

## Editorial

In diesem Jahr haben die Wissenschaftler aus dem Sonderforschungsbereich 747 „Mikrokaltumformen“ neben ihren aktuellen Forschungsinhalten die besonderen Aspekte der Umformtechnik im Mikrobereich konzentriert formuliert – das Buch „Micro Metal Forming“ soll im 1. Quartal 2013 im Springer-Verlag erscheinen. Das Werk vermittelt Wissen über die aktuelle Forschung und die junge Geschichte dieser Technik. Es adressiert die besonderen Aspekte bei der Produktion von Mikrobauteilen, von den Grundlagen über die resultierenden Auswirkungen auf die Prozesse des Massiv- und Blechumformens bis hin zu Umformmaschinen, der Herstellung von Werkzeugen, Simulationsansätzen sowie der Qualitätssicherung. Somit steht in Zukunft für Studenten, Wissenschaftler und Ingenieure aus der Industrie, die bereits auf dem Gebiet der Umformtechnik zu Hause sind, ein Werk zur Verfügung, das ihre Kenntnisse auf die speziellen Anforderungen und Ansätze beim Umformen von metallischen Mikrobauteilen erweitert.

Viel Spaß bei der Lektüre der neuen Ausgabe unseres Newsletters.

Das SFB-Team wünscht Ihnen besinnliche Weihnachten und ein gesundes und erfolgreiches Jahr 2013!

Ihr SFB-Team

## Wärmebehandlungen von Mikrohalbzeugen und umgeformten Mikrobauteilen

Dipl.-Ing. Roland von Bargaen

Teilprojektleiter ist Prof. Dr.-Ing. Hans-Werner Zoch vom IWT – Stiftung Institut für Werkstofftechnik.

### Roland von Bargaen

Roland von Bargaen studierte von Oktober 1999 bis November 2005 Produktionstechnik an der Universität Bremen. Seit Ende 2005 arbeitet er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am IWT, in der Hauptabteilung Werkstofftechnik, Abteilung Leichtbauwerkstoffe. Sein Aufgabenbereich umfasste

erst weiterführende Untersuchungen zum oben genannten Thema und erweiterte sich dann um die Entwicklung und Durchführung von Wärmebehandlungsverfahren und -methoden für Mikrohalbzeuge und -bauteile.



Bild 1: Roland von Bargaen

## Inhaltsverzeichnis

- 01 A2: Wärmebehandlung
- 02 B2: Verteilungsbasierte Simulation
- 03 Rückblick: 5. Kolloquium „Mikrokaltumformen“
- 04 Graduiertenförderung
- 04 Termine

### Wärmebehandlungen von Mikrohalbzeugen und umgeformten Mikrobau-teilen

Bei der Mikrokaltumformung spielt der Wärmebehandlungszustand der Halbzeuge und Bauteile eine entscheidende Rolle. Da bei dünnen Bauteilen oft nur wenige Körner in Dickenrichtung vorliegen, werden die Eigenschaften stark von der Größe und Orientierung einzelner Körner beeinflusst. Daher muss im Zuge der Wärmebehandlung versucht werden, ein möglichst homogenes Gefüge zu erreichen.

Eine aus dem Makromaßstab bekannte konventionelle Chargierung als Schüttgut oder auf Gestellen ist für Mikrobauteile mit einer Größe kleiner 1 mm (in zwei Raumrichtungen) nicht sinnvoll. Insbesondere aufgrund der geringen Wandstärken von nur 20 µm kommen einige Faktoren zum Tragen, die im Makrobereich weniger kritisch sind. Hier sind vor allem die Anfälligkeit gegenüber oxidierenden Atmosphären, sowie die leichte Verformbarkeit bei

Kontakt, verstärkt durch erhöhte Temperaturen, zu nennen. Im Falle der Oxidation einer 10 bis 20  $\mu\text{m}$  dicken Folie kann man nicht mehr nur von einer Randoxidation sprechen, da diese sehr schnell bis in den Kern hineinwächst. Beachtet man diese Punkte, ist es notwendig, die Wärmebehandlungsverfahren und die Anlagentechnik den Besonderheiten im Mikrobereich anzupassen, womit sich das Teilprojekt A2 beschäftigt.

Der Fokus liegt hierbei vor allem auf der Verkürzung der Prozesszeiten, um mit den hohen Takraten beim Mikrokaltumformen Schritt halten zu können. Hierzu wurde eine Anlage zur kontaktlosen Wärmebehandlung im Fall, in Form eines 6,5 m hohen Fallrohrofens, aufgebaut, in dem die Mikropauteile in inerter Atmosphäre erwärmt werden können. Unterhalb des Ofens erfolgt die Abkühlung/-schreckung wahlweise in Wasser oder in naher Zukunft auch in einer Gasgegenströmung.

