

Harte Schale, leichter Kern

Leistungsfähige Verbundmaterialien aus hochfesten Kunststoffen und leichten Schaumstrukturen

Die Festigkeiten neuartiger Metallersatzkunststoffe liegen auf dem Niveau verstärkender Halbzeuge wie z. B. Organobleche. In Kombination mit schäumbaren Kunststoffen entsteht daraus ein äußerst stabiler und leichter Verbund. Dafür wurde eine geeignete Bauteilgeometrie sowie eine großserientaugliche Herstellung im One-Shot-Verfahren entwickelt.



Sandwichbauteile aus einem festen Metallersatzkunststoff und einem geschäumten Kern sind biegesteif und leicht. Während der Verarbeitung im Einkomponenten-Spritzgießen (oben) bildet sich eine kompakte Randschicht aus, während beim Zweikomponenten-Sandwichspritzgießen (unten) die Verschäumung bis an die Grenzfläche zur Hautschicht heranreicht (© KUZ)

Durch geeignete Kombination von Materialien in einem Sandwich-Bauteil können unterschiedliche Eigenschaften einzelner Werkstoffe miteinander verbunden werden. So ergeben robuste Metallersatzkunststoffe zusammen mit hochfesten Schäumen sowohl biegesteife als auch leichte Bauteile. Mit

den geeigneten Werkstoffen, der Bauteilgeometrie und effizienten Herstellungsverfahren solcher Sandwichbauteile befasst sich die Kunststoff-Zentrum in Leipzig gGmbH (KUZ), Leipzig, im Forschungsprojekt Ultraleicht+. Im Vordergrund steht dabei, das Sandwich-Prinzip wirkungsvoll anzuwenden und

gleichzeitig die Herstellungskosten im Auge zu behalten.

Entwickelt wurde ein Prototyp mit einer Außenschicht basierend auf Polyarylamid (PARA) mit einem Elastizitätsmodul von 20 bis 40 GPa sowie einer Kernschicht aus geschäumtem und unverstärktem Polyamid (PA)66 mit einer Dichte unter $0,5 \text{ g/cm}^3$, die durch ein chemisches Treibmittel erzeugt wird. Das entwickelte Bauteil wies eine Gesamtdichte von 1 g/cm^3 auf. Für die Auslegung wurde von einem flächigen Bauteil ausgegangen, das unter Last einer Biegekräft F ausgesetzt ist (**Bild 1**). Auf Seiten der Kräfteinwirkung treten Druckkräfte auf (blau), gegenüber der Kräfteinwirkung treten Zugkräfte auf (grün). Je dunkler die Flächen A, desto weiter ist die Entfernung z von der neutralen Biegelinie und umso größere Kräfte treten auf. Je heller die Flächen, desto stärker nähern sie sich der neutralen Biegelinie und umso weniger Kräfte treten auf. Um das Sandwichprinzip effektiv zu nutzen, müssen daher hochfeste fern und leichte Werkstoffe nah der neutralen Biegelinie platziert werden.

Geometrie entsprechend dem Sandwichprinzip

Eine effiziente und robuste Leichtbau-Geometrie ist in **Bild 2 rechts** dargestellt. Der wannenartige Querschnitt folgt dem Sandwichprinzip. Da die Formteile im Zweikomponenten-Sandwichspritzgießen hergestellt werden, ist es möglich, in der Haut- und der Kernschicht unterschiedliche Thermoplaste zu verarbeiten.

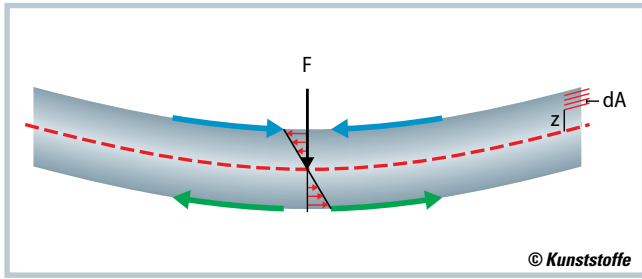


Bild 1. Skizze einer sandwichgerechten Bauteilkonstruktion. In den dunklen Flächen treten die höchsten Kräfte auf, in den helleren die niedrigsten. Hierbei gilt es, hochfeste Werkstoffe fern und leichte nah an der neutralen Biegelinie zu platzieren (Quelle: KUZ)

