

Untersuchung von Möglichkeiten des Einsatzes nichtkonventioneller Spinnverfahren zur Herstellung von Carbon Hybridgarnen (IGF 17107 N1)

Autoren: Dipl.-Ing. Jörg Hehl
M. Sc. Stephan Baz
Dipl.-Ing. Uwe Heitmann
Dr.-Ing. Götz Gresser

Erschienen: 14.01.2014

Zusammenfassung:

Das Ziel des Forschungsvorhabens (IGF 17107 N/1, 01.08.2011 bis 31.07.2013) war die Erforschung und Anpassung einer möglichst faserschonenden Prozessabfolge für die Herstellung von Carbon Hybridgarnen nach einem Luftspinnprinzip. Hierbei wurden Carbon- und Polyamidfasern, ausgehend von der Materialauswahl über den Reiß-, Streck- und Misch-, sowie den Luftspinnprozess bis hin zu Verbundwerkstoffproben verarbeitet.

Im Forschungsvorhaben wurde der Erhalt einer mittleren Carboneinzelfaserlänge von ca. 100 mm angestrebt.

Durch die Untersuchung der Prozessabfolge konnten die wesentlichen Parameter für eine möglichst faserschonende Verarbeitung der Carbonfasern auf einer Doppelnadelstabstrecke ermittelt werden. Der Fokus lag auf einer geringen Carbonfasereinkürzung und einer homogenen Durchmischung von Carbon- und Polyamidfasern. Die wichtigen Parameter für die Verarbeitung der Carbon- und Polyamidfasern zu Hybridbändern an einer Nadelstabstrecke sind die Nadelform und -dichte, die Bandzuführung und der Nip. Für eine relativ homogene Durchmischung der beiden Faserkomponenten wurden zwei Streckpassagen durchgeführt.

Innerhalb des Forschungsvorhabens wurde ein Luftspinntester aufgebaut, welcher die Verarbeitung der Hybridbänder zu einem Garn ermöglicht. Sowohl auf die zu verarbeitenden Carbonfaserlängen (große Streuung der Faserlängen) als auch auf die geringe Faserfeinheit (Carbonfaserfeinheit: ca. 0,7 dtex) wurde beim Aufbau Rücksicht genommen. Weiterhin wurden spezielle Luftdüsenysteme (2-Düsen- und Eindüsen-Systeme) für dieerspinnung von Grogarnen ausgelegt.

Bei der Untersuchung der Vorverzugskräfte am Luftspinnstester wurden 70 % höhere Verzugskräfte für ein Hybridband aus Carbon- und Polyamidfasern ermittelt, als bei der Verarbeitung von 100 % Polyamid auftreten.

Mit Hilfe des aufgebauten Luftspinnstesters konnten erfolgreich Carbon Hybridgarne nach dem 2-Düsen- und dem Eindüsenverfahren hergestellt werden. Die erzeugten Hybridgarne weisen eine sehr offene Struktur auf. Das Hybridgarn mit der kompaktesten Struktur konnte in einem Weiterverarbeitungsversuch zu einem Gewebe weiterverarbeitet werden.

Ein Vergleich zwischen einem Umwindegarn aus Carbon-Polyamid-Hybridbändern und den in diesem Vorhaben hergestellten luftgesponnenen Hybridgarnen zeigt das Potential des Hybridfasermaterials unter Einsatz eines an die Anwendung des Garnes angepassten Spinnverfahrens.

Ausgewählte Garne wurden für die Herstellung von Verbundwerkstoffprobekörpern verwendet. Die daraus ermittelten Materialkennwerte können bisher nur vergleichend bewertet werden, da die definierte Konsolidierung des Hybridmaterials weiterer Untersuchungen bedarf.

Nachfolgend sind die Ergebnisse des Forschungsvorhabens im Einzelnen dargestellt.

Carbonfasern

Es konnten wichtige Zusammenhänge zwischen den Fasereigenschaften und der Weiterverarbeitbarkeit der Fasern in der Stapelfaserspinnerei ermittelt werden, die zur Auswahl geeigneter Carbonfasern beitragen.

Bei der Verarbeitung von Carbonfasern in Stapelfaserform muss die Faserlängenverteilung und dabei vor allem die maximale Faserlänge betrachtet werden. Problematisch ist, dass die Einzelfaserlängenmessung nur beschränkt aussagekräftig ist, da sie sehr stark von der Prüfperson, dem Fasermaterial und der Form, in der das Fasermaterial vorliegt (Flocke, Garn, oder Gewebe) abhängt.

