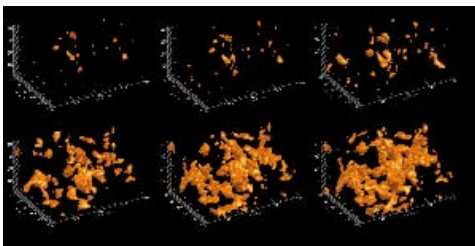


Visualisierung der Kriechschädigung in Messing durch Tomographie mit Synchrotronstrahlung

Isaac, A. (1); Sket, F. (1); Dziencial, K. (1); Sauthoff, G. (1); Borbély, A. (1); Camin, B. (2); Reimers, W. (2); Pyzalla, A. (1)

Während der letzten 40 Jahre wurden eine Reihe von experimentellen Untersuchungen zur Charakterisierung der Kriechschädigung in Hochtemperaturwerkstoffen durchgeführt. Üblicherweise wurden Lichtmikroskopie und Rasterelektronenmikroskopie verwendet. Die Bildanalyse an den (notwendigerweise) 2D-Schnitten durch Proben hat jedoch einige Nachteile [1]. Beispielsweise können durch die Präparation Artefakte entstehen, komplexe dreidimensionale Strukturen können nicht abgebildet werden und Poren, die in 3D verbunden sind erscheinen im 2D-Bild getrennt. Seit einiger Zeit ist Synchrotronstrahlung an Synchrotronquellen wie dem HASYLAB am Deutschen Elektronensynchrotron (DESY) oder der European Synchrotron Radiation



Evolution der Kriechporen in einer Messinglegierung, experimentelle Untersuchung durch in-situ Tomographie mit Synchrotronstrahlung. Einheiten in voxel (1 voxel \approx 5 μ m)

Facility (ESRF) in Grenoble, Frankreich, auch für Materialwissenschaftler zugänglich. Dort können tomographische Methoden zur Charakterisierung inhomogener Werkstoffe verwendet werden. Bei der Computer Mikrotomographie mit Synchrotronstrahlung wird eine Auflösung von bis zu 0,3 μ m erreicht, so dass sich zur Charakterisierung von Verbundwerkstoffen, porösen Werkstoffen und zur Untersuchung des Schädigungsverlaufs in Werkstoffen neue Möglichkeiten auftun [2-4]. Da die Computer-Tomographie mit Synchrotronstrahlung zerstörungsfrei ist und Messungen mit einer Zeitauflösung im Bereich einiger Minute zulässt, können in-situ Versuche, wie z.B. Zugversuche oder Kriechversuche durchgeführt werden, bei denen die Entwicklung Werkstoffschädigung direkt in 3D verfolgt wird.

Im Rahmen von Experimenten mit Synchrotron wurde Messing (Cu40Zn2Pb) als Modellwerkstoff verwendet, um in-situ die Entwicklung von Kriechporen und ihr Zusammenwachsen während des Kriechprozesses zu untersuchen. Durch quantitative Bildanalysen an den 3D-Bildern der Proben wurde mittels eines Kreuz-Korrelations-Verfahrens ein ausgewähltes Volumen im Werkstoff während des Kriechprozesses verfolgt. In diesem ausgewählten Volumen ist die Entwicklung der Kriechschädigung

von zunächst einzelnen Poren durch stetiges Wachstum, dann Zusammenwachsen mit benachbarten Poren und schließlich die Bildung von Mikrorissen zu erkennen (Bild). Die Veränderung der Porengröße und Porenform, der Anzahl der Poren sowie z.B. die Abnahme des tragenden Querschnitts der Proben wurde quantitativ analysiert (Isaac et al., Material Science and Engineering A, in press). Damit entstehen neue Erkenntnisse über die Entwicklung der Kriechschädigung, die in zukünftige Werkstoffentwicklungen einfließen werden.

