

## Kopplung von Texturvorhersage und Finite-Elemente-Methode für die Umformsimulation

Mit Textur bezeichnet man die mehr oder weniger ausgeprägte Ausrichtung der Kristallitachsen in einem Polykristall. Textur entwickelt sich hauptsächlich bei Umformprozessen, und sie ist die wichtigste Ursache für die Anisotropie metallischer Halbzeuge (z.B. gewalzte Bleche, stranggepresste Profile). Die Anisotropie ist entscheidend für das Verhalten des Halbzeugs bei der Weiterverarbeitung (z.B. Züpfelbildung und Rückfederung beim Tiefziehen). Deshalb sind Modelle der Texturentwicklung und der zugehörigen anisotropen Fließfläche wichtige Bausteine in der Prozesskettensimulation.

### *Coupled texture modelling and finite element simulation of forming processes*

*Texture is the anisotropic orientation of the crystallites of a polycrystal. It evolves during forming processes as a consequence of large plastic deformations, and is the main reason for the anisotropy of many semi-finished products (e.g. rolled sheets, extruded profiles). The anisotropy itself has a significant effect on the behaviour of these products during further processing (e.g. earing and spring-back during and after deep-drawing of sheet metal). Thus the modelling of texture evolution and the corresponding anisotropic yield surfaces is an important component in process chain simulation.*

### Aufgabenstellung

Bei vielen Herstellungsprozessen für Halbzeuge (z.B. Walzen, Strangpressen, Drahtziehen) entstehen Texturen. Quantitativ wird die Textur durch die Orientierungsverteilungsfunktion der kristallographischen Kornachsen beschrieben. Textur ist die Hauptursache für die Anisotropie der elastisch-plastischen Kennwerte und damit für die technologischen Eigenschaften. So führt eine ausgeprägte Würfeltextur beim Tiefziehen von Aluminiumblechen zu einer starken, meist unerwünschten Züpfelbildung, während andere Texturkomponenten vorteilhaft für die Tiefzieheigenschaften des Blechs sind. Hexagonale Metalle wie Magnesium entwickeln bei der Halbzeugherstellung eine stark ausgeprägte, texturbedingte, plastische Anisotropie. Deshalb muss sorgfältig auf die Texturenwicklung geachtet werden, um unerwünschte Materialeigenschaften zu vermeiden. Die Kopplung von Texturmodellen mit der Methode der Finiten-Elemente ermöglicht es, den Prozess der Halbzeugherstellung numerisch zu simulieren. Hierdurch wird es möglich, eine optimale Prozessführung ohne langwierige und teure Versuche zu entwickeln. Ziel dieses Projektes ist es, geeignete Texturmodelle in das kommerzielle Finite-Elemente-Programm ABQUS/Explicit<sup>®</sup>, zu implementieren, um die Textur- und Fließflächenentwicklung orts aufgelöst

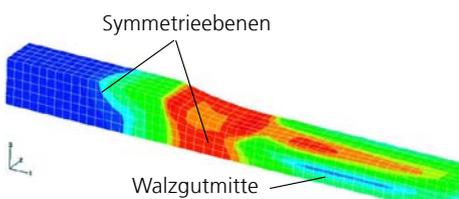


Abb. 1  
Spannungsverteilung im Walzgut einer Magnesiumlegierung bei einer Stichabnahme von 28%. Die Textur eines Elements aus der Walzgutmitte ist in Abb. 2 dargestellt

zu simulieren. Als Beispiel dient der Walzprozess der Magnesiumlegierung AZ31B.

### Vorgehensweise

Ein viskoplastisches selbstkonsistentes Texturmodell wurde in das Finite-Elemente-Programm ABQUS/Explicit<sup>®</sup>, implementiert. Dabei wird jedes Korn als Einschluss in einer Matrix betrachtet, die die gemittelten Eigenschaften der übrigen Körner repräsentiert. Dieser Ansatz ist zwar aufwändiger als das häufig verwendete Taylor-Modell, aber er bietet mehr Möglichkeiten. So erlaubt das selbstkonsistente Modell auch die Behandlung von Metallen mit einer kleinen Anzahl von Gleitsystemen, während das Taylor-Modell mindestens fünf Gleitsysteme erfordert und deshalb bei hexagonalen Metallen wie Magnesium, Zirkonium oder Beryllium schlechte oder gar keine Lösungen liefert. Zudem können mehrphasige Werkstoffe simuliert werden, bei denen die einzelnen Phasen unterschiedliche Festigkeiten besitzen. Das selbstkonsistente Modell ermöglicht es außerdem, die Kornform in der Simulation zu berücksichtigen. Da Zwillingsbildung ein wichtiger Verformungsmechanismus bei hexagonalen Metallen ist, wurde das Texturmodell um ein geeignetes Zwillingsmodell erweitert. Die Verfestigung des Materials wird auf der Ebene der Kristallite mit einem modifizierten Voce-Ansatz beschrieben. Die Modellparameter werden aus Umformversuchen an Proben mit bekannter Textur bestimmt.

