

# 50. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium

September, 19-23, 2005

**Maschinenbau  
von Makro bis Nano /  
Mechanical Engineering  
from Macro to Nano**

**Proceedings**

Fakultät für Maschinenbau /  
Faculty of Mechanical Engineering

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

## Impressum

- Herausgeber: Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau  
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter Scharff
- Redaktion: Referat Marketing und Studentische Angelegenheiten  
Andrea Schneider
- Fakultät für Maschinenbau  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Kurtz,  
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. med. (habil.) Hartmut Witte,  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Linß,  
Dr.-Ing. Beate Schlütter, Dipl.-Biol. Danja Voges,  
Dipl.-Ing. Jörg Mämpel, Dipl.-Ing. Susanne Töpfer,  
Dipl.-Ing. Silke Stauche
- Redaktionsschluss: 31. August 2005  
(CD-Rom-Ausgabe)
- Technische Realisierung: Institut für Medientechnik an der TU Ilmenau  
(CD-Rom-Ausgabe) Dipl.-Ing. Christian Weigel  
Dipl.-Ing. Helge Drumm  
Dipl.-Ing. Marco Albrecht
- Technische Realisierung: Universitätsbibliothek Ilmenau  
(Online-Ausgabe) [ilmedia](#)  
Postfach 10 05 65  
98684 Ilmenau
- Verlag:  Verlag ISLE, Betriebsstätte des ISLE e.V.  
Werner-von-Siemens-Str. 16  
98693 Ilmenau

© Technische Universität Ilmenau (Thür.) 2005

Diese Publikationen und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.

ISBN (Druckausgabe): 3-932633-98-9 (978-3-932633-98-0)  
ISBN (CD-Rom-Ausgabe): 3-932633-99-7 (978-3-932633-99-7)

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

E. Stoll / P. Mahr / H-G. Krüger / H. Kern / A. R. Boccaccini

## Anforderungen an die elektrophoretische Infiltration zur Herstellung von Oxid/Oxid-Faserverbundwerkstoffen

### ABSTRACT

Langfaserverstärkte Oxid/Oxid-Verbundwerkstoffe (Oxid/Oxid-CMCs) sind Werkstoffe, die für den Einsatz als Leichtbauteile und als Komponenten zum thermischen Schutz von Brennkammern in der Luftfahrt und Raumfahrt sowie der Energietechnik geeignet sind. Sie weisen gegenüber monolithischen Oxidkeramiken schadenstolerantes und pseudoplastisches Verhalten auf. In diesem Beitrag wird die elektrophoretische Infiltration (EPI) erläutert mit der Mehrlagenverbundwerkstoffe aus oxidischen Geweben und  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Submikropulvern hergestellt werden können [1, 2].

### EXPERIMENTELLES

Es wurde Nextel™ 720 8H-Gewebe (3M Co., St. Paul, MN, USA) als Verstärkungsmaterial verwendet. Die Matrix bildete das reine  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- Pulver AKP 50 (Sumitomo Corp., Japan). Die Abscheidung erfolgte in einer speziellen elektrophoretischen Zelle. Die feinteiligen Partikel (~200 nm) weisen in einer ethanolischen Suspension mit 4-Hydroxybenzoesäure als Dispergator eine relativ hohe positive Partikelladung auf [3, 4]. Die zu infiltrierenden Fasermatten sind nichtleitend und müssen mit einer Edelstahlelektrode straff kontaktiert werden. Unter Wirkung eines elektrischen Gleichfeldes wandern die positiv geladenen dispergierten Teilchen durch das Fasergewebe und koagulieren an der Abscheideelektrode (Katode). So wächst die Matrixschicht in Gegenrichtung der bewegten Partikel in das Gewebe hinein und füllt dabei die Zwischenräume aus. Die Feldstärke bei der Abscheidung betrug 50 V/cm und die Infiltrationszeiten waren 2-10 min. Die Sinterung erfolgte bei 1300 °C kurzzeitig drucklos an Luft.

### DISKUSSION

Die Ergebnisse zeigen eine erfolgreiche Matrixbildung mit einer gleichmäßigen Partikelverteilung und Packungsdichte im Grünkörper (Bild 1a) sowie im Sinterkörper (Bild 1b). Nach dem Bruch des Verbundes ist ein fiber-pull-out-Effekt (Bild 1b) zu erkennen, der auf eine schwache Faser/Matrix-Anbindung zurückzuführen ist. Bei den Sinterbedingungen bis 1300 °C ist eine hervorragende Ausfüllung der Zwischenräume der Faserbündel (intra-tow-Bereich) mit einem relativ guten Versinterungsgrad der Partikel (Bild 1c) zu erkennen.

