DEUTSCHE INSTITUTE FÜR
TEXTIL+FASERFORSCHUNG

KURZVERÖFFENTLICHUNG

Optimierung von Abspanneffekten komplexer triaxialer Geflechtsstrukturen mittels Ansteuerung der Stehfadenspannung, Inline-Messung und Prozesssimulation (OptiBraid 19679N)

Autoren: Hermann Finckh
Albrecht Dinkelmann
Florian Fritz
Dr. Mathieu Imbert
Marion Gebhardt
Raphael Wolfer

Forschungsstelle: DITF – Institut für Textil- und Verfahrenstechnik

Erschienen: 27.10.2020
Bearbeitungszeitraum: 01.09.2017 – 29.02.2020

Zusammenfassung

Für die Industrie sind FVK-Bauteile mit komplexer Gestalt (ausgeprägte Krümmungen und Geometrieänderungen) von hohem Interesse. Ein effektives Herstellungsverfahren ist das Umflechten mit Radial- und Axialflechtmaschinen. Bei hochfesten FVK-Bauteilen aus triaxialen Geflechten hängt die endkonturgetreue Geflechtsbildung stark von den gewählten Stehfadenspannungen ab. Diese können zurzeit nur über Federntausch vor dem Flechtprozess händisch eingestellt werden. Um eine gute Qualität, eine effektive und kostengünstige Produktentwicklung zu ermöglichen, müssen beim Flechten automatisch alle Stehfäden einzeln genau, konstant und reproduzierbar steuerbar sein. Hier ist Höhe und Zeitpunkt der individuellen Einstellung der Stehfadenspannungen von großer Bedeutung. Anstatt kostenintensive Versuche sollen effektive Flechtsimulationen diese Einstellwerte liefern. Die Geflechtwinkel/Qualität für Carbonrovinge sollen durch eine Inline Messtechnik sofort ausgewertet und dokumentiert werden.

An den DITF wurden deshalb Lösungen zu automatisch einstellbaren Stehfadenspannungen, der Simulation des Flechtprozesses, der winkelabhängigen Faden/Faden-Reibungsprüfung, der dreidimensionalen Geflechtdokumentation und der „Live“-Messung des Geflechtwinkels für Carbonrovinge entwickelt.

Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf
Körschtalstraße 26
73770 Denkendorf
www.ditf.de

Bibliothek
Bernd Janisch | Dipl.-Ing. Kathrin Thumm
bibliothek@ditf.de
T +49 (0)711 93 40-505 | F +49 (0)711 93 40-297

Die neue optimierte Stehfadenspannungseinheit wurde mit Schrittmotoren für 72 Stehfäden für die Radialflechtmaschine der Fa. Herzog realisiert. Die Ansteuerung erfolgt über eine Beckhoff Steuerung und der entwickelten Software „OptiBraid“. Diese Lösung funktioniert auch bei allen Anwendungen, in denen Fadenspannungen eingestellt und lange gehalten werden müssen.
Für die numerische Flechtsimulation (FEM) wurde eine Software zur Modellerstellung mit Vorgabe einzelner Stehfadenspannungen entwickelt. Die FE-Simulationen für einen komplexen Kern führten zu einem Steh-/Drehflechtfaden-Spannungsverhältnis, das experimentell zur endkonturnahen Geflechtablegung führte. Da die FE-Flechtsimulation sehr berechnungsintensiv ist, wurde ein neues, extrem effektiv arbeitendes mechanisch-analytisches Simulationsverfahren unter Einsatz von MATLAB entwickelt.
Diese DITF Software „Fast Analytical Virtual Braiding“ (FAV-Braiding) wurde mit Beispielen verifiziert. Die Berechnungszeit ist für Beispielgeflechte kürzer als die reale Herstellungsdauer. Mit dieser „FAV-Braiding“ Software ist es aber derzeit noch nicht möglich, für komplexe Kerngeometrien positionsoptimierte Stehfadenspannungen zu berechnen und soll daher weiterentwickelt werden. Von der Fa. Hengstmann Solution GmbH (PA, KMU) wurde zur Inline Dokumentation der Geflechtwinkel und der Geflechtqualität in enger Zusammenarbeit die Flechtwinkelmessung mit „Live“-Auswertung mit einer neuen 4 MPixel Polarisationskamera der Fa. LUCID entwickelt und erfolgreich getestet.
Die entwickelten Technologien können sowohl für Radial- als auch Axial-Flechtmaschinen in allen Bereichen der Faserverbundtechnik, insbesondere bei KMUs, gewinnbringend eingesetzt werden. Die Ansteuerung vieler Stehfadenspannungseinheiten (SFSE) wurde prototypisch aber industrienah entwickelt und könnte für Flechtmaschinen umgesetzt werden. Bei Weiterentwicklung der effektiven mechanisch-analytischen Simulationsmethode und der neuen winkelabhängigen Reibungsbestimmung zwischen Rovingen könnte eine Zusammenführung mit der neu entwickelten SFSE über die Ansteuerung mit der Steuerungssoftware „OptiBraid“ erfolgen. Es können so leistungsfähige und leichte Produkte wirtschaftlich von KMU Firmen entwickelt und hergestellt werden. Durch die neue Inline-Messtechnik für Carbonrovinge und andere Materialien, die 3D-Dokumentation und die geräteunabhängige, exakte Kernpositionsermittlung wären alle Möglichkeiten zur Realisierung von Anwendungen bzgl. Industrie 4.0 verfügbar.

