

Schneller zum Ziel

Verfahrenskombination ebnet Weg zur Herstellung faserverstärkter Leichtbauteile mit hochwertigen Oberflächen

Großflächige naturfaserverstärkte Bauteile für die Innenausstattung von Fahrzeugen müssen leicht und belastbar sein. Zusätzlich werden sie mit integrierten Funktionselementen ausgestattet und hochwertigen Oberflächen beschichtet. Die intelligente Verknüpfung der unterschiedlichen Verarbeitungsverfahren Thermoformen, Spritzgießen und Reaktionstechnik ermöglicht es, die komplexen Anforderungen effizient zu erfüllen. Erste seriennahe Tests bestätigen die Verbundfestigkeit der drei Komponenten und zeigen das Potenzial für industrielle Anwendungen.

Bei Innenraumkomponenten für Automobile sind verschiedene Naturfasern (NF) wie Flachs-, Hanf- oder Kenaffasern aufgrund ihrer Eigenschaftsvorteile und Wirtschaftlichkeit seit Langem in Serienanwendung. Beispielsweise werden NF-Bauteilträger mit polymerer Matrix für Türmodule eingesetzt [1, 2]. Die großflächigen Bauteile werden vorzugsweise im Pressverfahren hergestellt. Das Pressen bietet die Möglichkeit, Fasern mit großer Länge zu verarbeiten und hohe Faseranteile in das Bauteil einzubringen. Dies führt dazu, dass die Bauteile auch bei relativ geringer Wanddicke und niedrigem Strukturgewicht hohen mechanischen Belastungen standhalten können.

Anschließend an den Pressvorgang werden aktuell in separaten Arbeitsschritten Befestigungselemente angebracht und die Bauteiloberfläche mit Dekormaterial kaschiert. Dies ist mit einem erheblichen maschinentechnischen und personellen Aufwand verbunden. Um den Aufwand für diese Nachbearbeitungsschritte zu reduzieren, verfolgt die Industrie verschiedene Ansätze [3, 4], die jedoch keine prozessintegrierte Oberflächenkaschierung beinhalten und dadurch nicht das volle Potenzial zur Steigerung der Prozesseffizienz ausschöpfen.

Beim Spritzgießen ist im Unterschied zum Pressen die Faserlänge beschränkt. Außerdem lässt sich in dünnwandigen Bauteilen nur ein relativ geringer Faseranteil erzielen. Das Spritzgießen bietet je-



Im beschriebenen Kombinationsverfahren kann zum Hinterspritzen der umgeformten NF-PP-Matten auch WPC genutzt werden

(Bild: TU Chemnitz; Musterteil: KraussMaffei)

doch deutlich größere Freiheiten bei der Bauteilgestaltung und der Oberflächenveredelung (**Bild 1**). Ein weiterer Vorteil ist der geringe Nachbearbeitungsaufwand.

Zykluszeiten von etwa 60 Sekunden

Mit einer neuartigen Verfahrenskombination lässt sich die Prozesseffizienz bei der Herstellung faserverstärkter Leichtbauteile mit integrierten Funktionselementen und hochwertigen Oberflächen deutlich erhöhen. Die Entwick-

lung ist das Ergebnis einer engen Zusammenarbeit der Professur Strukturleichtbau und Kunststoffverarbeitung (SLK) der Technischen Universität Chemnitz mit der KraussMaffei Technologies GmbH, München, und der Hugo Stiehl GmbH Kunststoffverarbeitung, Crottendorf.

Das Fertigungsverfahren kombiniert die Vorteile des Spritzgießens, der Thermoform- und der Reaktionstechnik miteinander. Die Bauteile erhalten so aufgrund des hohen Anteils an langen Naturfasern auch bei geringer Wanddicke eine hohe Festig-



Türverkleidung im 5er BMW (E60) als naturfaserverstärktes Pressbauteil

**Pressbauteil
(naturfaserverstärkt):**

- + geringes Gewicht
- hoher Fertigungsaufwand
- Einschränkungen bei geometrischer Gestaltung



Türverkleidung im Audi A4 (B8) als Spritzgussbauteil

**Spritzgussbauteil
(rein thermoplastisch):**

- hohes Gewicht
- + hohe Komponentenintegrität
- + hohe Gestaltungsfreiheit

© Kunststoffe

Bild 1. Bauteilträger für Türmodule können durch Pressen oder Spritzgießen hergestellt werden. Durch die Kombination beider Verfahren ergeben sich signifikante Vorteile (Quelle [5]: K. Philipp)

keit. Durch die Gestaltungsfreiheit des Spritzgießens können sie mit Funktionselementen und Verstärkungsstrukturen ausgestattet werden. Dabei ist gewährleistet, dass diese Elemente sehr gut an den faserverstärkten Bauteilbereich angebunden werden. Darüber hinaus können direkt im Werkzeug hochwertige Oberflächen auf das Bauteil appliziert werden. Hierfür kommt das von KraussMaffei entwickelte SkinForm-Verfahren zum Einsatz. Weitere Vorteile des Kombinationsverfahrens sind geringe Nacharbeitskosten und ein geringer Bauteilverzug.