Neben der martensitischen Härtung von z.B. C100 Näpfen konnte auch die Härte von Aluminiumnäpfen ( $\varnothing$  1 mm) aus der Legierung AlSc<sub>2</sub>, hergestellt mittels PVD-Abscheidung, durch Kurzzeitwirmauslagerung gesteigert werden.

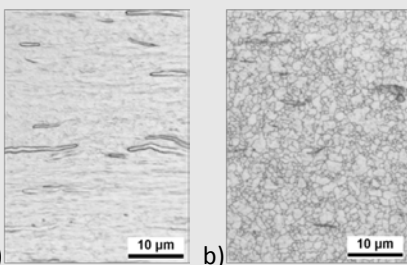


Bild 2: X5CrNi18-10 Draht im a) Ausgangszustand und b) rekristallisiert bei 1300°C für 2 s ( $\varphi = 3,22$ )

Außerdem ist es bei Drahtabschnitten aus X5CrNi18-10 ( $\varnothing_2 = 0,3$  bis  $0,5$  mm) möglich, eine extrem feinkörnige Rekristallisation

im Fallrohrofens herbeizuführen (Bild 2), um die Anisotropie des verfestigten Gefüges, bei geringem Härteverlust, zu verringern (Bild 3).

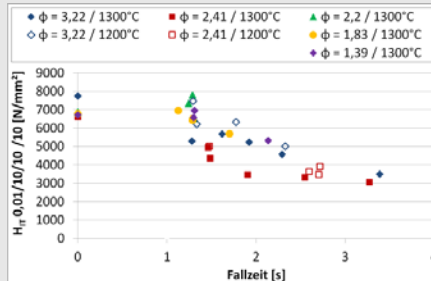


Bild 3: Härte nach Rekristallisation in Abhängigkeit von Umformgrad und Ofentemperatur

### Methoden zur direkten Berücksichtigung der Verteilungsfunktion von Stoffwerten bei der FEM-Simulation von Mikroumformprozessen

Dr. Pavel Bobrov  
 Dr. Jörn Lütjens  
 Dr.-Ing. Jonathan Montalvo Urquizo

Teilprojektleiter des Projekts B2 „Verteilungsbasierte Simulation“ sind Prof. Dr. Mag. rer. nat. Werner Brannath (Kompetenzzentrum für Klinische Studien Bremen), Dr.-Ing. Martin Hunkel (Stiftung Institut für Werkstofftechnik) und Prof. Dr. rer. nat. Alfred Schmidt (Zentrum für Technomathematik).

#### Dr. Pavel Bobrov

Dr. Pavel Bobrov studierte Mathematik an der Obninsk State Technical University for Nuclear Power Engineering (Russland), wo er 1996 im Bereich Stochastik promovierte. 2004 wechselte er zum Institut für Sicherheitsforschung im Forschungszentrum Rossendorf (Dresden). Seit 2007 arbeitet er für das Institut für Statistik im TP B2 des SFBs 747.



Bild 4: Dr. Pavel Bobrov

#### Dr. Jörn Lütjens

Dr. Jörn Lütjens studierte Physik an den Universitäten Gießen, Bremen und Nantes. Nach der Promotion an der University of Surrey, Guildford, UK im Bereich Physik/Medizintechnik (2002) wechselte er zum Institut für Werkstofftechnik Bremen, wo er u. a. im Bereich FEM-Simulation von Wärmebehandlung und Umformen forscht.



Bild 5: Dr. Jörn Lütjens

#### Dr.-Ing. Jonathan Montalvo Urquizo

Dr.-Ing. Jonathan Montalvo studierte Angewandte Mathematik in Mexiko (Diplom, 2000) und Technomathematik an der TU Kaiserslautern (Master, 2004). Seit Ende 2004 arbeitet er für die Arbeitsgruppe Numerik partieller Differentialgleichungen am Zentrum für Technomathematik der Uni-

versität Bremen, wo er im Jahr 2008 promoviert hat. Schwerpunkte seiner Arbeit sind FEM-Simulation und mathematische Modellierung für thermische und mechanische Probleme in der Materialwissenschaft.

sungen an makroskopischen Proben ermittelt wurden, angenommen werden. Zwar wäre es prinzipiell möglich, lokale Variationen des Materialverhaltens vorzugeben und durch Monte-Carlo-Simulation eine Bandbreite von

ein neuer rechnerischer Gleichgewichtszustand ein. Die so bestimmten Verteilungen der lokalen Größen, wie plastischer Dehnung oder Spannung, werden ausgewertet. Im nächsten Iterationsschritt wird auf zuerst wieder als Basis der Mittelwerte klassisch gerechnet, bevor wiederum die Streuung lokal berechnet wird.



