

1

EFFIZIENTE LASERMATERIALBEARBEITUNG VON FASER-KUNSTSTOFF-VERBUNDEN

DIE AUFGABE

Hochleistungswerkstoffe, basierend auf Faser-Kunststoff-Verbunden (FKV) finden derzeit eine breite Anwendung in der Industrie. Neben der Luftfahrt- und Automobilindustrie setzen sich FKV zunehmend im allgemeinen Maschinenbau durch. Hierbei liegt der Fokus auf der Bereitstellung von funktions-integrativen Bauteilen.

Eine der größten Herausforderung auf dem Gebiet der FKV ist die Verbesserung und Optimierung der Herstellungs- und Bearbeitungsprozesse. Hier ist vor allem die hohe abrasive Wirkung der Kohlenstofffasern zu nennen, die zu einem extremen Werkzeugverschleiß sowohl beim Fräsen als auch beim Wasserstrahlschneiden führt. Gleichzeitig steigen die werkzeuginduzierten Schädigungen infolge von Krafteinwirkungen und dem Erreichen der Standzeit der verwendeten Werkzeuge oder Abrasivmittel. Aufgrund dieser Reglementierungen erscheint der Laser als berührungsloses und gut zu automatisierendes Werkzeug als Mittel der Wahl, um eine effiziente Bearbeitung bei gleichzeitiger Verschleißfreiheit zu gewährleisten.

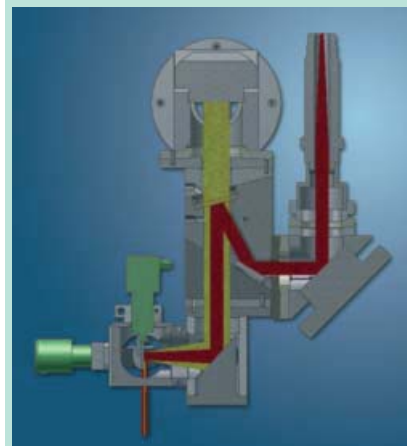
UNSERE LÖSUNG

FKV bestehen in der Regel aus einem Faserwerkstoff und einer duroplastischen oder thermoplastischen Matrix. Beide Grundwerkstoffe zeichnen sich durch stark unterschiedliche Wärmeleitfähigkeiten, Verdampfungstemperaturen sowie Absorptionseigenschaften aus. Um eine effiziente und qualitativ hochwertige Bearbeitung zu ermöglichen, sind diese stark voneinander abweichenden Materialverhalten der Einzelwerkstoffe bei der Lasermaterialbearbeitung zu berücksichtigen.

Das Remote-Laserschneiden mit cw-Strahlquellen wurde bereits für die Bearbeitung von FKV qualifiziert. Die hohen Vorschubgeschwindigkeiten des Laserspots verringern die Wechselwirkungszeit zwischen Laser und Werkstoff signifikant. Dies hat eine Minimierung des Einflusses der Wärmeleitfähigkeit des Faseranteiles zur Folge. Soll Material von einigen Millimetern Stärke geschnitten werden, so erfolgt die Bearbeitung im »Multi-Zyklus-Betrieb«. Dabei werden pro Zyklus bis zu 500 µm tiefe Spuren im Material verdampft und nach oben aus der Schnittfuge ausgetrieben.

Um die spezifischen Materialeigenschaften der Einzelwerkstoffe eines FKV zu berücksichtigen, hat das Fraunhofer IWS gemeinsam mit der TU Dresden im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 639 ein Laserstrahlkombinationsmodul entwickelt (siehe Abb. 1 und 2). Dabei wird das Konzept verfolgt, Laserstrahlung aus zwei Strahlquellen mit den Emissionswellenlängen $\lambda = 10,6 \mu\text{m}$ und $\lambda = 1,07 \mu\text{m}$ koaxial übereinander zu legen. Hierbei wird das optimale Absorptionsverhalten der polymeren Matrix bei Beaufschlagung mit CO_2 -Strahlung ($10,6 \mu\text{m}$) ausgenutzt, um diese zu verdampfen. Gleichzeitig kann durch die gute Fokussierbarkeit des Festkörperlaserstrahls (FKL, $1,07 \mu\text{m}$) eine ausreichend hohe

Prinzipdarstellung der koaxialen Strahlüberlagerung



2



Intensität erreicht werden, um den Verstärkungsfaserteil zu sublimieren. Durch die wählbaren Anteile der wellenlängenspezifischen Laserleistungen ergeben sich dabei neuartige Parametervariationen.

