

Leichte Masse mit Klasse

Heckschürze aus Polyurethan mit äußerst geringer Dichte

Der werkstoffliche Leichtbau birgt großes Potenzial, um Gewicht am Auto einzusparen. Das zeigt das Beispiel einer Heckschürze im neuen Sportwagen Porsche 911 GT3 RS. Sie besteht aus Polyurethan (PUR)-Elastomer mit extrem niedriger Dichte und ist, bei gleicher mechanischer Leistungsfähigkeit und Oberflächenqualität, um rund 23 % leichter als ihr Vorgängermodell.

Der neue Porsche 911 GT3 RS steht mit seinen Leistungsdaten an der Schwelle zum professionellen Rennsport. Die Heckschürze wird aus dem leichten Werkstoff Bayflex Lightweight gefertigt und ist eines der größten Pkw-Exterieurteile dieser Art aus Polyurethan

(© Dr. Ing. h. c. F. Porsche)



Der Leichtbau gewinnt in der Konstruktion von Automobilen immer größere Bedeutung. Er macht Autos umweltfreundlicher und senkt den Treibstoffverbrauch sowie die CO₂-Emissionen. Im Falle von Elektrofahrzeugen führt jede Gewichtseinsparung zu einer größeren Reichweite pro „Batteriefüllung“. Zudem kann „frei“ gewordenes Gewicht genutzt werden, um die Batterien größer auszubauen. Auch die Fahrdynamik profitiert. Je leichter ein Fahrzeug ist, desto geringer fallen Roll- und Beschleunigungswiderstand aus, was u. a. zu höheren Endgeschwindigkeiten führt.

Mit ihrer gegenüber Stahl und Aluminium geringeren Dichte sowie den vielfältigen Formgebungsmöglichkeiten spielen Kunststoffe eine zunehmend größere Rolle im Leichtbau von Automobilen. Dies gilt auch und vor allem für Fahr-

zeuge, die mit ihrer Leistung an der Schwelle zum professionellen Rennsport stehen. So sind intelligente Leichtbaulösungen u. a. aus Kunststoff ein Kernthema im sportlichsten Derivat der aktuellen 911-Generation der Dr. Ing. h. c. F. Porsche AG, Stuttgart (**Titelbild**).

Leichter als Wasser

Im Sportwagen Porsche 911 GT3 RS kommt erstmals ein PUR-Elastomersystem zum Serieneinsatz, dessen Dichte mit weniger als 0,9 g/cm³ niedriger ist als die von Wasser. Zum Vergleich: Die Dichte von Stahl und Aluminiumblech liegt im Bereich von rund 8 bzw. 3 g/cm³. Der Leichtbauwerkstoff Bayflex Lightweight ist eine Entwicklung der Covestro Deutschland AG, Leverkusen, ehemals Bayer MaterialScience, die in enger Zu-

sammenarbeit mit der 3M Deutschland GmbH, Neuss, und dem Verarbeiter Polytec Car Styling, Hörsching/Österreich, entstand (**Bild 1**). Aus diesem Werkstoff wird die Heckschürze des Sportwagens hergestellt. Sie ist verglichen mit der Bauteilausführung des Vorgängermodells um etwa 1,2 kg leichter. Diese Gewichtserparnis von rund 23 % ist das Ergebnis einer engen Zusammenarbeit des Automobilherstellers Porsche mit den beiden Materialherstellern und dem Verarbeiter.

Zu den Kernkompetenzen von Polytec zählen Materialien- und Verfahrensentwicklungen, mit denen Kunststoffteile noch leichter und stabiler gemacht werden können. Das Unternehmen passte das PUR-RRIM-Verfahren (Reinforced Reaction Injection Molding) an das Leichtbaumaterial an und optimierte die wirtschaftliche Serienproduktion entsprechen-



Bild 1. Die Designfreiheit des Polyurethan-Systems kommt nicht nur in der Größe und komplexen Form der Heckschürze zum Tragen, sondern ermöglicht auch einen hohen Grad an Funktionsintegration (© Polytec Group)

der Bauteile. So hat der Verarbeiter eine geeignete Methode zum Mischen der PUR-Ausgangsstoffe Isocyanat und Polyol mit den speziellen Füll- und Verstärkungsstoffen entwickelt. Die Expertise umfasst weiterhin sowohl die Wahl der richtigen Prozessparameter für die RRIM-Anlage, was u.a. die Luftbeladung sowie die Material- und Werkzeugtemperaturen betrifft, als auch Werkzeugauslegung, Bauteilkonstruktion und Weiterbearbeitung der Bauteile zur Premium-Lackierfähigkeit.

