

Mit kleinen Blasen groß rauskommen

Thermoplastische Sandwichstrukturen für Großserienanwendungen

Hybride Leichtbaustrukturen aus faserverstärkten Thermoplasten bieten neben sehr guten mechanischen Eigenschaften und ihrer Eignung zum Recyceln vor allem die Möglichkeit zur automatisierten großserientauglichen Fertigung. Im Rahmen des Forschungsprojekts ReLei ist es gelungen, neue Werkzeug- und Prozesstechnologien zu entwickeln, mit denen komplex geformte Sandwichbauteile in einem effizienten Kombinationsprozess hergestellt werden können.

Mehrere Partner aus Forschung und Industrie haben im Projekt ReLei ein Rückwandoberteil auf Basis eines faserverstärkten Polyamids als Beispiel für die Herstellung einer komplexen Sandwichstruktur entwickelt (© ILK)



Kunststoffbauteile werden im Automobil aufgrund ihrer hervorragenden Eigenschaften schon lange auch für lasttragende Funktionen eingesetzt. Für die Umsetzung großflächiger Kunststoffstrukturbauteile mit hohen Festigkeits- und Steifigkeitsvorgaben besteht jedoch eine Vielzahl von Herausforderungen an die Materialien, an die konstruktive Gestaltung sowie an die Prozesstechnik. Ein möglicher Lösungsansatz ist hierbei die Hybridisierung, das heißt: die Kombination unterschiedlicher Werkstoffe wie kurz-, lang- und endlosfaserverstärkter Kunststoffe in einem Bauteil. Zudem können durch den Einsatz von Schäumverfahren signifikant Material und damit Masse reduziert werden.

Im Forschungsprojekt ReLei der Forschungsplattform Forel (**Kasten S. 40**) hat ein Team aus Forschungseinrichtungen, darunter das Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) der TU Dresden, und Industriepartnern unter Federführung der ElringKlinger AG ein Rückwandoberteil auf Basis eines faserverstärkten Polyamids entwickelt (**Titelbild**). Die besondere Herausforderung bestand dabei unter anderem darin, einen neuartigen Fertigungsprozess und die dazugehörige Werkzeugtechnik zu entwickeln.

Darüber hinaus wurde durch ganzheitliche Betrachtung des Produkt- und Materiallebenszyklus das Thema Nachhaltigkeit adressiert. Der neuartige Technologiedemonstrator besteht zu 80 % aus recy-

celtem Spritzgießmaterial und Hybridvliesen auf Basis recycelter Kohlenstofffasern.

Das neu entwickelte Schäumformverfahren

Das Grundkonzept des Schäumformverfahrens sieht vor, das Thermoplast-Schaumspritzgießen (TSG), in diesem Fall auf Basis des MuCell-Verfahrens (**siehe Infokasten**), mit dem Thermoformen vorkonsolidierter Faser-Kunststoff-Verbund-Halbzeuge in einem einzigen Fertigungsprozess zu kombinieren. Die FKV-Decklagen werden in einem externen Heizfeld erwärmt und anschließend automatisch in das geöffnete Spritzgießwerkzeug transferiert. Daraufhin wird das Werkzeug geschlossen und eine gasbeladene Thermoplastschmelze zwischen die FKV-Decklagen eingespritzt (**Bild 1**). Dabei wird die Kavität vollständig gefüllt.

Der Druck der Schmelze presst die Decklagen an die jeweilige Werkzeugwand, sodass diese ihre endgültige Form erhalten. Für diesen Umformschritt sind vorkonsolidierte Hybridvliese aus Verstärkungs- und Thermoplastfasern prädestiniert, weil sie sich sehr gut drapieren las-

MuCell-Verfahren

Das von Trexel entwickelte und vermarktete MuCell-Verfahren gehört zur Kategorie des physikalischen Schäumens und stellt ein Sonderverfahren des Spritzgießens dar. Bei der Hochdruckvariante wird die Werkzeugkavität vollständig mit der treibmittelbeladenen Kunststoffschmelze gefüllt. Durch einen Expansionshub des Werkzeugs wird der Bauteilkern anschließend aufgeschäumt. So können Integralschaumstrukturen mit hohen Schäumgraden und feinem Porenbild erzeugt werden.