Ergebnisse

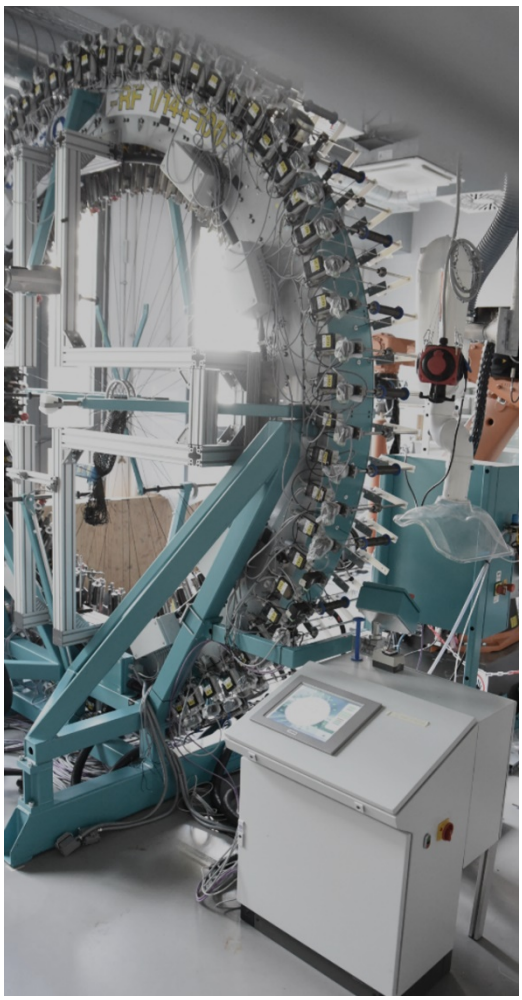
In dem Vorhaben wurden mehrere vielversprechende Lösungen erarbeitet:

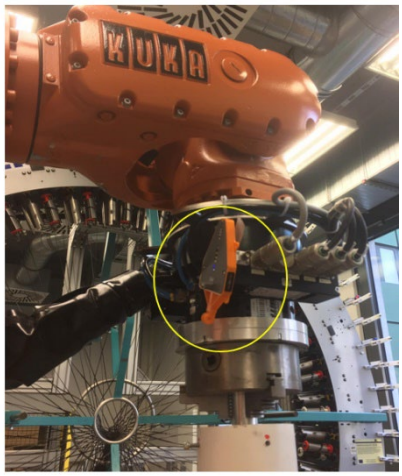
Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf
Körschtalstraße 26
73770 Denkendorf
www.ditf.de

Bibliothek
Bernd Janisch | Dipl.-Ing. Kathrin Thumm
bibliothek@ditf.de
T +49 (0)711 93 40-505 | F +49 (0)711 93 40-297

