Textile Werkstoffe für den Leichtbau

Techniken - Verfahren - Materialien - Eigenschaften

Bearbeitet von
Chokri Cherif

1. Auflage 2011. Buch. XXIII, 717 S. Hardcover
ISBN 978 3 642 17991 4
Format (B x L): 15,5 x 23,5 cm
Gewicht: 1262 g

Weitere Fachgebiete > Technik > Technologien diverser Werkstoffe > Technologie der Textil- und Faserverarbeitung

schnell und portofrei erhältlich bei

beck-shop.de
DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung beck-shop.de ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.

Vorwort

Die natürlichen Ressourcen für die ökonomische Entwicklung stehen nur begrenzt zur Verfügung. Um nicht die eigene Lebensgrundlage zu zerstören, erfordert dies einen konsequent schonenden und effizienten Umgang mit den verfügbaren Energieträgern und Werkstoffen in allen Wirtschaftsbereichen mit dem Ziel der Reduzierung des Energiebedarfs, der Schadstoffemission und des Werkstoffeinsatzes. Dies wird besonders vor dem Hintergrund der Globalisierung deutlich, die mit einem sprunghaften Anstieg der weltweiten Transportbewegungen und der ständigen Ausweitung des Individualverkehrs einhergeht. Besonders in den Industriebereichen, in denen große Massen bewegt und dabei beschleunigt werden müssen, wie im Personen- und Güterverkehr sowie im Maschinen- und Anlagenbau, sind innovative Leichtbautechnologien auf Kunststoffbasis heute gefragter denn je. Diese Aspekte der Material- und Energieeffizienz gelten ebenfalls für Holz- und Betonbewehrungen. Im Bauwesen gibt es zunehmend Anwendungen für faserbewehrte schlanke und filigrane Betonbauteile, faserverstärkte Kunststoffe sowie für die Ertüchtigung und Instandsetzung von bestehenden Bauwerken. Weiterhin sind textile Membranen leistungsstarke und zugleich extrem leichte Konstruktionswerkstoffe mit einstellbaren Funktionalitäten, die ebenfalls für eine Vielzahl von Anwendungsgebieten von besonders praktischer Relevanz sind.

Textile Werkstoffe und Halbzeuge weisen ein vielfältiges Eigenschaftspotenzial auf und sind häufig Träger und Treiber für innovative Entwicklungen. Sie zeichnen sich vor allem durch den Einsatz von Hochleistungsfaserstoffen sowie die Verwendung von hochentwickelten Technologien aus. In den vergangenen Jahrzehnten hat sich weltweit ein einzigartiges interdisziplinäres Wissensspektrum im Bereich der Textiltechnik entwickelt. Der Fokus ist dabei auf polymere, mineralische und metallische faserbasierte Werkstoffe für den Einsatz in High-Tech-Bereichen gerichtet. Diese textilen Materialien stellen in Gegenwart und Zukunft eine bedeutende Gruppe an Hochleistungswerkstoffen dar und werden sich als ein entscheidender Schwerpunkt in der Materialforschung des 21. Jahrhunderts etablieren. Die Faser- und Textiltechnik wird sich verstärkt zu einer nicht mehr wegzudenkenden Querschnittsdisziplin für neuartige Technologien und Produkte entwickeln.

Aus der Kombination mit der Materialwissenschaft, Nanotechnologie, Mikrosystemtechnik, Bionik, Physik und Chemie resultiert ein innovatives Produktspektrum, dessen Eigenschaften in weiten Grenzen anforderungsgerecht einstellbar sind. Die Bandbreite und Tiefe der hierzu notwendigen Prozesse und Werkstoffe sind immens und hoch komplex. Es lassen sich Produkte mit einzigartigen Merkmalen sowie Ansätze für intelligente und selbstlernende Materialien entwickeln.

Das Ziel der vorliegenden Erstauflage ist es, das Leistungspotenzial der textilen Werkstoffe und Halbzeuge und deren Vielfalt voll ausschöpfen zu können. Experten der Textiltechnik vermitteln Grundlagenwissen der Textil- und Konfektionstechnik sowie zukunftsorientiertes Spezialwissen zur Herstellung und zum Einsatz von High-Tech-Textilien. Sie zeigen auf, welche Möglichkeiten zum Einsatz von textilen Strukturen in Leichtbauanwendungen bestehen. Daher konzentriert sich dieses Fachbuch auf die ausführliche Darstellung und Beschreibung der gesamten textilen Prozesskette vom Faserstoff über die verschiedenen Garnkonstruktionen, bis zu den unterschiedlichen textilen Halbzeugen in 2D- und 3D-Gestalt, ebenso aber auch auf das Preforming sowie auf die Grenzflächen- und Grenzschichtgestaltung. Darüber hinaus werden Prüfungen nach geltenden Normen und speziellen, neu entwickelten Prüfverfahren in Zusammenhang mit dem textilen Leichtbau vorgestellt. Dieses Nachschlagewerk wird mit Ausführungen zur Modellierungs- und Simulationstechnik zu strukturmechanischen Berechnungen der stark anisotropen, biegeschlaffen Hochleistungstextilien und Beispielanwendungen aus den Gebieten der Faserkunststoffverbunde, des Textilbetons und der textilen Membranen abgerundet. Damit soll das Potenzial textiler Strukturen als innovativer Leichtbauwerkstoff aufgezeigt werden, welches durch gezielte Auswahl und Kombination der textilen Prozesse zu nahezu beliebiger Vielfalt an Eigenschaftsprofilen und zu Möglichkeiten der Funktionsintegration ebenso wie der Designgestaltung von Near-Net-Shape Komponenten führt. Dies soll zur bewussten Motivation für einen verstärkten Einsatz von textilen Hochleistungswerkstoffen in Leichtbauanwendungen für Großserien führen, die in naher Zukunft einen Siegeszug im Bereich der Faserverbundwerkstoffe erleben werden.