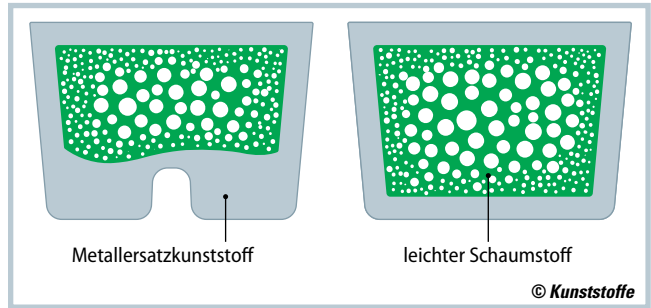


Bild 2. Überführung der theoretischen Ansätze in eine konkrete Bauteilgeometrie. Die schaumstoffgerechten Rippengeometrien nutzen den Effekt des Sandwichprinzips aus (Quelle: KUZ)

Bild 2 links zeigt eine alternative Geometrie mit einer in die Kavität eingebrachten Sicke. Diese sorgt für eine Oberflächenvergrößerung der Grenzfläche zwischen Kavität und Hautschicht. Das führt allerdings dazu, dass sich der Metallsatzkunststoff vermehrt fern der neutralen Biegelinie anlagert. Deswegen steigern die dem Sandwichprinzip angepassten Geometrien die gewichtsspezifischen Biegesteifigkeiten des Bauteils gegenüber dem reinen Metallsatzkunststoff.

Der Trend zum Leichtbau führte zu zahlreichen, mittlerweile zur Marktreife gelangten Anwendungen mit spritzgegossenen Rippenstrukturen und versteifenden Deckschichten aus endlosfaserverstärkten Halbzeugen wie z.B. Organoblechen. Rippenstrukturen mit Organoblechverstärkung findet man mittlerweile in vielen Serienanwendungen. Üblicherweise wird das Organoblech vor dem Verarbeitungsprozess durch IR-Strahlung erhitzt, damit sich der hinterspritzte Thermoplast stoffschlüssig verbindet und somit eine stabile Haftung gewährleistet ist. Dafür muss das industrielle Handlingsys-

tem das biegeschlaffe Organoblech aufnehmen und schnell in das Werkzeug befördern. Im Gegensatz dazu wurde untersucht, inwieweit Metallsatzkunststoffe als robuste Außenschicht eines Sandwichmaterials die Aufgabe des Organoblechs übernehmen können. Damit könnten komplexe und teurere Prozessschritte, wie beispielsweise das aufwendige Handling warmer Organobleche, entfallen. Einen ersten Hinweis darauf liefern die Elastizitätsmoduln neu entwickelter Metallsatzkunststoffe (**Bild 3**), die in der Größenordnung handelsüblich erhältlicher endlosfaserverstärkter Halbzeuge liegen. Für das entwickelte Sandwichmaterial wurde im Rahmen des Forschungsprojekts ein Composite eingesetzt, das sich stabil und in Serie im Zweikomponenten-Sandwichspritzgießen verarbeiten ließ.

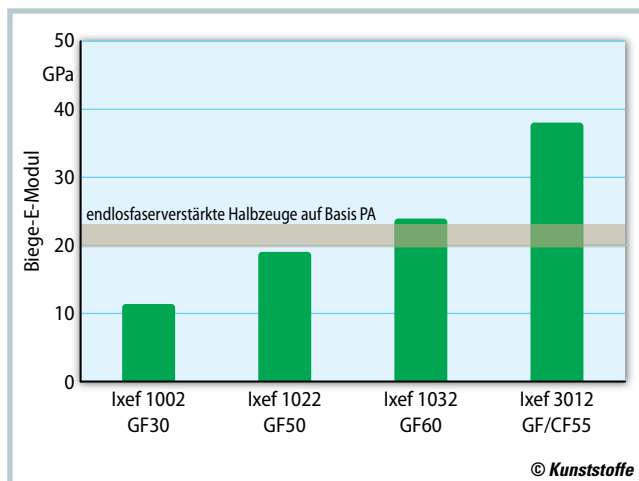
Metallsatzkunststoffe versus faserverstärkte Halbzeuge

