



## Fasereigenschaften

- Keramische Fasern mit Zusammensetzungen im System  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$  von Korund bis Mullit
- Hochtemperaturbeständigkeit bis 1300°C
- Korrosions- und Oxidationsbeständigkeit
- Polykristallines Gefüge hoher Dichte
- Kontinuierliche Faserherstellung von Rovings mit bis zu 500 Filamenten
- Faserdurchmesser von 8 bis 15  $\mu\text{m}$
- Zugfestigkeit bis 2600 MPa
- E-Modul bis 200 GPa

## Bitte sprechen Sie uns an:

### Fraunhofer-Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL

Gottlieb-Keim-Straße 62  
95448 Bayreuth

[www.htl.fraunhofer.de](http://www.htl.fraunhofer.de)

Arne Rüdinger  
Tel.: +49 931 4100-433  
[arne.ruedinger@isc.fraunhofer.de](mailto:arne.ruedinger@isc.fraunhofer.de)

Ralf Herborn  
Tel.: +49 931 4100-410  
[ralf.herborn@isc.fraunhofer.de](mailto:ralf.herborn@isc.fraunhofer.de)



Das Fraunhofer-Zentrum HTL  
ist nach ISO 9001:2015 zertifiziert

## Oxidkeramische Verstärkungsfasern





## Anwendungen

Die mechanischen Eigenschaften metallischer und keramischer Werkstoffe können durch den Verbund mit keramischen Verstärkungsfasern entscheidend verbessert werden. Die Verstärkungsfasern werden dazu in eine Metall- bzw. Keramikmatrix eingebettet, sodass als Faserverbundwerkstoffe MMC (Metal Matrix Composites) bzw. CMC (Ceramic Matrix Composites) entstehen. MMC besitzen durch die Keramikfaserverstärkung eine wesentlich höhere Kriechfestigkeit als monolithische Metallwerkstoffe; CMC erhalten durch die Faserverstärkung eine hohe Schadenstoleranz und ein quasiduktiles Materialverhalten.

Um ihre Funktion zu erfüllen, besitzen die Verstärkungsfasern eine signifikant höhere Zugfestigkeit als das Matrixmaterial. In CMC sorgt außerdem ein spezielles Design der Faser-Matrix-Anbindung bzw. des Bruchverhaltens der Matrix für eine maximale Energiedissipation beim Bruch. Oxidkeramische Fasern weisen eine ausgezeichnete Oxidationsbeständigkeit auf. Die technisch wichtigsten oxidkeramischen Verstärkungsfasern werden im System zwischen den mineralogischen Phasen Korund ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) und Mullit ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ) hergestellt. Sie zeichnen sich durch eine hervorragende Hochtemperaturfestigkeit und Kriechbeständigkeit aus und sind für den Dauereinsatz bei Temperaturen oberhalb von  $1000^\circ\text{C}$  geeignet.

## Herstellverfahren und Skalierung

Die Synthese der keramischen Fasern erfolgt aus metallorganischen wässrigen Lösungen bzw. kolloiddispersen Vorstufen, die eine homogene Durchmischung der Komponenten im Nanometermaßstab ermöglichen. Mit Spinnhilfsmittel versehen, lassen sich die Lösungen im Trockenspinnverfahren zu Grünfasern spinnen, die durch Temperaturbehandlung in keramische Fasern der gewünschten mineralogischen Zusammensetzung umgesetzt werden.

### Die Faserentwicklung erfolgt am HTL in drei Stufen:

1. Im Labormaßstab werden neue Zusammensetzungen synthetisiert, zu einzelnen Faserfilamenten gesponnen und als keramische Fasern charakterisiert.
2. Im Technikumsmaßstab werden erfolgversprechende Ansätze mit ca. 100 Filamenten pro Roving ersponnen und in einem kontinuierlichen Verfahren kalziniert und gesintert.
3. Im Pilotmaßstab können die Keramikfasern dann mittels einer eigens errichteten Faserpilotanlage mit einer Kapazität bis 1000 kg pro Jahr hergestellt werden.

## Leistungsangebot

Das HTL entwickelt kundenspezifisch oxidkeramische Verstärkungsfasern. Für neuartige oxidische Zusammensetzungen werden zunächst die Synthese und Herstellung im Labormaßstab erarbeitet. Dem Nachweis der Spinnbarkeit folgt die Überprüfung der Machbarkeit des Multifilamentspinnens. Werden Fasern mit den gewünschten Eigenschaften gewonnen, stehen im Anschluss verschiedene Möglichkeiten für das Up-scaling zur Verfügung. Die Faserentwicklung kann im Direktauftrag oder im Rahmen von öffentlichen Verbundforschungsvorhaben erfolgen.

### Weitere Leistungen:

- Entwicklung oxidkeramischer Funktionsfasern
- Entwicklung von Hohlfasern (porös oder dicht) und Zweikomponentenfasern
- Trocken- und Schmelzspinntechnologie an Luft und unter Inert-Bedingungen
- Verfahrensübertrag zum Kunden inkl. Unterstützung beim Basic Engineering
- Fasercharakterisierung nach DIN EN Normen
- Entwicklung von Faserbeschichtungen z. B. für das Design der Faser-Matrix-Anbindung