

Projekttitel: Oxidkeramische Faserverbundwerkstoffe (OFC) mit dreidimensionaler Verstärkungsarchitektur

Partner: Institut für Textiltechnik (ITA) an der RWTH Aachen Lehrstuhl Keramische Werkstoffe (CME), Universität Bayreuth

Laufzeit: 04/2015 – 03/2018

Förderträger: DFG (Normalverfahren)



Univ.-Prof.
Prof. h.c. (Moscow State Univ.)
Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing.
Thomas Gries
Institutsleiter

Martin Kolloch
Britta Kuckhoff
Wissenschaftliche Mitarbeiterin

Mein Zeichen: Kol, Kuc
31. Mai 2016

Mission Statement: Strukturwerkstoffe für Einsatztemperaturen über 1000 °C in korrosiver Atmosphäre sind Schlüsselemente für Entwicklungen in der Energiewandlung, der Verkehrstechnik und der Metallurgie. Oxidische Faserverbundkeramiken (Oxide Fiber Composites bzw. OFC) sind für diese Anwendungen prädestiniert. Sie sind chemisch beständig und inhärent oxidationsstabil. Als Strukturwerkstoff eignen sich OFC, da sie auch bei hohen Temperaturen sowie großen Temperaturgradienten ein schadenstolerantes Bruchverhalten zeigen. Ihre Dichte liegt unter 3 g/cm³ und ihre massenspezifischen mechanischen Eigenschaften übertreffen die der metallischen Superlegierungen [i, ii, iii]. Die Werkstoffforschung zu OFC verfolgt vorrangig zwei Forschungsansätze: Der ersten Ansatz, durch eine Beschichtung die Bindung zwischen Verstärkungsfaser und Matrix gezielt zu schwächen, scheidet in der Praxis bislang an der ungenügenden Langzeittemperaturbeständigkeit sowie an der fehlenden Homogenität der Beschichtung. Im zweiten Ansatz wird die Erzeugung eines bruchzähen und fehlertoleranten Materialverhaltens der Verbundkeramik durch eine poröse Matrix erforscht. Die mechanischen Eigenschaften sind bei matrixdominierten, komplexen und interlaminaren Belastungssituationen im Vergleich zu Verbundwerkstoffen mit Faserbeschichtung jedoch niedriger [iv, v, vi]. Dieses Defizit soll durch eine belastungsgerechte dreidimensionale Verstärkungsstruktur und durch ein gezielt angepasstes Matrixdesign behoben werden. Im Erfolgsfall steht erstmals eine oxidische Faserverbundkeramik zur Verfügung, die konstruktiv z.B. in Gasturbinen, Wärmetauschern oder in der Medizintechnik eingesetzt werden kann.



Abbildung: geflochtene oxidische Verbundkeramik (Bild: CME)

Lösungsweg: Die Herstellung dreidimensionaler Strukturen mit lokal annähernd beliebiger Faserorientierung ist nur auf einem 3D-Flechter möglich. Jedoch kommt es prozessbedingt zu hoher Faserschädigung. Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es, am ITA erstmalig eine 3D-geflochtene Struktur mit oxidischen Fasern zu realisieren. Die Adaptierung des 3D-Flechtens für die Verarbeitung der extrem spröden Keramikfasern steht im Fokus. Für das Fertigungsverfahren des 3D-Rotationsflechtens werden Klöppel neu entwickelt, die für die Verarbeitung der spröden keramischen Oxidfasern geeignet sind. Tribologische Untersuchungen an der Faser bilden die Grundlage für die Konzeptionierung, Entwicklung und Erprobung neuer Klöppel. Parallel dazu wird am CME eine Herstellungsrouten für 3D-OFC entwickelt. Die Infiltration der Faserpreforms mit Schlickern sowie die Bereitstellung eines schwindungsfreien Matrixsystems sind dabei Schwerpunkte. Die homogene Infiltration von großvolumigen Faserpreforms ist beispielsweise weitaus anspruchsvoller als die Infiltration von Rovings oder dünnen Geweben, die bei den konventionellen Herstellungsverfahren durchgeführt wird. Im ersten Projektabschnitt werden als Faserverstärkung Gewebe sowie am ITA hergestellte 2D-Rundgeflechte eingesetzt. Die Rundgeflechte, deren Fertigung bereits möglich ist, stellen endkonturnahe Faserpreforms mit einem gewissen Anteil an Fasern in z-Achsenverstärkung dar und ermöglichen die Weiterentwicklung der Matrix. Sobald verfügbar, werden mit dem neuen Klöppelkonzept 3D geflochtene Preforms am ITA produziert und am CME verarbeitet. Final werden Werkstoffkennwerte für die neu entwickelte, 3D-langfaserverstärkte oxidische Verbundkeramik ermittelt und mit gewebeverstärkten OFC, Varianten mit Rundgeflechten als Faserverstärkung sowie mit dem Stand der Technik abgeglichen. Von besonderem Interesse ist die Korrelation zwischen Verstärkung in z-Achse und der Schubfestigkeit. Insgesamt liefert diese Arbeit wichtige Konzepte und Erkenntnisse in der Faserverarbeitung und der Herstellung von OFC.

Danksagung:

Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft e.V. (DFG), Bonn, für die finanzielle Förderung des Forschungsprojektes.

Kontakt:

Martin.Kolloch@ita.rwth-aachen.de; Tel.: +49 241 80 - 24737

Britta.Kuckhoff@ita.rwth-aachen.de; Tel.: +49 241 80 - 23477

-
- i M. Kuhn, C. Kirchberger, G. Schlieben, M. Ortelt, *Untersuchungen von transpirationsgekühlten Keramiken in Raketenbrennkammern innerhalb einer Kerosin-Sauerstoff Verbrennungsumgebung*, Bauweisen- und Faserkeramik-Kolloquium 2010, Stuttgart, Institut für Bauweisen- und Konstruktionsforschung 2010
 - ii J. Göring, S. Hackemann, H. Schneider, *Oxid/ Oxid-Verbundwerkstoffe: Herstellung, Eigenschaften und Anwendungen*, in *Keramische Verbundwerkstoffe* (hrsg. von W. Krenkel), Wiley-VCH, Weinheim, 122-148 (2002)
 - iii K.A. Keller, G. Jefferson, R.J. Kerans, *Oxide-Oxide composites*, Handbook of Ceramic Composites (hrsg. von N.P. Bansal), Kluwer Academic Pub., Boston, 377-422 (2005)
 - iv C.G. Levi, F.W. Zok, J.Y. Yang, M. Mattoni, J.P.A. Löfvander, *Microstructural Design of Stable Porous Matrices for All-Oxide Ceramic Composites*, Zeitschrift für Metallkunde, 90[12], 1037-1047 (1992)

-
- v F.W. Zok, Developments in Oxide Fiber Composites, J. Am. Ceram. Soc., 89 3309–3324 (2006)
- vi R.A. Simon, R. Danzer, Oxide Fiber Composites with Promising Properties for High-Temperature Structural Applications, Advanced Engineering Materials, 8[11], 1129-1134 (2006)