Die im Buch dargestellten Ausführungen beruhen auf langjährigen interdisziplinären Entwicklungs- und Forschungsaktivitäten, zu denen auch Sonderforschungsbereiche und Forschungscluster auf den Gebieten der Faserkunststoffverbunde, des textilbewehrten Betons und der textilen Membranen gehören. Diese Forschungsarbeiten werden am Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik der TU Dresden entlang der gesamten textilen Prozesskette intensiv vorangetrieben. Weiterhin konnte im Rahmen der Ingenieurausbildung und von Promotionsarbeiten auf den Gebieten der Textil- und Konfektionstechnik sowie des Leichtbaus umfangreiches Lehrmaterial gesammelt werden, das zum Gelingen dieses Fachbuches beiträgt.

Dresden, Juni 2011 *Univ.-Professor Dr.-Ing. habil. Dipl.-Wirt. Ing. Chokri Cherif*

Kapitel 1
Einführung

Chokri Cherif

Die derzeit verfolgten Konzepte und Trends für Leichtbauanwendungen und die Entwicklung von anforderungsgerechten faserbasierten Materialien und Matrixsystemen sowie die durchgängig automatisierten Fertigungskonzepte führen zum verstärkten Einsatz von Hochleistungsfasern und verhelfen zum Durchbruch der das 21. Jahrhundert bestimmenden Werkstoffgruppe - Faserverstärkte Verbundwerkstoffe (FVW). Die textilen Werkstoffe und Halbzeuge fungieren als Träger und Treiber für diese innovativen Entwicklungen und sind eine wichtige Basis für Quantensprünge in der Ressourceneffizienz und Reduktion von CO_2-Emissionen sowie für Produkte, die die Bedürfnisse und Konsumgewohnheiten der Menschen durch völlig neue Konzepte bedienen können. Zukünftig werden zur Deckung des Energiebedarfs in allen zivilen und wirtschaftlichen Zweigen verstärkt erneuerbare und CO_2-neutrale Energiequellen und -konzepte notwendig sein, die zu neuen Entwicklungen und Veränderungen auf dem Energiesektor führen. Deshalb werden die faserbasierten Hochleistungsmaterialien und die daraus hergestellten Produkte auf Grund des von Energie- und Rohstoffknappheit getriebenen Paradigmenwechsels im Materialeinsatz von verschiedensten Industrien zunehmend nachgefragt [1].

Endlosfaserverstärkte Verbundwerkstoffe als relativ junge Werkstoffgruppe bestehen aus einer Zugkraft aufnehmenden textilen Verstärkungsstruktur und einem Form gebenden sowie Druckbeanspruchung aufnehmenden Matrixwerkstoff. Zu den Verbundwerkstoffen gehören ebenfalls textile Membranen, die aus einer beschichteten oder mit Folie kaschierten Textilfläche als Festigkeitsträger bestehen.

Die hervorragenden Eigenschaften von Faserverbundwerkstoffen, wie die hohe spezifische Festigkeit und Steifigkeit, die guten Dämpfungseigenschaften, die chemische Resistenz sowie die geringe Wärmeausdehnung führen zum verstärkten Einsatz von faserbasierten Leichtbauprodukten, die häufig als hochwertige Konstruktionswerkstoffe klassifiziert werden. Sie zeichnen sich im Vergleich zu konventionellen Werkstoffen, insbesondere auf Metallbasis, durch hervorragende Korrosionsbeständigkeit, Duktilität und signifikante Gewichtseinsparung aus. Um das Potenzial der Faserverstärkung im Verbundbauteil voll auszunutzen, müssen diese

Kapitel 2
Textile Prozesskette und Einordnung der textilen Halbzeuge

Chokri Cherif

Das vorliegende Kapitel bietet einen allgemeinen Überblick über die wichtigsten Stufen der textilen Prozesskette. Somit ist es der Einstieg in das tiefere Verständnis der Werkstoffgruppe der Funktionstextilien. Die einführend beschriebenen werkstoff- und prozessbezogenen Definitionen zu Fasern, Garnen, Flächengebilden und deren Weiterverarbeitung werden in den folgenden Kapiteln vertiefend und umfangreich erläutert. Der Einsatz Technischer Textilien geht mittlerweile weit über die ursprünglichen technischen Einsatzgebiete hinaus. Durch die stetige und intensive Nutzung insbesondere der Mikrosystemtechnik, Nanotechnologie, Mess- und Sensortechnik, Plasmatechnik sowie moderner Ausrüstungstechniken werden Textilien mit spezifischen, einstellbaren Eigenschaften und Funktionen ausgestattet. Charakteristisch für Funktionstextilien ist deren Ausrichtung auf die Funktionalität, die Leistungsfähigkeit und den ersichtlichen Zusatznutzen gegenüber konventionellen Textilien.

