

REMOTE-BEARBEITUNG VON CARBONFASER-VERSTÄRKTEN POLYMEREN MIT BRILLANTEN STRAHLQUELLEN

DIE AUFGABE

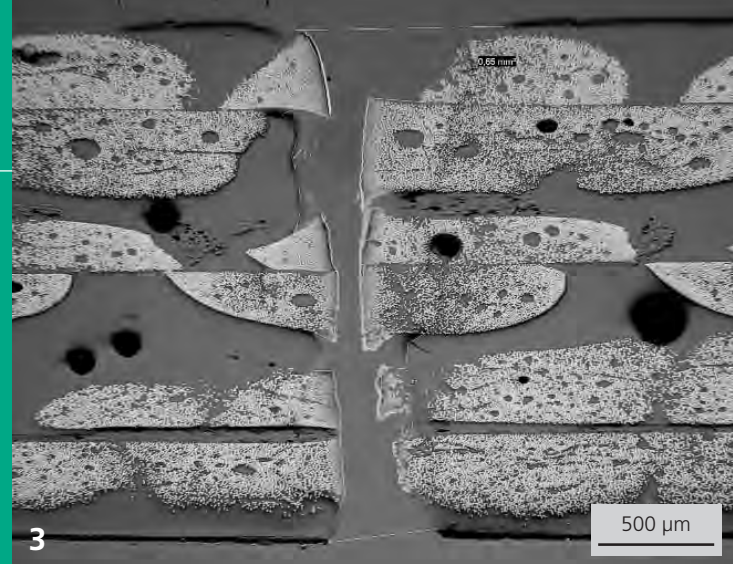
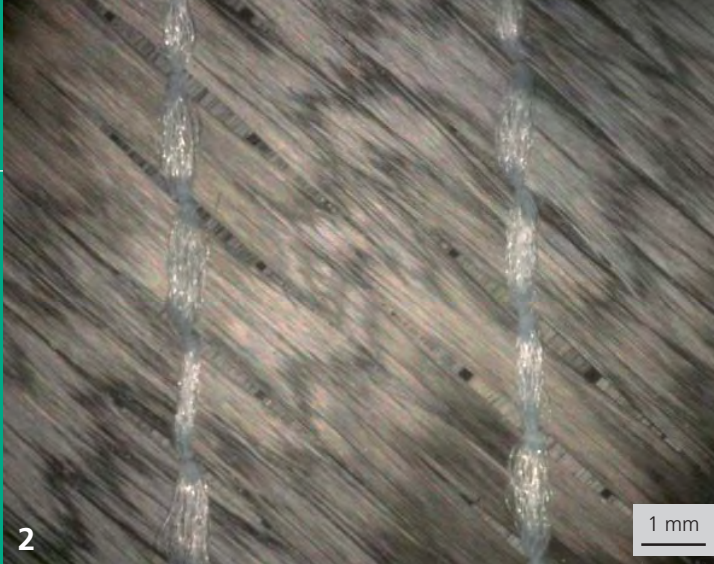
Die Entwicklung energieeffizienter Transportmittel für den Personen- und Güterverkehr verstärkt das Streben nach Fertigungstechnologien für Hochleistungs-Konstruktionsstrukturen. Carbonfaserverstärkte Materialien (CFK) verfügen aufgrund ihrer hohen spezifischen Zugfestigkeit bei gleichzeitig geringer Dichte über ein hohes Anwendungspotenzial. Obwohl in der Luft- und Raumfahrtindustrie bereits seit vielen Jahren CFK-Strukturen hergestellt und integriert werden, ist eine »high volume«-Produktion, wie im Automobilbau gefordert, aktuell nur ansatzweise umgesetzt. Ein Grund dafür ist die bisher praktizierte endkonturnahe Urformung der CFK-Bauteile mit vorrangig duroplastischer Matrix. Diese erfordert lange Aushärtezeiten und spezielle Konsolidierungsstrategien für eine optimale Verbindung zwischen den einzelnen Carbonfasern und dem Matrixmaterial. Außerdem besitzen die Einzelfasern stark anisotropische Festigkeitseigenschaften, so dass bei multiaxialer Bauteilbeanspruchung ein komplexer Verbundaufbau mit gezielter Ausrichtung der unidirektionalen Faser-Polymer-Lagen erforderlich ist.

Neben der Bauteil-Urformung ist der Materialbeschnitt bzw. die Fertigung von Durchbrüchen oder Bohrungen sehr zeitaufwendig. Die vorliegenden Materialkennwerte erschweren die mechanische Bearbeitung, so dass entweder starke mechanische Schädigungen in der Schnittzone auftreten oder nur geringe Abtragsraten mit hohem Werkzeugverschleiß zu verzeichnen sind. Delaminationen der Faserlagen sowie Zugänglichkeitsprobleme an gekrümmten Flächen begrenzen die Einsatzgebiete des Wasserstrahlschneidens.

