

Lastorientierte Strukturen

Partiell verstärkte thermoplastische FVK für die Serienanwendung



Frank Henning, Peter Eyerer,
Stefan Tröster und Michael Jauss
Pfinztal

Leichtbau läßt sich durch Kombination von lang- und endlosfaserverstärkten Thermoplasten realisieren. Mit speziell entwickelten Materialien soll ein lastoptimiertes Bauteil hergestellt werden. Das dafür eingesetzte Thermoplast-Direktverfahren führt zu Gradientenwerkstoffen, die eine wirtschaftliche Herstellung (teil-)tragender Strukturbauteile mit geringem spezifischen Gewicht und hoher Funktionsintegration ermöglichen (Bild 1).

Die bisher bekannten Materialentwicklungen erfolgten am Beispiel der teiltragenden Fußstütze des Smart von DaimlerChrysler. Die schrittweise Entwicklung dieser Verfahrens- und Materialkombinationen resultiert aus den Anforderungen der Lastenhefte für folgende weitere Anwendungen in der Automobilindustrie:

- ▶ Frontend,
- ▶ Türmontageträger,
- ▶ I-Tafelträger,
- ▶ Sitzstrukturen sowie
- ▶ Unterbodenstrukturen.

Das Thermoplast-Direktverfahren erlaubt die Kombination endlos- und langfaserverstärkter Thermoplaste in einem einstufigen Prozeß. Auf diese Weise lassen sich lastorientierte Strukturen mit lokaler Festigkeitssteigerung herstellen, die neue Potentiale für den Leichtbau eröffnen.

Textilfaserverstärkte Thermoplaste befinden sich bisher nur im Kleinserieneinsatz, wohingegen langfaserverstärkte Thermoplaste zunehmend Marktanteile in der Automobilindustrie gewinnen. In beiden Fällen handelt es sich um die kostengünstige Materialzusammensetzung mit Polypropylen als Matrixmaterial und Glas als Verstärkungsfaser. Auf diesen bekannten Anwendungen aufbauend, ist eine beanspruchungsgerechte Kombina-

tion der Materialien die Zielstellung, die den Einstieg in ein höheres mechanisches Leistungsniveau ermöglicht (Bild 2).

Ein weiterer Schritt in Richtung Großserie ist die Weiterentwicklung von Faser-Direktverfahren (LFT-D). Darunter versteht man bei der Langfasertechnologie die direkte Verstärkung der Polymerschmelze während der Verarbeitung durch Zuführung von Glas-

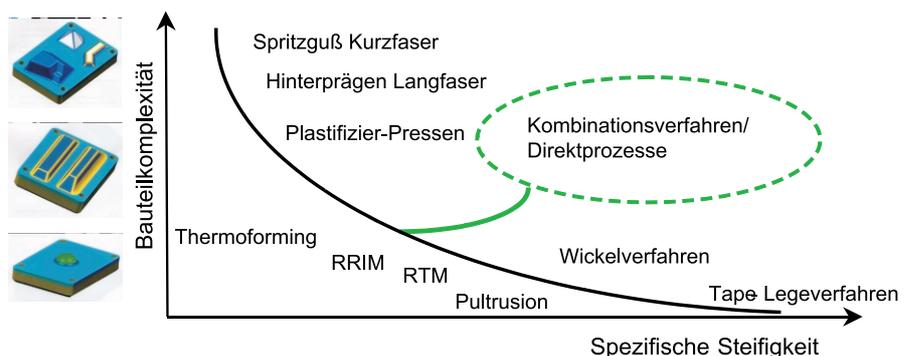


Bild 1. Einsatzpotential von Kombinationsverfahren und Direktprozessen

faserrovings, verbunden mit der nachfolgenden Formgebung.

Die LFT-D-Verfahren sind Grundlage für die Steigerung des Leistungspotentials von Bauteilstrukturen durch den wirtschaftlichen Einsatz neuer Polymerblends und Faserstrukturen. Durch die Flexibilisierung der Bauteilfertigung hinsichtlich des lastorientierten Materialeinsatzes ist eine weitere Gewichts- und Kostenreduktion zu erwarten.

