

Das IPF ist eine der größten Polymerforschungseinrichtungen in Deutschland. In besonderer Weise verbindet es Grundlagenforschung mit Anwendungsorientierung und naturwissenschaftliche mit ingenieurwissenschaftlicher Kompetenz. Das ermöglicht, zusammen mit einer modernen Ausstattung bis hin zu unikal kleintechnischen Versuchsanlagen, eine ganzheitliche werkstoffwissenschaftliche Forschung auf dem Gebiet der Verbundwerkstoffe zu zukunftsfähigen Werkstoffen durch funktionsintegrierenden Systemleichtbau. Im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 639 „Textilverstärkte Verbundkomponenten für funktionsintegrierende Mischbauweisen bei komplexen Leichtbauanwendungen“ und unter Anwendung der Kompetenzen zur Grenzflächengestaltung werden insbesondere neue funktionale Grenzschichten auf der Nanoebene in Verbundwerkstoffen entwickelt, die als in-situ Sensor (Abb. 1) eine frühzeitige Defektidentifikation sowie -warnung ermöglichen.

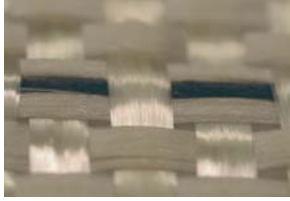


Abb. 1: Hybridgewebe mit einem carbon-nanotube beschichteten Glasfilamentgarn zur Strukturüberwachung in Faserverbundwerkstoffen



Kontakt:
Leibniz-Institut für Polymerforschung
 Dresden e. V.
 Hohe Strasse 6
 01069 Dresden
 Prof. Dr. Edith Mäder
 Tel.: +49-351-4658-305
 Fax: +49-351-4658-362
 E-Mail: emaeder@ipfdd.de
 Dipl.-Ing. Julius Rausch
 Tel.: +49 351 4658641
 E-Mail: rausch@ipfdd.de

Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V. (IPF) Grenzschnittsensor zur Strukturüberwachung von faserverstärkten Verbundwerkstoffen

Die Nanostrukturierung der Oberflächen von Hybridgarnen erfolgt im kontinuierlichen Prozess der Hybridgarnherstellung (Abb. 2). Vordispersierte multi-walled Carbon Nanotubes (CNTs) werden über wässrige Oberflächenmodifizierungen gezielt auf der Oberfläche von Glasfilamenten konzentriert (Abb. 3), um nach der Konsolidierung der Verbundwerkstoffe eine CNT-reiche Grenzschicht zu bilden. Maßgeschneidert für den Einsatz im jeweiligen Polymermatrix-Verbundwerkstoff wird die Formulierung der wässrigen Oberflächenmodifizierungen hinsichtlich einzusetzender Haftvermittler und Filmbildner variiert. Im Zusammenwirken mit den CNTs besteht eine Herausforderung in der Entwicklung homogener dispergierter Emulsionen, um eine möglichst homogene Bedeckung der Glasfaseroberflächen mit CNTs zu erreichen.

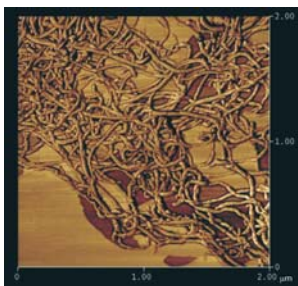


Abb. 3: AFM-Phasenbild eines CNT-Netzwerkes auf einer Glasfaseroberfläche

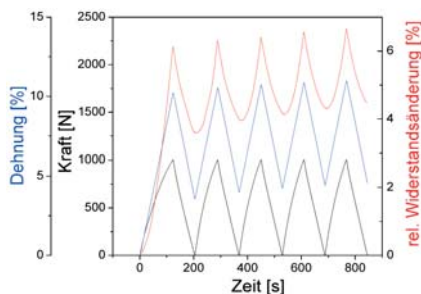


Abb. 4: Relative Widerstandsänderung des Grenzschnittsensors während eines zyklischen Zugversuchs eines Polypropylen-Glasfaser-Verbundes

tigt, da das modifizierte Volumen im Gesamtverbund vergleichsweise gering ist. Weiterhin wird das Einbringen externer Sensorsysteme sowie zusätzlicher Materialien in den Verbundwerkstoff durch die Integration der CNTs in die jeweilige Oberflächenmodifizierung vermieden, wodurch Störstellen und Spannungskonzentrationen entfallen.

In Abbildung 4 ist die relative Widerstandsänderung eines CNT-geschichteten Glasfilamentgarns in einer Polypropylenmatrix während eines zyklischen Zugversuchs dargestellt. Bereits nach dem ersten Belastungszyklus stellt sich eine dauerhafte Widerstandsänderung ein, die auf das viskoplastische Materialverhalten zurückzuführen ist. Mit jedem weiteren Belastungszyklus nimmt die Widerstandsänderung proportional zur Dehnung zu.

Aufgrund der Konzentration der CNTs auf der Glasfaseroberfläche, ist die Widerstandsänderung jedoch ausschließlich auf die lokale Dehnung in der Grenzschicht des Verbundes zurückzuführen.

Beim Einsatz von Strukturbauteilen aus Faserverbundwerkstoffen kommt es, bedingt durch die textile Architektur sowie die Dimensionen der Bauteile, häufig zu verschiedenen stark beanspruchten Bereichen mit lokal unterschiedlichen Dehnungen. Die Verwendung CNT-basierter Grenzschnittsensoren in endlosfaserverstärkten Verbundwerkstoffen bietet einen neuen, alternativen Ansatz zur Strukturüberwachung sowie frühzeitigen Defektidentifikation und -warnung. Die Einzelfasern, Garne oder Halbzeuge mit sensorischen Eigenschaften können lokal, entsprechend der im Bauteil zu erwartenden Beanspruchung, maßgeschneidert und im textilen Halbzeug eingesetzt werden.

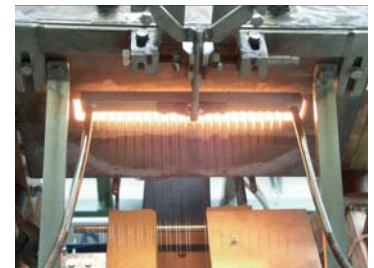


Abb. 2
 Oben: Düsenwanne zum Erspinnen von Glasfilamentgarnen

Mitte: Oberflächenmodifizierung der erspinnenen Glasfasern durch Applikation einer „Schlichte“ mit Carbon Nanotubes

Unten: Commingling der Glas- mit Polypropylenfilamenten für die Hybridgarnherstellung (Fotos: Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V.)

In heterogenen Polymerwerkstoffen hängen die Materialeigenschaften und das Verbundverhalten signifikant von den dreidimensionalen Grenzschichten ab. Durch Integration perkulierter CNT-Netzwerke in den Grenzschichten, können lokal elektrische Widerstandsänderungen in Abhängigkeit von der mechanischen Verformung, der Feuchte und der Temperatur nachgewiesen werden.

Im Unterschied zu konventionellen CNT-Nanocompositen werden nur sehr geringe Mengen an CNTs benö-