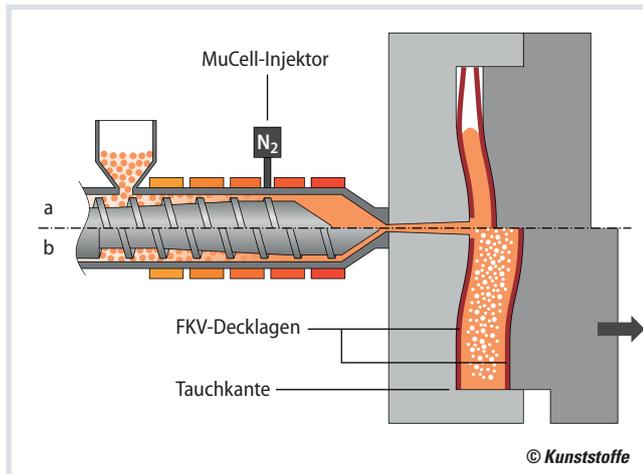


Bild 1. Das neu entwickelte Schäumformverfahren kombiniert das Thermoplast-Schaumspritzgießen mit dem Thermoformen von FKV in einem Prozess

(Quelle: ILK)

Die Autoren

Dr.-Ing. Gabriele Gorbach ist Leiterin Fördermittelmanagement und Patentwesen im Geschäftsbereich Leichtbau/Elastomere der ElringKlinger AG, Dettingen/Erms.

Im selben Geschäftsbereich bei ElringKlinger ist **Dipl.-Ing. (FH), MBA Eugen Kübler** Leiter der Vorausentwicklung und **M.Sc Anna-Carin Föhner** Entwicklungsingenieurin.

Dipl.-Ing. (BA) Claudia Dabeger ist Value Chain Manager im Geschäftsbereich Electric Drive Unit bei ElringKlinger.

Prof. Dr.-Ing. Maik Gude ist Inhaber der Professur für Leichtbaudesign und Strukturbewertung am Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) der TU Dresden und Leiter der Plattform Forel.

Dipl.-Ing. Jan Luft und **Dipl.-Ing. Juliane Troschitz** sind wissenschaftliche Mitarbeiter am ILK.

Dr.-Ing. Michael Krahl ist Leiter der Fachgruppe Thermoplastverfahren am ILK.

Förderhinweis

Das Forschungs- und Entwicklungsvorhaben ReLei wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmenkonzept „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ mit Mitteln aus dem Energie- und Klimafonds gefördert (Förderkennzeichen 02PJ2800 – 02PJ2808) und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Service

Digitalversion

» Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/2019-07

English Version

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

sen. Anschließend wird das Spritzgießwerkzeug durch einen Expansionshub um einen definierten Weg geöffnet, sodass die noch schmelzflüssige Kernschicht kontrolliert aufschäumt (**Bild 1**). Damit die Schmelze hierbei nicht austritt, muss das Spritzgießwerkzeug mit einer Tauchkante ausgestattet sein.

Nach dem Abkühlen wird das geschäumte Sandwichbauteil entformt. Für die Tragfähigkeit des Bauteils ist eine homogene und feinporige Schaumstruktur von großer Bedeutung. Hierbei ist der maximal erreichbare Porengehalt für jedes Material individuell zu bestimmen.

Prozessgerechte Bauteilgestaltung

Bei dem ReLei-Technologiedemonstrator „Rückwandoberteil“ (**Bild 2**) handelt es sich um ein integrales Strukturbauteil einer Fahrzeugkarosserie, das hohen Ansprüchen an die Gesamtsteifigkeit genügen und lokal hohe mechanische Lasten aufnehmen muss. Dies betrifft einerseits die Belastung durch einen Gurtaufroller und mehrere Kindersitzbefestigungen im Crash-Lastfall. Andererseits bestehen hohe vibroakustische Anforderungen in Be-

zug auf das NVH-Verhalten (Noise, Vibration, Harshness – Auftreten unerwünschter Nebengeräusche).

Die fertigungstechnische Umsetzung im Schäumformverfahren erlaubt es, die Bauteilstruktur in unterschiedliche Funktionsbereiche aufzuteilen. Wanddicke, Werkstoffauswahl (Spritzgießmaterial, Vliesdecklagen, Organoblechverstärkung) und Schaumstruktur können für jeden Bereich individuell festgelegt werden.

Im mittleren, flächigen Bereich dominieren die Anforderungen an das NVH-Verhalten die Bauteilgestaltung. Hohe Biegesteifigkeiten sind hier ebenso wichtig wie eine gute Werkstoffdämpfung. Daher wurde das Demonstratorbauteil in diesem Bereich großflächig als Sandwichstruktur mit kohlenstofffaserverstärkten Hybridvliesen als Decklagen auf Ober- und Unterseite ausgeführt. Im vorderen Bereich schließt sich ein innenverrippter Querträger aus einem kohlenstofffaserverstärkten Organoblech an, der Torsions- und Biegebelastungen innerhalb der Fahrzeugkarosserie überträgt. Auch die Kindersitzbefestigungen sind in diesen Bauteilbereich integriert.

