



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



## Leistungsangebot

### ■ Roboterunterstützte 3D-Faserablage

- Trocken- / Nassablageprozess von Faserrovings / Tapes
- Faserablage isotensoid und beliebig komplex
- 6 CNC-gesteuerte Achsen
- Bauteilgewicht < 65 kg
- Bauteilgröße < 1000 mm
- Verfahrengenauigkeit ca. 10 µm

### ■ Kontinuierliche Faserbeschichtung

- Rolle-zu-Rolle-Verfahren
- Abscheidung von Mehrfachbeschichtungen
- Beschichtung und therm. Behandlung in einem Schritt
- Schichtdicken < 1 µm
- Faserdurchsatz > 500 lfm/h

### ■ Herstellung von 2D- bis 3D-Faserpreformen

### ■ Kontinuierliche Herstellung rohrförmiger Preformen

### ■ Textile Prüfungen und Materialbewertung

### ■ Herstellung von Kleinserien in Serienfertigung

- Herstellung von Prepregs / vorinfiltriertem Gewebe
- Zuschnitt Prepreg und Gewebe nach CAD Daten mittels Cutter
- Grünkörperherstellung mittels Formen und Warm-Vakuumpresse
- Thermische Prozessierung / Sinterung auch von großen Bauteilen < 0,5 m³

## Kontakt

Dr. Jens Schmidt  
Tel. +49 921 78510 200  
jens.schmidt@isc.fraunhofer.de

Arne Rüdinger  
Tel. +49 931 4100 433  
arne.ruedinger@isc.fraunhofer.de

Silke Grosch  
Tel. +49 921 78510 724  
silke.grosch@isc.fraunhofer.de

Fraunhofer-Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL  
Gottlieb-Keim-Straße 62  
95448 Bayreuth  
www.htl.fraunhofer.de

© Fraunhofer-Gesellschaft e.V.,  
München 2021

Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL

## Low-Cost CMC

Kostengünstige CMC für Anwendungen bis 1000 °C



## Low-Cost CMC

Die gute Korrosionsbeständigkeit keramischer Werkstoffe eröffnet vielfältige Einsatzmöglichkeiten in der Chemie-, Wärme- und Energietechnik sowie in der Luft- und Raumfahrt. Allerdings verhindert die Sprödigkeit monolithischer Keramiken häufig ihren Einsatz unter harschen Bedingungen. Faserverstärkte Keramiken (CMC) bieten dagegen eine hohe Schadenstoleranz. Durch die Faser-Matrix-Wechselwirkung werden eine hohe Bruchzähigkeit und Bruchdehnung erreicht. CMC sind jedoch bisher sehr teuer und können deshalb nur in Spezialanwendungen eingesetzt werden. Am Fraunhofer-Zentrum HTL werden deshalb neuartige Low-Cost CMC entwickelt.

### Faserauswahl und Preformherstellung

Je nach Anwendung werden kostengünstige Glas-, Basalt- oder Silikatfasern ausgewählt. Dafür werden serientaugliche textile Verfahren zur Preform-Herstellung entwickelt. Die Faseranordnung erfolgt lastgerecht in 2D- und 3D-Strukturen mit modernsten textile Verarbeitungsverfahren:

- Weben
- Flechten
- Stricken
- Wirken
- Wickeln
- Vliesverfahren

### Spezifische Eigenschaften

Low-Cost CMC basieren auf kostengünstigen Fasern und Matrices sowie auf automatisierten Herstellverfahren.

- Wesentliche Reduktion der Herstellkosten gegenüber herkömmlichen CMC
- Einsatztemperaturen 300 bis 1000 °C
- Auslegung speziell für Leichtbaustrukturen
- Einsatzpotenziale in Chemie- und Verfahrenstechnik, Schmelzmetallurgie, Glasherstellung, Kraftwerks- und Gießereitechnik

### Hochtemperaturbeständige Matrices und Festigkeiten

Die Auswahl der Matrix-Systeme erfolgt aufgabenspezifisch in Hinblick auf die maximale Einsatztemperatur und die korrosive Belastung. Geeignete Matrices sind beispielsweise siliciumhaltige Hochtemperatur-Polymere sowie Geopolymere. Die Einarbeitung der Matrices in die Faserpreformen erfolgt beispielsweise in vollautomatisierten Prepregprozessen als Rolle-zu-Rolle-Verfahren.

Die Polymere können an Luft verarbeitet werden. Durch funktionelle chemische Gruppen werden stabile 3D-Netzwerkstrukturen ausgebildet. Die abschließende Behandlung durch Sinterprozesse führt schon bei niedrigen Prozesstemperaturen zu thermisch hochbeständigen Keramikmatrices. So lassen sich Verbundwerkstofffestigkeiten von ca. 30 MPa Biegefestigkeit bei Dehnungen von ca. 0,5 % erzielen. Die Bruchdehnung kann durch eine Faserbeschichtung noch weiter gesteigert werden.



### Automatisierbare Fertigungs- und Prüfverfahren

Im Gegensatz zur klassischen CMC-Herstellung mit vielen zeit- und energieintensiven Hochtemperaturschritten umfasst der Gesamtprozess zur Herstellung von Low-Cost CMC nur wenige Prozessschritte. Dabei sind bekannte Prozesse aus der CFK-Technologie nutzbar. Das HTL bietet zur Fertigung von Prototypen und Kleinserien Prozesse vom Labor- bis zum Pilotmaßstab an.

Ein hoher Automatisierungsgrad und die Verknüpfung aller Einzelschritte sind möglich. Eine automatisierbare Qualitätskontrolle der Produkte erfolgt über 3D-Computertomographie. Durch den Einsatz von automatischen Handlingsystemen lassen sich Prototypen und Kleinserien schnell und kostengünstig prüfen. Durch die Auswertung von Gefügebildern können Materialfehler und somit Ausschussteile identifiziert werden.



Komplexe Laminierform



3D-Strukturbauteil