Bild 6: Dr.-Ing. Jonathan Montalvo Urquiza

*Methoden zur direkten Berücksichtigung der Verteilungsfunktion von Stoffwerten bei der FEM-Simulation von Mikroumformprozessen*

Im SFB 747 werden Bauteile untersucht, deren Dimensionen in der Größenordnung der mittleren Korngröße der Materialien liegen. Für solche Bauteile ist die übliche Näherung bei FE-Simulationen, dass sich das Material polykristallin und damit homogen verhält, nicht mehr uneingeschränkt gültig. Einzelne Körner mit ihren individuellen Eigenschaften oder auch nur ihrer speziellen kristallinen Ausrichtung können das Verhalten des Bauteils lokal dominieren und z.B. Versagen auslösen. Zudem kann das große Oberflächen-Volumen-Verhältnis die Eigenschaften beeinflussen.

Ein solches Verhalten ist mit der klassischen Finite-Elemente-Methode (FEM) nicht mehr abbildbar, da hier homogene Werkstoffeigenschaften, die aus Mes-

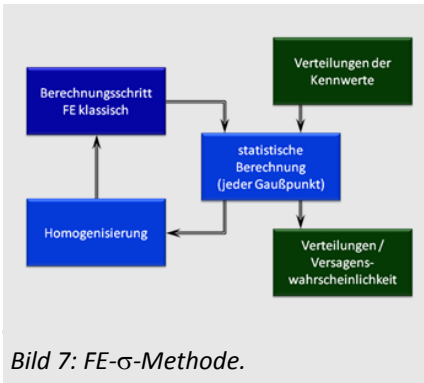


Bild 7: FE- $\sigma$ -Methode.

Ergebnissen zu erhalten. Aufgrund der dafür nötigen immensen Anzahl an Varianten ist diese Vorgehensweise aber nur eingeschränkt durchführbar.

Im Teilprojekt B2 werden Methoden entwickelt, um die statistische Natur der Kennwerte direkt in der FEM-Simulation zu berücksichtigen, wobei die Anzahl der dafür benötigten Berechnungen klein bleibt. Ein neuer Ansatz ist dabei die FE- $\sigma$ -Methode, Bild 7. Hier steht das  $\sigma$  für die Streubreite eines Kennwerts, dessen Wert an einer Stelle des Materials nur stochastisch beschrieben werden kann. Zunächst wird eine klassische FE-Simulation mit Mittelwerten für Kennwerte, wie E-Modul, Streckgrenze etc., aufgesetzt. Nach jedem Iterationsschritt wird aber für jeden Gaußpunkt eine statistische Berechnung durchgeführt, in welchem die lokalen Eigenschaften nur in diesem Gaußpunkt variiert werden. Einige hundert Berechnungen sind dabei eine realistische Größenordnung. Variiert werden z. B. die Streckgrenze oder der E-Modul, ggf. gekoppelt an die lokale Orientierung der Körner (Textur). Es stellt sich

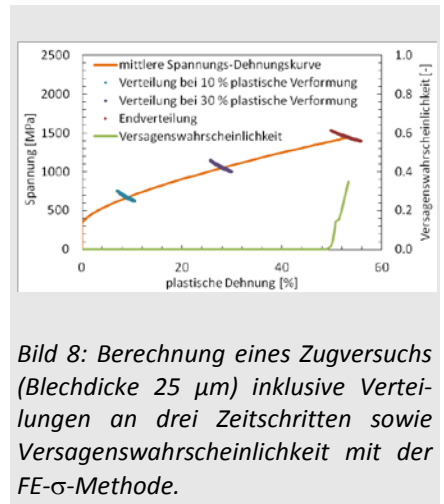


Bild 8: Berechnung eines Zugversuchs (Blechdicke 25  $\mu\text{m}$ ) inklusive Verteilungen an drei Zeitschritten sowie Versagenswahrscheinlichkeit mit der FE- $\sigma$ -Methode.