Eine lokale Verstärkung, ebenfalls aus kohlenstofffaserverstärktem Organo- »

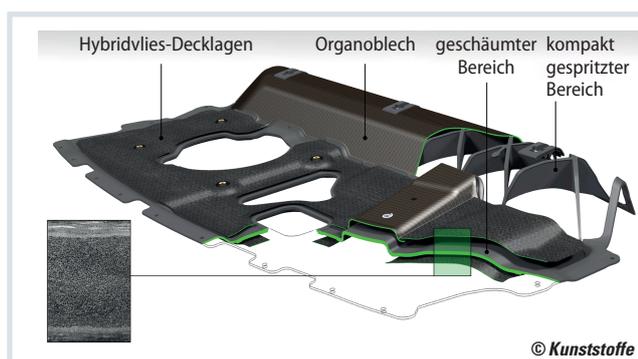


Bild 2. Der ReLei-Technologiedemonstrator ist durch einen komplexen Aufbau gekennzeichnet

(Quelle: ILK)

Forschungsprojekt ReLei

ReLei ist ein Forschungsprojekt der Plattform Forel, in dem ein interdisziplinäres Team aus Forschungseinrichtungen und Industriepartnern erfolgreich zusammengearbeitet hat:

- ElringKlinger AG, Dettingen/Erms (Konsortialführer)
- Wilhelm Böllhoff GmbH & Co. KG, Bielefeld
- Grimm-Schirp Maschinen- und Werkzeugbau GmbH, Hildesheim
- ImpulsTec GmbH, Radebeul
- inpro Innovationsgesellschaft für fortgeschrittene Produktionssysteme in der Fahrzeugindustrie mbH, Berlin
- Institut für Aufbereitungsmaschinen (IAM) der TU Bergakademie Freiberg
- Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) der TU Dresden
- Laboratorium für Werkstoff- und Füge-technik (LWF) der Universität Paderborn
- Remondis Assets & Services GmbH & Co. KG, Lünen

Dazu kommen

- Audi AG, Ingolstadt
- KraussMaffei Technologies GmbH, München
- Trexel GmbH, Gummersbach

als assoziierte Partner. Das Kürzel ReLei stammt aus der Projektbeschreibung: Fertigungs- und Recyclingstrategien für die Elektromobilität zur stofflichen Verwertung von Leichtbaustrukturen in Faserkunststoffverbund-Hybridbauweise.

➤ www.plattform-forel.de/relei

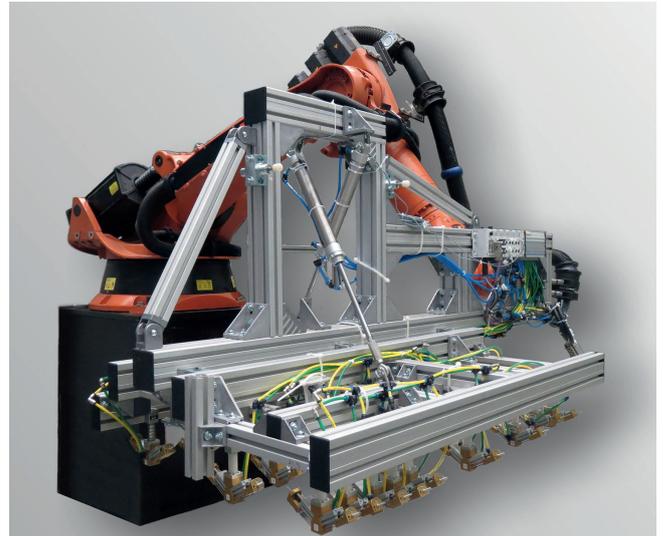
Eine Prozessanimation findet sich unter

➤ www.elringklinger.de/de/relei

oder unter diesem QR-Code.