Dichtereduzierung durch Leichtfüllstoff

Die frühere Heckschürzenausführung wurde aus Bayflex 180 gefertigt, das ebenfalls ein zähelastisches PUR-Elastomersystem von Covestro ist. Das Material hat eine deutlich höhere Dichte von $1,26 \text{ g/cm}^3$, die im Wesentlichen darauf beruht, dass die mit einem Gewichtsanteil von 17% zur Steigerung der Festigkeit und Steifigkeit zugegebenen Mineralfasern eine relativ hohe Dichte von $2,85 \text{ g/cm}^3$ haben. Der Materialhersteller machte sich deshalb auf die Suche nach alternativen Füll- und Verstärkungsstoffen, um die Dichte zu reduzieren und zu einem noch leichteren PUR-Elastomer zu kommen. Die Lösung brachte schließlich der Einsatz der 3M Glass Bubbles (Glashohlkugeln) anstelle der Mineralfasern in Kombination mit leichten, gemahlene Kohlefasern.

Die Glashohlkugeln sind ein funktionseller Leichtfüllstoff. Sie setzen sich aus mikroskopisch kleinen Hohlkugeln aus Borosilikatglas zusammen, die eine sehr niedrige Dichte mit einer hohen Druckfestigkeit verbinden. Die Glashohlkugeln sind chemisch inert, wasserunlöslich und im PUR-Reaktionssystem fein dispergiert. 3M baut derzeit das Sortiment dieser

Kugeln für den Einsatz in unterschiedlichsten Anwendungen aus. Mittlerweile deckt es durchschnittliche Nenndichten von $0,125$ bis $0,60 \text{ g/cm}^3$ ab. Um sein Einsatzspektrum zu erweitern, wird es kontinuierlich um Produktvarianten mit modifizierten Eigenschaften ergänzt. Ein Produktbeispiel sind Glashohlkugeln, die im Vergleich zum vorgestellten PUR-Werkstoff schlagzähere Materialien mit einem nur geringfügig niedrigeren Biegemodul und einer minimal höheren Dichte ergeben. Diese Schäume bieten sich für sehr stoßbelastete Anwendungen an. Auch über PUR-Systeme hinaus eignen sich die Mikrohohlglaskugeln für diverse Polymertypen. So entwickelt der Hersteller auch hochdruckfeste Varianten für das Spritzgießen von thermoplastischen Leichtbauteilen.

Kohlefasern aus Abfällen

Die gemahlene Kohlefasern haben die Aufgabe, dem PUR-System eine gute Festigkeit und Steifigkeit zu verleihen. Ihre geringe Länge von nur $500 \mu\text{m}$ und die Form der Glashohlkugeln führen dazu, dass der PUR-Werkstoff im Gegensatz zum mineralfaserverstärkten Bayflex 180 Bauteile mit nahezu isotropen mechanischen Eigenschaften ergibt, was die Konstruktion und simulative Auslegung der Komponenten für verschiedene Belastungsfälle erleichtert. Durch die geringe Länge der Kohlefasern können sie aus Resten von Fasermatten zusammengestellt werden, die bei der Produktion von kohlefaserverstärkten Kunststoffteilen anfallen. Diese Rezyklate verleihen den PUR-Werkstoffen die gleichen mechanischen Eigenschaften und sind dabei deutlich kostengünstiger. Außerdem schließt die Verwertung der Abfälle Stoffkreisläufe und ist daher besonders nachhaltig. »



Bild 2. Einblick in die Produktion der Heckschürze in Hörsching. Hier werden die Bauteile nicht nur gefertigt, sondern auch einer individuellen Class-A-Lackierung unterzogen. Der Standort ist auf die Produktion von Automobil-Exterieur-Bauteilen in Kleinserien spezialisiert (© Polytec Group)

Die Autoren

Christoph Bauernfeind leitet bei der Dr. Ing. h. c. F. Porsche AG, Stuttgart, die Karosserieentwicklung der GT-Fahrzeuge.

Christian Wintereder verantwortet bei Polytec Car Styling in Hörsching/Österreich die Verfahrenstechnik.

Dr. Norbert Eisen ist in der Business Unit Polyurethanes der Covestro Deutschland AG, Leverkusen, Leiter der Anwendungstechnik für PUR-Integralschaumstoffe.

