

Drapierbarkeit von Multiaxialgelegen und Nutzung des Laserdurchstrahlschweißens

Eva-Maria Falk, Cetex Chemnitzer Textilmaschinenentwicklung gGmbH, Chemnitz

Die dreidimensionale Drapierbarkeit von Multiaxialgelegen ist Gegenstand des Beitrags. Zwei speziell entwickelte Drapierverfahren wurden untersucht. Das Laserdurchstrahlschweißen wurde für ein partielles und geometrieangepasstes Auftrennen von fixierenden Fadenmaschen genutzt.

Mit der Fertigung und Aufbereitung von geometrisch anspruchsvollen Leichtbauteilen aus Faserverbundwerkstoffen in dreidimensionalen Geometrien wird auf Forderungen aus Automobil- und Maschinenbau, Transportmittelbereich und Luftfahrtindustrie nach höherer Drapierbarkeit der Textilien reagiert.

Mittels Laserbehandlung mit effektiven Parametern lässt sich ein zweischichtiges Multiaxialgelege aus Kohlenstofffasern mit PES-Nähfäden zur Fixierung durch ein homogenes Auftrennen der PES-Fadenmaschen faser- und präparationsschonend in geeigneter geometrischer Grundform bis zum maximalen Durchmesser einer Halbkugel faltenfrei drapieren. Dazu wurden zwei speziell entwickelte Drapierverfahren, mit definierten Fixierungspunkten und als modifiziertes Handauflegeverfahren, angewendet. Im Handlaminierverfahren konnten erste Faserverbundbauteile in konvexer und konkaver Form hergestellt werden. Einsatzgebiete werden z.B. im Bereich des Flugzeugbaus für Fenster- und Türrahmen mit leichten Krümmungen, für das Heckteil des Airbus und für schwach gekrümmte Teile der Außenhaut von Hubschraubern gesehen. Unerwünschte Faltenbildung und Materialüberlappungen können bei vielen Anwendungen vermieden werden. Das Gewicht der Bauteile wird bei gleicher Festigkeit reduziert.

Problemdarstellung

Bisherige Möglichkeiten und Verfahren der Herstellung von Formlingen aus textilen Gebilden sind mehr oder weniger aufwändig. Das gewünschte Eigenschaftsprofil, wie z.B. hohe Festigkeit in Hauptverformungsrichtung, faltenfreie und nahtfreie Drapierbarkeit, keine Matrixanhäufung und Gewichtsreduzierung, wird nur teilweise oder nicht erreicht. Einfach gekrümmte Geometrien können mittels unidirektionaler Gelege in aufwändigen Verfahren erreicht werden. Anspruchsvollere Geometrien werden z.B. durch Wi-

ckeln mit optimal möglicher Faserlage, aber nur auf konvexe Formen, erreicht. Probleme sind u.a. Multifilamentschädigungen [1-4].

Die Verwendung von Textilien als Halbzeug stellt hohe Anforderungen insbesondere an die dreidimensionale Formgebung bei der Fertigung zur Schonung der Fasern und deren Präparation [5]. Neue spezifische Möglichkeiten der Drapierbarkeit zur Ausbildung von einfachen dreidimensionalen Geometrien der Halbzeuge wurden durch ein partielles, geometrieangepasstes Auftrennen von Nähfadenmaschen untersucht. Die Faden-schichten sollten in ihrer wesentlichen Struktur erhalten bleiben.

Prüffeldkonzipierung

Eine Lasereinrichtung (Typ Diodenlaser LM 50 mit Faserkopplung, Leistung: 50 W, Wellenlänge: 808 nm) wurde im Dauerlaserbetrieb zur Trennung der Nähfäden aus PES verwendet. Genutzt wurde das Laserdurchstrahlschweißen und die Eigenschaft, dass schwarze Kohlenstofffasern die Strahlung absorbieren und die Wärme durch Wärmeleitung auf den darüber liegenden weißen, nicht laseraktiven PES-Faden übertragen wird und ihn aufschmelzen [6]. Vorteile des Lasereinsatzes sind hohe Produktivität, Zuverlässigkeit und geringe thermische Belastung der Umgebung durch präzise, lokale und kontaktfreie Energieeinbringung. Die Schädigung der Materialien im Umfeld wird gering gehalten.