Die an der Strecke oder dem Luftspinnstester notwendigen Verzugskräfte zum Verziehen der Faserbänder sind maßgeblich von der aufgebracht Avivage auf den Fasern abhängig. In diesem Bereich besteht Forschungsbedarf. An die Avivage werden drei wesentliche, zum Teil widersprüchliche Anforderungen gestellt. Die Avivage soll dazu beitragen die Faserschädigung zu verringern, gleichzeitig gute Gleit- und Verzugseigenschaften sowie eine gute Anbindung des Matrixmaterials an die Carbonfasern ermöglichen

Durch das Reißen neuer Carbonfaserrovings mit einem Reißkonverter konnten die wesentlichen Versuchsparameter und Optimierungsstellen für die Verarbeitung von Carbonfaserrovings zu Carbonstapelfasern ermittelt werden.

Thermoplastische Fasern

Es wurden erfolgreich Versuche mit einer Standardpolyamidfaser und einer angepassten Polyamidfaser durchgeführt. Eine Anpassung der Feinheit der Polyamidfasern an die Carbonfaserfeinheit könnte in Bezug auf die Performance des Verbundwerkstoffes Vorteile bringen. Die Verarbeitung solcher sehr feinen Polyamidfasern stellt aber gleichzeitig eine Herausforderung dar.

Bandherstellung an der Doppelnadelstrecke

Die Verarbeitung und Mischung der Carbon- und Polyamidfaserbänder an einer Doppelnadelstrecke (DNS) konnte erfolgreich durchgeführt werden.

Die Untersuchungen zeigten, dass drei Parameter an der DNS sich direkt auf die Carbonfaserlängeneinkürzung auswirken. Diese drei Parameter sind die Art der Bandzuführung, die Benadelung des Nadelfeldes und der Nip.

Der Nip (Abstand zwischen Nadelfeld und Ausgangswalzenpaar) muss in Abhängigkeit der vorgelegten Faserlängen (Carbon und Polyamid) und der eingesetzten Avivage der Carbonfasern gewählt werden. In den Versuchen hat sich ein Abstand von ca. 45 - 50 mm als vorteilhaft erwiesen.

Bezüglich der Nadelform und -dichte sollte die Anzahl der faserführenden Elemente minimiert werden, das heißt eine geringe Anzahl an Nadeln bietet Vorteile. Unter Berücksichtigung von Erfahrungswerten aus der Verarbeitung anderer Materialien dürfte sich eine Benadelung von 4 Rundnadeln pro cm positiv auswirken. In den Versuchen ergaben sich aus dem Einsatz von 5 Rundnadeln pro cm Vorteile gegenüber 6 Flachnadeln pro cm.

Ebenfalls als vorteilhaft erwies sich eine zweistöckige Bandzuführung. Die Versuche an der DNS zeigten, dass die Bänder dem Verzugfeld möglichst kompakt zugeführt werden sollten. Aus diesem Grund wurden die Bänder am Einlauf der DNS über ein Führungsorgan zusammengefasst und leicht verdichtet. Die Anordnung der Bänder untereinander muss in Abhängigkeit des eingesetzten Materials und dem damit verbundenen Laufverhalten der DNS gewählt werden.

Ein höherer Materialdurchsatz (das bedeutet höhere Bandgewichte) und höhere Verzüge wirkten sich an der Nadelstrecke positiv auf das Laufverhalten aus.

Zwei Streckpassagen scheinen einen guten Kompromiss zwischen homogener Durchmischung der Faserkomponenten und möglichst geringer Schädigung der Carbonfasern darzustellen.

Ermittlung der Verzugkräfte und der Haftung des Streckbandes aus Hochleistungsfasern

Die Vorverzugkraftmessung am Luftspinnester hat gezeigt, dass die erforderlichen Kräfte bei der Verarbeitung von Hybridbändern mindestens um 70 % höher sind als bei der Verarbeitung von 100 % Polyamid. Die Verzugkräfte sind abhängig von den Eigenschaften des eingesetzten Materials (z. B. Avivage, Kräuselung, etc.) und der Faserlänge.