Die Marktpositionierung einer solchen Idee ist nur über ein schrittweises Vorgehen gemeinsam mit der Industrie, unter Berücksichtigung der gesamten Prozeßkette und der sich daraus ergebenden Abhängigkeiten, möglich. Eine erste Akzeptanz findet der Einsatz innovativer LFT-D-Prozesse zur wirtschaftlichen Fertigung von langfaserverstärkten Bauteilen in der Herstellung von Frontends des VW-Passats sowie des VW-Golfs. Die Substitution kostenintensive Halbzeuge ist der erste Schritt in Rich-

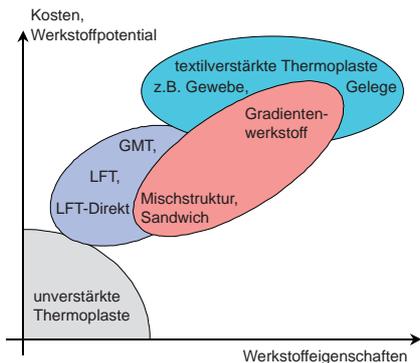


Bild 2. Qualitatives Leistungsspektrum gradierter Materialien

tung eines wirtschaftlichen Kombinationsverfahren durch:

- ▶ Flexibilisierung der Materialauswahl und des Fasergehalts sowie
- ▶ Senkung der Fertigungs- und Logistikkosten.

Des weiteren gilt es, kostengünstige Halbzeugfertigungsverfahren bzw. In-line-Imprägnierverfahren für den gezielten, direkten Einsatz thermoplastischer endlosfaserverstärkter Profile bzw. textiler flächiger Strukturen zu entwickeln. Dabei ist es wichtig, die in der Industrie vorhandene Anlagentechnik in Betracht zu ziehen und diese weiterzuentwickeln.

Materialien und Verfahren

Wie schon erwähnt, liegen den bisher bekannten Entwicklungen langfaserver-

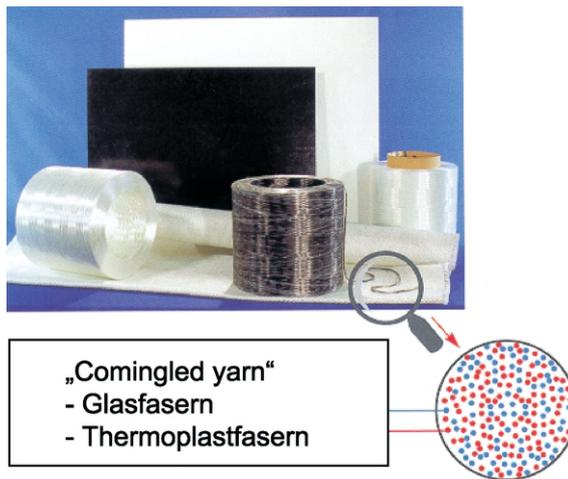


Bild 3. Twintex: Thermoplastische Halbzeuge auf Basis imprägnierter Rovings (Hersteller: Vetrotex)

stärkte PP-Bauteile (GMT, LFT) der Automobilindustrie zugrunde. In einem ersten Schritt sind die Lastenhefte dieser Anforderungen im Langfaser-Thermoplast-Direkteinarbeitungsverfahren (LFT-D) zu erfüllen. In Bereichen, in denen der Werkstoff jedoch an seine mechanische Leistungsfähigkeit stößt, ist durch eine lokale textile oder mattenförmige Verstärkung Abhilfe zu schaffen. In den meisten Fällen ist ein homogenes Laminat aus mehreren Lagen Gewebe für die betrachtete Anwendung überdimensioniert und nur unter deutlich höherem Verfahrensaufwand zu verarbeiten.

Für die betrachteten Verfahren eignet sich z.Z. besonders das Co-mingling (Bild 3). Durch die kurzen Fließwege der Polymerschmelze nach Erhitzen des Halbzeugs ist eine Konsolidierung unter Druck im kurzen Preßzyklus angestrebt.