Der Herstellprozess kann auf Standard-Spritzgießmaschinen durchgeführt werden und erfordert nur geringe Schließkräfte. Alle Prozessschritte werden mit einem einzigen Werkzeugsystem durchgeführt. Bei Zykluszeiten von etwa 60s können mit einer Fertigungszelle über 500.000 Bauteile im Jahr hergestellt werden. Daher eignet sich das Verfahren auch für die Produktion von Großserien.

Ausgangspunkt des Verfahrens ist ein textiles Faservlieshalbzeug aus PP und Naturfasern (NF-PP-Matte) mit einem definierten Flächengewicht. Derartige Matten verarbeitet die Automobilindustrie großtechnisch zu Verkleidungsbauteilen. Im ersten Prozessschritt wird dieses Halb-

zeug zunächst mit einer Kontaktheizung auf ca. 200°C erwärmt und im Werkzeug einer Standard-Spritzgießmaschine fixiert. Während das Werkzeug zufährt, wird das Halbzeug zu einem dünnwandigen NFK-Leichtbauträger (NFK: Naturfaserverstärkter Kunststoff) umgeformt und konsolidiert.

Vom Faservlieshalbzeug zur funktionalen Leichtbaukomponente

Im zweiten Prozessschritt wird der Leichtbauträger mit Funktionselementen bzw. Strukturverstärkungen aus PP hinterspritzt. In den hinterspritzten Bereichen wurde das Naturfaserhalbzeug zuvor nicht durch das Werkzeug komprimiert. Daher dringt die PP-Schmelze während des Einspritzvorgangs in die NF-PP-Matte ein. Dies führt zu einer zuverlässigen Verbindung zwischen dem Halbzeug und den angespritzten Strukturen. Die beiden Komponenten kühlen gemeinsam ab, sodass Eigenspannungen im Bauteil minimiert werden. Das textile Faserhalbzeug wird nur in bestimmten Bereichen hinterspritzt; daher ist die projizierte Fläche der angespritzten Strukturen entsprechend klein und der Schließkraftbedarf für diesen Schritt relativ gering.

Sobald die im zweiten Schritt aufgebraachte Schmelze abgekühlt ist, beginnt der dritte Teil der Bauteilherstellung. Dabei überflutet eine Beschichtungskomponente die Oberfläche des Leichtbauträgers. Damit dieser Prozess direkt auf der Spritzgießmaschine durchgeführt werden kann, muss die Kavität um die entsprechende Beschichtungsdicke erweitert werden. Dies wird mit Werkzeugsystemen realisiert, die aus dem Mehrkomponenten-Spritzgießen bekannt sind, z.B. Schiebetisch-, Dreh-, Index- oder Wendeplattentechnik »

Praxisnutzen

Das neue Fertigungsverfahren verknüpft die Vorteile des Thermoformens, des Spritzgießens und der Reaktionstechnik miteinander. Bauteile mit hohem Faseranteil können dadurch mit Funktionselementen und hochwertigen Oberflächen ausgestattet werden. In Versuchen konnten praxisnahe Demonstrator-Formteile unter Einhaltung kurzer Zykluszeiten verzugsarm und einfallstellenfrei umgesetzt werden. Sowohl die Funktionselemente als auch die Oberflächenbeschichtung zeigen eine sehr gute Anbindung an die faserverstärkte Matrix.



Bild 2. Spritzgießmaschine GXW 550 4300/2000 mit Wendeplattentechnik zur Herstellung komplexer Mehrkomponentenbauteile (Bild: KraussMaffei)

Die Autoren

Dipl.-Ing. Stefan Schierl ist in der Technologieentwicklung der KraussMaffei Technologies GmbH, München, tätig.

Dr.-Ing. Roman Rinberg leitet den Forschungsbereich Biopolymere und Naturfaserverbunde an der Professur Strukturleichtbau und Kunststoffverarbeitung der Technischen Universität (TU) Chemnitz.

Ing. Aleksandr Todorov ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Forschungsbereich Biopolymere und Naturfaserverbunde an der Professur Strukturleichtbau und Kunststoffverarbeitung der TU Chemnitz.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Lothar Kroll ist Leiter der Professur Strukturleichtbau und Kunststoffverarbeitung der TU Chemnitz.

