

LASERPROZESSE FÜR FASERVERBUNDWERKSTOFFE



DQS zertifiziert nach
DIN EN ISO 9001:2015
Reg.-Nr. 069572 QM15

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Institutsleitung
Prof. Constantin Häfner

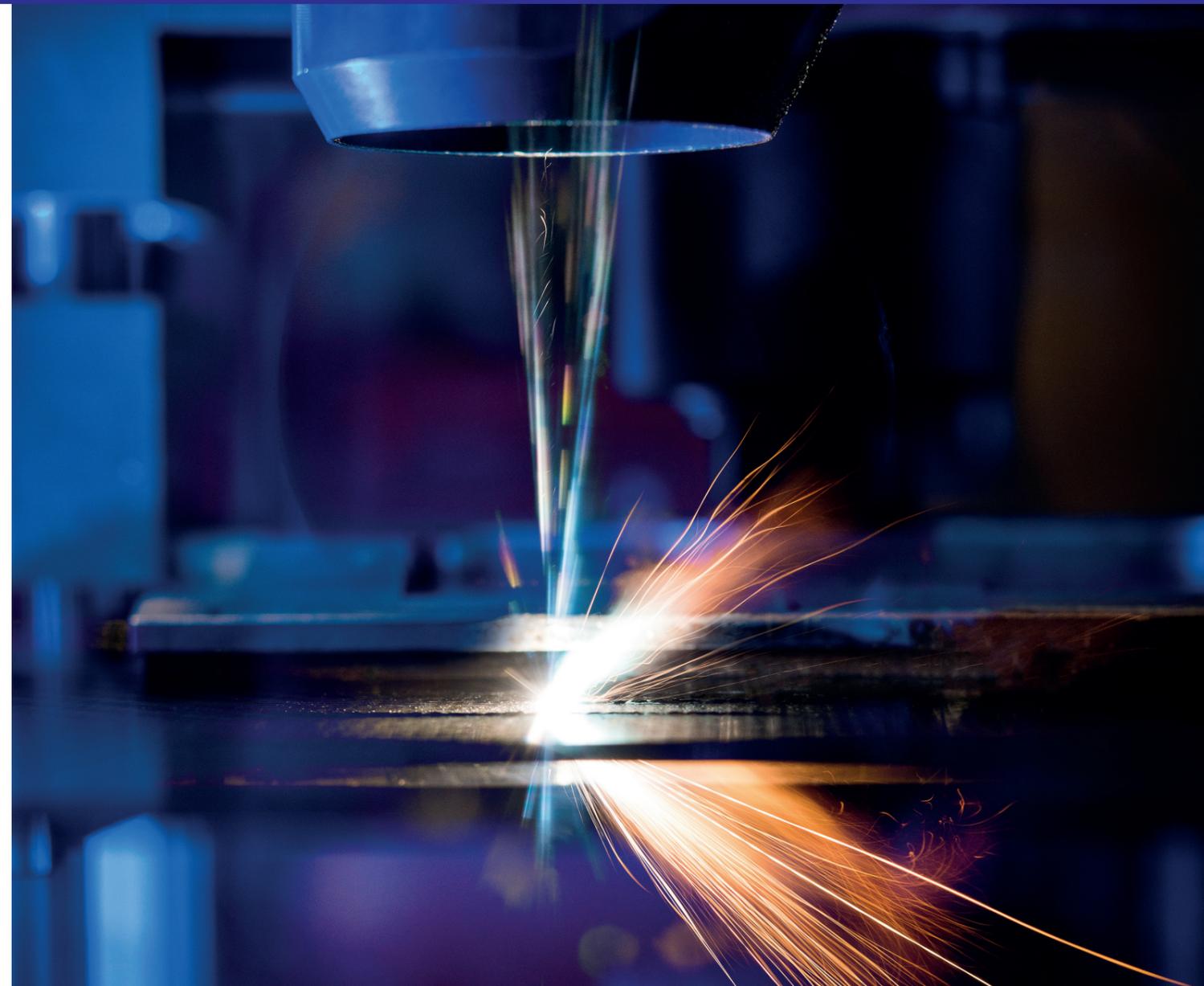
Steinbachstraße 15
52074 Aachen
Telefon +49 241 8906-0
Fax +49 241 8906-121

info@ilt.fraunhofer.de
www.ilt.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT zählt weltweit zu den bedeutendsten Auftragsforschungs- und Entwicklungsinstituten im Bereich Laserentwicklung und Laseranwendung. Unsere Kernkompetenzen umfassen die Entwicklung neuer Laserstrahlquellen und -komponenten, Lasermess- und Prüftechnik, sowie Laserfertigungstechnik. Hierzu zählen beispielsweise das Schneiden, Abtragen, Bohren, Schweißen und Löten sowie das Oberflächenvergüten, die Mikrofertigung und das Additive Manufacturing. Weiterhin entwickelt das Fraunhofer ILT photonische Komponenten und Strahlquellen für die Quantentechnologie.

