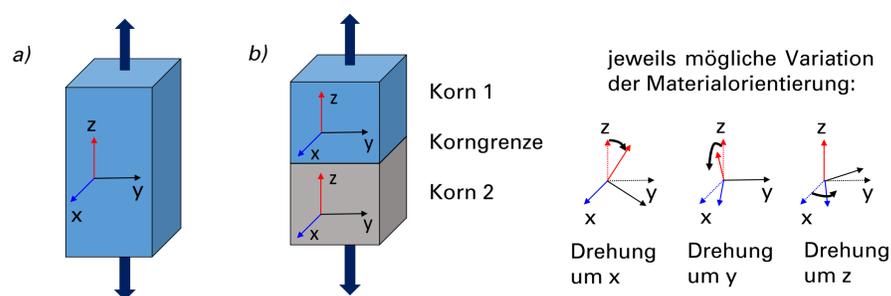


Abb. 2: Schema der uniaxialen Zugversuche an einem a) Monokristall und b) Bikristall mit verschiedenen Orientierungen der Hauptanisotropieachsen in den Körnern mit einer Korngrenze senkrecht zur Zugrichtung

[1] F. Scherff, Universität des Saarlandes (2018)
[2] R. Hill, Rodney, Proc. R. Soc. Lond. A, 193. Jg., Nr. 1033, S. 281-297 (1948)
[3] R. von Mises, Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Mathematisch-Physikalische Klasse, 1913. Jg., S. 582-592. (1913)

a) Monokristall

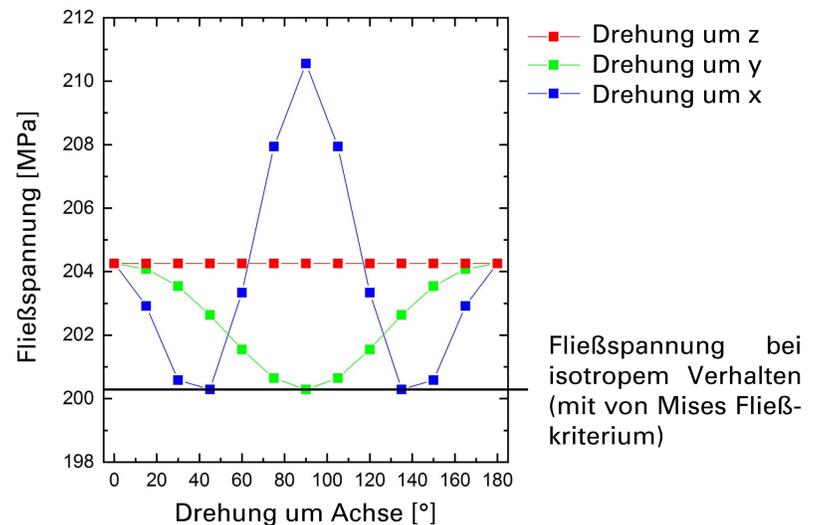


Abb. 3: Spannung zu Fließbeginn in Zugrichtung bei Änderung der Materialorientierung im Monokristall

- Fließspannung bei Ausrichtung der y-Hauptanisotropieachse (x-Hauptanisotropieachse) in Zugrichtung am höchsten (am geringsten)
- Bei Drehung um die Achsen in Querrichtung (x und y) Symmetrie um 90°
- Bei Drehung um Achse in Zugrichtung (z) bleibt Fließspannung in diese Richtung konstant

b) Bikristall

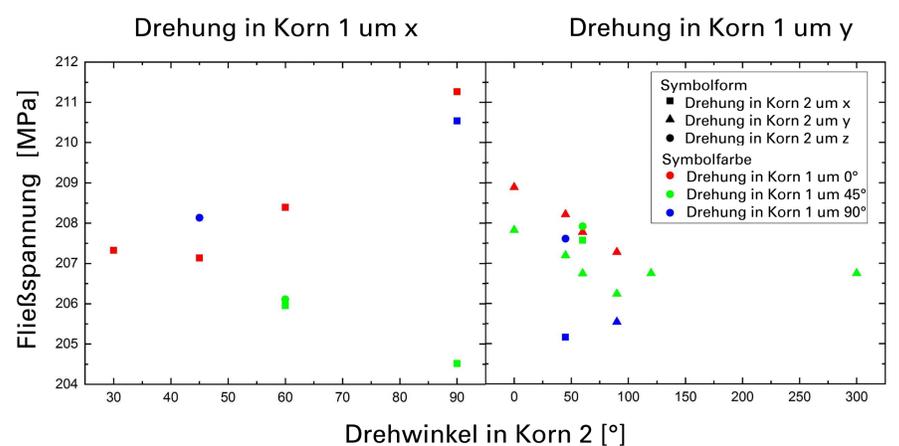


Abb. 4: Spannung in Zugrichtung zu Simulationsende bei Änderung der Materialorientierung im Bikristall

- Ausrichtung der Richtung mit der höchsten Fließspannung (y-Hauptanisotropieachse) in Zugrichtung $\uparrow \Rightarrow$ Fließspannung des Bikristalls \uparrow
- Auch hier spiegelt sich 90° Symmetrie wider

Zusammenfassung und Ausblick

- Hill-Modell liefert erste Möglichkeit Erfahrungen mit der Auswirkung plastischer Anisotropie zu sammeln und einen Einblick in das abbildbare Materialverhalten bei Simulationen mit phänomenologischen Fließfunktionen zu gewinnen
- In weiteren Simulationen den Einfluss der Orientierung der Korngrenze zur Zugrichtung prüfen \Rightarrow Winkel der Korngrenze zur Zugrichtung variieren

Kooperationspartner

- AG der Dillinger Hüttenwerke
- Lehrstuhl für experimentelle Methodik der Werkstoffwissenschaften, Lehrstuhl für Funktionswerkstoffe, Universität des Saarlandes