Das LFT-D-Verfahren unterscheidet sich maßgeblich von den Verfahren zur Verarbeitung von GMT und LFT durch die Umgehung der Halbzeugherstellung beim Materiallieferanten. Neben der Vermeidung der kostenintensiven Halbzeuge, bietet diese Technologie eine Vielzahl an verfahrenstechnischen Vorteilen. Zwar stellt sich der Verarbeiter zusätzlich einer Materialverantwortung, dennoch bietet dieser kontinuierlich arbeitende Prozeß erhebliche Vorteile, die einen solchen Schritt durchaus rechtfertigen.

Bei den Direktverfahren liegt die größte Aufgabe bei den Herstellern der dazu notwendigen Verfahrenstechnik. So ist es eine Frage der Weiterentwicklung dieser Technologie, wie flexibel, re-

produzierbar und homogen die langfaserverstärkte Schmelze nach Austritt aus der Düse vorliegt. Bild 4 zeigt schematisch einen möglichen Ablauf des Direktverfahrens.

Weiterführende Entwicklungen realisieren eine Trennung der Compoundierstrecke von der Faser-einzugseinheit. Damit bietet das LFT-D-Verfahren die Möglichkeit weiterer Optimierungen, vor allem hinsichtlich Compound-Qualität, Material- und Anlagenflexibilität und des mechanischen Eigenschaftsniveaus [1].

Das LFT-D Verfahren, in dem Endlos-Rovings der polymeren Schmelze direkt zugeführt werden, vermeidet Materialschädigung bei hoher Imprägnierleistung. Der stark abrasive Verschleiß im Einzugsbereich des Plastifikators sowie die Schädigung der Faser während der Plastifikationsphase wird minimiert. Der Endlos-Roving wird im Plastifikator zu Langfasern gebrochen, die ein breites Faserlängenverteilungsspektrum sowie große mittlere Faserlängen aufweisen, die zu einer besseren Nutzung des Verstärkungspotentials führen [2].

Das Direkteinarbeitungsverfahren LFT-D führt im Vergleich zu GMT zu besseren Formteilerflächen, die keine sogenannten „Weißflecken“ (ungetränkte Glasfasern) mehr aufweisen. Durch die bessere Fließfähigkeit des Plastifikats und dessen kompakterer Geometrie ist die Zykluszeit um bis zu 15% herabsetzbar [3]. Nach den Erfahrungen aus der serienmäßigen Herstellung von Pkw-Frontends kann der Werkzeugverschleiß minimiert werden. Die bei der Ausreizung der GMT-Ofen-Taktzeiten entstehende Brandgefahr bei einem unerwarteten Anlagenstopp, verbunden mit den dadurch entstehenden Anfahr- und Stoppverlusten, kann ebenfalls deutlich gesenkt werden. Das Ausgangsmaterial wird im Verarbeitungszyklus nur einmal thermisch und mechanisch beansprucht.

Neben diesen technologischen Vorteilen zum Erhalt eines homogenen langfaserverstärkten Plastifikats, besteht der größte Vorteil jedoch in der gewonnenen Freiheit hinsichtlich der Materialauswahl. So können unabhängig von Ange-

bot, Preisbildung und Absatzmenge eine Vielzahl von Thermoplasten auf verschiedenen mechanischen Leistungs-niveaus eingesetzt werden. Auch der Fasergehalt ist je nach Anforderung durch die Variation der Matrixdosierung, der Rovingzahl oder der Strangfeinheit flexibel und lastorientiert einstellbar.

Diese Möglichkeiten eröffnen den faserverstärkten Thermoplasten zukünftige Potentiale für den Leichtbau. Mit Hilfe neuer Kombinationsverfahren wird so zunehmend der Bereich der teiltragenden und tragenden Strukturen ins Visier technischer Umsetzung genommen.