Aus einer breiten Palette untersuchter Metallsatzkunststoffe wurden die Composites Ixef der Solvay Specialty Polymers

Germany GmbH, Düsseldorf, ausgewählt. Sie bestehen aus teilaromatischen und teilkristallinen Polyarylamid-Composites auf der Basis von m-Xylylendiamin (MXD6). Die Struktureigenschaften dieser Materialien werden durch einen aromatischen Baustein im chemischen Aufbau bestimmt. Diese Werkstoffe erreichen im Vergleich zu Standard-Polyamiden wesentlich höhere Festigkeits- und Steifigkeitswerte. Dabei ergeben sich auch bei hohen Füllstoffgehalten in der Verarbeitung Bauteile mit Class-A-Oberflächen. Die sehr geringe und langsame Wasseraufnahme, der metallähnliche Wärmeausdehnungskoeffizient sowie die geringe Materialschwindung ermöglichen hohe Dimensionsstabilität und Produktionskonstanz. Wurden diese Werkstoffe früher überwiegend in der Luftfahrt und im Rennsport eingesetzt, finden sich nun auch immer mehr Anwendungen in der Automobilindustrie, da beispielsweise die Compoundtypen 1022 (GF50) zu vergleichsweise moderaten Materialpreisen angeboten werden.

Das neu entwickelte Composite Ixef3012 weist hohe Steifigkeitseigenschaften auf und lässt sich im Zweikomponenten-Sandwichspritzgießen mit Schaumstoffkern verarbeiten. Es handelt sich dabei um ein aus Glas- und Kohlefasern hergestelltes Composite, das im Vergleich zu reinen glasfaserverstärkten Materialien leichter und elektrisch leitfähig ist. Der spezifische, gewichtsbezogene Biegemodul des Materials entspricht dem von Metallen (**Bild 4**). Im Vergleich zu Metallen rostet der Kunststoff nicht und muss nicht oberflächenbehandelt werden. Spritzgegossene Formteile mit diesem Werkstoff zeigen auf ihrer Oberfläche die detailgetreue Abbildung der gewählten Werkzeugoberflächenstruktur. »

Bild 3. Die Biege-E-Moduln des eingesetzten Compounds Ixef PARA können je nach Füllstoffart und -gehalt das Niveau von endlosfaserverstärkten Halbzeugen erreichen (Quelle: KUZ)



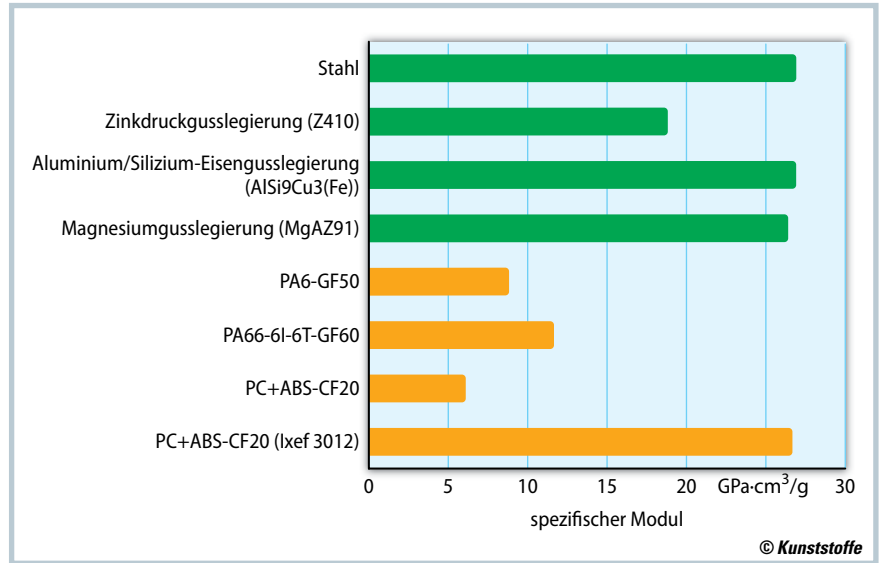


Bild 4. Vergleich des spezifischen Moduls des eingesetzten Compounds mit Metallen und verstärkten Kunststoffen (Quelle: Solvay Specialty Polymers Germany)

Die Autoren

Dipl.-Ing. (FH) Annerose Stübiger ist an der Kunststoff-Zentrum in Leipzig gGmbH (KuZ) wissenschaftliche Mitarbeiterin im Bereich Verarbeitungstechnik mit dem Fokus auf Spritzgießen.