Es wurde eine neue Stehfadenspannungs-einheit (STFE) mit Verwendung von Schrittmotoren, CAN-Bus und industrieller SPS-Beckhoff Steuerung entwickelt, für die Anwendung optimiert und für 72 STFE an der Radialflechtmaschine der Fa. Herzog zuverlässig realisiert. Diese Lösung funktioniert prinzipiell auch bei allen Anwendungen, in denen Fadenspannungen variabel eingestellt und lange konstant gehalten werden müssen. Die entwickelte Steuerungssoftware „OptiBraid“ ermöglicht die gezielte Spannungseinstellung aller, einzelner oder beliebig gruppierter Stehfäden. Dies kann einerseits händisch über die entwickelte GUI oder aber über eine Steuerungsdatei erfolgen. Hier werden nach Erreichen einer angefahrenen Kernposition über den KUKA-Roboter die Spannungswerte der Datei eingestellt. Eine maschineunab-hängige Lösung der exakten permanenten 3D-Kern-Positionsbestimmung für eine ortsabhängige Fadenspannungseinstellung konnte mit dem 3D-Messsystem der Fa. Soft2tec GmbH über Tracker und Kameras

realisiert werden.

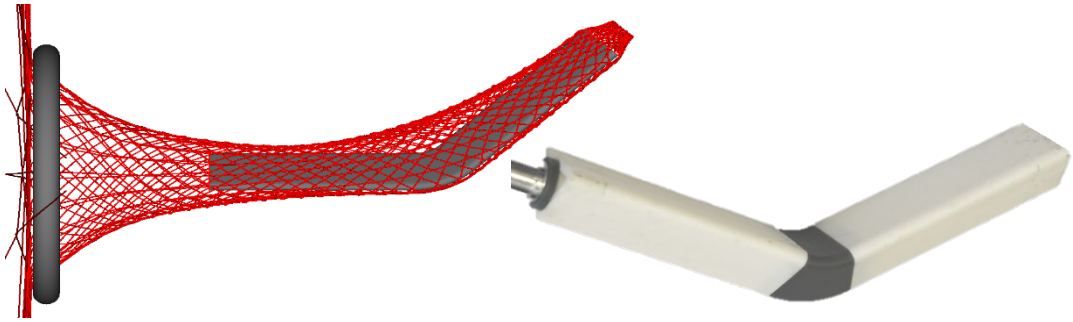




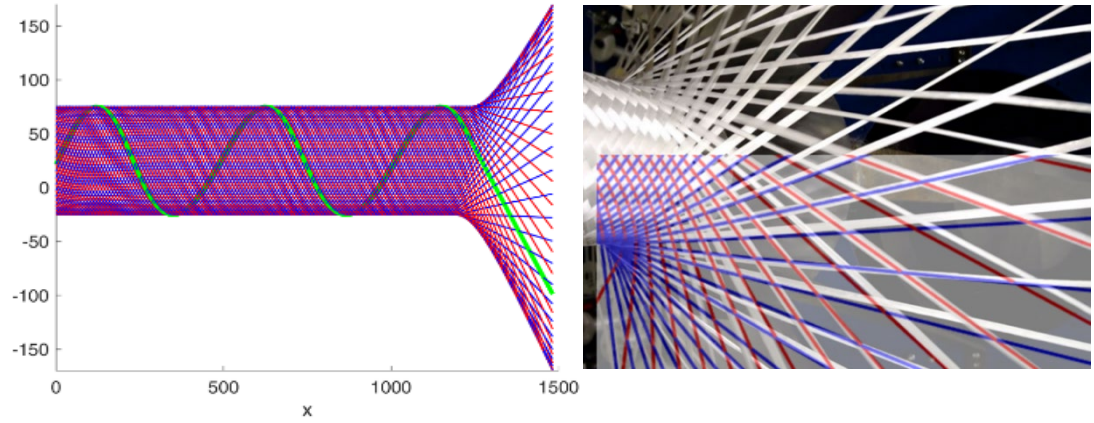
3D-Positionsmesssystem Nexonar

Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf
Körschtalstraße 26
73770 Denkendorf
www.ditf.de

Bibliothek
Bernd Janisch | Dipl.-Ing. Kathrin Thumm
bibliothek@ditf.de
T +49 (0)711 93 40-505 | F +49 (0)711 93 40-297



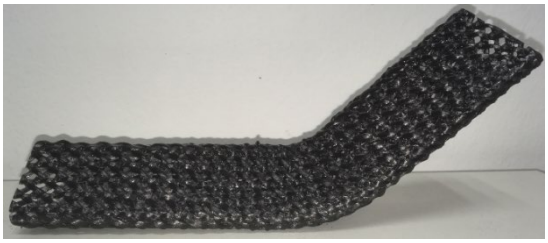
Für die numerische Flechtsimulation (FEM) wurde eine Software „Braiding Machine Configurator“ mit Phyton zur Modellerstellung mit Vorgabe einzelner Stehfadenspannungen entwickelt. Die FE-Simulationen für einen komplexen Kern führten zu einem Steh- zu (Dreh)Flechtfaden-Spannungsverhältnis, mit dem auch experimentell auf einem 3D-gedruckten Flechtkern eine endkonturnahe Geflechtablegung erzielt wurde. Zur wirtschaftlichen, systematischen Optimierung der Flechtparameter ist das Verfahren derzeit wegen der sehr langen Berechnungsdauern nur bedingt geeignet.

