

KURZVERÖFFENTLICHUNG

Kurzfaserverstärkte oxidkeramische Faserverbundwerkstoffe (IGF Nr. 18396 N)

Autoren: Dr. rer. nat. Elisabeth Giebel, Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf
Dr. rer. nat. Stefan Knohl, Lehrstuhl Keramische Werkstoffe, Universität Bayreuth

Erschienen: Oktober 2017
Bearbeitungszeitraum: 01.05.2015 - 30.04.2017

Kurzzusammenfassung

Keramikfasern werden als Verstärkungsfasern in Faserverstärkte Keramiken eingesetzt. Diese Keramiken zeigen alle positiven Eigenschaften traditioneller Keramik, wie thermische und chemische Beständigkeit, Festigkeit und Steifigkeit, haben gleichzeitig aber ein deutlich verbessertes Bruchverhalten bei Temperaturschock und mechanischer Belastung. Nachteilig ist die schwierige Verarbeitung der sehr hochpreisigen Fasern zu textilen Flächen, auf Grund des hohen E-Moduls der spröden oxidkeramischen Fasern. Die Möglichkeiten, die Fasern über Web- und Flechtverfahren zu verarbeiten sind folglich eingeschränkt und die Prozesse sehr kostspielig.

In diesem Projekt wurde der Ansatz verfolgt die Herstellung von Faserprefoms ausgehend von oxidischen Kurzfasern mittels Vliesverfahren durchzuführen. Da die Fasern bei diesem Prozess weniger Biegebelastung ausgesetzt sind als beim Weben, können die steifen Keramikfasern schonender verarbeitet werden. Weiterhin bietet es sich an die Kurzfasern zu endkonturnahen Strukturen zu verarbeiten und Produktionsabfälle zu vermeiden

In dem Projekt wurden verschiedene Verfahren untersucht Kurzfaserverstärkte Oxidkeramiken herzustellen.

Dabei wurde untersucht, inwiefern die Möglichkeit besteht Keramikkurzfasern durch den Brand geschnittener Grünfasern herzustellen. Dazu wurden nach einem am ITCF etablierten Verfahren Grünfasern hergestellt und mit einem handelsüblichen Fasercutter geschnitten. Die Fasern wurden in einem Kammerofen unter verschiedenen Bedingungen

gebrannt. Trotz eines zuerst vielversprechenden Eindruckes der so entstandenen Keramikkurzfasern, zeigte sich, dass es schwierig war die Fasern in einem Nassvliesprozess zu verarbeiten. Es kam zu einem Zusammensintern der Filamente wurden kompakte mit Schlichte versehene Fasern verarbeitet. Es scheint als würde die leichte Bewegung, die bei endlos gebrannten Keramikfasern durch den Fasertransport stattfindet dies unterbinden, da dies bei Endlosfasern nicht beobachtet wird. Wurden die Grünfasern von ihrer Schlichte befreit lagen die Filamente beim Brennen weniger kompakt vor, das Zusammensintern wurde nicht mehr beobachtet. Allerdings bildeten diese Fasern bei der Verarbeitung zu Vliesen vermehrt Flocken und waren nicht so gut zur Vliesbildung geeignet wie geschnittene Keramikendlosfasern.

Zur Vliesbildung wurde eine Vielzahl an Versuchen unternommen, zunächst an Glasfasern, dann an Keramikfasern aus verschiedener Quelle. Mit dem dabei eingesetzten Kleinblattbildner konnten nur Vliese mit einem zur Verarbeitung zu geringen Flächengewicht hergestellt werden. Es wurden Kombinationen an Dispergierhilfsmittel und Dichtungsmitteln entwickelt, die der Öffnung der Faserflocken förderlich waren. Zudem wurden Binderlösungen und Bindefasern, sowie deren Auftragung untersucht. Vliese mit einer guten Vliesbindung und Handhabbarkeit konnten hergestellt werden.

An einer Laborvliesanlage der Hochschule Reutlingen konnte gezeigt werden, dass eine Verarbeitung der Keramikfasern an üblichen Nassvliesanlagen zu Vliesen mit hohem Flächengewicht möglich ist.

Als schwierig erwies sich die Infiltration der Vliese. Diese mussten zunächst von dem Binder befreit werden, damit der Schlicker in die Vliese eindringen konnte. Diese binderfreien Vliese waren nur schwer handhabbar und konnten mit den für Gewebe üblichen Methoden nur schwer infiltriert werden. Dementsprechend waren die Materialeigenschaften ungenügend.

Im Projekt konnte durch das CME gezeigt werden, dass die Herstellung von kurzfaserverstärkten Verbundwerkstoffen mittels eines Faserspritzprozesses durchführbar ist und eine neue Werkstoffklasse, gegenüber den endlosfaserverstärkten Verbundwerkstoffen, mit sehr guten Biegefestigkeiten und Dehnungen hergestellt werden konnte. In ersten Versuchen konnte die Durchführbarkeit des Spritzprozesses dargelegt werden. Der verwendete Schlicker musste nur geringfügig hinsichtlich der Viskosität angepasst werden, so dass eine Verarbeitung mit der Spritzpistole möglich war. Die händische Verarbeitung der Fasern und des Schlickers führt zu keiner reproduzierbaren Herstellung von Bauteilen. Die Abweichungen in den Festigkeiten der einzelnen Versuche sind zurück zu führen auf den unterschiedlichen Faservolumengehalt und die

Faserorientierung der Faserbündel. Diese Unterschiede konnten durch die Anfertigung einer halbautomatisierten Faserspritzanlage verbessert werden. Zusätzlich konnten die Festigkeiten gesteigert werden. Die Variation der Faserlänge von 14 mm und 28 mm hat gezeigt, dass die Faserlänge einen entscheidenden Einfluss auf die Festigkeiten der Bauteile hat. Mit zunehmender Länge nimmt die Festigkeit zu, wenn die Faserbündel isotrop ausgerichtet sind.