Experimentelle Parameteruntersuchungen

Für die Untersuchungen [5] wurde ein 2-schichtiges Multiaxialgelege +45°/-45°, 800 tex Carbon, mit Nähfaden 76 dtex f 24 PES, texturiert, mit der Feinheit 5 F, Stichlänge 2,5 mm, Bindung Franse und dem Flächengewicht 410 g/m² verwendet. Zum Erreichen eines rückstandsfreien Auftrennens der PES-Fäden, ohne Schädi-

gung der Kohlenstofffasern und deren Präparation, ergaben thermogravimetrische Analysen einen Arbeitsbereich von 240-270 °C für die Laserversuche.

Die Komplexität der Parameter Temperatur, Geschwindigkeit, Zeit, Leistung, Wärmeableitung der Unterlage, Trennbreite, bestrahlte Fläche, Strahlprofil, Grenzen der Anlage sowie Wirtschaftlichkeit beeinflusste die Trennergebnisse:

- Gute Trennungen des PES-Fadens erfolgten bei niedrigen Temperaturen mit niedriger Geschwindigkeit sowie Struktur- und geometriebedingtem Dauerlaserbetrieb.
- Eine weniger wärmeabführende Unterlage, wie z.B. PES-Wärmevlies, bewirkt eine niedrigere Leistung zum Aufschmelzen und bei niedrigeren Temperaturen gewünschte Reaktionen an Gelegeoberfläche und Rückseite.
- Eine Vergrößerung der Strahlfläche durch defokussiertes Arbeiten ergab ein Ausschöpfen der Leistung, kürzere Bearbeitungszeit, höhere Wirtschaftlichkeit und größere Trennbreiten.
- Grenzen der Anlage: Defokussiert ist die Verteilung der Laserleistung im Bearbeitungsfleck inhomogen, ein runder Laserfleck bewirkt beim Verfahren einen weniger erwärmten Außenbereich als im Zentrum und die hohe Verfahrensgeschwindigkeit mindert die Schmelzzone.

Effektive Parameter bewirken ein gleichmäßiges Aufschmelzen der PES-Fäden mit hoher Trennbreite an der Gelegeoberfläche (~2.500 mm²/min) und der Rückseite bei 240 °C.

Einfluss auf die Biegekennwerte

Der Einfluss optimierter Parameter auf die Biegekennwerte von Gelegeplatten mit Epoxydharzmatrix ergab nach dem Behandeln mit dem Laser zur Fadentrennung tendenziell eine geringe Minderung des Biege-E-Moduls, eine geringe Zunahme der Dehnung, damit der Deformierbarkeit, der Zähigkeit und der Bruchspannung bei 240 und 280 °C. Schlagversuche ergaben keine eindeutige Zuordnung zwischen Schädigung und Probenbehandlung. Die geringen Unterschiede lassen wenige Nachteile durch die Behandlung für beide Temperaturen vermuten.

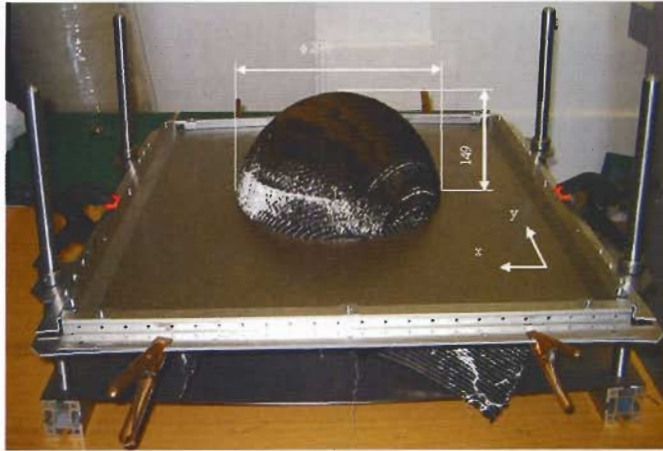


Bild 1 Drapierprüfstand und faltenfreie Drapierung durch geometrieangepasste Nähfadentrennung, Maximaldurchmesser 298 mm, Drapierhöhe 149 mm

Ohne Nähfäden ist das Eindringen der Matrix beim Handlaminierverfahren besser [5].