Garnherstellung nach dem Eindüsen- und 2-Düsen Luftspinnsystem

Innerhalb des Forschungsvorhabens konnten erfolgreich Garne nach dem Eindüsen- und dem 2-Düsenprinzip hergestellt werden. Die hohen Verzugkräfte und die große Faserlängenstreuung der Hybridbänder erfordern Anpassungen im Bereich des Streckwerks, der Spinndüse und der Düsenposition.

Um die Hybridgarne in industriellem Maßstab herzustellen, müssen im Bereich des Spinnprozesses viele Optimierungsmaßnahmen und Weiterentwicklungen durchgeführt werden (Anpassung des Streckwerks sowie der Walzenbezüge und Riemchen, Spinnmittel aus verschleißbeständigen Materialien, Optimierung des Spinnplans).

Analyse der Hybridgarne

Die Untersuchungen zeigten, dass ein luftgesponnenes Carbon Hybridgarn erfolgreich weiterverarbeitet werden kann. Der Spinnprozess darf dabei jedoch nicht auf eine minimale Faserschädigung optimiert werden. Es muss eine möglichst hohe Garnfestigkeit erreicht werden, welche eine Weiterverarbeitung zu einem textilen Flächengebilde erlaubt.

Die Mantelfaserdrehung und der Mantelfaseranteil sind bei den hergestellten Hybridgarne sehr gering. Für die Weiterverarbeitung konnte nur die Variante mit der höchsten Drehung und dem höchsten Mantelfaseranteil verwendet werden. Eine Optimierung der Spinnöse unter Berücksichtigung dieser Aspekte ist für die industrielle Umsetzung von entscheidender Bedeutung.

Aufgrund der Faserschädigung der Carbonfasern in den Prozessen und des damit verbundenen, im Vergleich zum Polyamid erhöhten, Carbonfaserverlusts, kommt es über die textile Prozesskette zu einer Veränderung des Mischungsverhältnisses zwischen Carbon und Polyamid.

Probenherstellung, Prüfung und Analyse der mechanischen Kennwerte der Verbundwerkstoffproben

Die Prüfkörperherstellung und Untersuchung der Materialkennwerte stellt eine Möglichkeit zur Beurteilung der eingestellten Parameter in den Prozessschritten und zum Vergleich der eingesetzten Materialien dar.

Der Vergleich des luftgesponnenen Hybridgarnes mit einem Vergleichsgarn (Umwindegarn) zeigt das Potential der luftgesponnenen Hybridgarne.

Eine Aussage über die absolut erreichbaren Materialkennwerte kann mit den aktuellen Ergebnissen dieses Vorhabens nicht getroffen werden. Die aus Stapelfasern aufgebauten Hybridgarne und Flächen weisen eine offene voluminöse Struktur auf. Beim Verdichten dieser Struktur in einer Heizpresse kann zurzeit nicht gewährleistet werden, dass keine Lufteinschlüsse in den Materialien enthalten sind. Eine Entwicklung in diesem Bereich ist daher erforderlich.

Ausblick

Es konnte erfolgreich nachgewiesen werden, dass luftgesponnene Hybridgarne hergestellt und weiterverarbeitet werden können. Das Potential der Garnstruktur aus hauptsächlich parallel liegenden Fasern im Garnkern und die gute Durchmischung im Vergleich zu einem Umwindegarn konnte nachgewiesen werden. Für einen industriellen Einsatz besteht weiterer Forschungsbedarf. Jeder Prozessschritt bei der Hybridgarnherstellung, begonnen beim eingesetzten Material bis hin zum Konsolidierungsprozess, zeigt die Möglichkeit oder Notwendigkeit für weitere Entwicklungs- und Forschungstätigkeit auf.

Neben dem Herstellungsprozess an sich, gibt es Forschungsbedarf bezüglich einer personenunabhängigen Messtechnik zur Bestimmung der Carbonstapelfaserlänge.

Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht.

Danksagung

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben IGF-Vorhaben 17107 N/1 der
Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e.V.,
Reinhardtstraße 12-14, 10117 Berlin wurde über die AiF im
Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen
Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom
Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines
Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Für diese Förderung danken wir.

Der Abschlussbericht des Forschungsvorhabens „Untersuchung von Möglichkeiten des Einsatzes nichtkonventioneller Spinnverfahren zur Herstellung von Carbon Hybridgarnen“ (IGF 17107 N/1), ist am Institut für Textil- und Verfahrenstechnik, Denkendorf erhältlich.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Jörg Hehl (joerg.hehl@itv-denkendorf.de)