

Mikrostrukturelle Modellierung zum Einfluss der Eigenspannungsentwicklung auf die Schädigung bei der Kaltmassivumformung mehrphasiger Werkstoffe

SPP Erweiterung der Formgebungsgrenzen bei Umformprozessen

Projektbeginn: 01.02.1999

Projektende : 31.01.2002

Ziele

Die Zielsetzung besteht in der Simulation der Umformung mehrphasiger Werkstoffe unter dem Gesichtspunkt der Schädigung infolge von Rissinitiation und Rissausbreitung im Gefüge. Zusätzlich zu den durch Umformung hervorgerufenen Spannungen sind im Gefüge auch Eigenspannungen vorhanden, die sowohl durch unterschiedliche thermische Ausdehnungskoeffizienten als auch durch unterschiedliche Verformungseigenschaften der Phasen hervorgerufen werden. Insbesondere ist zu untersuchen, wie die Eigenspannungsentwicklung als Vorstufe zur Schädigung im Verbundwerkstoff mit der Gefügeausbildung (Volumenanteil, Größe und Form der Einschlüsse) verknüpft ist.

Werkstoffe

In diesem Projekt wurden auch die Eigenspannungsentwicklung und Schädigungsinitiation in Al/Al₂O₃-Proben und Metall/Metall-Verbundwerkstoffen (Duplexstähle) untersucht. (Es sei hier auf die unten aufgeführten Veröffentlichungen verwiesen). Hier werden die Berechnungen an einem Al/10vol%SiC-Werkstoff vorgestellt.

Zu vernetzender Realgefügeausschnitt (Bild 2)

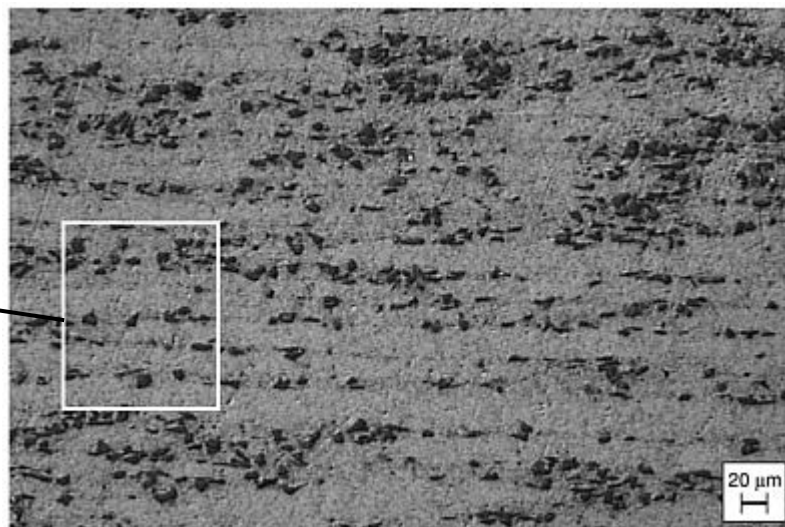


Bild 1: Mikrogefügeausschnitt eines Al/10vol%SiC-Verbundwerkstoffs.

Automatische Vernetzung von Realgefügen

Ausgehend von einer aus einem Schlibfbild (Bild 1) erzeugten Pixelgrafik wird die Vernetzung des Gefüges automatisch durchgeführt. Somit ist es möglich, die Al/Al₂O₃-Phasengrenzen genau abzubilden.

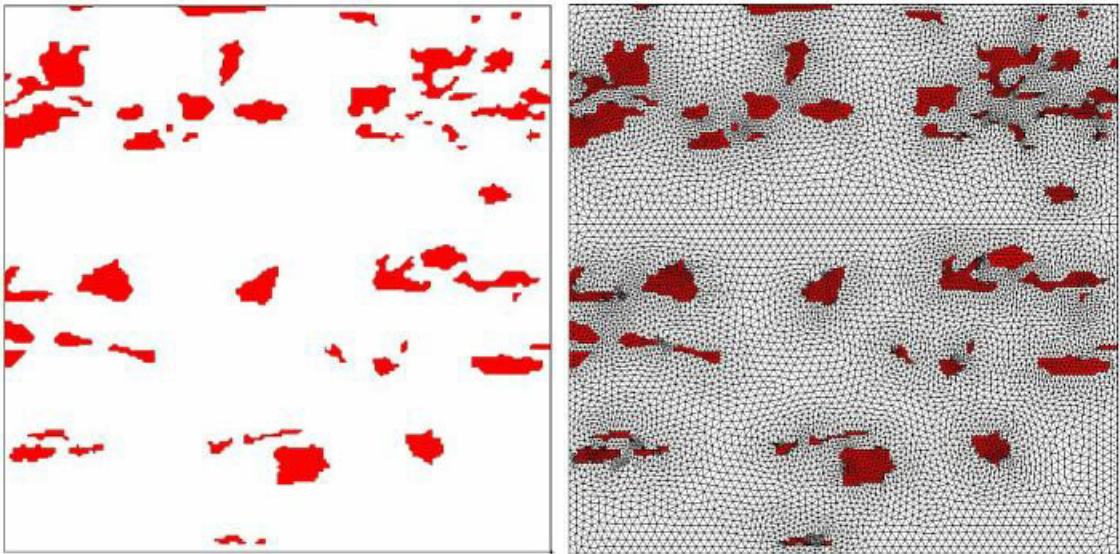


Bild 2: Pixelbild und Realgefügevernetzung.

Beurteilung der Schädigung mittels des Damage-Parameters

Zur Beurteilung des Schädigungspotentials im Gefüge wird zunächst der von Rice&Tracey eingeführte Damage-Parameter angewendet. Hier wird sowohl die Verformungsvorgeschichte als auch der Spannungszustand als Einflussgröße berücksichtigt.