Versuche zur dreidimensionalen Drapierbarkeit

An geometrischen Grundformen mit Orientierung auf eine Halbkugel wurde im x,y-Koordinatensystem durch Laserbehandlung das großflächigste Auftrennen mit symmetrischer Grundform und Arbeiten quer zum Faden mit geringen Linienabständen erreicht. Die Wirkung gelaserteter Formen auf ein faltenfreies Drapieren wurde an zwei gut reproduzierbaren Verfahren mit speziell entwickelten Prüfeinrichtungen getestet. Beim Multi-axialgelege ist ein Drapieren nur über Scherung möglich. Dehnung und Fadenstreckung sind bei Hochleistungsfasern vernachlässigbar.

Versuche auf dem Drapierprüfstand (Bild 1) mit einer Glaskalotte als Drapierform, einem Spannrahmen für ein quadratisches Gelege, Lochblechen mit Durchmessern von 274, 292 und 298 mm als Drapierhilfe und Maß für die Drapierhöhe von 90, 119, bzw. 149 mm sowie Füh-

rungsspindeln zur gleichmäßigen Belastung ergaben bei kreisförmiger Grundform:

- Gespannt, unbehandelt oder laserbehandelt beträgt die erreichte Drapierhöhe nur 75 mm, da Scheren ein definiertes Nachziehen des Geleges erfordert.
- Ungespannt, unbehandelt ist ein faltenfreies Drapieren bis zur Drapierhöhe 90 mm (Durchmesser 274 mm) möglich. Darüber ergeben sich bis 6 Falten (Bild 2).

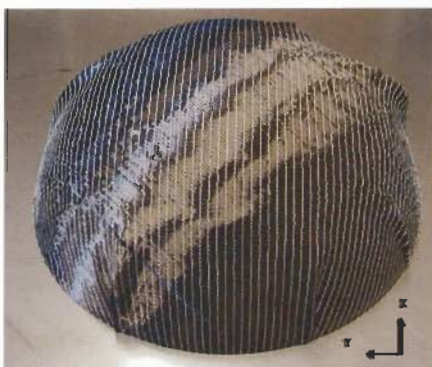


Bild 2 Unbehandeltes Gelege mit Nähfäden mit 6 Falten bei großen Durchmessern und Drapierhöhen

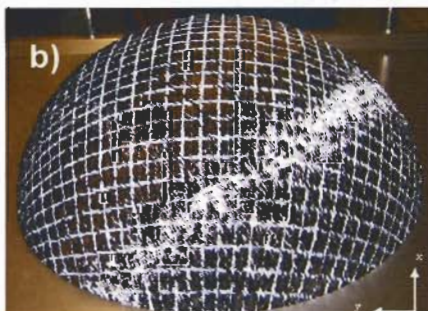
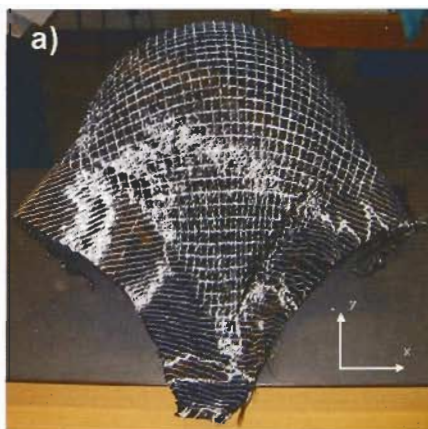


Bild 3 Darstellung Deformationsverhalten a) am Vorformling in x- und y-Zugrichtung durch 10 mm-Raster; b) in x- und y-Zugrichtung durch 10 mm-Raster, Drapierbereich bei Maximaldurchmesser 298 und Drapierhöhe 149 mm markiert