Bild 3. Das Handlingsystem – hier im aufgeklappten Zustand – entnimmt die Halbzeuge aus dem Heizfeld (© ILK)



blech, auf der Oberseite des flächigen Sandwichbereichs dient dazu, den Gurtaufroller zu befestigen und die Gurtkraft einzuleiten. Da derartige Organobleche gegenwärtig jedoch mit hohen Materialkosten verbunden sind, finden sie trotz ihrer im Vergleich zu den Hybridvliesen deutlich höheren Steifigkeit und Festigkeit nur an den genannten hochbelasteten Stellen Verwendung. Als Lasteinleitungselement für die Anbindung des Gurtaufrollers dient ein Imtec-Gewindeinsatz des Projektpartners Böllhoff, der sich als Insert bereits während des Schäumformens einbringen lässt. Der Randbereich der Demonstratorstruktur wird umlaufend mit kompaktem Spritzgießmaterial für die Anbindung an die Karosserie ausgeführt.

Werkzeug- und automatisierungstechnische Sonderlösungen

Die Fertigung des Technologiedemonstrators im Schäumformverfahren war mit zahlreichen Anforderungen, vor allem in Bezug auf die Automatisierungs- und Werkzeugtechnik, verbunden. So erforderte das Einbringen der Decklagen für die Ober- und Unterseite der Sandwichstruktur neue Ansätze für das Halbzeughandling. Um unterschiedliche Bauteildicken sowie geschäumte und kompakte Bereiche zu erzeugen, erwies sich ein lokaler Expansionshub im Werkzeug als notwendig. Nicht zuletzt mussten die Projektpartner auch für die Auswerfergestaltung und die Herstellung der Bauteildurchbrüche Sonderlösungen finden.

Bei der Bauteilherstellung werden zunächst die Vlies- und Organoblecheinleger

in einem horizontal angeordneten Infrarot-Strahlungsheizfeld gleichmäßig bis oberhalb der Matrixschmelztemperatur erwärmt und anschließend von einem am ILK entwickelten robotergeführten Handlingsystem mit Nadelgreifern aufgenommen (**Bild 3**). Während des Transfers ins Werkzeug werden beide Seiten des Handlingsystems um 90° eingeklappt, sodass alle FKV-Einleger eine vertikale, der jeweiligen Werkzeughälfte zugewandte Position einnehmen. Die korrekte Positionierung der Decklagen im Werkzeug ist essenziell und wird mithilfe einer Zentriereinheit gewährleistet, die sowohl am Handlingsystem als auch am Werkzeug angreift. Anschließend werden die FKV-Zuschnitte auf im Werkzeug angeordneten Haltenadeln fixiert.

Einleger werden auf beiden Werkzeuseiten übergeben

Während und nach der Positionierung der aufgeheizten Zuschnitte im Spritzgießwerkzeug läuft ein fein austarierter Prozess auf verschiedenen Funktionsebenen ab (**Bild 4**). Das Handlingsystem übergibt das Organoblech im Querträgerbereich an pneumatisch verfahrbare Haltenadeln auf der Auswerferseite des Werkzeugs. Dabei formen konturangepasste Drapierstempel am Handlingsystem das Organoblech an die Werkzeugkavität – zusätzlich wird es durch im Werkzeug implementierte Vakuumsauger fixiert. Anschließend werden die Nadeln in diesem Bereich zurückgezogen.

Die verbleibenden fünf Einleger – das Organoblech im Gurtaufrollerbereich und die Vliesdecklagen – werden gemeinsam an die Düsenseite des Werkzeugs überge-