Marcel Schwemmer ist bei der 3M Deutschland GmbH, Neuss, in der Advanced Materials Division als Produktmanager für 3M Glass Bubbles tätig.

Marcel Döring ist bei der 3M Deutschland GmbH in der Advanced Materials Division als Anwendungstechniker für 3M Glass Bubbles tätig.

Service

Digitalversion

» Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/1272513

English Version

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

PUR-Elastomer leichter als Polypropylen

Die Heckschürze des Porsche 911 GT3 RS ist eines der größten Pkw-Karosserieteile aus PUR. Sie erstreckt sich mit rund 1,80 m über die komplette Fahrzeugbreite und ist 0,9 m tief und 0,7 m hoch. Aufgrund der geringen Dichte des entwickelten PUR-Werkstoffs ist sie gewichtsneutral mit vergleichbaren Verkleidungsteilen aus Polypropylen. Mit älteren PUR-Elastomersystemen resultierten dagegen bisher immer schwere Bauteillösungen. Die Wanddicken liegen mit 3 mm nur wenig über den für Polypropylen-Bauteile dieser Art typischen Wanddicken von etwa 2,8 mm. Entwicklungsziel für zukünftige Verkleidungen dieser Art ist es, die Wandstärken lokal noch weiter zu reduzieren und somit das Gewicht einer Verkleidung aus Polypropylen zu unterschreiten.

Die mit dem PUR-System erreichbaren Bauteilgewichte und geringen Wanddicken prädestinieren es auch für die Fertigung anderer großflächiger Pkw-Verkleidungsteile wie etwa Stoßfänger, Kotflügel, Verkleidungen für Längsträger und Türschweller oder großflächige Blenden. Der PUR-Leichtbaustoff könnte davon profitieren, dass viele Autohersteller in immer kürzeren Zyklen das Design ihrer Modelle leicht verändern, sodass nur noch mittlere bis hohe Bauteilstückzahlen resultieren.

In diesem Falle ist PUR-Elastomer im RRIM-Verfahren gegenüber Polypropylen

die kostengünstigere Lösung. Er lässt sich auf preiswerteren Aluminium-Werkzeugen mit geringen Zuhaltkräften und einfachen Werkzeugtrennungen verarbeiten. Dagegen lohnt sich eine Fertigung mit Polypropylen wegen der hohen Kosten für das Spritzgießwerkzeug aus Spezialstahl erst bei großen Bauteilzahlen.

Class-A-Oberfläche und Funktionsintegration möglich

Der PUR-Leichtbauwerkstoff zeigt trotz seiner deutlich niedrigeren Dichte die gleichen Eigenschaften wie der Vorgängerwerkstoff. So lassen sich Class-A-Oberflächen umsetzen, die eine gute Lackhaftung aufweisen. Wichtige mechanische Eigenschaften wie Steifigkeit, Festigkeit, Elastizität und Bruchdehnung sind auf ähnlich hohem Niveau. Der niedrige lineare Wärmeausdehnungskoeffizient (Coefficient of Linear Thermal Expansion, CLTE) erleichtert die Umsetzung enger Spaltmaße zwischen benachbarten Baugruppen (Nullfugenoptik). Die gute Fließfähigkeit der niedrigviskosen PUR-Reaktionskomponenten Diisocyanat und Polyol ermöglicht lange Fließwege, sodass auch bei großflächigen Komponenten komplexe Geometrien präzise ausgeformt und dünne Wanddicken erreicht werden können. Neben der großen Designfreiheit lassen sich in das PUR-Material auch Funktionen integrieren (Bild 2). So sind in die Heckschürze des 911 GT3 RS u.a. Luftein- und Luftauslässe mit den Aufnahmen für die Streckmetallgitter sowie Aufnahmen für Verschlüsse, Reflektoren, das Kennzeichen, das Heckunterteil und die Radlaufverbreiterung eingebaut.

Ausblick

Die Entwicklungspartner konzentrieren sich aktuell darauf, die Leistungsgrenzen des Materials und der zugehörigen RRIM-Technologie auszuweiten. Ziel ist beispielsweise, das mechanische Eigenschaftsniveau zu steigern, um die Wanddicken und damit das Bauteilgewicht weiter senken zu können. Ein wichtiger Schwerpunkt liegt außerdem darauf, die Fertigungskosten so weit zu verringern, dass sie auch bei höheren Stückzahlen mindestens auf dem Niveau liegen, das für spritzgegossenes Polypropylen charakteristisch ist. ■