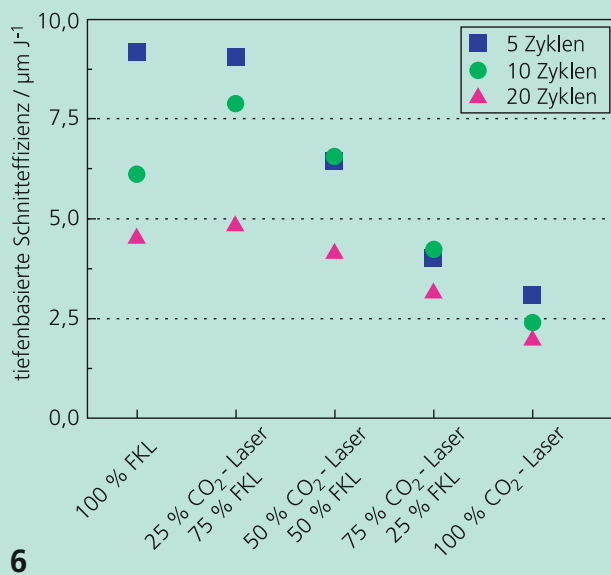
ERGEBNISSE

Die gute Fokussierbarkeit der Festkörperlaserstrahlung führt bei gleichem optischen Aufbau zu einem um den Faktor 10 kleineren Fokusdurchmesser im Vergleich zur CO₂-Laserstrahlung. Damit einher geht eine Verkleinerung der Wechselwirkungszone sowie Verkürzung der Wechselwirkungszeit zwischen Laserstrahl und Werkstoff. An einem FKV, basierend auf hochmoduliger Kohlenstofffaser und Epoxydharz mit einem Faservolumengehalt von ca. 60 Prozent, kann die Effizienzsteigerung nachgewiesen werden. Durch die hohe Intensität der Festkörperlaserstrahlung sowie die kurze Wechselwirkungszeit sind hochwertigere Schnitte im Vergleich zur Bearbeitung mit CO₂-Laserstrahlung möglich (siehe Abb. 3 und 4).

Durch Anwendung von synchroner Laserstrahlung mit einem Anteil von 25 Prozent CO₂-Laserstrahlung kann die tiefenbezogene Schnitteffizienz der Bearbeitung weiter gesteigert werden (Abb. 6). Die Aufweitung der Schnittkerbe durch die Verwendung des CO₂-Laseranteiles ist ursächlich für die höheren Abtragsvolumina. Durch die Wechselwirkung der CO₂-Laserstrahlung mit dem Matrixmaterial wird dieses thermisch zersetzt. Damit einher geht eine lokale Anhebung des Faservolumenanteils, was zu einem höheren Anteil an absorbierte Festkörperlaserstrahlung im Verstärkungsfaserteil innerhalb der Wechselwirkungszone führt. Es ist weiterhin davon auszugehen, dass durch die breite Schnittkerbe die Festkörperlaserstrahlung zu einem geringen Anteil mit den Schnittkerbflanken wechselwirkt. Dies führt zu einem geraderen Schnitt und zu einer Vergrößerung der Schnitttiefe (Abb. 5 und 6).

Die Kombination von Festkörper- und CO₂-Laserstrahlung erweitert das Parameterfeld für eine anforderungsgerechte Bearbeitung von FKV. Der erhöhte systemtechnische Aufwand lässt sich durch eine vielversprechende Verbesserung der Bearbeitungsergebnisse rechtfertigen.

Schnitteffizienz bei 1200 W Gesamtlaserleistung und 1 m s⁻¹ Vorschubgeschwindigkeit, tiefenbasiert



1 Laserstrahl-Kombinationsmodul mit Scanner

3-5 Querschliffe von Schnittfugen in CFK nach dem Remote-Laserstrahlschneiden mit CO₂-Laser (3), Festkörperlaser (4) und einer Wellenlängenkombination mit 25 Prozent CO₂-Laseranteil (5)

KONTAKT

Dipl.-Ing. Andreas Fürst

+49 351 83391-3544

andreas.fuerst@iws.fraunhofer.de