- Ungespannt, laserbehandelt bilden sich abhängig von der geometrischen Trennung bis zu 7 Falten. Symmetrische Geometrien erfordern ein symmetrisches, homogenes Lasern.
- Voraussetzung für das faltenfreie Drapieren durch Scherung (Bild 1) bis zum maximalen Durchmesser der Glaskalotte (298 mm) und der Drapierhöhe (149 mm) ist ein definiertes punktweises Befestigen parallel zur y- und x-Achse außerhalb des Scherbereichs sowie ein gleichmäßig und homogen gelasertes, kreisförmiger Innenbereich entsprechend dem Bogenmaß der Halbkugel, zuzüglich 2 cm.

Fixiert kann keine Rückdeformation erfolgen. Nachteilig waren im Drapierprüfstand Fadenrisse und Schädigungen durchs das Lochblech.

Versuche ohne Prüfstand mit Deformation durch manuelles Ziehen wurden als vorläufige Technologie für ein variiertes Handlaminierverfahren gesehen. Eine neu entwickelte Zuschnittgeometrie für ein modifiziertes Handauflegeverfahren, wo die Kohlenstofffasern parallel zu den Kanten des Quadrats liegen, ist materialsparender und kostengünstiger. Laserbehandelt wird ein Quadrat mit Kantenlängen entsprechend dem Bogenmaß beim Drapierdurchmesser, zuzüglich 2 cm. Die Versuche zeigen:

- Durch manuelles, schrittweises Ziehen der Diagonalen nacheinander um 90° versetzt und rechts- und linksseitig, davon in je 2 versetzten Richtungen, ist eine nahezu flächentreue Deformation möglich.
- Scherung des Multi-axialgeleges erfolgt im großflächig homogen gelaserten Zustand.
- Der Vorformling kann stabil und faltenfrei an die Form angelegt werden.



Bild 4 Faserverbundbauteil (Negativform - konkav) mit faltenfreier Außenseite, Halbkugeldurchmesser 298 mm, Höhe 149 mm; Handlaminat aus Epoxidharz L20 + Härter EPH 161 mit 4 Lagen vordrapiertem Multi-axialgelege

- Die zweidimensionale Deformation (Bild 3a, b) mit lokalen Hauptachsenrichtungen des Deformationstensors in Richtung der Diagonalen (= Zugrichtung) und senkrecht dazu ist durch eine Längsdehnung und eine Querkontraktion zu beschreiben.
- Bis zum maximalen Durchmesser einer Halbkugel von 298 mm und einer Drapierhöhe von 149 mm wird eine faltenfreie Drapierung erreicht.

Die Gleichmäßigkeit des Ziehens prägt die Qualität der drapierten Oberfläche. Ohne Fixierung ist eine Rückdeformation möglich, die zur Wellenbildung der Rovings führt [4].

Ergebnis und Ausblick

Die dreidimensionale Drapierfähigkeit als Zielstellung des Vorhabens konnte unter definierten Bedingungen nachgewiesen werden. Das Verfahren des definierten Auftrennens mittels Laserdurchstrahlschweißen ist grundsätzlich anwendbar. Im Handlaminierverfahren wurden erste faltenfreie Faserverbundbauteile in einer konvexen und konkaven Form als Halbkugelschale hergestellt (Bild 4), wobei die konkave Form eine Trennung von Deformation und Laminieren erfordert. Als Matrix wurde Epoxydharz L20 mit Härter EPH 161 eingesetzt [5].

Die Fäden müssen durch besseren Energieeintrag noch gezielter zerschmolzen werden. Das rückstandsfreie Auftrennen der Fäden und der Einfluss der Rückstände sowie Alternativverfahren sind zu prüfen. Durch Fäden mit geringerer Schmelztemperatur wird z.B. eine Effektivitätserhöhung um den Faktor 2-3 erwartet. Weitere Aufgaben werden in der Verbesserung der Technologie durch Mechanisierung und Reproduzierbarkeit gesehen. Zur Qualitätserhöhung ist das Problem der reversiblen Deformation bei Entlastung

durch elastische Rückstellkräfte zu behandeln, um evtl. Schlingen und Krümmungen der Fasern, die bei konkaven Formen durch leichte Wellenbildung eine schlechte Laminatqualität bewirken, zu vermeiden. Angestrebt wird eine Optimierung der Verfahrenstechnik des Handlaminierens zur Erhöhung des Faservolumenanteils und der Festigkeit im Bauteil [5].