2.1 Einleitung

Die europäische Textilbranche erfährt seit Jahrzehnten einen strukturellen Wandel mit einer starken Ausrichtung auf die Erschließung von innovativen und hochwertigen Produkten. Aktuelle Entwicklungen und das in die Praxis umgesetzte Know-how weisen das enorm hohe Potenzial von textilen Innovationen auf. Dies betrifft nicht nur die Textilbranche selbst, sondern entfaltet seine Wirkung in viele andere Industriezweige und Produkte. Neben den klassischen Einsatzgebieten Bekleidung und Heimtextilien sind technische Anwendungen in fast allen Bereichen des täglichen Lebens präsent. Ein neues, innovatives und zukunftsträchtiges Wachstumsfeld ist der Produktionsbereich der Technischen Textilien. Diese zeichnen sich meist durch mehrere Funktionalitäten aus und erfordern für deren Auslegung und Herstellung spezifisches Know-how.

Kapitel 3
Textile Faserstoffe

Christiane Freudenberg

Textile Faserstoffe bilden das grundlegende Element für textile Halbzeuge und die daraus hergestellten Produkte und bestimmen somit maßgeblich die Produkteigenschaften. Ausgehend von der molekularen und übermolekularen Struktur sowie mit der Gewährleistung optimaler Synthese- und Faserbildungsprozesse werden qualitativ hochwertige Faserstoffe mit maßgeschneiderten Eigenschaften, die zum einen als Verstärkungsfasern und zum anderen auch als thermoplastische Matrixfasern fungieren können, erzeugt. Im nachfolgenden Kapitel werden die allgemeinen komplexen Zusammenhänge zwischen Ausgangsmaterialien, Herstellung, Struktur und Eigenschaften erläutert. Detailliert wird dabei auf marktübliche Verstärkungsfaserstoffe, wie Glas-, Carbon-, Aramidfaserstoffe, und beispielhaft auf andere Verstärkungsfaserstoffe ebenso wie auf thermoplastische Faserstoffe, die als Matrixfasern fungieren, eingegangen. Möglichkeiten zur Eigenschaftsoptimierung durch Oberflächenmodifizierung und Materialkombination werden angedeutet.

3.1 Einleitung

Textile Faserstoffe gliedern sich entsprechend der Herkunft bzw. des Ursprungs in Natur- und Chemiefasern, wobei die Gruppe der organischen Chemiefasern aus synthetischen Polymeren sehr umfangreich ist. Weitere Ausführungen zur Einteilung textiler Faserstoffe sind in Kapitel 2.3.2 dargelegt.

Textile Faserstoffe stellen das grundlegende Element für textile Halbzeuge sowie den daraus hergestellten Produkten dar. Die spezifischen Faserstoffeigenschaften beeinflussen die Produkteigenschaften in hohem Maße. Ausgehend vom Aufbau und den Eigenschaften der Naturfaserstoffe werden unter Anwendung der Bionik Chemiefaserstoffe modifiziert und neue Faserstoffe entwickelt, die maßgeschneiderte Eigenschaften, z. B. für technische Zwecke, besitzen. Die ständig steigende Anzahl der Einsatzgebiete sowie die Forderung nach Verarbeitbarkeit auf Hoch-

Kapitel 4
Garnkonstruktionen und Garnbildungstechniken

Beata Lehmann und Claudia Herzberg[*]

Garne sind ein wichtiges Basiselement sowohl für die Herstellung textiler Verstärkungsstrukturen als auch für deren Montage. Sie bestehen zu 100 % aus Verstärkungsfasern oder aus einer Mischung von Verstärkungs- und Matrixfasern. Sie werden aus Filamenten oder/und Spinnfasern nach unterschiedlichen Technologien hergestellt, so dass Struktur und Eigenschaften der Garne entsprechend ihrer funktionalen Anforderungen maßgeschneidert werden können. Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die derzeit vorrangig im Leichtbau eingesetzten Garne und zeigt, dass ihre Konstruktion maßgeblich die Weiterverarbeitung sowie die Verbundwerkstoffeigenschaften beeinflusst. Während der textilen Verarbeitung müssen sich Garne problemlos bei hohen Geschwindigkeiten abziehen und schädigungsarm kraft- oder formschlüssig umformen lassen. Durch die Vorzugsorientierung der Fasern im Garn und die während der textilen Halbzeugherstellung gewählte Garnausrichtung im 2D- oder 3D-Raum werden definierte richtungsabhängige Eigenschaften erzielt. Im Verbundwerkstoff selbst bietet die Garnstruktur gegebenenfalls mechanische Verankerungspunkte.

4.1 Einleitung und Übersicht

4.1.1 Einleitung

Die Herstellung der textilen Halbzeuge (s. Kap. 5 bis 8) basiert auf der Verarbeitung von Einfach- und/oder Mehrfachgarnen (s. Abschn. 4.2 und 4.3) zu textilen Flächen sowie deren nachträgliche lokale Verstärkung und/oder Insert- sowie Funktionsintegration (s. Kap. 10) bzw. ihres Einsatzes zur Montage der textilen Flächen zu komplexen Preforms (s. Kap. 12). Letzteres schließt den Einsatz von speziellen