Falk Broberg ist bei der Hugo Stiehl GmbH Kunststoffverarbeitung, Crotten-dorf, in der Entwicklung tätig.

Dank

Die Untersuchungen wurden im Rahmen des FENAF-Netzwerkverbands (FENAF = Forschung, Entwicklung, nachwachsende Rohstoffe, Fasern) durchgeführt, der von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) gefördert wurde. Die Autoren danken für die finanzielle Unterstützung.

Service

Literatur & Digitalversion

- Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/894136

English Version

- Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at www.kunststoffe-international.com

(Bild 2). Das zweikomponentige Beschichtungsmaterial wird mit einem Misch- und Dosiersystem in das geschlossene Werkzeug eingebracht und reagiert dort aus. Nach Ablauf der Reaktionszeit kann das Bauteil aus dem Werkzeug entnommen werden.

Für diesen Verfahrensschritt stehen zahlreiche unterschiedliche Materialsysteme zur Verfügung. Je nach Anforderung können Beschichtungen mit Soft-touch-Effekt oder kratzfeste Lackoberflächen aufgebracht werden. Wird als Beschichtungsmaterial ein reaktives Polyurethansystem eingesetzt, ist der Schließkraftbedarf besonders gering. Parallel zum Beschichtungsvorgang in der einen Werkzeughälfte wird in der anderen bereits das nächste Halbzeug umgeformt

und hinterspritzt. So lässt sich die Zykluszeit effizient minimieren.

Werkstofftechnische Charakterisierung eines Musterteils

Im Rahmen der Untersuchungen wurde ein Demonstrator-Bauteil hergestellt, das Rippen mit einer Dicke zwischen 1,5 und 3 mm und Radien im Bereich von 1 bis 5 mm aufweist. Darüber hinaus beinhaltet das Bauteil Neigungswinkel von 15° bis 45° und unterschiedliche Verdichtungs-zonen. Zur werkstofftechnischen Charakterisierung wurden die Füge-zonen mit Mikrostrukturuntersuchungen analysiert. Darüber hinaus wurden Kopf-zugversuche an den hinterspritzten Kunststoffrippen und Trommelschälver-

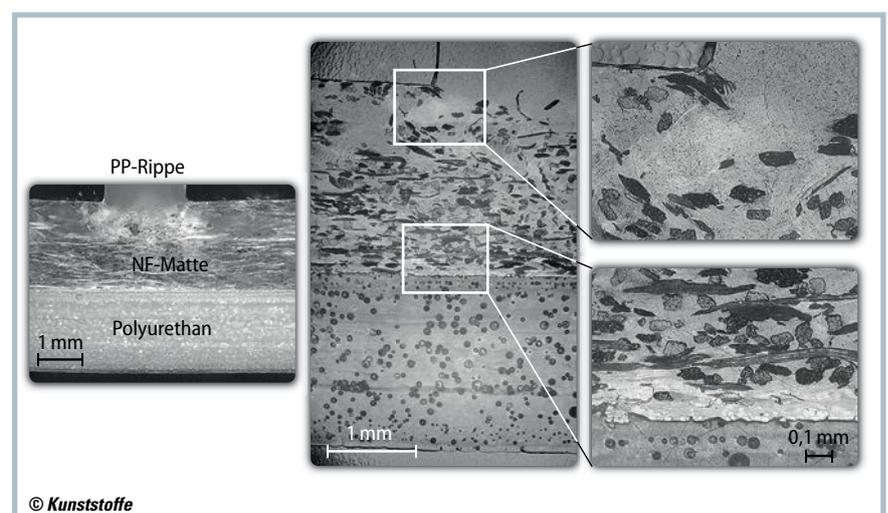


Bild 3. Mikroskopaufnahmen des Verbundbauteils. Die thermoplastische Schmelze dringt beim Hinterspritzen in die plastifizierte und komprimierte NF-Matte ein und umschließt dabei die einzelnen Naturfasern (Bild: TU Chemnitz)

