

# Simulation der Warmumformung von Magnesiumblechen

**Oleg Benevolenski, Winfried Schmitt**

Kompetenzzentrum SimBAU  
Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik, IWM  
Wöhlerstraße 11, 79108 Freiburg

## Problemstellung

Magnesiumbleche haben ein großes Potenzial in der Automobilindustrie wegen ihrer niedrigen Dichte. Eine ausreichende Umformbarkeit ist allerdings nur nach einer thermischen Aktivierung zusätzlicher Gleitsystemen im hexagonalen Gefüge gegeben. Deswegen ist die Umformsimulation von Magnesiumblechen bei Temperaturen von über 150°C von großem Interesse.

## Vorgehensweise

- Zugversuche an glatten **MgAZ31** Flachzugproben bei Temperaturen für das Warmumformen (150°C-250°C).
- Auswahl geeigneter Modelle, welche die Besonderheiten von Mg-Blech berücksichtigen. Anpassung der Modellparameter an die Experimente.
- Verifizierung der Modelle am Beispiel der Zugversuche. Simulation eines Umformschrittes am Demonstratorbauteil (Motorhaube).

## Ergebnisse

Im Warmumformung-relevanten Prozessfenster zeigen die experimentelle Daten eine starke Dehnratenabhängigkeit (s. Bild 1). Es werden sowohl visko-plastische Verfestigung als auch intrinsische Entfestigung bei langsameren Versuchen festgestellt.

Die wesentlichen Phänomene der Hochtemperaturverformung von Magnesiumblech werden in guter Genauigkeit mit einem viskoplastischen Stoffgesetz nach Chaboche und Jiang mit mehreren kinematischen Verfestigungstermen und einem Erholungsterm beschrieben.

Im einachsigen Fall und für monotonen Zug (ohne Wechsellastizität) gilt: Zusammenhang von Spannungen und Dehnungen:

$$\dot{\epsilon} = \frac{\dot{\sigma}}{E} \left[ 1 + \frac{k}{K} \left( \frac{\sigma}{r_m} \right)^n \right]$$

Viskoplastische Dehnrate (Norton-Gesetz):  $\dot{\epsilon} = \frac{\dot{\sigma}}{K} \left( \frac{\sigma}{r_m} \right)^n$   
 Entwicklungsgleichungen für die Rückspannungen:  $\dot{\sigma}_i = -c_m \sqrt{2/3} r_m \dot{\epsilon} + R_m$  mit  $\dot{\sigma}_i$  mit

Die Modellparameter

- |                         |  |
|-------------------------|--|
| ■ $E$ E-Modul           | ■ $r_m$ Sättigungswert des Betrags der Rückspannungskomponente |
| ■ $n$ Dehnratenexponent | ■ $c_m$ Verfestigungsparameter                                 |
| ■ $K$ Viskosität        | ■ $R$ Erholungsparameter                                       |
| ■ $k$ Fließgrenze       |  |

sind temperaturabhängig. Das Modell ist auch für nicht-isotherme Belastungen geeignet.