Sandwich-Bauteile im einstufigen Prozeß

Mit dem LFT-D-Verfahren ist es möglich, auf kürzestem Wege mit großer Flexibilität bezüglich Formgebung und Materialauswahl zum Bauteil zu gelangen. Wie auch bei der GMT-Fertigung bedeutet die Herstellung von Sandwich-Halbzeugen einen großen Aufwand durch separates Konsolidieren des Materials: Aufwärmen, Pressen, Abkühlen, Zuschneiden, Verpacken, Ausliefern und Lagern, bevor es nach erneutem Erwärmen zum Bauteil geformt werden kann. Dies schlägt sich deutlich in den Kosten nieder.

großen Scherkräfte während des Umformens nicht möglich.

Untersuchungen haben ergeben, daß alle Laminat-Halbzeuge wesentlich höhere mechanische Eigenschaften aufweisen als das in einem weiteren Formgebungsschritt hergestellte Bauteil. Die Schädigung der Lamine durch das aneinander Abgleiten der in der Ebene verdichteten Einzelschichten ist vermutlich größer als die Schädigung bei direkter Formgebung. Dies gilt es, in weiterführenden Versuchen noch zu bestätigen.

Die Entwicklung eines einstufigen Prozesses zur Herstellung textilverstärkter Sandwichstrukturen (Titelbild) mit wirrfaserverstärktem Kern ist eine Möglichkeit die Fertigungskosten bei gleichzeitiger Verbesserung der Materialeigenschaften und der Designfreiheit deutlich zu senken.

Das Thermoplast-Direktverfahren erlaubt die Kombination textil- und langfaserverstärkter Thermoplaste während des Formgebungsprozesses. Die im Formgebungsprozeß entstehenden inneren Spannungen, verursacht durch inter- und intralaminare Scherung, werden durch das direkte Formen und die Möglichkeit, die plastifizierte Kernschicht endkonturnah durch eine geeignete Düse auszutragen, minimiert [3].

Durch die erzeugten Wanddickensprünge ist eine lokale Erhöhung des Widerstandsmoments realisierbar. Dies führt zu lastoptimierten Strukturen und zur effektiveren Nutzung des vorhandenen Bauraums. So ist es sinnvoll, in Kraftflußrichtung die Wanddicke so zu erhöhen, daß die auftretenden Kräfte ohne unvorteilhafte Materialanhäufung über das gesamte Bauteil aufgenommen werden können.

Bild 6 zeigt die Verarbeitung von LFT-Stäbchengranulaten bzw. Rezyklatchips als erste Entwicklungsstufe. Das Granulat wird im Plastifikator aufgeschmolzen, homogenisiert und im Stauraum vor der Düse portioniert. Das langfaser-

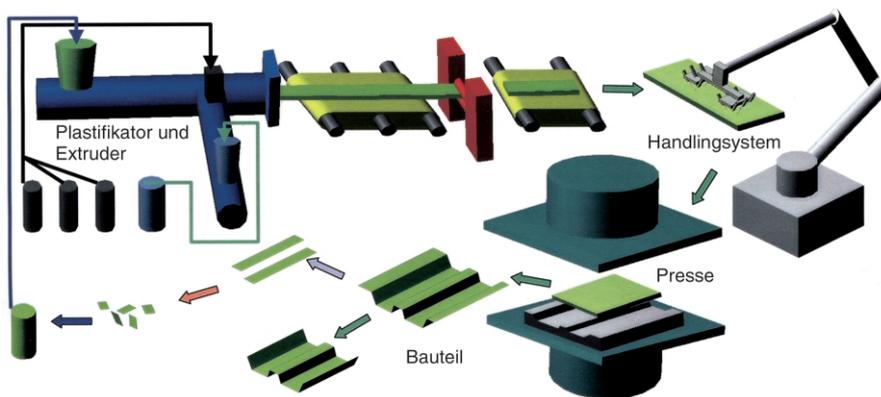


Bild 4. Schematische Darstellung des LFT-D-Verfahrens

Thermoplastische LFT-D und textile Endlosfaserstrukturen

Anwendungsorientierte Forschung bedient sich der am Markt bereits etablierten Werkstoffe und Applikationen zur strategischen Marktpositionierung innovativer Ideen. Dem im folgenden beschriebenen Verfahren liegt diese Vorgehensweise zugrunde.