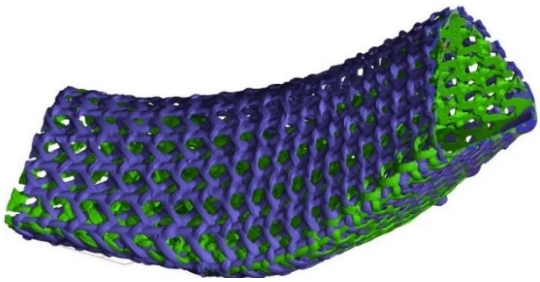


Bei der Produktentwicklung „Simultaneous Engineering“ kommt es auf die Effizienz des eingesetzten Berechnungsverfahrens an, damit die Simulationsmethode auch gewinnbringend in der Industrie eingesetzt werden kann. Im Vorhaben „OptiBraid“ wurde daher eine neue mechanisch-analytische Modellierungsmethode für den Überflechtungsprozess entwickelt und verifiziert. Diese basiert auf der mechanisch analytischen Modellierung der Konvergenzzone und dem Einsatz analytischer Lösungsverfahren. Dabei ist die Faden/Faden-Reibung für Biaxialgeflechte implementiert. Die „Fast Virtual Analytical Braiding“ (FAV-Braiding) Software birgt als Basissoftware ein sehr hohes Potenzial und soll daher weiterentwickelt werden.

Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf
Körschtalstraße 26
73770 Denkendorf
www.ditf.de

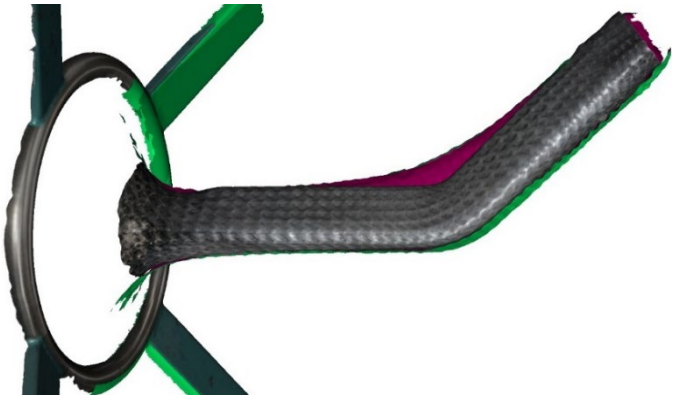
Bibliothek
Bernd Janisch | Dipl.-Ing. Kathrin Thumm
bibliothek@ditf.de
T +49 (0)711 93 40-505 | F +49 (0)711 93 40-297

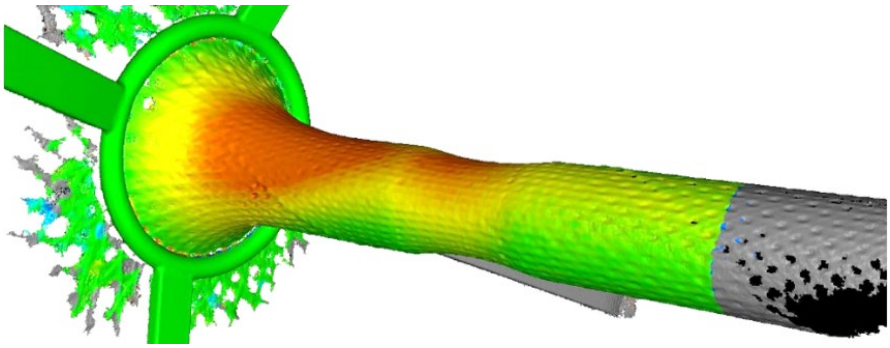




Die Überlagerung der beiden µ-CT-Scans für die mit Expoxidharz konsolidierten Triaxialgeflechte zeigen den Einfluss der Variation der Stehfadenspannungen im Krümmungsbereiche deutlich auf.