- [1] L. Salvo, P. Cloetens, E. Maire, S. Zabler, J. J. Blandin, J.-Y. Buffière, W. Ludwig, E. Boller, D. Bellet, C. Josserond, Nucl. Inst. Methods Phys. Res. B, 2003, 200, 273.
- [2] L. Babout, E. Maire, R. Fougères, Acta Mater. 52 (8) (2004) 2475-2487.
- [3] C.F. Martin, C. Josserond, L. Salvo, J.J. Blandin, P. Cloetens, E. Boller, Scripta Mater. 42 (4) (2000) 375-381.
- [4] A. Pyzalla, B. Camin, T. Buslaps, M. Di Michiel, H. Kaminski, A. Kottar, A. Pernack, W. Reimers, Science 308 (5718) (2005) 92-95.

- (1) Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH, Max-Planck-Strasse 1, 40237 Düsseldorf, Germany
- (2) TU Berlin, Institut für Werkstoffwissenschaften und -technologien, Sekr. BH18, Ernst-Reuter-Platz 1, 10587 Berlin, Germany

Zukunftsdialog „Rohstoffproduktivität und Ressourcenschonung“

Lucas, R. (1); Scharp; M. (2)

Industrie- und Umweltpolitik stehen vor einer gemeinsamen Herausforderung: die Rohstoffproduktivität zu verbessern und damit einen wichtigen Beitrag zur Ressourcenschonung zu leisten. Das Forschungsvorhaben, gefördert durch das Umweltbundesamt, wird zur Errei-

chung dieser Ziele Vorschläge für drei Fokusbereiche entwickeln:

- Bauen & Wohnen (verbraucherorientierter Ansatz),
- Stahl (branchenorientierter Ansatz) sowie
- Rohstoffsystem Kupfer (internat. Chain-Management-Ansatz).

In einem ersten Arbeitsschritt wurden die grundsätzlichen Trends und Potentiale ermittelt und auf dieser Basis Aktionsfelder ausgewählt. Aufgrund der wachsenden Bedeutung für den Kupferverbrauch wurden die Produktbereiche Informations- und Kommunikationstechnik und Autoelektronik

ausgewählt. Ausgangs- und Rahmenbedingungen, technologische Trends und eine erste Abschätzung der Effizienzpotentiale wurden in einem Hintergrundpapier untersucht.

Im Rahmen von Experteninterviews und in einem eintägigen Expertenworkshop wurde ein Maßnahmenkatalog zur Diskussion gestellt. In diesen Abstimmungsprozess waren zahlreiche Experten aus der Kupferindustrie und der Recyclingwirtschaft eingebunden. Zur Diskussion gestellt wurde zunächst das gesamte Spektrum von Handlungsmöglichkeiten: Innovationen im Produktdesign und im Bereich Kupferlegierungen, Subs-

titution von Werkstoffen, Optimierung der Recyclingverfahren und der Redistribution, freiwillige Vereinbarungen, Anreizinstrumente, Verbraucherinformation, Optimierung bestehender Instrumente, Handelspolitik im Bereich der Sekundärrohstoffe etc.). Die entsprechenden Vorschläge wurden in einem Maßnahmenpapier zusammengefasst. Als Ergebnis dieses Dialoges wird es Empfehlungen für die weitere Ausgestaltung des Ressourcenmanagements und einer ökologischen Industriepolitik geben, wie sie derzeit vom Bundesministerium für Umwelt (BMU) verfolgt wird.

Weitere Informationen und die erwähnten Papiere zum Projekt finden sich unter www.ressourcenproduktivitaet.de

Das Projekt wird am 24. Januar 2008 im Bundespresseamt (Berlin) seine Abschlussveranstaltung durchführen.