Textilfaserverstärkte Sandwich-Halbzeuge

Die untersuchten Sandwichhalbzeuge bestehen aus Glasfasergeweben in den Deckschichten und langfaserverstärktem PP im Kern. Durch das Variieren der Decklagenzahl und des Decklagen-Kernschicht-Volumen-Verhältnisses können die mechanischen Eigenschaften in einem bestimmten Bereich eingestellt werden.

Die Positionierung des endlosfaserverstärkten Materials an Stellen maximaler Beanspruchung führt zu einem wirtschaftlichen Einsatz des Materials, vor allem in biegebeanspruchten Teilen (Bild 5).

Neue Anwendungen wie Türmontage-träger, Instrumententafelträger, Sitz- und Unterbodenstrukturen erfordern zudem neue hochwertige Werkstoffkonzepte mit einem hohen Maß an Funktionsintegration. Lokale Festigkeitssteigerungen durch Wanddickensprünge sind durch die Technologie der Halbzeugumformung nicht möglich.

Die gleichmäßige Wanddicke der Halbzeuge erlaubt durch geringes Fließen der Kernschicht den lokalen Ausgleich der Krümmungsverdickungen im Gewebe. Eine andere Topographie auf der Oberseite des Bauteils im Vergleich zur Unterseite ist jedoch aufgrund der

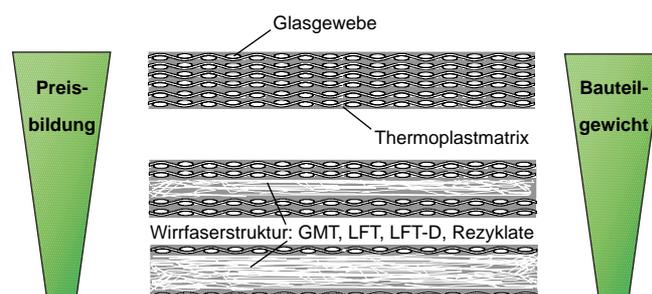


Bild 5. Schematische Darstellung thermo-plastischer Sandwich-Halbzeuge

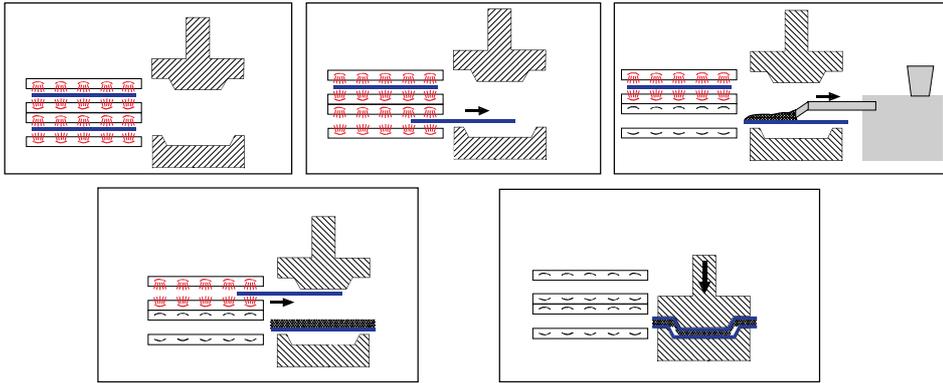


Bild 6. Prinzipskizze des diskontinuierlichen Direktverfahrens

verstärkte Plastifikat tritt durch eine verstellbare Düse profiliert ins Freie, wo es entweder direkt auf die untere Deckschicht oder auf ein Austragsband über einen Handlingsroboter indirekt in das Werkzeug eingebracht wird.

Dies ist besonders beim LFT-D-Verfahren von Vorteil, da die Schmelze kontinuierlich auf ein Band ausgetragen wird. Die indirekte Beschickung hat zudem den Vorteil einer wesentlich exakteren Positionierung der plastifizierten Masse, die für die Interaktion der textilen Deckschichten mit der fließfähigen Kernschicht erheblich ist.