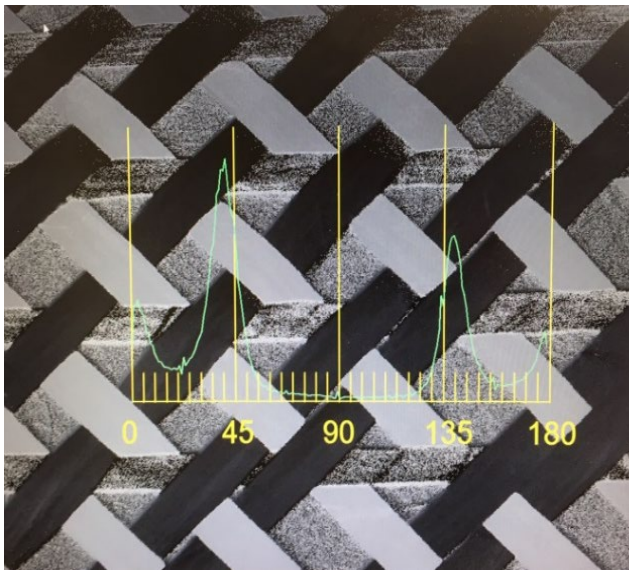
Mit der Anwendung eines 3D-Laserscanners kann die Geflechtoberfläche sowohl zur Dokumentation als auch zur Verifizierung von Simulations-modellen eingesetzt werden. Der Vergleich des 3D-Modells des Laserscans mit dem aus der µ-CT-Analyse zeigt eine ausreichend hohe Genauigkeit.





Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf
Körschtalstraße 26
73770 Denkendorf
www.ditf.de

Bibliothek
Bernd Janisch | Dipl.-Ing. Kathrin Thumm
bibliothek@ditf.de
T +49 (0)711 93 40-505 | F +49 (0)711 93 40-297



Auf Basis der Vorarbeiten mit der vom IIS Fraunhofer beschafften Polarisationskamera POLKA für die Faserwinkelmessung an Carbon-Materialien sollte eine Inline-Faserwinkelmessung im Vorhaben realisiert werden. Dies konnte mit der neuen 4 MPixel Prototypkamera der LUCID Vision Labs von der Fa. Hengstmann Solution GmbH (beide KMU Firmen im PA) in enger Zusammenarbeit mit den DITF realisiert werden.
Das vom Kohlenstoff polarisierte Licht der 4MPixel Kamera wird direkt erfasst und mittels einer entwickelten Software der Faserwinkel im Livebild dargestellt. Die Software wurde durch die Auswahl des interessierenden Bildbereichs und der direkten Winkelanzeige zwischen Rovingen erweitert. Da die Kamera auch „normale“ Grauwert-bilder ermittelt, können durch ein anderes Softwaremodul ebenfalls andere Materialien ausgewertet werden. Das neue Faserwinkel-Messsystem wurde an einem Triaxialgeflecht aus Carbonrovingen mit 24k erfolgreich getestet.

Die im Rahmen dieses Projekts entwickelten Lösungen und Verfahren ermöglichen es, komplex geformte FVK-Bauteile aus triaxialen Geflechten zukünftig effektiver, einfacher und schneller herstellen zu können. Die erarbeiteten Teillösungen können auch in vielen anderen Bereichen gewinnbringend eingesetzt werden.

Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf
Körschtalstraße 26
73770 Denkendorf
www.ditf.de

Bibliothek
Bernd Janisch | Dipl.-Ing. Kathrin Thumm
bibliothek@ditf.de
T +49 (0)711 93 40-505 | F +49 (0)711 93 40-297

DEUTSCHE INSTITUTE FÜR
TEXTIL+FASERFORSCHUNG

Danksagung

Gefördert durch:

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben 19679N der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e.V., Reinhardtstraße 14-16, 10117 Berlin wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Der Abschlussbericht des Forschungsvorhabens 19679N ist an den Deutschen Instituten für Textil- und Faserforschung Denkendorf (DITF) erhältlich.

Ansprechpartner
Hermann Finckh, hermann.finckh@ditf.de

Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf
Körschtalstraße 26
73770 Denkendorf
www.ditf.de

Bibliothek
Bernd Janisch | Dipl.-Ing. Kathrin Thumm
bibliothek@ditf.de
T +49 (0)711 93 40-505 | F +49 (0)711 93 40-297