

Qualifizierung von neuartigen Metall-Keramik-Verbundwerkstoffen für Anwendungen im Leichtbau

Hintergrund

Der Einsatz von Leichtmetallen zur Gewichthsoptimierung wird oft durch deren geringe Festigkeit bei erhöhter Temperatur, unzureichende Steifigkeit und tribologische Eigenschaften begrenzt. In den 90er Jahren wurden daher partikel- oder kurzfaserverstärkte Aluminiumlegierungen (so genannte MMC – metal matrix composite) entwickelt. Diese lassen sich jedoch nicht preiswert mit einem hohen Anteil an Verstärkungskomponente herstellen und besitzen auch nur eine geringfügig höhere Steifigkeit als das Matrixmetall.

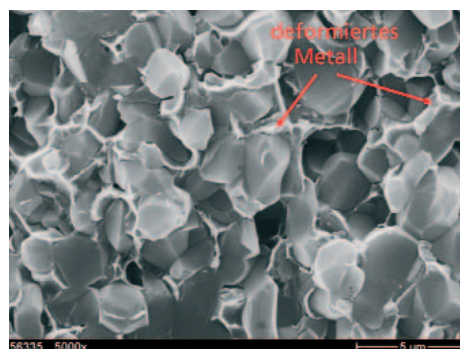


Abb. 1 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Bruchfläche eines Al/Al₂O₃ Verbundwerkstoffs.

	Dichte (g/cm ³)	E-Modul (GPa)	Biegefestigkeit (MPa)	Bruchdehnung (%)
Grauguss (GG15)	7,1	100	280	0,3-0,8
AlSi12	2,65	73	240	5-12
AlSi12/Al ₂ O ₃	3,1	140	460	0,6-0,9
AlSi12/TiO ₂	3,3	130	420	0,6-0,8

Tabelle 1 Verschiedene Gussmaterialien im Vergleich.

Projektbeschreibung

In zwei Verbundprojekten unter anderem mit Förderung durch das Land Baden-Württemberg werden neuartige Metallmatrixverbundwerkstoffe entwickelt, bei denen das Matrixmetall durch eine keramische Preform dreidimensional verstärkt wird. Die eingesetzten Preforms zeichnen sich durch eine hohe Durchströmbarkeit aus und können daher bei mäßigem Druck vollständig infiltriert werden. Auf diese Art kann der Keramikanteil leicht auf über 30 Prozent gesteigert werden, und eine lokale Verstärkung von Bauteilen ist leicht realisierbar. Das Fraunhofer IWM charakterisiert die Werkstoffe hinsichtlich Steifigkeit, Festigkeit, Zähigkeit, Ermüdung, Rissausbreitung und Versagensmechanismen. Dadurch werden Aussagen zu den prinzipiellen Mechanismen des Materialverhaltens

gewonnen und Optimierungspotentiale aufgedeckt. Schließlich werden die Werkstoffe für spezifische Anwendungen qualifiziert.

Ergebnisse und Nutzen

Preform-MMCs sind isotrop und zeichnen sich durch ein attraktives Eigenschaftsprofil aus. Tabelle 1 fasst einige Eigenschaftswerte für ausgewählte Preform-MMC im Vergleich zu anderen Gussmetallen zusammen. Wird die Al-Gusslegierung AlSi12 mit 30-40 Volumenprozent Al₂O₃ verstärkt, können Festigkeitswerte von über 400 MPa bei geringer Streuung erreicht werden; der Elastizitätsmodul solcher Werkstoffe beträgt abhängig vom Keramikgehalt 120-160 GPa. Die Materialien brechen spröde, erreichen aber aufgrund der lokalen plastischen Deformation des Metalls im Risspfad (in Abb. 1 an der Halsbildung erkennbar) akzeptable Bruchzähigkeitswerte. Somit können bei weniger als 50 Prozent des Gewichts von Gusseisen äquivalente mechanische Eigenschaften bei verbesserter Korrosionsbeständigkeit und Wärmeleitfähigkeit erzielt werden. Attraktiv sind Preform-MMCs auch für Anwendungen bei erhöhter Temperatur, da die Festigkeit bei Temperaturanstieg im Gegensatz zu unverstärkten Leichtmetalllegierungen nur wenig abnimmt. Aufgrund der mäßigen Herstellungskosten und ihrer guten tribologischen und mechanischen Eigenschaften sind Preform-MMCs prädestiniert für Anwendungen im Fahrzeugbau oder in schnell bewegten Komponenten im Maschinenbau.

Kontakt

Dr. habil. Achim Neubrand
achim.neubrand@iwm.fraunhofer.de