Während des Plastifizierens der Kernschicht befinden sich die Deckschichten in einem der Presse vorgeschalteten Infrarot-Heizfeld. Die schneller erwärmte, untere Deckschicht wird zuerst ins Werkzeug eingebracht, der Plastifizierer fährt in den Preßraum ein und positioniert das Plastifikat auf der unteren erhitzten Lage. Gleichzeitig mit dem Ausfahren des Plastifizierers fährt die obere Deckschicht in die Presse ein und der Spannrahmen verankert sich am Werkzeug. Beim LFT-D-Prozeß kommen vorzugsweise Handhabungsroboter zum Einsatz.

Während des Formvorgangs leitet der Spannrahmen gezielt Nachführkräfte in die Deckschichten ein, um eine Faltenbildung zu verhindern. Das Vermeiden innerer Spannungen erfordert den Einsatz zweier unabhängiger Spannrahmen im Gegensatz zum Thermoformen von Halbzeugen. Dies ist in den unterschiedlichen Oberflächentopographien der Ober- und Unterseite des Bauteils begründet, die einen entsprechenden Nachführweg des Gewebes erfordern.

Die Realisierung dieser exakten Kräfteinleitung erfolgt über mechanisch oder pneumatisch gesteuerte Nadelgreifersysteme. Die Handling- und Greifer-

systeme, gemeinsam mit der geeigneten Werkzeugtechnik, stellen den Schlüssel für eine geringe Zykluszeit bei sicherer Prozeßführung dar.

Das Plastifizier-Preßverfahren [5], vor allem das Direktverfahren, zeigt keine signifikante Faserschädigung während des Plastifizierens. Des Weiteren befindet sich das nur einmalig erwärmte Plastifikat die meiste Zeit im Plastifizierer und ist somit vor thermooxidativem Abbau geschützt. Erste Untersuchungen haben gezeigt, daß der gleichmäßige Werkzeugdruck, verbunden mit einer fließfähigen Kernschicht, den Verzug sowie die Schädigung der Gewebelagen durch innere Scherkräfte und Reibungen, in den Knotenpunkten verhindert.

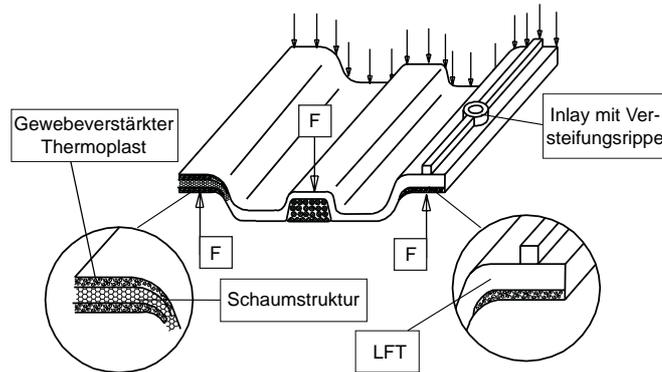


Bild 7. Strukturbauteil aus gradiertem Material

Der Prozeß erlaubt die Realisierung lastorientierter Geometrien in Zykluszeiten von max. 1 min, je nach Komplexität des Bauteils. Bei der Herstellung von Bauteilen aus imprägnierten Textilien, die nicht einem vorgeschalteten Konsolidierungsprozeß unterliegen, ist die Verfahrenstechnik sehr aufwendig. Die Kosten der Werkzeuge des Direktverfahrens liegen im oberen Bereich der Werkzeugkosten für die Verarbeitung langfaserverstärkter Thermoplaste.

Die größte Herausforderung bei der Umstellung der Verarbeitung von Sandwich-Halbzeugen im Thermoformprozeß auf den Direktprozeß liegt im grundsätzlichen Verständnis der durch die genannten Freiheitsgrade komplexeren Technologie.

Fazit

Das beschriebene Verfahren eröffnet neue Möglichkeiten für die Herstellung lastorientierter Strukturen mit lokaler Festigkeitssteigerung. Dies wird durch gezieltes Einbringen von Gelegen, Geweben, Matten oder thermoplastischen Profilen erreicht. Die Drapierfähigkeit und der eingeschränkte Tiefziehgrad reiner endlosfaserverstärkter Strukturen führt diesen hochwertigen Werkstoff an seine verarbeitungstechnischen Grenzen.