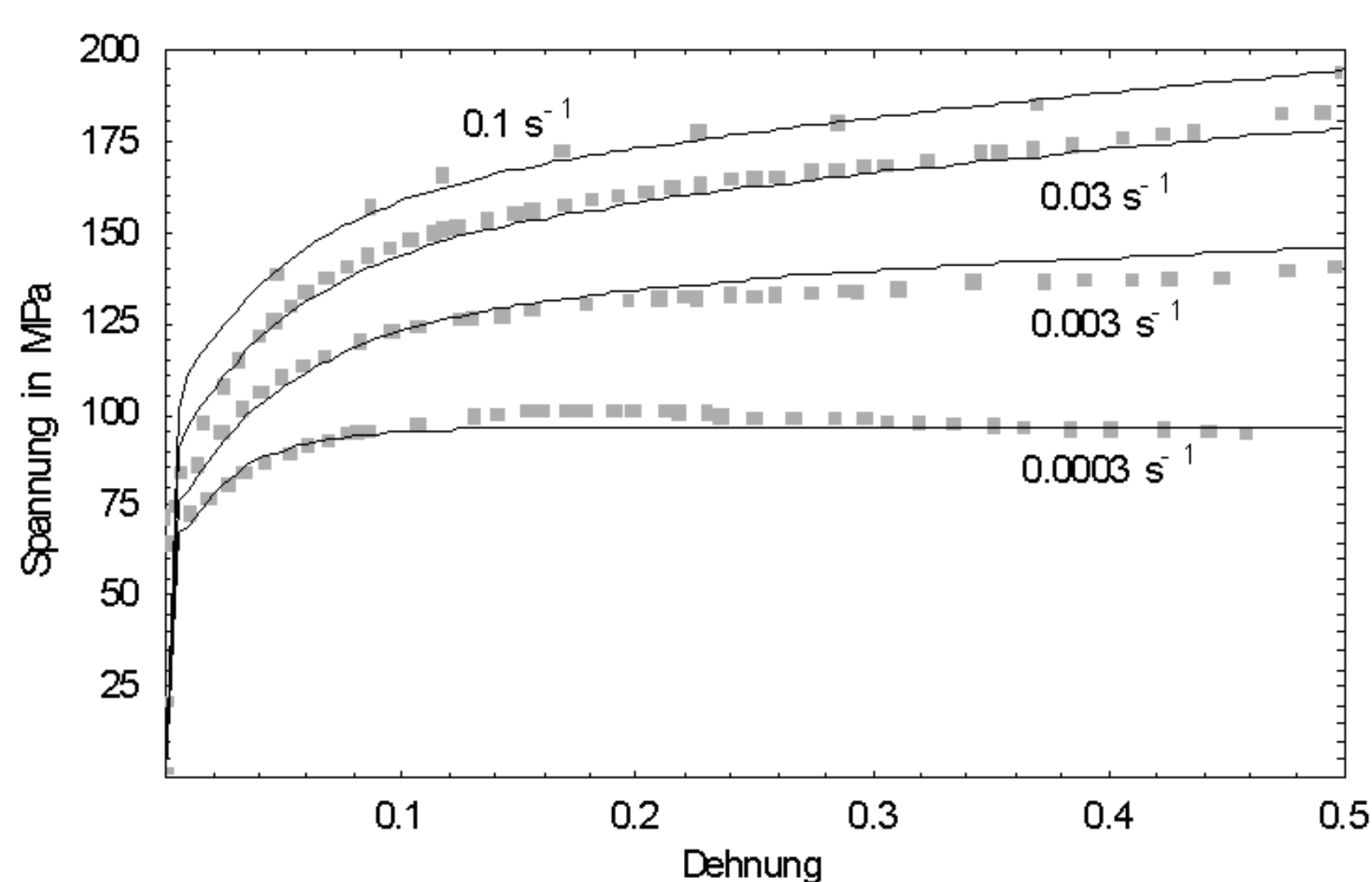


Bild 1.  
Wahre Spannungs-Dehnungs-kurven des MgAZ31 Blechs bei 200°C in Walzrichtung im Zug (Punkte: Experiment, Linien: Modell)

Das Modell wird anhand des Zugversuchs verifiziert (s. Bild 2).