[*] *Autor des Kapitels 4.5*

Kapitel 5
Gewebte Halbzeuge und Webtechniken

Cornelia Kowtsch, Gerald Hoffmann und Roland Kleicke

Das Kapitel stellt die strukturelle Beschreibung, die webtechnische Fertigung und die Möglichkeiten zur Modifikation von Gewebestrukturen für die Entwicklung anforderungsgerechter Gewebe für den Leichtbau vor. Der strukturelle Grundaufbau, die Methoden zu dessen Beschreibung und die aus dem strukturellen Aufbau der Gewebe resultierenden Eigenschaften werden erläutert. Ein Überblick von grundlegenden Möglichkeiten der Gewebefertigung und zu entsprechenden Webmaschinen demonstriert die Vielfalt technischer Lösungen für die schonende Verarbeitung von Spezialfaserstoffen zu unterschiedlichen Gewebestrukturen. Den Schwerpunkt des Kapitels bildet die umfassende Übersicht zu Gewebestrukturen und zu entsprechenden Strukturmodifikationen. Dazu gehören 2D-Strukturen als Flach-, Gitter-, Multiaxial- und Polargewebe, 3D-Strukturen als Mehrlagengewebe und Spacer Fabrics sowie auch schalenförmige 3D-Geometrien. Bereits in der Stufe der Gewebeherstellung, bzw. Preformfertigung lassen sich durch das Einweben von Spezialfäden oder textilfremden Materialien, wie elekronische Bauelemente und Inserts für mechanische Verbindungen, zusätzliche Funktionalitäten integrieren.

5.1 Einleitung und Übersicht

Textile Flächengebilde, zu denen neben den Geweben auch Gestricke (s. Kap. 6), Gewirke (s. Kap. 7), Geflechte (s. Kap. 8), und Vliesstoffe (s. Kap. 9) gehören, werden durch Verkreuzung (Gewebe, Geflechte) von mehreren Fäden, durch das Ausbilden von ineinander verschlungenen Fadenschlaufen (Gestricke, Gewirke) oder durch die mechanische, chemische bzw. thermische Verbindung von Fasern (Vliesstoffe) erzeugt. Als Gewebe wird ein textiles Flächengebilde bezeichnet, das aus zwei meist rechtwinklig miteinander verkreuzten Fadenscharen (Kett- und Schussfäden) gebildet wird. Der Begriff Gewebe sollte auf keinen Fall, wie zum Teil üblich, als Oberbegriff für textile Flächengebilde genutzt werden. Für die Ent-

Kapitel 6
Gestrickte Halbzeuge und Stricktechniken

Wolfgang Trümper

Das Kapitel behandelt die wichtigsten Entwicklungsschritte, die Bindungselemente und die Grundbindungen der Strickerei sowie die grundlegenden Gestrickeigenschaften. Dabei wird auf die verschiedenen Optionen zur Beeinflussung der Eigenschaften und zur maschinentechnischen Herstellung von Gestricken eingegangen. Einen Schwerpunkt des Kapitels bildet die Darstellung der umfangreichen Möglichkeiten zur Realisierung von anforderungsgerechten, endkonturnahen Gestrickhalbzeugen insbesondere für den Einsatz in Faserverbundbauteilen. Eine wesentliche Vorausetzungen hierfür ist die belastungsgerechte Integration von gestreckten Verstärkungsfäden in die Maschenstruktur. In Verbindung mit den umfangreichen technologischen Möglichkeiten zur Formgebung während der Fertigung und die über die Maschenlänge einstellbare Nachdrapierbarkeit ergeben sich somit ideale Vorausetzung zur faltenfreien Abbildung von komplexen Bauteilgeometrien. Auf Grund der Maschenstruktur der Halbzeuge weisen derartige Bauteile hervorragende Eigenschaften insbesondere bei Impactbeanspruchung auf.

6.1 Einleitung und Übersicht

Das Stricken als Verfahren zur Herstellung von Bekleidung hat bereits eine lange Tradition und ist vermutlich in Vorderasien entstanden. Hier gefundene gestrickte Strumpferzeugnisse können in die Zeit des 2. bis 3. Jahrhunderts nach Christus datiert werden. Im heutigen deutschen Sprachraum sind Stricknadeln und damit handgestrickte Erzeugnisse vermutlich seit dem 4. Jahrhundert nach Christus bekannt. Für die Herstellung von Strickwaren per Hand ist neben der Zwei- auch eine Viernadeltechnik bekannt [1].

Mit der Erfindung des Handkulierstuhls durch William Lee im Jahr 1589 begann die Mechanisierung der Maschenbildung. Der Kulierstuhl nach Lee verfügte über einen Nadelträger und konnte ca. 600 Maschen je Minute herstellen. Das entsprach

Kapitel 7
Gewirkte Halbzeuge und Wirktechniken

Jan Hausding und Jan Märtin

Gewirkte Halbzeuge für Leichtbauanwendungen basieren in ihrer Herstellung auf dem klassischen Kettenwirkverfahren, bei dem die Fäden eines oder mehrerer Wirkfadensysteme gleichzeitig und parallel zu Maschen umgeformt werden. Diese Grundlage wird genutzt, um Fadenlagen und/oder andere Flächengebilde wie beispielsweise Vliesstoffe oder vorimprägnierte Faserlagen mittels Maschen zu verbinden. Die wesentlichen Vorteile der gewirkten Halbzeuge liegen in ihrer hochproduktiven Herstellung, der Einstellbarkeit der Winkel, unter denen die einzelnen Fadenlagen zueinander angeordnet werden können, und den vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten beim Lagenaufbau und der Lagenanordnung. Typische Produkte bestehen aus Glas- oder Carbonfilamentgarn und kommen beispielsweise in den Rotoren von Windenergieanlagen, im Schiff- und Automobilbau, bei Sportartikeln sowie im Bauwesen zum Einsatz.

