

Gasdichte oxidkeramische Faserverbundwerkstoffe für die chemische Verfahrenstechnik

Dr. Clemens Steinborn, Dipl.-Ing. Clemens Voigt,
Dr. Mykola Vinnichenko, Dr. Sindy Mosch

Oxidische Faserverbundkeramiken (OCMC) sind temperaturstabil bis 1200 °C – selbst in oxidierenden Atmosphären - und zudem thermoschockbeständig. Aluminiumoxid- oder Mullitfasern verhindern die Rissausbreitung in der Verbundkeramik, sodass Schädigungen und Defekte toleriert werden, die bei konventionellen Keramiken bruchauslösend sind. Heute werden aus OCMC im Kleinserienmaßstab Chargiergestelle, Ofenklappen, Wärmetauscherrohre und Brennerlanzen hergestellt – entweder im Wickelprozess oder über das Laminieren von Fasergeweben. Diese Faserverbundkeramiken zeigen auch im Dauereinsatz eine hohe Zuverlässigkeit und Lebensdauer.

Einen breiteren Einsatz von OCMC in der chemischen Industrie und Verfahrenstechnik verhindert aktuell deren fehlende Dichtigkeit gegenüber Prozessgasen. Eine vollständige Verdichtung des Werkstoffs führt zum Verlust der günstigen mechanischen Eigenschaften. Daher werden Ansätze erforscht, um gezielt die Bauteiloberflächen zu verdichten. Beschichtungen, die über Schlickerauftrag, Glasieren oder atmosphärisches Plasmaspritzen aufgetragen wurden, erwiesen sich als unzureichend aufgrund geringer Haftfestigkeit und Temperaturbeständigkeit.

Das Fraunhofer IKTS hat nun ein laserbasiertes Beschichtungsverfahren entwickelt, mit dem eine aufgesprühte keramische Suspension nach deren Trocknung aufgeschmolzen wird (Abb. 1). Der Ansatz beruht auf einem kontinuierlichen Diodenlaser-Array mit linienförmigem Strahlprofil. Es ermöglicht eine energieeffizientere und durchsatzstärkere Bearbeitung der Materialien im Vergleich zu Standardlaserquellen, die einen kreisförmigen Laserspot erzeugen. Der Temperatureintrag ist auf die Oberfläche begrenzt, sodass keine Schädigung der Oxidfasern auftritt. Im Gegensatz zu gespritzten Schichten infiltriert die Schmelze die poröse Bauteiloberfläche, hier entsteht eine dichte Versiegelung mit hoher Haftfestigkeit. Entsprechend den spezifischen Anforderungen kann die Versiegelung über die Pulverzusammensetzung und Laserparameter modifiziert werden, um z. B. eine hohe Korrosionsbeständigkeit im strömendem Heißgas, Temperatur(wechsel)- oder

Abrasionsbeständigkeit einzustellen. Bisher wurden Versiegelungen auf Basis von Yttriumsilikat, Mullit und Mg-Spinell hergestellt und getestet. Voraussetzung für eine gute Abdichtung mit dem laserbasierten Verfahren ist, dass die Schmelze die Oberfläche gut benetzt. Weiterhin ist die Pulvermenge an das jeweilige OCMC-Material anzupassen, damit größere Hohlräume/Leckpfade als auch Poren im Mikrometerbereich verschlossen werden. Die Qualität der Abdichtung wurde über Porometermessungen und die Thermoschockbeständigkeit in Abschreckversuchen nachgewiesen.



Abb. 1: Herstellung gasdichter oxidischer Faserkeramik (OCMC) am Beispiel von Rohren: Suspensionsauftrag (links), Rohr nach Laserbearbeitung (rechts).

Für erste Tests bei den Anwendern wurden größere Flächen von bis zu 100 x 100 mm² versiegelt. Das laserbasierte Verfahren lässt sich auch auf Rohrgeometrien anwenden. Dafür werden eingespannte Rohre nach dem Suspensionsauftrag unter dem Laser rotiert, der dabei in Rohrachse über die Oberfläche fährt.

Maßgebend für den industriellen Einsatz der Technologie sind die Kosten für das Abdichten der OCMC-Bauteile. Nach ersten Schätzungen liegen die Kosten für das Laserversiegeln bei einer Kleinserie von 100 Stück, abhängig vom Beschichtungsmaterial, bei ca. 10 % der OCMC-Herstellungskosten. Damit ist die Versiegelung mittels Laser ein erfolgsversprechender Ansatz, um die Leistungsfähigkeit von OCMC signifikant zu verbessern. Dies eröffnet für OCMC zukünftig neue Einsatzfelder in der chemischen Industrie und Verfahrenstechnik.

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Applikationsorientierte Charakterisierung von OCMC
- Verfahrens- und Schichtentwicklung für OCMC