Dipl.-Ing. Roland Sauer ist bei der Solvay Specialty Polymers Germany GmbH u. a. zuständig für die Marktentwicklung von Ixef-PARA-Industrie- und Konsumenten Anwendungen.

Dipl.-Ing. Petra Krajewsky ist Fachbereichsleiterin Verarbeitungstechnik am KuZ.

Dr. Peter Bloss ist seit 2001 Geschäftsführer am KuZ.

Dank

Diese Arbeit wurde gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages (Förderkennzeichen: MF140160, Laufzeit 02/2015 – 06/2017).

Service

Digitalversion

- » Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/1271952

English Version

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

Geeignete Materialpaarungen und Gewichtsreduzierung

Werkstoffliche und rheologische Kompatibilität sind Voraussetzungen, um Metallerstattungskunststoffe und Schaumstoff im Zweikomponenten-Sandwichspritzgießen gut zu verarbeiten. Die werkstoffliche Kompatibilität lässt sich mit dem Zweikomponenten-Zugstab bestimmen, der von jeder Seite durch das Aggregat der Haut- bzw. Kernschicht angespritzt wird. Ausgewählt wurden nur solche Kombinationen, die mit Kohäsionsbruch die Zugfestigkeit der Kernkomponente erreichen. Bezüglich der rheologischen Kompatibilität muss beachtet werden, dass die Viskosität der Kernkomponente durch den Verschäumungsprozess absinkt. Mangelnde rheologische Kompatibilität erzeugt den verfahrenstypischen Fehler des Kernschichtdurchbruchs durch die Hautschicht. Unter Beachtung dieser Voraussetzungen sind Anteile von Haut zu Kernschicht von 30:70 bis maximal 20:80 zu erzielen. Die Kernschichtdichten liegen bei 0,5 bis 0,7 g/cm³. Dies ermöglicht je nach Materialpaarung Gewichtsreduzierungen von ca. 25 bis 45%.

Der Schaumstoff hat außer der Gewichtseinsparung die Aufgabe, die Außenschichten schubsteif auf Abstand zu halten. Ziel sind daher noch leichtere, aber trotzdem stabile Schaumstoffe. Begünstigt wird dies durch tendenziell niedrigere Schaumstoffdichten. Im **Titelbild** ist ein Schaumstoff aus unverstärk-

tem Polyamid66 jeweils im Ein- (oben) und Zweikomponenten-Sandwichspritzgießen (unten) als Kernschicht mit einer Außenhaut aus Metallerstattungskunststoff dargestellt. Beim Zweikomponenten-Sandwichspritzgießen reicht die Verschäumung bis an die Grenzfläche zur Hautschicht. Diesen Effekt zeigen auch andere thermoplastische Materialien. Während des Einspritzvorgangs wird die Kavität mit dem Hautmaterial teilgefüllt und es bildet sich eine dünne, erstarrende Randschicht im Kontakt mit der kalten Werkzeugwand. Das unmittelbar nachfolgende, geschäumte Kernmaterial schiebt das noch plastische Hautmaterial so lange weiter, bis die Restfüllung der Kavität erreicht ist. Der Schaumstoff ist von dem plastifizierten Hautmaterial umschlossen, während er beim Standard-spritzgießen Kontakt zur gekühlten Werkzeugwand hat, wodurch eine kompakte Randschicht entsteht.

Fazit

Bauteile in Kombination von Metallerstattungskunststoffen und leichten Schaumstoffen können stabil und in Serie im Zweikomponenten-Sandwichspritzgießen in einem Schuss hergestellt werden. Eine Sandwichbauweise steigert die gewichtsspezifische Biegesteifigkeit. Durch die niedrige Dichte des Schaumstoffkerns und die robuste Außenhaut entstehen so leistungsfähige und leichte Bauteile. ■