

SiSiC-KERAMIKEN – EIGENSCHAFTEN UND ANWENDUNGSBEREICHE

von

M. A. Leute, M. Wilhelm & W. Wruss

Institut für Chemische Technologie anorganischer Stoffe
TU Wien, Getreidemarkt 9/161, A-1060 Wien

Siliziuminfiltriertes Siliziumcarbid ist ein keramischer Verbundwerkstoff, der neben Siliziumcarbid als Bindephase freies Silizium in den Poren enthält. Die Herstellung erfolgt durch eine Nass-Mischung von SiC mit Kohlenstoff (Ruß oder Grafit). Das Suspensionsmedium kann ein organisches, bzw. anorganisches Lösungsmittel sein. Zu diesem Schlicker werden Plastifizierer und Bindemittel beigemischt und zu einem Formkörper trocken verpresst. Nach einem Trocknungsvorgang wird das Bindemittel polymerisiert und anschließend unter Schutzgasatmosphäre zu Kohlenstoff verkrackt.

Mittels einer Auflageinfiltration, die über dem Schmelzpunkt des Siliziums ($> 1420^{\circ}\text{C}$) stattfindet, wird der sg. Grünkörper mit elementarem Silizium infiltriert. Die Umsetzung des Kohlenstoffes zu SiC erfolgt nach folgendem Reaktionsschema:



Durch die Kapillarwirkung des porösen Grünkörpers wird das flüssige Silizium aufgesaugt und reagiert mit dem vorhandenem Kohlenstoff zu sekundärem SiC. Durch das Aufwachsen auf den vorhandenen primären SiC-Körnern, bzw. durch das Hineinwachsen des sekundären SiC_s in die vorhandene Porosität, werden beide SiC-Phasen miteinander verbunden und es entsteht ein zusammenhängendes Gerüst, was letztendlich zu hohen mechanischen Festigkeiten führt. Der verbleibende offene Porenraum wird mit flüssigem Silizium aufgefüllt, wodurch ein gasdichter Verbundwerkstoff entsteht.

Chemische Eigenschaften:

Zu den wichtigsten chemischen Eigenschaften zählen neben der guten Oxidationsbeständigkeit, die durch eine passivierende SiO₂-Schutzschicht hervorgerufen wird, die sehr gute Korrosionsbeständigkeit im sauren Milieu (mit Ausnahme HF!). Im alkalischen Bereich sind SiSiC-Keramiken vor korrosiven Angriffen nicht geschützt, da die SiO₂-Phase bereits in verdünnten Laugen zerstört und die Si-Bindephase unter Bildung von Silikaten gelöst wird.

Physikalische Eigenschaften:

Durch die geringe Dichte ($\sim 3.1 \text{ g/cm}^3$), sowie durch den geringen thermischen Ausdehnungskoeffizienten, als auch die gute Temperaturwechselbeständigkeit und hohe thermische Leitfähigkeit ist SiSiC in der industriellen Anwendung vielseitig einsetzbar. Die elektrische Leitfähigkeit, die sich aus den Halbleitereigenschaften des Siliziums ergibt, ermöglichen eine funkenerosive Bearbeitung von SiSiC-Konstruktionsteilen.

Mechanische Eigenschaften:

Neben einer hohen Härte, sind bei Keramiken im allgemeinen die mechanischen Eigenschaften, wie Biegebruchfestigkeit und -zähigkeit von großer Bedeutung, da verschiedene Einsatzbereiche bestimmte mechanische Eigenschaften voraussetzen.

Im wesentlichen werden die Festigkeit und die Zähigkeit durch die Dichte, durch die SiC-Korngröße, durch den freien Silizium Gehalt, sowie durch das Verhältnis SiC:Si beeinflusst [1]. Im Gegensatz zu metallischen Werkstoffen kann bei SiSiC-Keramiken ein Ansteigen der Biegebruchfestigkeit bis 1200°C beobachtet werden [2]. Erst bei einer Anwendungstemperatur von über 1300°C beginnen die Festigkeitswerte von SiSiC zu sinken, da die Siliziumbindephase über 1410°C komplett aufschmilzt.

Anwendungsbereiche:

Aus allen genannten Eigenschaften resultiert eine Vielzahl von Vorteilen dieser Keramik, die diesen Werkstoff zu einem kostengünstigen Hochtemperatur- und verschleißarmen Konstruktionswerkstoff machen.

Schon seit Jahren finden SiSiC-Keramiken Einsatz als Wärmetauscher, Gleitringdichtungen, Schweiß- und Brennerdüsen, wo insbesondere Eigenschaften, wie hohe thermische Leitfähigkeit, gute Warmfestigkeit und der geringe Verschleiß vorausgesetzt werden.

Weitere Anwendungsgebiete für SiSiC-Keramiken sind die Solarenergietechnik, Müllverbrennungs- und Kraftwerksanlagen, sowie in der Umwelttechnik und im Verschleißschutz.

Im Bereich der Verschleißtechnik stehen vor allem die hohe Härte, das gute Reibverhalten und die chemische Passivität im Vordergrund. Verschleißbeanspruchte Bauteile wie Gleitlager, Gleitringdichtungen werden in Zukunft pulvermetallurgische Werkstoffe vom Markt drängen.

Die schwindungsfreie Herstellung kombiniert mit guten Hochtemperatureigenschaften und sehr guten Temperaturwechselbeständigkeit lassen den Einsatz im Ofen- und Anlagenbau zu.

Erfolgreich eingesetzt werden heute erosiv und korrosiv beanspruchte Anlagenteile wie Röhren, Rohrbögen und Ventile.

Zukunftsträchtig sind die Entwicklungen von keramischen Substratschichten für Solarzellen auf Basis von SiSiC-Keramiken [3], Leichtbau-Laserspiegel mit integrierten Kühlkanälen, sowie Komponenten für Diffusionsöfen in der Mikroelektronik.

Literatur

- [1] COHRT, H. (1985): Herstellung, Eigenschaften und Anwendung von reaktionsgebundenem, siliziuminfiltriertem Siliziumcarbid. - Z. f. Werkstofftechn. 16: 277-285.
- [2] KENNEDY, P. & SHENNAN, J. V. (1973): An Assessment of the Performance of Refel Silicon Carbide under the Conditions of Thermal Stress. - Proc. Brit. Ceram. Soc. 22: 67-87.
- [3] RÄUBER, A., EYER, A. & POHLMANN, H.-J. (1998): Ceramic substrate for solar cells with a thin crystalline silicon layer. - PCT Int. Appl., 1-28.