Übergreifend befasst sich das Fraunhofer ILT mit Laseranlagentechnik, Digitalisierung, Prozessüberwachung und -regelung, Simulation und Modellierung, KI in der Lasertechnik sowie der gesamten Systemtechnik. Unser Leistungsspektrum reicht von Machbarkeitsstudien über Verfahrensqualifizierungen bis hin zur kundenspezifischen Integration von Laserprozessen in die jeweilige Fertigungslinie. Im Vordergrund stehen Forschung und Entwicklung für industrielle und gesellschaftliche Herausforderungen in den Bereichen Gesundheit, Sicherheit, Kommunikation, Produktion, Mobilität, Energie und Umwelt. Das Fraunhofer ILT ist eingebunden in die Fraunhofer-Gesellschaft.





LASERPROZESSE FÜR FASERVERBUNDWERKSTOFFE

Für die großserientaugliche Anwendung von Faserverbundkunststoffen (FVK) sind geringe Herstellungskosten und kurze Zykluszeiten ein vorrangiges Ziel. Die Bearbeitung dieser inhomogenen Materialien erfordert dabei Prozesse, die an die Anisotropie des Werkstoffs angepasst sind. Aufgrund seiner Flexibilität, der Verschleißfreiheit und der hohen Bearbeitungsgeschwindigkeit ist der Laser hier das ideale Werkzeug. Im Zentrum für Laser-Leichtbau entwickelt das Fraunhofer ILT Laserprozesse für FVK-Komponenten, welche die spezifischen Eigenschaften der Werkstoffe nicht verändern und deren Vorteile optimal erhalten.

Schneiden

Durch die hervorragende zeitliche und örtliche Steuerbarkeit bietet das Laserschneiden ein großes Potenzial zur Reduzierung von Bearbeitungszeiten und zur automatisierten Herstellung von FVK-Bauteilen. Dies gilt für verschiedenste Schritte innerhalb der Prozesskette – vom Schneiden von Prepregs, Tapes und Organoblechen bis zum Besäumen und Schneiden von FVK-Komponenten. Hochgeschwindigkeitsprozesse oder der Einsatz kurzgepulster Laserstrahlung sorgen dafür, dass trotz unterschiedlicher Absorption, Wärmeleitung, Schmelz- und Zersetzungstemperaturen von Faser und Matrix Schäden an der Schnittkante auf ein Minimum reduziert werden.

Strukturieren und Bohren

Verbundwerkstoffe sind gegenüber isotropen und homogenen Werkstoffen besonders schwer zu bearbeiten, da die unterschiedlichen mechanischen und thermischen Eigenschaften der einzelnen Werkstoffbestandteile häufig zu einem ungleichmäßigen Bearbeitungsergebnis führen. Ultrakurzpulslaser im Piko- und Femtosekundenbereich ermöglichen hier

unabhängig von den thermophysikalischen und mechanischen Eigenschaften der Werkstoffe eine hochpräzise und gleichzeitig selektive Bearbeitung. Aufgrund der hohen Pulsleistungen im Megawattbereich und der damit verbundenen hohen Intensitäten wird die Verdampfungsschwelle für Matrix und Fasern instantan überschritten. Darüber hinaus wird wegen der kurzen Wechselwirkungszeit und der damit verbundenen geringen thermischen Wirkung der Abtrag nur über die Verdampfungs-Schwellfluenz der jeweiligen Werkstoffe gesteuert. Auf diese Weise können Verbundwerkstoffe ohne thermische Schädigungen der angrenzenden Matrix gebohrt werden und andererseits eine selektive Entfernung und Strukturierung der Matrix erfolgen, ohne die Faserstruktur zu zerstören.

Fügen

Zur Herstellung komplexer Faserverbundbauteile aus mehreren Einzelelementen sowie zur Erzeugung von Hohlstrukturen bietet sich das Laserdurchstrahlsschweißen an. Mit diesem berührungslosen Verfahren lassen sich bei hohen Prozessgeschwindigkeiten geschlossene Verstärkungsstrukturen zur Erhöhung der Bauteilsteifigkeit sowie lokale Anknüpfungspunkte und Verbindungselemente ohne komplexe Prozessschritte erzeugen.