(1) *Rainer Lucas (Projektleiter am Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie) rainer.lucas@wupperinst.org*

(2) *Dr. Michael Scharp (wiss. Mitarbeiter am Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung – IZT, Berlin)*

Modellierung von Größeneffekten auf den Spanbildungsprozess bei der Zerspangung von WCu-Verbundwerkstoffen

Graf von der Schulenburg, M. (1)

Die Miniaturisierung von Produkten, Baugruppen oder einzelner Funktionsflächen ist für viele Industriebereiche von großer Bedeutung. Aus der für die Miniaturisierung erforderlichen Skalierung der Bearbeitungsparameter resultieren Größeneffekte, die erhebliche Abweichungen von den geforderten Bauteilgenauigkeiten bewirken können. Ziel der Forschungstätigkeit ist es, die Auswirkungen dieser Größeneffekte bei der Schaftfräsbearbeitung von

Wolfram-Kupfer-Verbundwerkstoffen (WCu) auf die erreichbaren Bauteilgenauigkeiten qualitativ und quantitativ vorherzusagen.

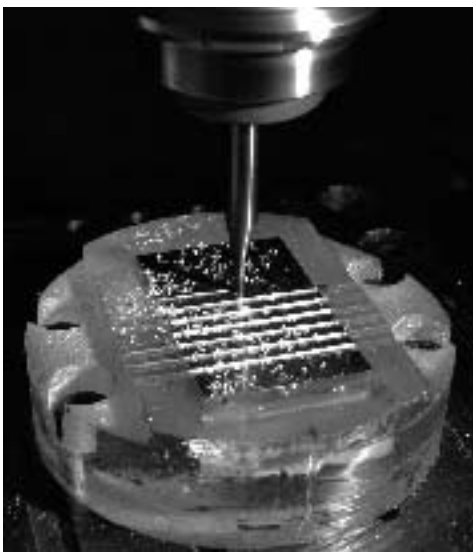
WCu ist ein mehrphasiges Material, das durch Flüssigphasensintern oder Hochtemperaturinfiltration hergestellt wird. Anwendungsbeispiele sind strukturierte Formelektroden für das Senkerodieren sowie Kontakte für Leistungs- und Vakuumschalter. Zwischen den einzelnen WCu-Spezifikationen bestehen erhebliche Unterschiede hinsichtlich der Korngröße, der Korngrößenstreuung, des Anteils der metallischen Bindephase sowie der Homogenität, die bei der Interpretation der Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen zu berücksichtigen sind.

Im Projekt erfolgt eine Reihe von werkstoffmechanischen und technologischen Untersuchungen wie die Messung von Zerspankraft und Werkzeugabdrängung beim Fräsen, quasi-statische Zerspanversuche, Analogieversuche im Außenlängsrunddrehen, Härtmessungen und Thermografieuntersuchungen. Bei den Prozesskraftmessungen stellte sich heraus, dass größere Wolframanteile sowie kleinere Wolframkorn Durchmesser zu steigenden Prozesskräften führen. Durch Eingießen einer WCu-Probe in Kunst-

stoff konnte die Abdrängung des Fräasers in verschiedenen WCu-Spezifikationen bestimmt werden. Aufnahmen mit dem Rasterelektronenmikroskop zeigten deutliche Unterschiede zwischen den Gefügeausbildungen der Späne, die den Einfluss der WCu-Spezifikation belegen.

Darüber hinaus erfolgt eine Reihe von Härte-, Stauch-, Scher- und Zerspansimulationen, die der Erlangung eines besseren Prozessverständnisses dienen. Die Simulationen werden unter Verwendung der Methode der Finiten Elemente (FEM) mit den FE-Programmen ABAQUS und DEFORM durchgeführt. Auch hier zeigt sich der Einfluss der jeweiligen WCu-Spezifikation. Im Mittelpunkt der Arbeiten stehen dabei die realitätsnahe Modellierung des Versuchswerkstoffes, die Entwicklung und Überprüfung eines Materialgesetzes sowie die Programmierung und Überprüfung eines 3D-Zerspanprozesses.

(1) *Matthias Graf von der Schulenburg, Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb (IWF), Technische Universität Berlin, Bereich Fertigungstechnik, Sekr. PTZ 1, Pascalstraße 8-9, 10587 Berlin*



Zerspangung von WCu-Verbundwerkstoffen