7.1 Einleitung und Übersicht

Gewirkte Halbzeuge für den Leichtbau stellen einen wichtigen Ausschnitt aus dem Produktspektrum gewirkter Textilien dar, welches von traditioneller Bekleidung über Haus- und Heimtextilien bis hin zu vielfältigen technischen Anwendungen reicht. Gewirkte Textilien zählen zu den Maschenwaren (s. Kap. 2.2.2.5), wobei im Bereich der Leichtbauanwendungen die Maschen vorrangig zur Verbindung von Fadenlagen untereinander oder mit anderen textilen Flächengebilden dienen. Im Unterschied zum Stricken werden beim Wirken alle Maschen gleichzeitig und aus parallel und längs zu den Nadeln verlaufenden Fäden gebildet (Längsfadenwaren). Auf dieser Grundlage besteht ein großer Spielraum für die Gestaltung der gewirkten Halbzeuge, der in dieser Form mit keinem anderen Flächenbildungsverfahren erreicht wird. Besonders hervorzuheben sind in diesem Zusammenhang die Möglichkeit, unterschiedlichste Fadenmaterialien in multiaxia-

Kapitel 8
Geflochtene Halbzeuge und Flechttechniken

Ezzeddine Laourine

Traditionell gilt das Flechten als Fertigungsverfahren für Schmaltextilien wie Schnüre und Seile. Neue Flechtverfahren ermöglichen die Herstellung von Strukturen mit komplexer Geometrie, die für Leichtbaulösungen, etwa im Fahrzeugbau, Anwendung finden. Dank der Möglichkeit, die Winkelausrichtung im Geflecht einzustellen und die Fäden bei kontinuierlicher Faserausrichtung in nahezu allen drei Raumrichtungen miteinander zu verflechten, nimmt das Flechten eine besondere Stellung bei der Fertigung von Verstärkungsstrukturen ein. 3D-Flechtverfahren erlauben die einfache Beeinflussung der Faserausrichtung und gewährleisten somit hohe Festigkeiten und Steifigkeiten bei reduzierter Masse. Dieses Kapitel beschreibt die verschiedenen Technologien des Flechtens zur Herstellung von 2D- und 3D-Strukturen. Das Prinzip und die Funktionsweise sowie die wichtigsten Komponenten von Flechtmaschinen werden detailliert erklärt. Die potenziellen Einsatzgebiete der Verfahren werden anhand von Beispielen dargestellt und die Möglichkeiten zur Funktionsintegration diskutiert.

8.1 Einleitung und Übersicht

Geflechte entstehen durch das regelmäßige Verkreuzen von mindestens drei Garnen, die diagonal zur Produktionsrichtung verlaufen. In der DIN 60000 werden sie als Erzeugnisse aus Flechtfäden mit regelmäßiger Fadendichte und geschlossenem Warenbild definiert [1]. In ein Geflecht lassen sich zusätzlich Verstärkungsfäden in axiale Richtung (sogenannte 0°- bzw. Stehfäden) einarbeiten. Geflechte können als flächen- aber auch als volumenbildende Strukturen ausgeführt sein [2]. Im Unterschied zu anderen textilen Prozessen werden beim Flechten offene Garnenden miteinander verarbeitet [3].

Kapitel 9
Vliesstoffhalbzeuge und Vliesbildungstechniken

Kathrin Pietsch und Hilmar Fuchs

Die Eigenschaften vliesstoffbasierter Halbzeuge werden durch deren Herstellungsverfahren in weitaus stärkerem Maße beeinflusst, als dies bei fadenstoffbasierten Halbzeugen der Fall ist. Auf Grund der Vielfalt der verfügbaren Herstellungsverfahren weisen Vliesstoff-Halbzeuge ein vergleichsweise spezifisches und breit gefächertes Eigenschaftsprofil auf. Um das Eigenschaftspotenzial der vliesstoffbasierten Halbzeuge optimal für die Eigenschaften des Verbundwerkstoffes ausnutzen zu können, sind grundlegende Kenntnisse über die Zusammenhänge zwischen der Struktur und den Eigenschaften der Vliesstoffe in Abhängigkeit der verschiedenen Herstellungsverfahren erforderlich. Das vorliegende Kapitel beinhaltet, ausgehend von den technologischen Grundprinzipien der Vliesstoffherstellung, die Zusammenhänge zwischen der Konstruktion sowie den Struktur- und Verarbeitungseigenschaften der späteren Vliesstoff-Halbzeuge in Wechselwirkung mit dem Herstellungsprozess. Abschließend werden exemplarisch ausgewählte vliesstoffbasierte Leichtbaulösungen dargestellt.

9.1 Einleitung und Übersicht

9.1.1 Begriff

Vliesstoffe und *Matten* sind im weitesten Sinne flächige Halbzeuge aus Fasern und/oder Filamenten, deren Zusammenhalt auf form-, reib- oder stoffschlüssigen Verbindungen der Fasern untereinander beruht. Sie unterscheiden sich von den anderen textilen Flächenhalbzeugen, wie Geweben, Geflechten und Maschenwaren dadurch, dass Fäden im Allgemeinen nicht zwingend vorhanden sein müssen. Praktisch sind alle Fasern beliebiger Rohstoffbasis und Länge verarbeitbar.