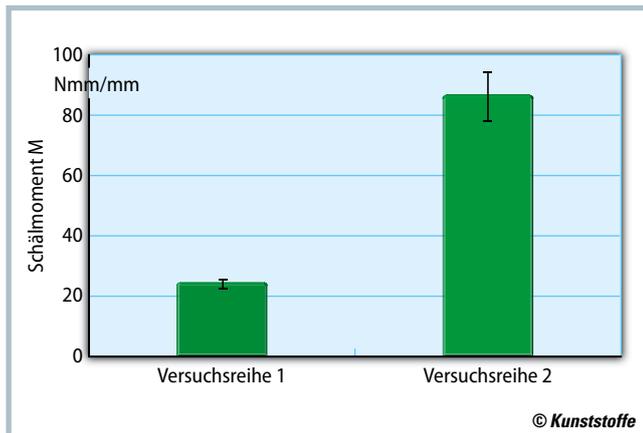


Bild 4. Die Optimierung der Prozessführung und des Oberflächenvliesstoffs – links der Versuch davor – verbesserte die PUR-Anhaftung am NFK-Formteil signifikant (Bild: TU Chemnitz)

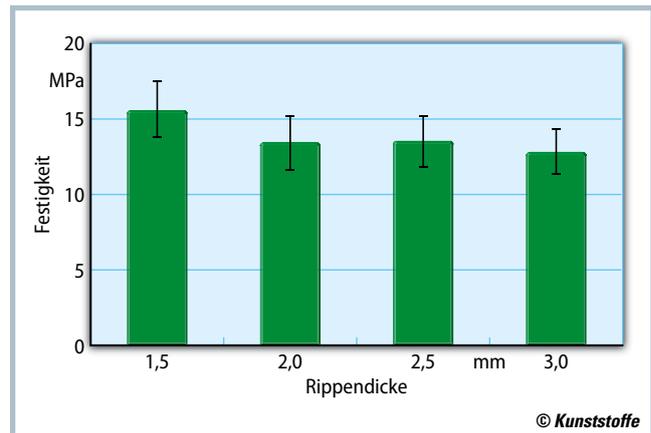


Bild 5. Anbindefestigkeit zwischen PP-Rippe und Bauteilträger in Abhängigkeit von der Rippendicke. Das Versagen trat stets innerhalb des NFK-Werkstoffs auf (Bild: TU Chemnitz)

suche an der PUR-Beschichtung durchgeführt.

Die Mikroskopaufnahmen zeigen den Aufbau des Drei-Komponenten-Verbundbauteils, das aus der PP-Rippenstruktur, dem NFK-Bauteilträger und der PUR-Oberflächenschicht besteht (**Bild 3**). Von besonderem Interesse ist dabei die Fügezone zwischen der spritzgegossenen PP-Rippenstruktur und dem formgepressten NFK-Bauteilträger. Die Aufnahmen zeigen, dass die thermoplastische Schmelze beim Hinterspritzen in die plastifizierte und komprimierte NF-Matte eindringt und dabei die einzelnen Naturfasern umschließt. In der Fügezone zwischen dem NFK-Bauteilträger und der PUR-Beschichtung bildet sich eine formschlüssige Verbindung aus. Dieser Formschluss wird durch ein Oberflächenvlies aus höher schmelzenden Kunstfasern gewährleistet, das bereits während der textilen

Mattenfertigung aufgebracht wird. Die PUR-Komponente imprägniert diesen Oberflächenvliesstoff während der Füllung der Kavität, sodass die PUR-Beschichtung nach der Vernetzung sehr gut am NFK-Bauteilträger anhaftet.

Die Anhaftung zwischen der PUR-Beschichtung und dem NFK-Bauteilträger wurde im Trommel-Schälversuch in Anlehnung an die DIN 53295 bestimmt. Aus den ermittelten Zugkräften lassen sich die spezifischen Schälmomente als charakteristische Kenngrößen für die Komponentenanbindung berechnen. Durch Optimierung der Prozessführung und des Oberflächenvliesstoffs konnte die PUR-Anhaftung am NFK-Formteil signifikant verbessert werden. Das spezifische Schälmoment erhöhte sich dabei von ca. 24 auf ca. 86 Nmm je mm Probenbreite (**Bild 4**).

Um die Festigkeit der Anbindung zwischen den PP-Rippen und dem NFK-Bauteilträger zu ermitteln, wurden Kopfzugversuche durchgeführt. Dafür wurden aus den gefertigten Verbundformteilen Probekörper mit unterschiedlich dicken Rippen entnommen. Das Versagen eines solchen Probekörpers trat stets innerhalb des NFK-Werkstoffs auf. Dies ist auf das Erreichen der Festigkeit des NFK-Trägerwerkstoffs senkrecht zur Halbzeugebene zurückzuführen. Bei einem insgesamt hohen Kennwertniveau nimmt die Anbindefestigkeit mit steigenden Rippendicken nur geringfügig ab (**Bild 5**).

Ausgehend von den durchgeführten Untersuchungen können großflächige industrielle Anwendungen daher ohne großen Versuchsaufwand mit dem beschriebenen Verfahren umgesetzt werden. ■