Die Bearbeitung mittels Laser für das Strukturieren bzw. Abtragen von CFK-Materialien wird bereits industriell durchgeführt, jedoch sind die Abtragsraten aufgrund des Einsatzes gepulster Strahlquellen mittlerer Leistung für eine flexible Massenproduktion unzureichend. Diese Erkenntnisse erfordern die Erarbeitung neuer flexibler und prozesseffizienter Technologien.

UNSERE LÖSUNG

Deutliche Effizienzverbesserungen bei der Laserbearbeitung von polymerbasierten Hochleistungs-Faserverbundwerkstoffen konnten am Fraunhofer IWS durch den Einsatz der hochdynamischen Strahlableitung erzielt werden. Bei dieser Technologie wird der Laserstrahl über schnell verkippbare Spiegel abgelenkt und auf das Material projiziert. Die Strahlbewegung ist aufgrund der geringen Masse der vorwiegend mittels Galvanometerscanner bewegten Ablenkspiegel auch bei sehr hohen Bahngeschwindigkeiten äußerst präzise. Beschleunigungen von mehreren 10 g sind erreichbar. Die Besonderheit von sehr hohen Prozessgeschwindigkeiten und damit sehr kurzen Wechselwirkungszeiten zwischen der Laserstrahlung und dem zu trennenden Material verringert im Vergleich zum klassischen, gasunterstützten Laserschnitt die thermische Schädigung des Matrixwerkstoffes an der Schnittfuge erheblich. Zusätzlich zur schnellen Strahlbewegung ist die Auswahl der erforderlichen Bearbeitungs-Wellenlänge unabdingbar, um sowohl in der Matrix als auch im Fasermaterial eine Mindestabsorption zu erhalten.

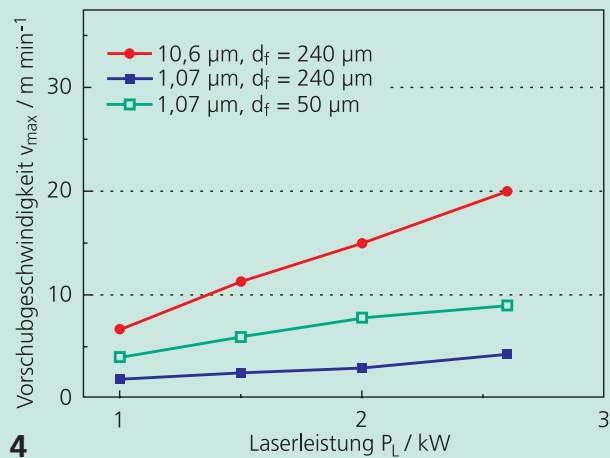


ERGEBNISSE

Die Reduzierung der Wechselwirkungszeit zwischen Laserstrahl und Verbund verringert die thermische Zersetzung des Matrixwerkstoffes und ermöglicht so bessere Abtrags- und Trennergebnisse. Je nach Matrixtyp kommen sowohl Hochleistungs-CO₂-Laser als auch brillante Festkörperlaser, wie Faser- oder Scheibenlaser zum Einsatz. Während CO₂-Laserstrahlung in nahezu allen Kunststoffen ausreichend absorbiert wird, können Festkörperlaser durch eine deutlich bessere Fokussierbarkeit effizienzsteigernd wirken.

Das Diagramm zeigt realisierbare Bearbeitungsgeschwindigkeiten an einem Carbonfaser-Duromer-Verbund. Aufgrund der eingesetzten nahezu trägheitslosen Galvanometerscannerantriebe ist es möglich, diese Bearbeitungsgeschwindigkeiten auch bei nicht linearen Schneidkonturen oder kleinen Bohrungen und Strukturen zu garantieren und somit gleichbleibende Ergebnisse in der Schnittqualität zu erzielen. Eine aktive Bewegungskopplung von Bearbeitungsoptik und Handlingsystem ermöglicht die Bearbeitung »on the fly«.

Abhängigkeit der Vorschubgeschwindigkeit von der Laserleistung bei verschiedenen Bearbeitungswellenlängen und Variation der Leistungsdichte
Material: Bidiagonal-Carbongelege + VE-Harz, 2,4 mm dick, Faseranteil: 50 % (gew.)



Trotz der Verfügbarkeit von Lasern mit Dauerstrich-Leistungen im kW-Bereich ist bei typischen Bauteilstärken ein zyklischer Materialabtrag erforderlich. Er beträgt im Allgemeinen einige 100 µm. Die Zyklenzahl zum vollständigen Durchtrennen ist dabei abhängig von:

- Materialzusammensetzung,
- Absorption der Laserstrahlung in Matrix und Fasermaterial,
- Leistungsdichte im Bearbeitungspunkt,
- Abtragungsgeschwindigkeit.

- 1 Prinzip der high-speed-Strahlableitung
- 2 Bidiagonal-Carbongelege (Draufsicht)
- 3 Schnittfuge eines Carbonfaser-verstärkten Duromers (Querschliff)

KONTAKT

Dipl.-Ing. Annett Klotzbach
Tel.: +49 351 83391-3235
annett.klotzbach@iws.fraunhofer.de