Kapitel 10
Gestickte Halbzeuge und Sticktechniken

Mirko Schade

Das Sticken ist ein schon seit der Antike bekanntes textiles Verfahren, um Fäden, meist zur Verzierung, auf textile Flächen aufzubringen. Die Art und die Menge sowie die Ablagerichtung des Fadenmaterials lassen sich dabei vielfältig variieren. Dank moderner Antriebs- und Rechentechnik erzeugen Stickmaschinen mittlerweile hochproduktiv und mit einer sehr guten Reproduzierbarkeit eine nahezu unbegrenzte Mustervielfalt für Textilien. Eine Weiterentwicklung der Sticktechnik ist das sogenannte Tailored Fibre Placement (TFP). Mit dieser inzwischen ausgereiften Technologie lassen sich textile Halbzeuge gezielt lokal verstärken bzw. funktionalisieren und textile Preforms für Faserverbundbauteile mit einer beliebigen Verstärkungsfadenanordnung herstellen. Dieses Kapitel gibt einen Einblick in die Technologie des Stickens von Technischen Textilien für Faserverbundanwendungen. Es befasst sich mit prozessrelevanten Parametern im Hinblick auf die mechanischen Eigenschaften und vermittelt einen Überblick über zwei- und dreidimensional gestickte Halbzeuge. Anhand von Beispielen wird das Potenzial von sticktechnisch funktionalisierten Halbzeugen sowie von gestickten Preforms dargestellt.

10.1 Einleitung

Ein besonderes Merkmal von Faserkunststoffverbunden (FKV) ist ihr anisotropes Materialverhalten. Nur in Faserlängsrichtung können die mechanischen Eigenschaften der Verstärkungsfäden vollständig ausgenutzt werden. Bei Differenzen zwischen der Beanspruchungsrichtung und der Faserlängsrichtung reduziert sich der Grad der Ausnutzung der Eigenschaften der Fasern. Deshalb ist die Textil- und die Kunststoffbranche bestrebt, die Verstärkungsfasern möglichst beanspruchungsgerecht ausgerichtet im Faserverbundbauteil zu positionieren.

In Abhängigkeit vom Anwendungsfall ergeben sich für Faserverbundbauteile, auf Grund verschiedener Lastfälle und/oder mehrerer Krafteinleitungsstellen, komplexe

Kapitel 11
Vorimprägnierte textile Halbzeuge (Prepregs)

Olaf Diestel und Jan Hausding

Vorimprägnierte textile Halbzeuge, sogenannte Prepregs, sind ein wichtiges Ausgangsmaterial für die Herstellung von duroplastischen und thermoplastischen Verbundwerkstoffen. Es handelt sich hierbei um vorgefertigte, meist ebene, flächige Halbzeuge, die eine Verstärkungsstruktur aus endlichen bzw. endlosen Fasern aufweisen, die bereits mit der für die Bauteilfertigung benötigten duro- bzw. thermoplastischen Matrix kombiniert ist. Als Ausgangsprodukt können sowohl Kurzfasern oder Endlosfilamentgarne als auch textile Flächengebilde wie Gewebe und Multiaxial-Kettengewirke zum Einsatz kommen. Grundprinzip der Verwendung dieser speziellen Form der textilen Halbzeuge ist die Trennung des Tränkungsvorgangs bei der Verbundwerkstoffherstellung vom eigentlichen Herstellen der Bauteilform.

11.1 Einleitung

Vorimprägnierte textile Halbzeuge dienen der Weiterverarbeitung zu duro- oder thermoplastischen Faserkunststoffverbundbauteilen. Sie werden häufig nach der Abkürzung ihrer englischen Bezeichnungen *preimpregnated fibers* bzw. *preimpregnated materials* als Prepregs bezeichnet. Es handelt sich hierbei um vorgefertigte, meist ebene flächige Halbzeuge, die eine Verstärkungsstruktur aus endlichen bzw. endlosen Fasern aufweisen, die bereits mit der für die Bauteilfertigung benötigten duro- bzw. thermoplastischen Matrix kombiniert ist. Die Weiterverarbeitung zu Bauteilen erfolgt unter Temperatur- und Druckeinwirkung in der Regel durch Fließpressen, Formpressen oder nach dem Autoklavverfahren. Bei duroplastischen Prepregs erfolgt die Tränkung der textilen Strukturen mit duromeren Harzsystemen, deren Vernetzungsreaktion unter tiefen Temperaturen stark verzögert abläuft. Bei geeigneter Lagerung sind sie auch nach längerer Zeit, z. B. mehreren Monaten bis über ein Jahr, zur Bauteilherstellung geeignet. Sie werden auch als halbtrockene Pre-