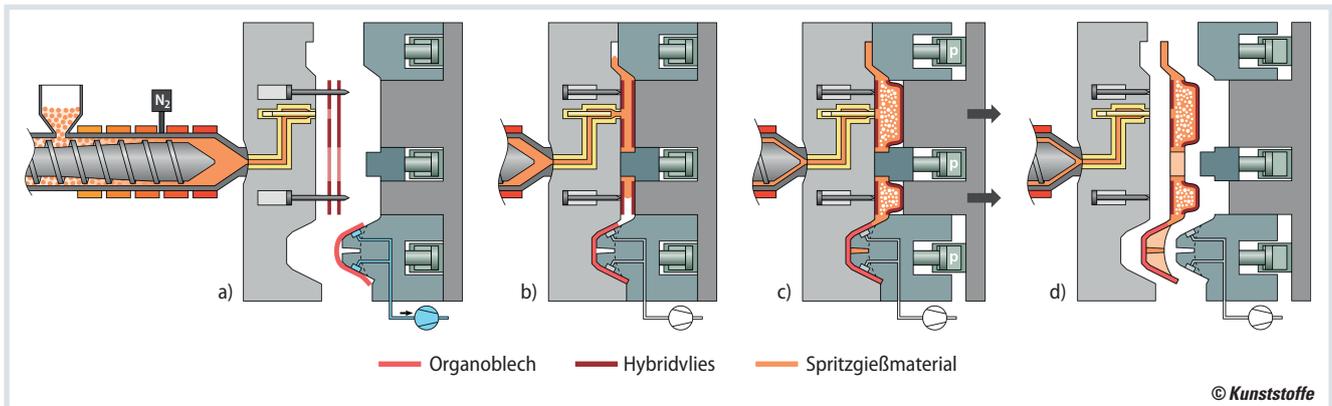


Bild 4. Prozessablauf im Formwerkzeug bei der Fertigung des Technologiedemonstrators: a) Einlegen der aufgewärmten, teilweise gestackten Zuschnitte; b) Einspritzen der Kunststoffschmelze; c) lokaler Expansionshub; d) Bauteil auswerfen (Quelle: ILK/ElringKlinger)

ben. Das Organoblech im Gurtaufrollerbereich wird ebenfalls durch das Handlingsystem vordrapiert. Die anderen Einleger erhalten ihre finale Kontur später durch den von der eingespritzten Kunststoffschmelze erzeugten Innendruck.

Indem die Einleger an die in der Düsenseite des Werkzeugs integrierten Haltenadeln übergeben werden, entsteht kein direkter Kontakt mit der Werkzeugoberfläche. Dies verringert den Wärmeübergang zur Werkzeugwand, was wiederum die Formbarkeit der Einleger sowie den stoffschlüssigen Verbund mit dem Spritzgießmaterial verbessert. Beim Schließen des Werkzeugs werden die Nadeln durch Pneumatikzylinder in Spritzlage gefahren. Sie schließen dann bündig mit der Werkzeugoberfläche ab.

Umformung durch Spritzdruck

Die Kunststoffschmelze wird über ein Heizkanalsystem mit neun Düsen im Werkzeug verteilt. Die Anzahl und Position der Düsen wurden basierend auf ausführlichen Formfüllsimulationen beim Projektpartner inpro festgelegt. Um das Einspritzen zwischen die gestapelten Vliesdecklagen im Bereich der späteren Sandwichstruktur zu ermöglichen, ist das düsenseitige Hybridvlies an den entsprechenden Positionen vorgelocht. Die Umsetzung des Expansionshubs, während dessen der geschäumte Kern der Sandwichstruktur entsteht, erfolgt maßgeblich durch das Öffnen der Kavität mit der Spritzgießmaschine. Jedoch sind auch im Werkzeug entsprechende Funktionalitäten erforderlich, um einen nahezu kompakten Fügeflansch und Durchbrüche im Bauteil bereits im Spritzgießprozess herzustellen (**Bild 5**).



Bild 5. Spezielle Werkzeugfunktionalitäten: a) Auswerferseite des Demonstratorwerkzeugs; b) Expansionsbereich im Detail; c) Vakuumsauger im Detail (© ElringKlinger)

Zur Umsetzung des umlaufenden Fügeflansches wird die Formplatte der Auswerferseite mit Hydraulikzylindern während des Öffnungshubs der Maschine gegen die Düsenseite gedrückt. Die Hydraulikzylinder sind derart ausgelegt, dass der durch die Gasbelastung des Spritzgießmaterials entstehende Druck aufgenommen werden kann. Im expandierten Bereich wird die Auswerferplatte beim Expansionshub mit verfahren, damit die Auswerferstifte bündig mit der Werkzeugoberfläche bleiben. Die werkzeuffallenden Durchbrüche werden durch Einsätze verwirklicht, die während des Expansionshubs ebenfalls über Hydraulikzylinder gegen die Düsenseite gedrückt werden.

Ist die Expansion abgeschlossen, wird nach der Abkühlphase das Werkzeug komplett geöffnet und das Bauteil ausgestoßen. Hierfür verfügt das Werkzeug über je eine Auswerferplatte im

Expansionsbereich und im kompakten Bereich.

Fazit

Mit dem Schäumformverfahren lassen sich großflächige thermoplastische Sandwichbauteile serientauglich herstellen. Das Einbringen von FKV-Einlegern und die lokale Anpassung des Schäumgrades ermöglichen an jeder Stelle belastungs- und anforderungsgerechte Bauteileigenschaften. Hierfür war die Entwicklung neuer Handhabungs- und Werkzeugsysteme erforderlich. Auch komplexe Geometrien, wie bei dem gezeigten Technologiedemonstrator, können damit umgesetzt werden. Natürlich ist die Technologie nicht nur für den Einsatz von kohlenstofffaserverstärkten Polyamiden geeignet, sondern kann auch auf andere Materialsysteme und -kombinationen übertragen werden. ■