

PLASMATECHNIK ZUR EFFIZIENTEN HERSTELLUNG VON KOHLENSTOFFFASERN

DIE AUFGABE

Der steigende Bedarf an Kohlenstofffasern und deren Verbunden basiert auf den sensationellen Leichtbaueigenschaften dieser Materialien. Neben ihrer hohen Festigkeit bei gleichzeitig geringer Dichte weisen sie auch eine hohe Korrosionsbeständigkeit sowie ein gutes Dämpfungsvermögen auf. Der Preis der Kohlenstofffasern wird durch den Herstellungsprozess und die Anlagenkosten bestimmt. Die kohlenstoffhaltigen Ausgangsfasern (meist aus Polyacrylnitril, PAN) müssen oxidiert und karbonisiert werden, um eine graphitartige Struktur auszubilden. Durch die Karbonisierung erreichen die Fasern eine höhere Festigkeit und Steifigkeit.

Mit zunehmender Behandlungstemperatur steigt der relative Kohlenstoffanteil der Fasern, gleichzeitig sinken der Wirkungsgrad der bisher verwendeten industriellen Anlagen und damit die Effizienz des Prozesses. Alternative Behandlungsmethoden sind deshalb wichtige Stellgrößen zur Kostensenkung und Steigerung der Effizienz der Kohlenstofffaserherstellung. Das größte Potenzial wird in einer Reduzierung der Behandlungsdauer bei gleichzeitiger Verkleinerung der Anlagendimensionen gesehen.

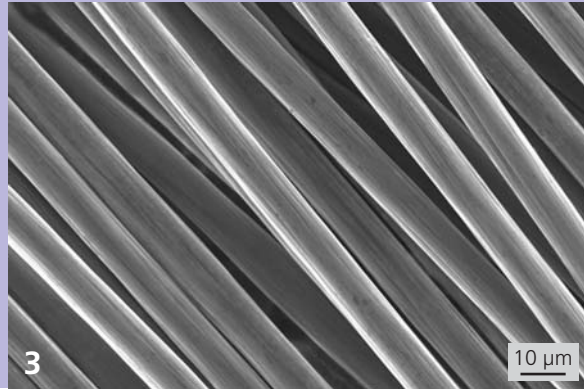
UNSERE LÖSUNG

Die konventionelle Karbonisierung ist im unteren Temperaturbereich mit sehr geringen Aufheizraten verbunden, da Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff und deren Verbindungen aus dem Material ausdiffundieren und damit der Kohlenstoffgehalt im Material ansteigt.

Mit einer Steigerung der Aufheizrate durch eine alternative Aufheizmethode und der damit verbundenen Erhöhung der Diffusionsgeschwindigkeit ist eine erhebliche Effizienzsteigerung möglich. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass keine Faserschädigung auftritt und der Karbonisierungsprozess unter inerter Atmosphäre stattfindet. Tritt Sauerstoff während der Behandlung in den Prozessraum ein, führt dies zu einer erheblichen Verschlechterung der Faserqualität.

Am Fraunhofer IWS Dresden wurde im Rahmen eines öffentlich geförderten Projekts eine neue Niederdruck-Mikrowellen-Plasmaanlage entwickelt. Sie ermöglicht die Karbonisierung voroxidierter PAN-Fasern innerhalb von 10 Minuten. Kernstück der Anlage ist eine linear ausgedehnte Kavität mit einer Länge von momentan 400 mm. Sie beherbergt im Inneren ein Quarzglasrohr mit einem Durchmesser von 70 mm, durch welches die Fasern hindurchgeführt werden. An zwei gegenüberliegenden Seiten der Kavität wird Mikrowellenstrahlung in die mit einer Stickstoff-Argon-Mischung gefüllte Quarzglasröhre eingekoppelt. Dadurch ist es möglich, in diesem Bereich der Kavität ein Mikrowellen-Plasma zu generieren, welches die Fasern durch eine Kombination aus Strahlung verschiedener Wellenlängenbereiche karbonisiert.