Bei den hier vorgestellten Finite-Elemente-Rechnungen wurde die Textur in jedem Gaußpunkt durch 400 diskrete Einzelorientierungen beschrieben. Als Ausgangstextur wurde eine regellose Orientierungsverteilung angenommen.

### Ergebnisse

In Abb. 1 ist das Ergebnis einer Finite-Elemente-Rechnung eines Walzstichs für die Magnesiumlegierung AZ31B dargestellt (aus Symmetriegründen muss nur ein Viertel des Walzguts betrachtet werden), wobei die Farbskala die Mises-Vergleichsspannungen wiedergibt. In Abb. 2 ist die Textur eines Elements aus der Walzgutmitte als OVf (Orientierungsverteilungsfunktion) im Eulerraum dargestellt. Man erkennt die für Magnesiumbleche typische basale Textur. Des Weiteren wurden aus der in Abb. 2 dargestellten Textur die zugehörigen Fließflächen für drei verschiedene Dehnraten berechnet. In Abb. 3 sind diese in der von der Walzrichtung,  $\sigma_{11}$ , und der Querrichtung,  $\sigma_{22}$ , aufgespannten Ebene dargestellt. Das Modell gibt die für Magnesiumhalbzeuge typische, durch Zwillingsbildung verursachte Zug-Druck-Asymmetrie der Fließflächen wieder: unter Zug ist die Fließspannung mehr als doppelt so groß wie unter Druck. Die Dehnratenabhängigkeit der Fließfläche entspricht der experimentell beobachteten. Diese anisotropen Fließflächen können für eine nachfolgende Tiefziehsimulation verwendet werden.

### Ausblick

Die meisten Umformprozesse für Magnesium finden bei Temperaturen statt, bei denen die dynamische Rekristallisation einen wichtigen Einfluss auf die Texturentwicklung hat. Diese soll deshalb demnächst im Modell mit berücksichtigt werden, um anschließend den Prozess des Warmwalzens von Magnesium optimieren zu können. Die Optimierung kann hierbei auf Aspekte wie preiswertere Halbzeugherstellung (weniger Stiche bis zum fertigen Blech), bessere Tiefzieheigenschaften oder günstigere Crasheigenschaften abzielen.

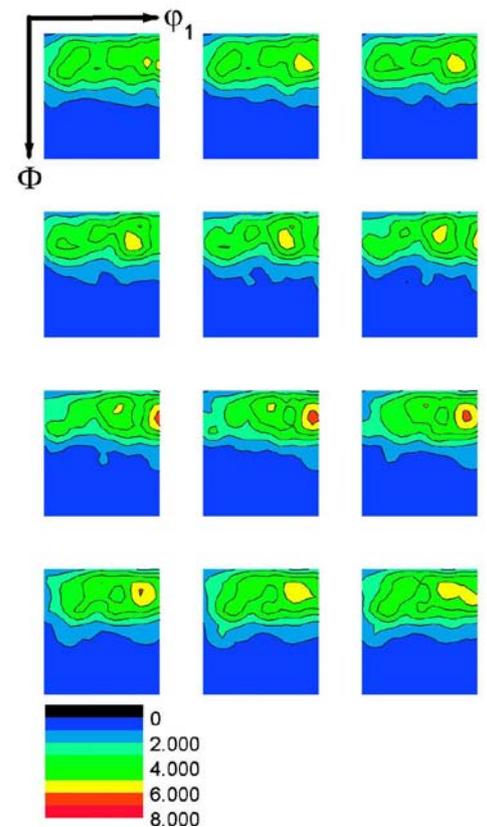


Abb. 2 Orientierungsverteilungsfunktion eines Elementes aus der Walzgutmitte einer Magnesiumlegierung. Dargestellt sind die  $\phi_2$ -Schnitte von  $0^\circ$  bis  $55^\circ$

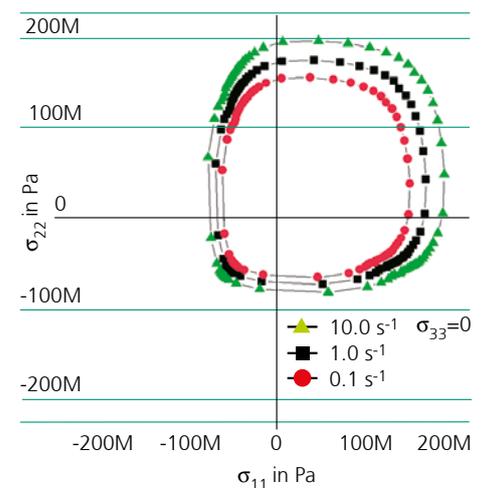


Abb. 3 Aus der in Abb.2 dargestellten Textur berechnete Fließflächen für 3 verschiedene Dehnraten