

## KERAMISCHE VERBUNDWERKSTOFFE

Keramische Verbundwerkstoffe (CMC) bestehen aus hochfesten, hitzebeständigen Fasern wie z.B. »Kohlenstofffasern, nichttoxische« oder oxidischen Keramikfasern von wenigen Mikrometern Durchmesser, die in eine keramische Matrix eingebettet sind. Sie sind bis zu hohen Temperaturen korrosions- und verschleißbeständig und eignen sich daher besonders für extreme Einsatzbedingungen. Ein wesentlicher Vorteil von CMCs gegenüber massiven Hochleistungskeramiken ist ihre Schadenstoleranz. Obwohl diese Werkstoffe ausschließlich aus spröden keramischen Phasen bestehen, kann ohne nennenswerte Schwächung ein Nagel durch eine Verbundwerkstoffplatte getrieben werden (Abbildung 1). CMC besitzen aufgrund ihrer Schädigungstoleranz auch eine viel bessere Thermoschockbeständigkeit als Massivkeramiken.

### Charakterisierung von CMC

Keramische Verbundwerkstoffe stellen aufgrund ihrer inhärenten Heterogenität und Anisotropie besondere Anforderungen bei der Ermittlung von aussagefähigen Werkstoffkennwerten. Neuere Entwicklungen wie zum Beispiel kurzfaserverstärkte CMC, extreme Einsatzbedingungen und herstellungsbedingte Einschränkungen der Probengeometrie erfordern die Erprobung und Bewertung angepasster Tests wie zum Beispiel Scheibendruckversuchen an CMC. Das Fraunhofer IWM verfügt über umfangreiche Erfahrung im Bereich der experimentellen Bestimmung des anisotropen Verhaltens von CMC, auch bei hohen Temperaturen (Abbildung 2).

### Simulation und Auslegung von Bauteilen

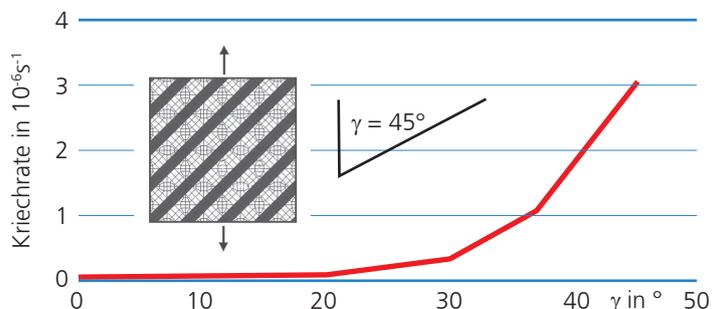
In Laminaten, bei denen einzelne Gewebelagen durch die keramische Matrix verbunden werden, sind die elastischen Eigenschaften und auch die Festigkeit stark richtungsabhängig. Die ausgeprägte Anisotropie solcher Werkstoffe erfordert einen auf die auftretenden Belastungen angepassten inneren Aufbau für die optimale

Auslegung von Komponenten. Ein Beispiel zeigt Abbildung 3, hier wurde die Kriechrate für ein Laminat aus kriechresistenten Fasern, die in eine wenig kriechresistente Matrix eingebettet sind, mittels FEM berechnet. Es wird eine starke Abhängigkeit der Kriechrate vom Belastungswinkel vorhergesagt.



1 *Keramische Verbundwerkstoffe sind schädigungstolerant.*

2 *Hochtemperatur-Druckversuch an einem keramischen Verbundwerkstoff mit Extensometer.*



3 *Simulation der Kriechrate eines 0°/90° CMC-Laminats als Funktion des Winkels  $\gamma$  zwischen der uni-axialen Belastung und der Fasern. Das Insert zeigt die oberste Lage des zugrundeliegenden FE-Modells des Verbundwerkstoffs für den Fall  $\gamma = 45^\circ$  (die darunterliegende um 90° gedrehte Faserlage ist nicht sichtbar).*