Mischstrukturen aus endlos- und langfaserverstärkten Werkstoffen stellen eine Lösungsmöglichkeit für derartige Problemstellungen dar. Neben homogenen Sandwichstrukturen ist der Einsatz gradierter Materialien mit der Integration von Profilen und lokalen textilen Verstärkungen eine Herausforderung an die Verfahrenstechnologie (Bild 7).

Durch das gezielte Einbringen gerichteter Verbundmaterialien mit hohem Glasfaseranteil an Stellen hoher Kräfteinleitung oder Kraftübertragung und

im Gegenzug Vermeidung von Glasfaseranhäufungen an Stellen geringer Beanspruchung sind kombinierte Eigenschaftsprofile durch einen graduellen Struktur Aufbau realisierbar.

Des Weiteren soll die Überdimensionierung von Bauteilen durch gezielte Dichteverringern in Bereichen niedriger mechanischer Beanspruchung verhindert werden. Dies verleiht dem Material die gradierten Eigenschaften. Hier werden Schaum- und Gasinnendruck-

technologien in Betracht gezogen. Zusätzlich wirkt sich eine Verringerung des Glasfasergehalts in diesen Bereichen positiv auf das Bauteilgewicht aus. Die im Direktverfahren verbesserte Imprägnierung der Einzelfilamente verspricht die Herabsetzung des Glasfasergehalts bei gleicher mechanischer Festigkeit.

Das schrittweise Vorgehen bei der Weiterentwicklung der Direktverfahren in der Industrie ist der Schlüssel für die erfolgreiche Realisierung gewichtsoptimierter Bauteile in einem wirtschaftlichen Einstufenprozeß.

Literatur

1 Henning, F., Tröster, S.: SMART-PART-Innovative Technologie-Entwicklung zur Herstel-

lung von Leicht-Bauteilen aus lang- und endlosfaser verstärkten sowie geschäumten Thermoplasten. BMBF-Projekt, Fraunhofer ICT, Pfinztal

2 Sigl, K.P.: Einarbeitung von Endlos-Glasfaserrovings in Thermoplaste im Zuge eines Einstufenprozesses. 15. Stuttgarter Kunststoff-Kolloquium 1997

3 Brüssel, R.: Ein Jahr Serienproduktion von Menzolit-Fibron - Lang-Faserverstärktem Thermoplast mit dem Direkt-Verfahren. Vortrag AVK-TV Tagung, Baden-Baden 1998

4 Henning, F., Tröster, S.: Verfahrensentwicklung für den Rezyklateinsatz in hochwertigen thermoplastischen Strukturen. BMBF-Projekt 01RK9641/6, Fraunhofer Institut Chemische Technologie, Pfinztal 1999

5 Gleich, K.: Faserschonende Plastifizierung von Kunststoffen. GAK 51 (1998) 9

Die Autoren dieses Beitrags

Dipl.-Ing. Frank Henning, geb. 1969, ist Projekt- und Teamleiter auf dem Gebiet der thermoplastischen Faserverbundwerkstoffe am Fraunhofer Institut Chemische Technologie (ICT) und Privatdozent an der Berufsakademie in Mannheim.

Prof. Dr.-Ing. Peter Eyerer, geb. 1941, ist Direktor des Instituts für Kunststoffprüfung und Kunststoffkunde (IKP) der Universität Stuttgart und des ICT in Pfinztal.

Dipl.-Ing. Stefan Tröster, geb. 1969, ist Projektleiter auf dem Gebiet der thermoplastischen Faserverbundwerkstoffe am ICT.

Dipl.-Ing. Michael Jauss, geb. 1971, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand am Fraunhofer ICT in Pfinztal. Sein Arbeitsgebiet ist die Mikrowellentechnik in der Kunststoffverarbeitung

Halbzeuge aus Fluorkunststoffen

Polytetrafluorethylen löst als Hochleistungswerkstoff mittlerweile viele Probleme in der Industrie. Im chemischen Apparatebau beispielsweise kleidet PTFE das Innere von Rohren aus, transportiert in Form von Schläuchen aggressive Medien oder kühlt und heizt problematische Flüssigkeiten. Seine Vorteile liegen vor allem in einem sehr weiten Temperatur-Anwendungsbereich von -200 bis +260°C, kurzzeitig sind sogar bis 300°C möglich. Er besitzt höchste chemische Beständigkeit.