Die Besonderheit des entwickelten Verfahrens liegt in der kurzen Behandlungszeit der Fasern durch die Wechselwirkung mit dem Mikrowellen-Plasma. In Verbindung mit der geringen Anlagengröße kann der Faserdurchsatz erheblich gesteigert und Kosten minimiert werden. Als Prozessgase werden ausschließlich Argon und Stickstoff verwendet.

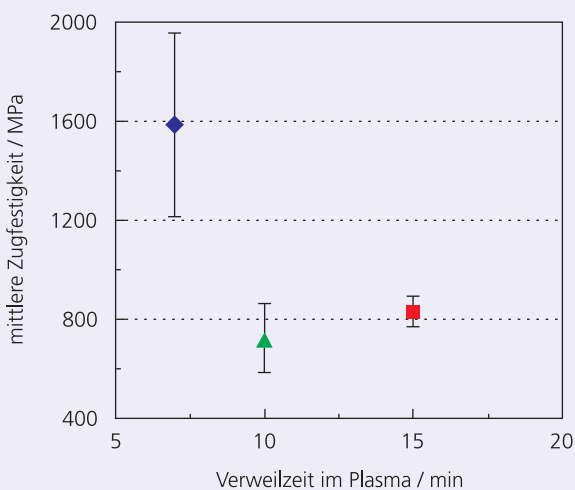


ERGEBNISSE

Die PAN-Fasern werden mit einer definierten Zugspannung längs durch die Kavität geführt. Durch diese Vorspannung wird eine Vorzugsrichtung für die Ausbildung der Graphitebenen vorgegeben. Daraus resultiert eine erhöhte Festigkeit in Faserrichtung.

Die Faserfestigkeit wird durch die Bestimmung der Einzelfilament-Zugfestigkeit charakterisiert. Durch Variation der Mikrowellenleistung lassen sich die Ausbreitung des Plasmas und damit auch sein Wirkungsbereich beeinflussen. Über die Veränderung des Druckes wird die Intensität des Plasmas variiert, was Auswirkungen auf die Temperatur in der Kavität hat. Auch der Gesamtgasfluss und die Gaszusammensetzung beeinflussen die Fasereigenschaften.

Abhängigkeit der Zugfestigkeit von der Verweilzeit im Plasma bei einer Mikrowellenleistung von ca. 1150 W



4

Die Festigkeit der Fasern kann durch die Mikrowellen-Plasma-Behandlung im Vergleich zum Ausgangsmaterial erheblich gesteigert werden. Bei einer Mikrowellenleistung von 1150 W und 7 Minuten Verweilzeit im Plasma konnte die Festigkeit des Ausgangsmaterials von ursprünglich ca. 300 MPa auf eine mittlere Zugfestigkeit von 1200 MPa bis 1800 MPa gesteigert werden. Der Festigkeitsverlust mit steigender Verweilzeit kann unter anderem mit einem zu hohen Energieeintrag durch die gewählte Mikrowellenleistung in die Fasern erklärt werden.

Die Arbeiten erfolgten im Projekt »Energieeffiziente Herstellung von Kohlenstofffasern mittels Mikrowellenplasmen« in Kooperation mit der SITEC Automation GmbH, finanziert aus Mitteln der Europäischen Union und des Freistaates Sachsen, Förderkennzeichen 100154468/2894.

- 1 *Linear ausgedehntes Niederdruck-Mikrowellenplasma zur Herstellung von Kohlenstofffasern*
- 2 *Anlage mit Betrieb von 2 Mikrowelleneinspeisungen*
- 3 *REM-Aufnahme von Kohlenstofffasern, welche durch das Mikrowellen-Plasma-Verfahren hergestellt wurden*

KONTAKT

Dipl.-Ing. Jane Großmann
 Telefon: +49 351 83391-3295
jane.grossmann@iws.fraunhofer.de