Danksagung

Wir danken dem Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Berlin, für die finanzielle Förderung, dem Projektträger FhS Fraunhofer Services GmbH, Berlin, für die beratende Unterstützung. Weiterhin gilt unser Dank der KARL MAYER Malimo Textilmaschinenfabrik, Chemnitz, für Unterstützung und Versuchsmaterial, Mitarbeitern des Instituts für Polymerwerkstoffe e.V. und Herrn Prof. E. Straube, Fachbereich Physik, an der Martin-Luther-Universität Halle/Wittenberg, für Analysen, Anregungen und Diskussionen bei der experimentellen und theoretischen Arbeit sowie dem Institut für Strukturleichtbau e.V. an der TU Chemnitz für durchgeführte Ermittlungen und Arbeiten.

Literatur

- [1] Blumberg, H.I.: Stand und Entwicklungstendenzen für Hochleistungs-, Polymer- und Kohlenstofffasern, Chemiefasern/Textilindustrie 39 (1989) 216
- [2] Geßner, W.: Neue Verfahren zur Herstellung faserverstärkter Thermoplaste, insbesondere mit Matrix-Fäden aus Hochleistungspolymeren, Chemiefasern/Textilindustrie 39 (1989) 185
- [3] Cherif, C., Wulfhorst, B.: Analyse des dreidimensionalen Deformationsverhaltens von multiaxialen Gelegen und Verstärkungsgeweben, DWL Reports (2000) 123
- [4] Ziegmann, G.: Monolithische Faserverbundstrukturen von der Luftfahrt- bis hin zur Automobilindustrie, Skript TU Clausthal
- [5] Falk, E.-M.: Forschungsbericht Drapierbarkeit von Multiaxialgelegen durch Einsatz des Laserdurchstrahlschweißens, 2005
- [6] Hierl, S.: Innovative Systemlösungen für das Laserstrahl - Kunststoffschweißen, Laserquipment AG, Erlangen

Johns Manville: neue Produktionsanlage

Johns Manville, nahm am 6. Oktober 2006 in Bobingen eine neue Produktionsanlage für Polyesterspinnvlies in Betrieb. Durch den Einsatz modernster Technologie ermöglicht die Anlage höhere Produktionsgeschwindigkeiten und die Herstellung besonders dichter und dabei leichter Trägermaterialien für Flachdachabdichtungen. Zudem kommt die Anlage mit weniger Energie und Ressourcen aus und reduziert die Belastung der Umwelt durch Lärm und Abgase. Die neue Anlage mit einem Investitionsvolumen von mehr als 30 Mill. Euro hat eine Jahreskapazität

von 10.000 t und erhöht damit die Produktionskapazität am Bobinger Standort um mehr als 30 %. Ein besseres Ablagesystem für die Polyesterfasern ermöglicht eine gleichmäßigere Struktur der Fasern und damit reduzierte Flächengewichte und dünnere Vliese; die Verwendung hochkonzentrierter Binder - ebenfalls eine Neuentwicklung - reduziert den Wasserverbrauch und den anschließenden Aufwand zur Verdampfung des Wassers. Auch die Abluftreinigung ist vorbildlich: Das Abgas wird in großen Keramiköfen rückstandsfrei verbrannt.

Join The Success!

www.weserlandgmbh.de

Spezialisiert
auf Lösungen
für das Finishing
technischer
Textilien

techtexsil
Hall 3.0
Booth E68

Specialized
In Finishing
Solutions For
Technical
Textiles

WESERLAND

Telefon + 49-511-97 997-0

Fax + 49-511-97 997-70

E-Mail: info@weserlandgmbh.de

www.weserlandgmbh.de