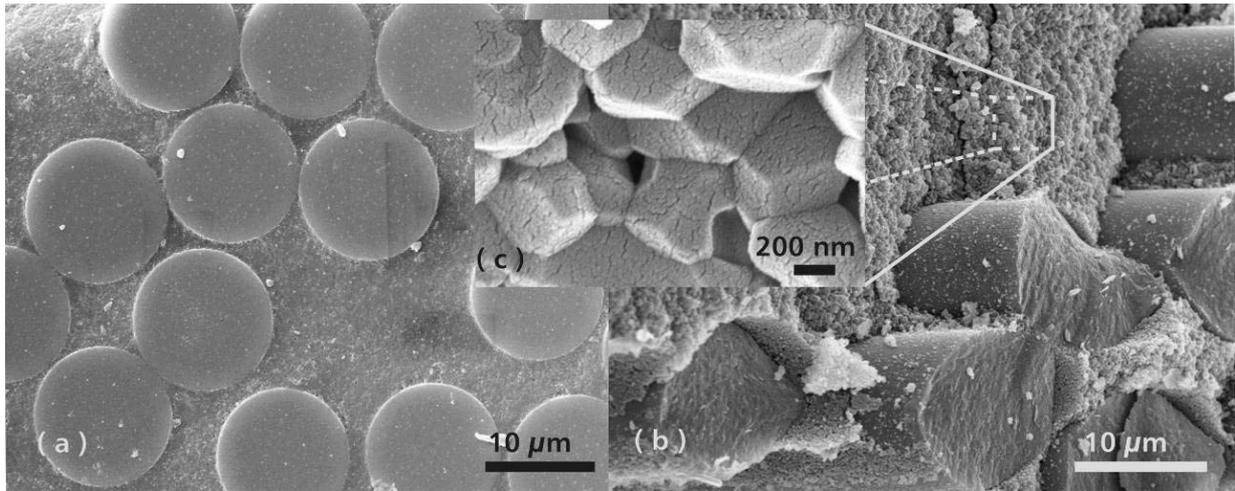


Bild 1: REM-Aufnahme einer durch EPI infiltrierte Nextel™ 720 Fasergewebelage mit  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Pulver (AKP50) (a) vollständige Infiltration der Fasergewebelage (Grünkörper), (b) Pull-Out-Verhalten nach dem Bruch des Verbundes (Sinterkörper), (c) Versinterte Matrixkörner.

## SCHLUSSFOLGERUNG

Die Methode ermöglicht eine gleichzeitige Infiltration von mehreren (bis 6) Gewebelagen in einem Verfahrensschritt. Diese Mehrlagenverbundwerkstoffe weisen eine gleichmäßige und vollständige Ausfüllung der Zwischenräume des Fasergerüsts mit Matrixmaterial auf.

Aufgrund der erreichten Ergebnisse zur Herstellung von Mehrlagenverbundwerkstoffen ist das Verfahren für spezielle industrielle Anwendungen geeignet.

Weitere Arbeiten konzentrieren sich auf andere Matrix/Faser-Kombinationen und eine umfangreiche Werkstoffcharakterisierung der hergestellten Oxid/Oxid-CMCs.

### Literatur:

- [1] Stoll, E.; Mahr, P.; Krüger, H.-G.; Kern, H.; Thomas, B. J. C. und Boccaccini, A. R.: *Fabrication technologies for oxide-oxide ceramic matrix composites based on electrophoretic deposition*, Journal of the European Ceramic Society, In Press, Corrected Proof (2005)
- [2] Boccaccini, A. R.: *Editorial: Electrophoretic deposition: fundamentals and applications in materials science*, Journal of Materials Science, 39 (2004) 3, S. 769-770
- [3] Georgi, C.; Krüger, H. G. und Kern, H.: *Oxide-Oxide CMCs Prepared by electrophoretic Infiltration (EPI) of Nextel™ preforms*, "Proc. ICCM-14", July 14-18 2003, San Diego, California. SEM, M1
- [4] Stoll, E.; Mahr, P.; Krüger, H. G.; Kern, H. und Boccaccini, A. R.: *Oxid/Oxid-Mehrlagenfaserverbundwerkstoffe durch elektrophoretische Infiltration und Lamination*, "Verbundwerkstoffe 15. Symposium: Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde", 6.-8. April 2005, Universität Kassel. Herausgeber: Schlimmer, M., Werkstoff- Informationsgesellschaft GmbH, S. 157-162

### Autorenangabe:

Dipl.-Ing. Erick Stoll, Dipl.-Chem. Petra Mahr,  
 PD Dr.-Ing. habil. Horst Günter Krüger, Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Heinrich Kern  
 Technische Universität Ilmenau  
 Gustav-Kirchhoff-Str. 6 , PF 100565  
 98693, Ilmenau  
 Tel.: +49 3677 69 3164  
 Fax: +49 3677 69 1597  
 E-mail: erick.stoll@tu-ilmenau.de

Dr. Aldo R. Boccaccini  
 Imperial College London  
 Prince Consort Road  
 London SW7 2BP, UK  
 Tel.: +44 207 594 6731  
 Fax: +44 207 594 6757  
 E-mail: a.boccaccini@imperial.ac.uk