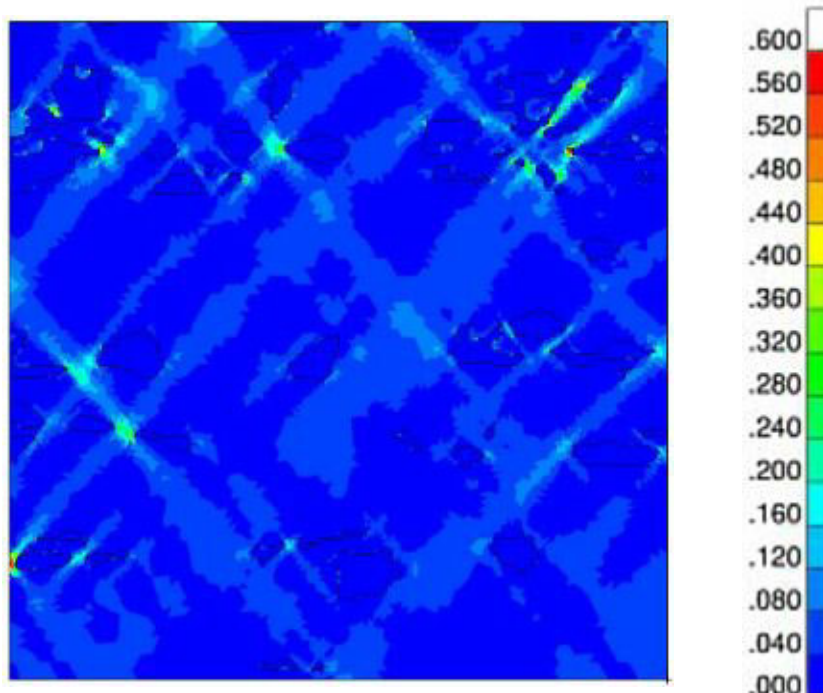


Bild 3: Verteilung des Damage-Parameters bei thermo-mechanischer Belastung.

Ergebnisse

Die numerischen Untersuchungen zeigen, dass Schädigungen im Mikrogefüge hauptsächlich im Bereich von Teilchenclusterungen ausgehen, da sich hier hohe plastische Verformungen und Spannungen konzentrieren. Die Größe des Damage-Parameters wird im Wesentlichen von der Dreiachsigkeit bestimmt. Teilchenform und -orientierung spielen hingegen eine weniger wichtige Rolle, beeinflussen aber die Höhe des Schädigungsparameters ebenfalls. Bei zufällig verteilten Einschlüssen tritt Schädigung bevorzugt in Scherbändern auf. Die Größe des Damage-Parameters ist dort im wesentlichen durch die plastische Vergleichsdehnung bestimmt. Das Schädigungspotential von ungünstigen Einschlussformen wie z. B. quadratischen Einschlüssen kann durch gezielte Orientierung relativ zur Belastung verringert werden. Für beide untersuchten Werkstoffgruppen (Metall/Keramik- und Metall/Metall-Verbundwerkstoffe) kann durch gezielte Gefügeoptimierung der Grad der Schädigung bei der Kaltmassivumformung trotz weiter vorhandener Eigenspannungen reduziert werden. Dadurch können höhere Umformgrade erreicht und der Werkstoff optimaler eingesetzt werden. Zudem sind die optimierten Gefüge wesentlich unempfindlicher gegenüber thermischen Eigenspannungen, was deren Einsatz auch für Warmumformprozesse interessant macht (detailliertere Ergebnisse sind den unten aufgeführten Veröffentlichungen zu entnehmen).

[Animation: Schädigung in einem Al/10vol%SiC Realgefüge](#)
[Abschlußbericht](#)

Danksagung

Die Untersuchungen wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft unter Schm-746/25-1 bis 25-3 gefördert. Für die finanzielle Unterstützung sei gedankt.

Liste der Publikationen aus diesem Projekt

S. Schmauder, E. Soppa, U. Weber, „Computersimulationen der Verformung von Metall/Keramik-Verbundwerkstoffen“, MPA-Nachrichten Nr. 03/2000, S. 2-4 (2000).

U. Weber, E. Soppa, S. Schmauder, „Mikrostrukturelle Modellierung zum Einfluss der Eigenspannungsentwicklung auf die Schädigung bei der Kaltmassivumformung mehrphasiger Werkstoffe“, DFG-Kolloquium im SPP 1074 „Erweiterung der Formgebungsgrenzen bei Umformprozessen“, 11.-12.09.2001, Bonn, S.191-195 (2001).

S. Schmauder, U. Weber, E. Soppa, „Simulation of the Mechanical Behaviour of Ductile Matrix Composites“, Symposium on Structured Media in Memory of Prof. Ekkehart Kröner, Posen/Poland 16.-21.09.2001 (Proceedings of the International Symposium TRECOP`01) pp. 232-244 (2001).

S. Schmauder, U. Weber, E. Soppa, „Computational Mechanics of Heterogeneous Materials: Influence of Residual Stresses“, *Proceedings IUTAM Symposium on Computational*

Mechanics of Solid Materials at Large Strains, Ed.: C. Miehe, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 321-330 (2003).

S. Schmauder, U. Weber, E. Soppa, „Computational Mechanics of Heterogeneous Materials - Influence of Residual Stresses -“, *Computational Materials Science* 26, pp. 142-153 (2003).

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Ulrich Weber

Tel.: +49 / 711 685-3055

Fax: +49 / 711 685-2635

E-mail: ulrich.weber@mpa.uni-stuttgart.de