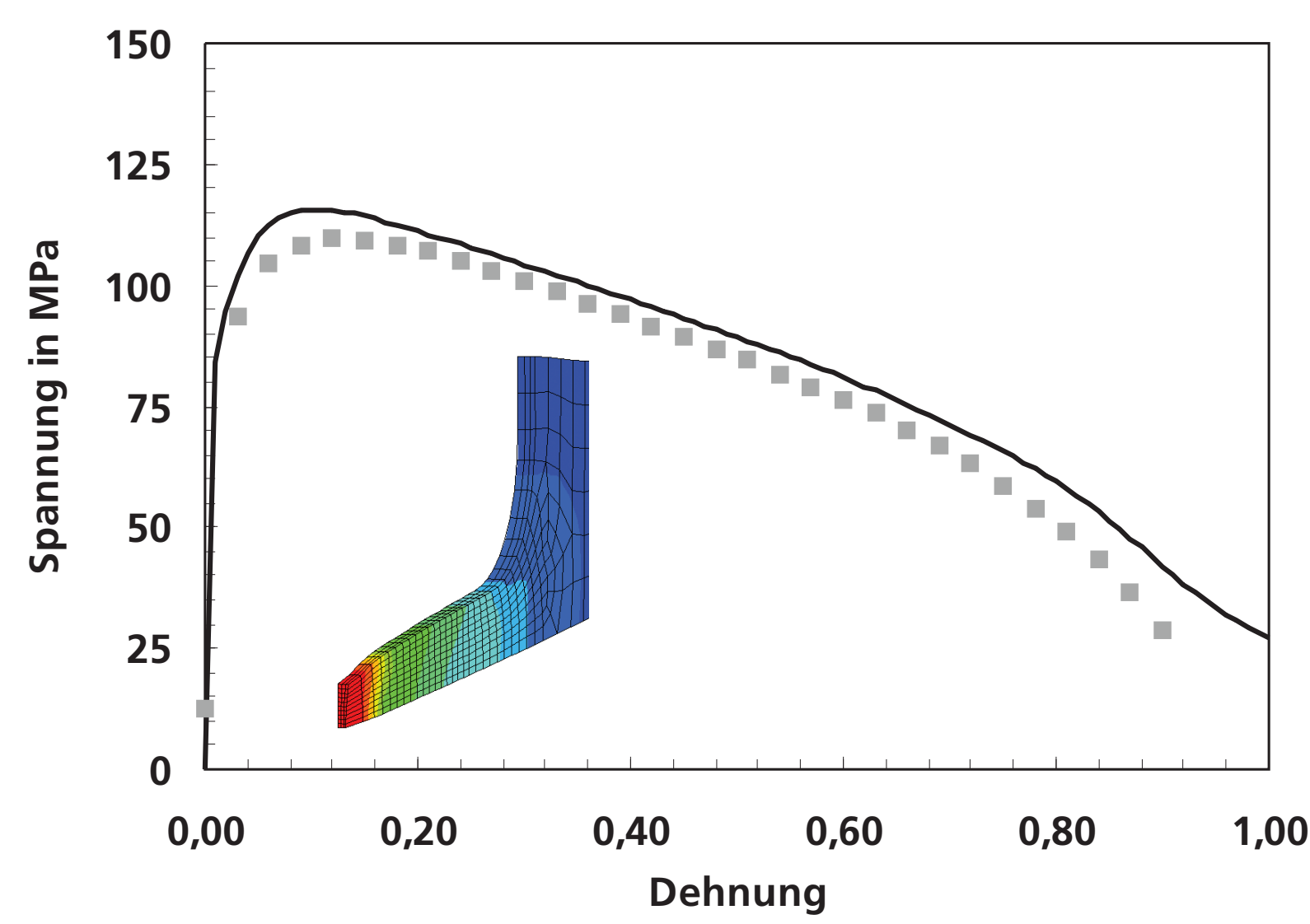


Bild 2.  
Inverse Simulation des Zugversuchs bei 200°C (Punkte: Experiment, Linien: Modell)

Das Innenhochdruckumformen eines Teils der Motorhaube wird simuliert.

