



## Technische Daten

### Wickelmaschine

- Trocken- und Nasswickelprozess mit Faserrovings
- 4 CNC-gesteuerte Achsen
- Tränkbad und Formkerne beheizbar
- Wickellänge max. 1400 mm, Durchmesser max. 700 mm
- Faserspulen max. 6
- Fadenspannung bis 50 N

### Vakuum-Laminierwärmepresse

- Verarbeitung von Trockenlaminaten und Nass-Prepregs sowie Kurzfasermischungen
- Evakuierbare Pressenkammer
- Weg und Druck steuerbar
- Regelbarer Druck  $p = 2 - 400$  kN und  $T = RT - 400$  °C
- Stempelfläche 600 mm x 400 mm

### Prepreganlage

- Kontinuierliches Rolle-zu-Rolle-Verfahren
- Beschichtung von 2D-Geweben und UD-Bändern
- Auftragsverfahren: Foulard, Rakel, Pulverstreuer
- Arbeitsbreite (Gewebebreite) bis 600 mm

### Bearbeitungszentrum

- Präzisionsbearbeitung von Metallen und Compositematerialien
- 5-Achsen-Simultanbearbeitung
- Bauteilgrößen bis  $\varnothing 640$  mm, 500 mm Höhe und max. 1000 kg
- 3D-Bauteilvermessung in der Maschine

## Kontakt

Dr. Jens Schmidt  
Tel. +49 921 78510 200  
[jens.schmidt@isc.fraunhofer.de](mailto:jens.schmidt@isc.fraunhofer.de)

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

Fraunhofer-Zentrum  
für Hochtemperatur-Leichtbau HTL  
Gottlieb-Keim-Straße 62  
95448 Bayreuth  
[www.htl.fraunhofer.de](http://www.htl.fraunhofer.de)

© Fraunhofer-Gesellschaft e.V.,  
München 2021



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

 **Fraunhofer**  
ISC

Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL

Prototypen und Bauteile  
aus Faserverbundwerkstoffen



## Grünfertigung von Faserverbundbauteilen

Die Eigenschaften von Bauteilen aus Verbundwerkstoffen werden durch die Faser- und Matrixanteile bestimmt. Diese werden schon bei der Grünfertigung festgelegt.

Faserpreformen kommen als Kurzfasern, textile 2D- und 3D-Halbzeuge oder auch als Nass-Prepregs zum Einsatz. Die Prepreg-Technologie ermöglicht hierbei eine Imprägnierung von textilen Halbzeugen mit unterschiedlichen Matrices. Polymere Matrices sind meist Thermoplaste oder Duroplaste, die auch mit Füllstoffpartikeln versehen werden können. Für oxidische Verbundkeramiken werden Schlicker kundenspezifisch entwickelt.

Der strukturelle Gefügeaufbau der Bauteile wird im Wesentlichen durch Faktoren wie Faservolumenanteil, Faser-Matrix-Verteilung und Faserorientierung bestimmt. Die Formgebung und die vollständige Vernetzung der Polymere erfolgen in Press-, Wickel- oder Laminierprozessen. Für eine optimale Auswahl der Versuchsparameter und Versuchsdurchführung werden das thermische Verhalten und die rheologischen Eigenschaften der Polymere bestimmt.

## Thermische Behandlung, Fügetechnik und mechanische Endbearbeitung

Die Matrix der Bauteile muss vollständig ausgehärtet sein, bevor weitere thermische Behandlungsschritte bei hohen Temperaturen von bis zu 2400 °C erfolgen. Diese umfassen das Entbindern, das Sintern, die Pyrolyse, das Grafitieren sowie die Schmelzinfiltration. Stoffschlüssige Fügungen erfolgen meist in situ innerhalb eines Hochtemperaturschritts.

Die Prozessparameter können durch thermische Analysen und durch thermooptische Methoden ermittelt werden. Durch eine produktionsintegrierte Qualitätssicherung lassen sich die Hochtemperaturprozesse reproduzierbar gestalten. Für die mechanische Zwischen- und Endbearbeitung zur Erzielung der gewünschten Bauteilgeometrie steht ein hochmodernes 5-Achsen-Bearbeitungszentrum zur Verfügung. Die Bearbeitung ist stark werkstoffabhängig. Durch Vorversuche lassen sich die Schnittparameter ermitteln sowie die notwendigen Spannvorrichtungen konstruieren. Ziel ist eine möglichst spannungsarme Bearbeitung.

Durch zerstörungsfreie Prüfmethode wie Thermografie, Ultraschall und Röntgenmethoden ist eine abschließende Qualitätskontrolle möglich. Die bildgebenden Verfahren erlauben eine Aussage bezüglich möglicher Werkstofffehler und Fehlergrößen.

## Prototypen- und Kleinserienfertigung

Je nach Kundenwunsch können werkstoff- und fasergerechte Lösungen für thermisch sowie mechanisch hoch belastete Leichtbaustrukturen angeboten werden. Die Herstellung von Bauteilen erfolgt in einer geschlossenen und qualitätsgesicherten Prozesskette. Alle Prozessschritte und Parameter werden protokolliert.

Im Erfolgsfall kann ein Laborprozess in einen Pilotmaßstab zur Herstellung von Kleinserien überführt werden. Läuft der Prozess ausreichend stabil, ist ein Technologietransfer in die Industrie möglich.

Typischerweise liegt eine Konstruktionszeichnung vor. Wir beraten und führen gemeinsam mit dem Kunden eine Analyse der Konstruktion durch. Für testfähige Prototypen ist meist eine thermo-mechanische Auslegung erforderlich, um eine lastgerechte Konstruktion zu erreichen.

Geometrisch einfache Bauteile in integraler Bauweise können aus dickwandigen Platten oder Rohren gefertigt werden, indem die Endkontur aus dem Vollmaterial herausgearbeitet wird. Wenn Bauteile geometrisch komplex aufgebaut sind, werden diese stoff- und formschlüssig mittels Lasertechnik oder in Hochtemperaturöfen zusammengefügt.