Die mechanisch stabilen plattenförmigen OFC-Werkstoffe konnten mit einer isotropen Faserorientierung, einer variablen Dicke und unterschiedlichen Faserlängen hergestellt werden. Die Platten erreichen eine Festigkeit von mindestens 90 MPa und eine Dehnung von 0,3 %. Es wurden jedoch auch Spitzenwerte von 130 MPa erreicht. Diese Abweichung wird durch die Faserorientierung hervorgerufen. Sind die Fasern vorzugsweise in Lastrichtung orientiert, so können die vorher genannten Maximalwerte erreicht werden. Die Variation der Konditionierungsbedingungen von 50 % rel. F., 53 % rel. F., 56 % rel. F. bis 60 % rel. F. zeigte, dass durch die Verringerung des Wassergehaltes im Prepreg zu einer vermehrten Porenbildung im Bauteil führt, da durch das Laminieren oder Pressen unter Vakuum die Luft nicht mehr aus dem Stapel herausgepresst werden kann. Als optimal hat sich eine rel. F. von 56 % erwiesen, da hier Werkstoffe mit reproduzierbaren Eigenschaften gefertigt werden konnten.

Zum Abschluss des Projektes wurden verschiedene komplexe Strukturen gefertigt. Einerseits durch die Verwendung von Prepregs und das Drapieren dieser Prepregs und andererseits direkt durch den Faserspritzprozess. Beide Verfahrenswege haben zu Bauteilen geführt, welche direkt industriell eingesetzt werden können. CT-Messungen belegen, dass keine Defekte oder Lufteinschlüsse zu erkennen sind. Ein Upscaling in die Industrie kann durch die Verwendung von Prepregs und deren Lagerfähigkeit sehr gut umgesetzt werden. Des Weiteren kann durch den direkten Einsatz des Faserspritzprozesses eine Vollautomatisierung angestrebt werden. Somit wurde in diesem Projekt eindeutig nachgewiesen, dass kurzfaserverstärkte Verbundwerkstoffe mit einem Faserspritzprozess hergestellt werden können und der Erhalt der Faserbündelstruktur notwendig ist, um mechanisch stabile Werkstoffe zu erhalten.



Abbildung 1: Sinterschale gefertigt aus kurzfaserverstärkten OFC.

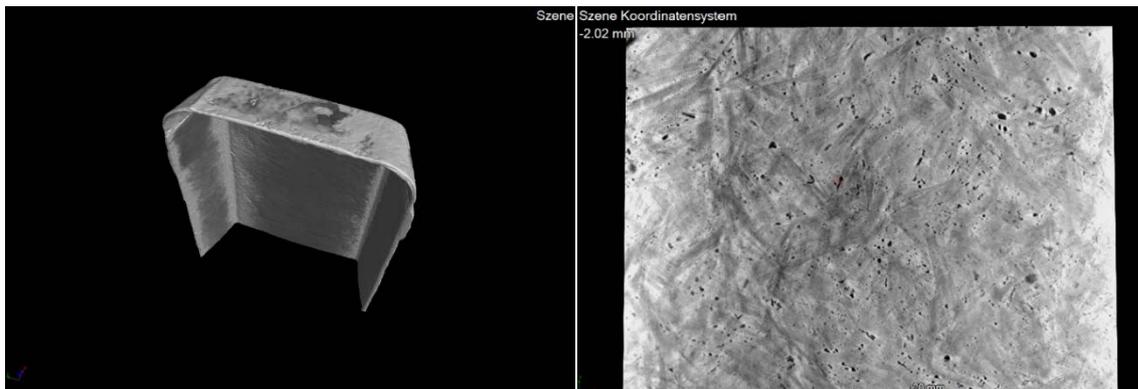


Abbildung 2: CT-Messung einer Sinterschale in der 3D-Ansicht und von der Unterseite.

Danksagung

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben 18396 N der
Forschungsvereinigung Forschungskuratorium
Textil e.V., Reinhardtstraße 12-14, 10117 Berlin
wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur
Förderung der industriellen Gemeinschafts-
forschung (IGF) vom Bundesministerium für
Wirtschaft und Energie aufgrund eines
Beschlusses des Deutschen Bundestages
gefördert.

Für diese Förderung danken wir.



Wir danken den Mitgliedern des Projektbegleitenden Ausschusses. Der CeraFib GmbH, Walter E.C. Pritzkow Spezialkeramik, PILL NASSVLIESTECHNIK GmbH und SCHUNK Kohlenstofftechnik GmbH.

Der Abschlussbericht des Forschungsvorhabens (IGF-Nr. 18396 N) ist an den Deutschen Instituten für Textil- und Faserforschung Denkendorf erhältlich.

Ansprechpartner: Dr. rer. nat Elisabeth Giebel elisabeth.giebel@ditf.de
Dr. rer. nat. Stefan Knohl stefan.knohl@uni-bayreuth.de