1 Hybridprobekörper aus Stahl mit UKP-Strukturierung und PA6.6/GF25.

2 Mittels Laser freigelegte Faserstruktur aus CFK.

3 Lasergefügte und -besäumte FVK-Sitzkomponente.

Das Laserschweißen bietet den Vorteil, dass die nötige Energie direkt in der Kontaktzone der zu fügenden Bauteile deponiert wird und dabei das Bauteil ansonsten unbeeinflusst bleibt. Fügeaufbereitungen und lange Aushärtezeiten entfallen, so dass das Verfahren direkt in den Fertigungsfluss integriert werden kann. Mit einer optischen Anpassung der Strahlungspropagation lassen sich dabei auch Werkstoffe mit hohem Fasergehalt so fügen, dass die Anforderungen nach robusten Prozessen in der Serienfertigung erfüllt werden können. Mit einer angepassten Spanntechnik und Spaltüberbrückungsstrategien lassen sich auch große Bauteile mit entsprechenden Toleranzen sicher fügen.

Kunststoff-Metall-Verbindungen

Aus Kosten- und Stabilitätsgründen werden Leichtbau-Komponenten in der Regel aus verschiedenen Werkstoffen zusammengesetzt. Bei diesem Materialmix werden die spezifischen Eigenschaften der verwendeten Werkstoffe lastgerecht genutzt. Dies erfordert eine Füge-technik, die artgleiche Werkstoffkombinationen sicher und mit kurzen Prozesszeiten verbindet. Eine besondere Herausforderung stellt dabei das Verbinden von Kunststoff mit Metall dar, da ein direktes, hochfestes Verschweißen dieser Kombination nicht möglich ist. Abhilfe schafft hier ein Fügeverfahren, bei dem die Metalloberfläche zunächst entweder durch eine Hochgeschwindigkeits-Lasermikrostrukturierung mit Hinterschnitten und definierten Rauigkeiten versehen wird oder mithilfe von Ultrakurzpulslasern eine schwammartige, poröse Oberfläche erzeugt wird. Im nachfolgenden laserbasierten Fügeprozess wird der Kunststoff selektiv an der Füge-stelle zwischen Metall und Kunststoff aufgeschmolzen, so dass sich dieser dauerhaft in der zuvor bearbeiteten Metalloberfläche verkrallen kann. Durch eine belastungsgerechte Auslegung von Ausrichtung, Form und Anzahl der Strukturen ergibt sich eine große Bandbreite an möglichen Hybridstrukturen für eine Vielzahl von Werkstoffkombinationen.

Ausstattung – Zentrum für Laser-Leichtbau

Im Zentrum für Laser-Leichtbau steht für Forschungs- und Entwicklungsaufgaben ein umfangreicher Anlagenpark mit diversen Strahlquellen und Handhabungssystemen sowie umfangreichem Analyse- und Diagnoseequipment zur Verfügung, der fortlaufend auf dem neuesten Stand der Technik gehalten wird:

- Faser- und Scheibenlaser mit Leistungen bis 12 kW (Multimode) bzw. 5 kW (Singlemode)
- Diodenlaser mit Leistungen bis 12 kW
- CO₂-Laser cw bis 10 kW und gepulst mit mittleren Leistungen bis 1,5 kW
- Gepulste fs- und ps-Laser bis 1 kW mittlere Leistung
- Roboter-, Multiachs-, und Portalanlagen zur 3D-Bearbeitung
- 2D-Schneidanlage, 300 m/min, 5 g
- Remote-Bearbeitungssystem mit Galvanometerscanner, Brennweiten von 50 - 810 mm
- UV-VIS-NIR und FTIR-Spektrometer
- Prozessüberwachungssysteme
- Hochgeschwindigkeits- und Thermographiekameras
- Universal-Zugprüfmaschine 10 N - 100 kN
- Klimakammer

Ansprechpartner

Dr. Frank Schneider (Laserschneiden)
Telefon +49 241 8906-426
frank.schneider@ilt.fraunhofer.de

Dr. Alexander Olowinsky (Mikrofügen)
Telefon +49 241 8906-491
alexander.olowinsky@ilt.fraunhofer.de

- 4 CFK-Schnittkante, 8 mm Materialdicke.
5 Mittels Laserstrahl gebohrter CFK-Preform für formschlüssigen Insert.
6 Laserbasierte Hybridverbindung zwischen Autotür und FVK-Versteifung.