



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



## Leistungsangebot

Das Fraunhofer-Zentrum HTL entwickelt Füge-techniken für keramische Bauteile sowie für Metall-Keramik-Verbunde. In enger Abstimmung mit dem Kunden werden der Fügeprozess und die anschließende Charakterisierung festgelegt.

- Machbarkeitsstudien
- Fügerechte Auslegung durch FE-Simulation
- Entwicklung von Lotsystemen zum Fügen von keramischen Materialien und Materialverbunden
- Hartbearbeitung der Fügeflächen
- Anfertigung spezieller Fügevorrichtungen
- Fügeversuche mittels Laser- oder Ofentechnik
- Fertigung von Prototypen und Kleinserien
- Charakterisierung von Fügungen
  - Schliffbildanalysen
  - Mechanische Prüfung bei Raum- und Hochtemperatur bis 1500 °C
  - Computertomografie, Thermografie, Ultraschallprüfung, Terahertz-Technologie
  - Gasdichtigkeitsprüfung > 1000 °C nach DIN EN 1779

## Kontakt

Christian Eckardt  
Tel.: +49 921 78510 246  
christian.eckardt@isc.fraunhofer.de

Dr. Jens Schmidt  
Tel.: +49 921 78510-393  
jens.schmidt@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

# Fügetechnik

# Fügen von Keramiken und Metallen

Fügeprozesse ermöglichen die Herstellung von Bauteilen mit komplizierter Geometrie aus einfacheren Standardbauteilen. Sie reduzieren damit die Komplexität und die Kosten von Fertigungsprozessen.

Darüber hinaus spielen Fügeprozesse auch für Fügepartner aus verschiedenen Materialien eine große Rolle. Nur mittels Fügung können daraus Verbundbauteile gefertigt werden.

Für den Hochtemperatureinsatz gefügter Bauteile muss auch die Fügeverbindung hohen Temperaturen standhalten. Neben der Zug- und Biegebruchfestigkeit werden eine hohe Kriechfestigkeit und – in vielen Fällen – Gasdichtigkeit der Fügung benötigt. Manchmal müssen Fügungen auch reversibel ausgeführt werden. Die Fügepartner für Hochtemperaturenwendungen sind stets Keramiken oder Metalle.

Das Fraunhofer-Zentrum HTL entwickelt Fügeverfahren zur kraft-, form- und stoffschlüssigen Fügung von komplexen Bauteilen bzw. Materialverbunden aus Keramiken, faserverstärkten Keramiken (CMC) und Metallen.

## Methodik

Das Fraunhofer-Zentrum HTL entwickelt hochtemperaturbeständige Lote, die exakt an die zu fügenden Materialien und Einsatzanforderungen angepasst werden. Mittels Finite-Elemente (FE)-Verfahren werden fügegerechte Konstruktionen ermittelt. Die Fügeflächen werden inklusive Überlappungen oder Verzahnungen in der benötigten Oberflächenqualität hergestellt und die Lote aufgebracht.



Durch Lasererwärmung werden Fügepartner in Minuten-taktung zu einem komplexen Bauteil verbunden. Der zeitliche Verlauf der Wärmeaufnahme wird vorab durch Computersimulationen ermittelt, um einen schnellen spannungsarmen Fügeprozess aufzubauen.

Alternativ werden Ofenanlagen zum Erwärmen der Füge-systeme eingesetzt. Durch Batchprozesse in großen Ofenanlagen sind hohe Stückzahlen unter einstellbaren Gas-atmosphären realisierbar.

Die Bewertung der hergestellten Fügeverbindungen erfolgt z. B. durch Computertomografie, mechanische Prüfungen und Prüfungen der Gasdichtigkeit – bei Bedarf auch bei hohen Temperaturen.

## Technische Daten

### Laser-Sinter-Anlage

- CO<sub>2</sub>-Slab-Laser (P = 1,6 kW; 10,6 μm)
- Bauteilgröße bis 400 x 600 x 500 mm
- 4 CNC-Achsen und 2-Achs-Hochgeschwindigkeits-Scanner-System IntelliScan® 30 von SCANLAB
- Synchron laufende Drehvorrichtung für Bauteildimensionen Ø 400 mm, L = 500 mm
- Variable Atmosphäre (N<sub>2</sub>, Ar)
- Temperaturkontrolle bis 2400 °C

### Hochtemperatur-Ofenanlagen

- Ofenanlagen zum Fügen von Oxid- und Nichtoxidkeramiken und metallischen Werkstoffen
- Maximale Fügetemperaturen ca. 2400 °C
- Bauteilgröße bis 800 x 800 x 600 mm
- Variable Atmosphäre (N<sub>2</sub>, Ar, Vakuum)
- Haltevorrichtung zum Fügen von geometrisch komplexen Bauteilgeometrien