Neben Halbzeugen aus PTFE stellt die Draack+Meyer GmbH, Mönchengladbach, auch Halbzeuge aus Fluorkunststoffen wie PFA, FEP, PCTFE und PVDF der Hydraulik- und Pneumatikindustrie zur Verfügung. Zunehmend wird dieser Werkstoff auch im Maschinen- und Werkzeugbau, in der Luft- und Raumfahrtindustrie, in der chemischen Industrie, im Apparatebau und im Bauwesen eingesetzt.

Die mechanischen Eigenschaften von PTFE lassen sich durch gezielte Zugabe von Füllstoffen verbessern. Seit Jahr-



Halbzeuge aus PTFE lassen sich zu Bauteilen verarbeiten, die von korrosiven Medien z. B. im chemischen Apparatebau nicht angegriffen werden

zehnten sind PTFE-Compounds mit Kohle, Glas, Graphit oder Bronze Stand der Technik. Inzwischen gibt es neue Varianten: So erhöht Graphit die Wärmeleitfähigkeit und die elektrische Leitfähigkeit; Glas erhöht dagegen die Dichte

und reduziert die Wärmedehnung. Unterstützende Wirkung leisten Füllstoffe wie Glimmer, aber auch Keramiken aus Aluminiumoxid. Von Bedeutung sind auch die Art der Verarbeitungsverfahren sowie die Qualität der Ausgangsstoffe.

Antistatische Polyester

Eine neue Produktfamilie elektrisch leitfähiger Polyester (Typ: EastaStat, Hersteller: Eastman Chemical) dient als Verpackungswerkstoff für elektronische Geräte, die empfindlich gegen statische Aufladung (ESD) reagieren. Folien oder Platten aus diesem Werkstoff lassen sich zu Verpackungen thermoformen. So eignet sich der Produkttyp EastaStat PETG GSP11 für die Verpackung von Disketten-Laufwerken und GSP21 für Einwegverpackungen von anderen Computerteilen. GSP31 ist eine mit Ruß gefüllte, besonders leitfähige Modifizierung des Basispolymers PETG 6763. Sein Oberflächenwiderstand beträgt 10^4 Ohm/Fläche bei beliebiger relativer Feuchte.

Wärmebeständiges ABS für Türverkleidung

Um die hohen Materialanforderungen von Volkswagen für das aktuelle Golfmodell zu erfüllen, wird eine Türverkleidung aus wärmebeständigem ABS (Typ: Magnum 3416 SC, Hersteller: Dow Automotive) in drei Teilen produziert: eine obere und untere Verschalung sowie ein Mittelstück. Das Mittelstück wird mit einem Textilgewebe beschichtet, bei den

übrigen Verschalungen kommen unterschiedliche Farben und ABS-Texturen zum Einsatz. Herstellung und Entwicklung erfolgte in Zusammenarbeit mit Sommer Allibert.

Im Vergleich zu herkömmlichen Materialien ermöglicht das ABS bei diesen Anwendungen eine Reduzierung der Kosten. Der ABS-Typ erlaubt eine Wanddicke von 2 mm. Dadurch läßt sich Material einsparen. Gleichzeitig vereinfacht sich die anschließende Oberflächenbehandlung. Weiterhin entsprechen die Türverschalungen den Anforderungen an Steifheit und Aufprallschutz und bieten eine exzellente Dehnstabilität. ABS ist zudem kratzresistenter als vergleichbare thermoplastische Werkstoffe. Es läßt sich gut ohne spezielle Vorbehandlung kleben und bemalen. Es ist daher für Anwendungen interessant, bei denen Ästhetik und Oberflächeneigenschaften eine wichtige Rolle spielen.



Ein wärmebeständiges ABS erfüllt die Anforderungen an eine Türseitenverkleidung