Kapitel 12
Konfektionstechnik für Faserverbundwerkstoffe

Hartmut Rödel

Mit konfektionstechnischen Prozessen werden die Halbzeuge aus den textilen Flächenbildungsprozessen zugeschnitten, in die Form der endkonturnahen trockenen Preform umgeformt, montiert und für den Verbundwerkstoffherstellungsprozess vorbereitet. Dies umfasst Schnittkonstruktion der Preform-Einzelteile, Nesting und Lagenlegen als Zuschnittvorbereitung, Zuschnitt und textile Montage der Preform vorwiegend mittels Nähen, Schweißen und Kleben. Zum Gewährleisten der mechanischen Funktionalität des Compositebauteils sind die Halbzeuge auszuwählen und belastungsrichtungsgerecht in den Aufbau der Preform zu integrieren. Dies muss ohne Faltenbildung und nur mit definierter Veränderung der Fadenorientierung beim Drapieren erfolgen. Zwecks Reproduzierbarkeit sind im Zuschnitt und in der Montage Maschinen mit CNC-Steuerung oder robotergeführte Verbindungstechniken, darunter Einseiten-Nähtechnik, und Handhabungstechnik notwendig. Bauteileigenschaften werden durch Montageprozesse beeinflusst. Positiv wirkt die z-Verstärkung, während das Ein- und Durchstechen zur Reduzierung der In-Plane-Eigenschaften infolge der Perforation einkalkuliert werden muss.

12.1 Einleitung

Abgeleitet aus den genialen Konstruktionen der Natur werden durch den Menschen auf vielen Gebieten der Technik faserverstärkte Werkstoffe konzipiert, konstruiert und gefertigt.

Faserkunststoffverbunde (FKV) können in zwei wesentlichen Varianten erstellt werden, die sich durch das angewandte Matrixpolymer unterscheiden. FKV bestehen aus Matrixpolymer und Verstärkungstextil und bilden so den textilverstärkten Kunststoff oder auch das Composite. Als Matrixpolymer können Duromere, d. h. aushärtende, einmalig formbare Harze, oder Thermoplaste in Form von Granulaten,

Kapitel 13
Textile Ausrüstung und Ausrüsungstechniken

Heike Hund und Rolf-Dieter Hund

Undifferenziert betrachtet bestehen textilverstärkte Verbundwerkstoffe aus einer formgebenden, polymeren oder anorganischen Matrix und den darin eingebetteten textilen Verstärkungsstrukturen. Ein dritter, weniger eindeutig erkennbarer Bestandteil, entscheidend für die Qualität und Eigenschaften des fertigen Bauteils, ist zwischen den beiden erstgenannten Komponenten zu finden, die Grenzschicht. Diese Schicht wird durch die Ober-und Grenzflächen (Phasengrenzen) von Verstärkungsfaser und Matrix sowie dem Raum dazwischen gebildet. Hier treten die Wechselwirkungen zwischen der Faser und der umgebenden Formmasse auf. Der Abstand zwischen den Phasengrenzen kann im molekularen Bereich liegen, so dass unmittelbare Wechselwirkungen möglich sind. Aber auch das Einbringen weiterer, vermittelnder Substanzschichten ist möglich. Dieses Kapitel gibt einen Überblick, ausgehend von der Betrachtung auf molekularer Ebene der beteiligten Materialien, über die Vorbehandlung der textilen Oberflächen, bis zur Applikation funktioneller Ausrüstung.

13.1 Einleitung und Übersicht

Unter Ausrüstung textiler Materialien für den Einsatz im Leichtbau und der Membranherstellung ist die Bearbeitung der äußeren Materialschichten im Sinne einer Aktivierung, Funktionalisierung und Modifizierung zu verstehen, wobei die damit zu erzielenden Effekte von einer einfachen Haftverbesserung bis hin zum hoch komplexen Grenzschichtdesign reichen. Die hierfür einzusetzenden Methoden und Verfahren umfassen im Wesentlichen drei Bereiche. Sie können einzeln aber auch kombiniert angewendet werden:

- Nasschemische Verfahren zur Vorbehandlung, Ausrüstung und Beschichtung textiler Festigkeitsträger,

Kapitel 14
Textilphysikalische Prüfungen

Thomas Pusch

Das Kapitel beschreibt grundlegende Aspekte und Methoden für die textilphysikalische Charakterisierung von Technischen Textilien und daraus hergestellter faserverstärkter Verbunde. Dabei werden Prüfverfahren betrachtet, die die Wertschöpfungskette vom Filament, über Garn, textile Fläche, Preform bis zum Verbund einschließen. Hierfür existieren kommerziell verfügbare Prüfgeräte, die standardisierte Prüfbedingungen und Prüfabläufe realisieren. Eine repräsentative Auswahl der standardisierten Prüfverfahren wird dargestellt. Der Schwerpunkt der Ausführungen liegt bei Prüfverfahren, die Informationen zu den mechanischen Eigenschaften, insbesondere zur Festigkeit der textilen Strukturen und der daraus hergestellten faserverstärkten Verbunde, liefern.

14.1 Einleitung

Die Sicherung der Gebrauchsfähigkeit von faserverstärkten Verbunden setzt die detaillierte Kenntnis relevanter Eigenschaften dieser Strukturen voraus. Diese werden mit Hilfe textilphysikalischer Prüfverfahren ermittelt. Auf Grund des erreichten Standes der Kunststofftechnik und der faserverstärkten Kunststoffe existieren für diese Materialgruppen sehr viele Prüfverfahren. In den nachstehenden Ausführungen werden hierfür wichtige Prüfverfahren zusammengestellt. Für neuere Entwicklungen, z. B. textilbasierte Membranen oder textilbewehrten Beton, gibt es bis jetzt kaum verbindliche und allgemein anerkannte Prüfverfahren. Einige Aspekte für die Prüfung dieser Materialgruppen können deshalb am Ende des Kapitels nur kurz angerissen werden.