Ein Ergebnis dieser Methode ist in Bild 8 dargestellt. Hier wurde ein Zugversuch an einer dünnen Probe berechnet. Exemplarisch ist für einige Iterationsschritte die Verteilung von Spannung und Dehnung eingetragen. Variiert wurde die Streckgrenze, es wurde eine Log-Normal-Verteilung angenommen. Interessant ist, dass sich mit diesem Ansatz Versagenswahrscheinlichkeiten aus der Dehnungsverteilung angeben lassen. Durch die Variation der Kennwerte erhält man bereits deutlich vor Erreichen der Bruchdehnung eine endliche Wahrscheinlichkeit für ein Versagen, somit lässt sich mit diesem Ansatz die Robustheit von Prozessen im Mikrobereich abschätzen. ■

## 5. Industriekolloquium „Mikrokalturnformen“

### Rückblick

Am 14.11.2012 veranstaltete der Sonderforschungsbereich 747 das 5. Industriekolloquium „Mikrokalturnformen“. Am Vormittag nutzten die meisten teilnehmenden Industriepartner die Gelegenheit, zentrale Laboranlagen des SFB live zu erleben und Themen vor Ort zu diskutieren. Ergänzend zu den Laborführungen gab Herr Dr. Diehl einen Überblick über die Ziele und Strukturen im SFB sowie die Forschungsthemen. In den Folgevorträgen stellten die Wissenschaftler die neuesten Forschungsergebnisse aus den vier Kompetenzfeldern des SFB vor. Industriepartner Prof. Dr. Bernd Hommel (SITEC Industrietechnologie GmbH) sowie Herr Martin Wagner (HUBER+SUHNER AG) gewährten Einblicke in das industrielle Herstellen der Mikrostrukturen mittels EC-Prozesse bzw. die Anforderungen bei der Herstellung der Höchstfrequenzverbinder.



Bild 9: Fachgespräche während der Posterausstellung beim Industriekolloquium 2012

Den Abschluss des fachlichen Teils der Veranstaltung bildete ein moderierter Gesprächskreis, auf dem sich Industriepartner und Wissenschaftler über aktuelle Schwerpunktthemen aus den Feldern Messtechnik, Materialien und Mikrogeometrien austauschten

und gemeinsame Forschungsthemen benannten. Gespräche sowie eine Poster-, Video- und Exponatenausstellung rundeten das Kolloquium ab. ■

## Graduiertenförderung und AG Wissenschaftskommunikation

### Rückblick

Die Graduiertenförderung des SFB 747 unterstützt die Jungwissenschaftler, u. a. in Form von Seminaren und Workshops, ihren fachlichen, methodischen und sozialen Horizont zu erweitern und sich sowohl in der Forschungs- als auch in der Industrielandschaft zu vernetzen, damit sie den nächsten Karriereschritt erfolgreich gehen. In den regelmäßigen Treffen wird neben der Vernetzung im SFB 747 auch der fachliche Austausch geschult. Probe- und Fachvorträge, Posterpräsentationen, aber auch rechtliche Tipps zur Promotion und Projektmanagement bilden die Basis der Graduiertenförderung des Sonderforschungsbereichs. Darüber hinaus werden die Jungwissenschaftler in externen Veranstaltungen, in den sogenannten Softskills, weitergebildet. „Die Kunst sich selbst zu präsentieren“, ein zweitägiger Workshop unter Leitung des ausgewiesenen Experten und Theaterregisseurs Herrn Jochen Biganzoli, diente zur Ausbildung sowohl methodischer Kompetenzen als auch rhetorischer Fähigkeiten der Nachwuchswissenschaftler. Eng verzahnt arbeitet die Graduiertenförderung mit der AG Wissenschaftskommunikation des mikromal-Projekts zusammen, um auch die Experten-Laienkommunikation der Wissenschaftler zu schulen.



Bild 10: Jungwissenschaftler im Gespräch

## Termine 2013

8.+9.10  
6. Kolloquium Mikroproduktion

13.11.  
6. Industriekolloquium „Mikrokalturnformen“

## Kooperationen

### Beteiligte Institute:



## Impressum

Herausgeber:  
SFB 747

Sprecher:  
Prof. Dr.-Ing. Frank Vollertsen

Klagenfurter Straße 2  
28359 Bremen  
Telefon +(49) 0421 / 218 58001  
Telefax +(49) 0421 / 218 58063  
Web: [www.sfb747.uni-bremen.de](http://www.sfb747.uni-bremen.de)

Redaktion:  
Sabine Berk  
Dr.-Ing. Sybille Friedrich

[berk@bias.de](mailto:berk@bias.de)