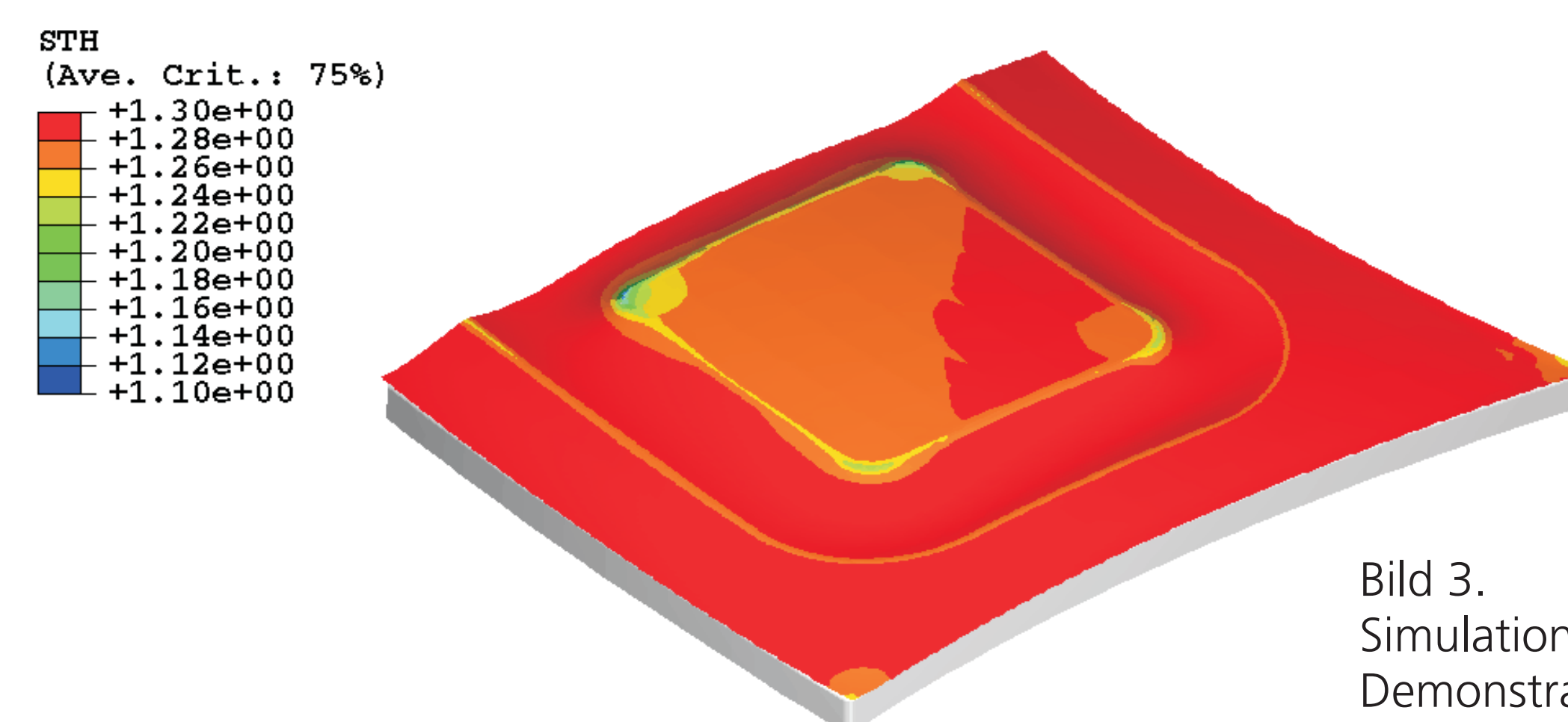


Bild 3.  
Simulation der Umformung des Demonstratorbauteils (Motorhaube) bei 200°C. Verteilung der Blechdicke in mm

## Zusammenfassung

Das mechanische Verhalten der Magnesiumbleche bei erhöhten Temperaturen wird gut mit dem viskoplastischen Chaboche-Jiang Modell beschrieben. Die wesentlichen Elemente dieses Modells sind kinematische Verfestigung (mit mehreren Rückspannungskomponenten) und statischer Erholung kombiniert mit einem Norton-Gesetz.

## Perspektiven

Die Voraussetzungen für die Simulation des Umformens von Magnesiumblech bei erhöhten Temperaturen sind erfüllt. Zukünftig kann die numerische Simulation dazu beitragen, geeignete Prozessfenster zu finden und Prozessparameter sowie Bauteileigenschaften zu optimieren.

**Literatur:**  
J.L. Chaboche: »Constitutive Equations for Cyclic Plasticity and Cyclic Viscoplasticity«, Int. J. Plast. 5 (1989) 247-302. Y. Jiang: »Cyclic Plasticity with an Emphasis on Ratchetting«, Ph.D. Dissertation, Mechanical Engineering, University of Illinois at Urbana-Champaign Urbana (1993).