Das Eigenschaftsprofil der faserverstärkten Verbunde ist außerordentlich komplex. Eine effektive Entwicklung neuer Strukturen ist nur mit Kenntnis der Parameter der Ausgangsmaterialien und aller Zwischenprodukte möglich. Aus diesem Grund ist es erforderlich, die gesamte Wertschöpfungskette der Verbunde prüftechnisch

Kapitel 15
Modellierung und Simulation

Lina Girdauskaite, Georg Haasemann und Sybille Krzywinski

Dieses Kapitel beschreibt grundlegende Aspekte und Methoden zur Modellierung und Simulation textiler Verstärkungsstrukturen und Faserkunststoffverbunde (FKV). Auf Grund der anisotropen Werkstoffeigenschaften ist die Simulation des Deformationsverhaltens der textilen Verstärkungsstrukturen sehr komplex. Unterschiedliche Ansätze werden vorgestellt und Simulationsmöglichkeiten auf der Basis kinematischer Modelle ausführlich diskutiert. Der Schwerpunkt dieser Ausführungen zielt auf die Unterstützung der Konstrukteure bei der Preformauslegung für komplexe FKV-Bauteile. Um den Verbundwerkstoff entsprechend der Belastung des Bauteils mittels Finite Element Modellen (FEM) richtig zu konfigurieren, sind derzeit umfangreiche experimentelle Untersuchungen zur Quantifizierung der Verbundeigenschaften erforderlich. Der Beitrag widmet sich deshalb darüber hinaus Modellierungs- und Simulationsverfahren auf Basis mehrskaliger Betrachtungsweisen zur Ermittlung mechanischer Materialkennwerte.

15.1 Einleitung

Für die Realisierung immer kürzerer Produktentwicklungszyklen ist der Einsatz rechnergestützter Methoden für die Beurteilung des Entwurfs eines Bauteils und dessen konstruktiver Umsetzung zwingend notwendig. Neben der Generierung von Geometriemodellen zur Beschreibung der Produktform ist die Charakterisierung des Materialverhaltens der Verstärkungshalbzeuge für die Modellierung erforderlich. Die Sicherung einer faltenfreien Verformung der textilen Verstärkungshalbzeuge zu stark gekrümmten, teilweise doppelt gekrümmten räumlichen Konturen und die Realisierung einer beanspruchungsgerechten Orientierung der Verstärkungsfasern sind wesentliche Kriterien bei der Auslegung von FKV-Bauteilen.

Dabei unterscheidet sich das mechanische Verhalten von textilen Verstärkungsstrukturen erheblich von dem Verhalten monolithischer Werkstoffe. Auf Grund des

Kapitel 16
Weiterverarbeitungsaspekte und Anwendungsbeispiele

Chokri Cherif, Olaf Diestel, Thomas Engler, Evelin Hufnagl und Silvio Weiland

Die weltweite Energie- und Klimasituation erfordert, dass zukünftig alle Möglichkeiten zur Senkung des Energieverbrauchs, nicht nur in der Verkehrstechnik und im Bauwesen, sondern auch in allen Wirtschaftszweigen ausgeschöpft werden. Der Leichtbau mit textilverstärkten Verbundwerkstoffen bietet bei der Entwicklung energieeffizienter und funktionsintegrierender Strukturbauteile faszinierende Möglichkeiten gegenüber konventionellen metallischen Bauweisen. Aus der Kombination von zwei oder mehreren unterschiedlichen Werkstoffen resultieren neuartige Verbundwerkstoffe, deren Leistungsfähigkeit die Summe der Eigenschaften der Einzelkomponenten übersteigt.

Dieses Kapitel geht exemplarisch auf ausgewählte Aspekte der Weiterverarbeitung und den Einsatz textiler Halbzeuge für Leichtbauanwendungen in den Gebieten Faserkunststoffverbunde, Textilbeton und textile Membranen ein. Es demonstriert das Leistungsvermögen textiler Werkstoffe für den Leichtbau sowie deren Praxistauglichkeit auch in Großserienanwendungen. Auf die Fertigungstechnologien im Zusammenhang mit diesen Leichtbauanwendungen wird ebenfalls eingegangen.

16.1 Einführung

Der Leichtbau mit textilverstärkten Verbundwerkstoffen bietet bei der Entwicklung material- und energieeffizienter Strukturbauteile umfassende Möglichkeiten gegenüber konventionellen metallischen Bauweisen. Durch die zielgerichtete Kombination von zwei oder mehreren unterschiedlichen Werkstoffen lassen sich Verbundwerkstoffe generieren, deren Leistungsfähigkeit weit über die Summe der Fähigkeiten der Einzelkomponenten hinausgeht. Werkstoffverbunde mit schichtweiser Anordnung der Einzelkomponenten kommen in der Natur häufig vor und finden heute bereits in vielen Lebensbereichen Anwendung. Die außergewöhnlich hohe Flexibilität für die Bauteilgestaltung mit anforderungsgerecht anisotrop ein-

http://www.springer.com/978-3-642-17991-4

Textile Werkstoffe für den Leichtbau
Techniken – Verfahren – Materialien – Eigenschaften
(Ed.)C. Cherif
2011, XXIII, 717 S. 13 Abb. in Farbe., Hardcover
ISBN: 978-3-642-17991-4