

Partikelschäume. Thermoplastische Partikelschäume sind bekannt für ihre gute thermische Isolierfähigkeit und ein enormes Leichtbaupotenzial. Sie kombinieren eine geringe Dichte im Bereich von 15 bis 80 kg/m³ mit guten mechanischen Eigenschaften und einer hohen spezifischen Energieaufnahme. Durch innovative Oberflächenmodifikationen gewinnen sie auch in den Bereichen „Design“ und „automobiles Interieur“ eine immer größere Bedeutung.



Beim Laufschuh „Energy Boost“ von adidas fungiert der Partikelschaum aus expandiertem thermoplastischen Polyurethan als Design- und Dämpfungselement (Bild: BASF)

Leichtbau- und Designwerkstoffe der Zukunft

**CHRISTIAN TRASSL
VOLKER ALTSTÄDT**

Das leichteste Schiff der Welt ist das Styropor-Schiffchen – so wurde 1952 der von der BASF AG entwickelte Werkstoff Styropor auf der damaligen Kunststoffmesse beworben. Alles fing mit einem 15 cm langen Schiffchen an, das aufgrund seiner Dichte von 25 g/l gerade mal 5 g leicht war. Die mittlerweile 60 Jahre andauernde Erfolgsgeschichte von expandierbarem Polystyrol (EPS) mit aktuell einem jährlichen Weltbedarf von ca. 5 Mio. t war damals sicher noch nicht abzusehen [1]. Gefolgt wurde EPS in den 1970er- bzw. 1980er-Jahren von Polymerschäumperlen auf Polyolefinbasis, die aufgrund ihrer guten Stoßdämpfungseigenschaften, des viskoelastischen Verformungsverhaltens und der großen Flexibilität über einen weiten Temperaturbereich insbesondere zum Schutz stoßempfindlicher, hochwertiger Güter oder zur Aufnahme von Crashener-

ARTIKEL ALS PDF unter www.kunststoffe.de
Dokumenten-Nummer KU111605

gie im Automobilbereich eine breite Anwendung fanden [2]. Ergänzt wird das Produktspektrum der Partikelschäume durch das neuartige expandierte TPU, dem ein thermoplastisches Elastomer auf Polyurethanbasis zugrunde liegt.

Charakteristische Oberfläche

Partikelschaum-Formteile weisen eine charakteristische technische Oberfläche auf, die üblicherweise gekennzeichnet ist durch Abdrücke von Dampfdufen, kleine Hohlräume zwischen den Perlen und natürlich durch die Umrisse der einzelnen Schaumperlen selbst. Dampfdufen bzw. Bohrungen sind notwendig, um Prozessenergie mithilfe des Trägermediums Wasserdampf in das Formteil ein-

zuleiten. Hohlräume zwischen den Partikeln, sogenannte „Zwickel“, können entstehen, wenn es nicht vollständig gelingt, die beim Füllvorgang eingesetzte Injektionsluft wieder aus dem Formteil zu entfernen. Während dieses Phänomenen in direkter Umgebung von Dampfdufen so gut wie nicht auftritt, wird der Zwickelanteil mit zunehmendem Abstand zu den Dampfdufen größer. Hier gilt es, auf eine ausreichende und homogene Werkzeugverdüstung zu achten. Auch die geschickte Positionierung der Füllinjektoren kann die Bildung von Zwickeln deutlich verringern. Oft gilt das Motto: „Weniger ist mehr!“ So kann z. B. zentrales sternförmiges Füllen mit nur einem Injektor zu sehr guten Oberflächen führen, während die Verwendung von mehreren Füllinjektoren sich eher nachteilig auswirkt. Durch den deutlich höheren Lufteintrag wird der Zwickelanteil erhöht, weil die großen Luftmengen nicht mehr vollständig abgeführt werden können. Mit dem Ziel der Vermeidung von Trial-and-Error bei der Werkzeugkonzeption werden bei der Neue Materialien Bayreuth GmbH aktu-

i Kontakt

Neue Materialien Bayreuth GmbH
D-95448 Bayreuth
TEL +49 921 50736-118
→ www.nmbgmbh.de

ell grundlegende Untersuchungen bezüglich der Auswirkung von Injektoranzahl und -position auf die resultierende Oberflächenqualität durchgeführt. **Bild 1** zeigt die beschriebenen Phänomene am Beispiel eines EPP-Formteils mit geringer Dichte sehr deutlich. Je nach Bauteilqualität und verwendeter Werkzeugtechnik treten diese Oberflächencharakteristika mehr oder weniger stark auf.

Werkzeugtechnik, Kaschieren und Lackieren

Als „Hidden Champion“ wurde EPP schon oft bezeichnet, weil man den Werkstoff zwar in den verschiedensten Kfz-Bauteilen, z. B. in Sonnenblenden, Crashelementen oder Säulen- und Seitenverkleidungen, findet, er in all diesen Anwendungen aber nie für das Auge sichtbar wird. Wie bereits eingangs beschrieben, ist der Grund dafür die für viele Anwendungen optisch zu stark unregelmäßig wirkende Oberfläche. Eine Kaschierung ist daher unumgänglich. Prinzipiell unterscheidet man hier zwei Wege: Die Optimierung der reinen Partikelschaumbooberfläche durch geeignete Werkzeugtechnik oder die Kaschierung des Schaumsubstrats mit Folien, Textilien oder Lackschichten. Soll die Formteil-

oberfläche direkt im Werkzeug verbessert werden, ist es notwendig, die Abbildung von Dampfdufen und die Sichtbarkeit der Partikelgrenzen zu reduzieren oder zu verhindern.

Gebohrte Standard-Dampfdufen mit einem Durchmesser von mehreren Zehntel Millimetern, die sich deutlich auf der Partikelschaumbooberfläche abzeichnen, können z. B. durch luft- und dampfdurchlässige Werkzeugkavitäten aus Sintermetall-Halbzeugen ersetzt werden. Verwendet wird hier meist Blockware aus Sinterbronze, die mit einer mittleren Porengröße von ca. 5 bis 200 μm erhältlich ist [3]. Durch diese durchgängig feine poröse Struktur kann über die gesamte Kavität ein gleichmäßig guter Energieeintrag in das Formteil erfolgen. Zudem erhält man eine seidenmatte homogene Oberfläche. Und weil auch die zum Füllen der Kavität nötige Injektionsluft an jeder Stelle im Werkzeug gut wieder ausströmen kann, sind Zwickel zwischen den Polymerschaumperlen beim Einsatz dieser Technik kein Thema mehr.

Sintermetall-Werkzeuge sind heute allerdings noch kein Allheilmittel – besonders bei komplexen Bauteilen großer Dimension stößt man an Grenzen. Die erhältlichen Halbzeuge sind mit maximal ca. 60 mm Höhe vor allem hinsichtlich



ihrer Blockdicke noch deutlich limitiert. Zudem stellen die oft ca. 50 % höheren Werkzeugkosten in Kombination mit dem Risiko, dass sich die feinen Poren im Laufe der Zeit durch Ablagerungen zusetzen, eine Hürde dar.

Alternativ können Werkzeugoberflächen mit geätzten oder gelaserten Narbungen, wie in **Bild 2** dargestellt, versehen werden. Bei ausreichender Narbtiefe lässt sich nahezu jede beliebige Struktur auf die Formteiloberfläche übertragen, sodass für das menschliche Auge die gewünschte Narbstruktur gegenüber der charakteristischen Formteiloberfläche dominiert und auch die einzeln gebohrten Dampfdufen optisch untergehen.

Liegen nun durch die Verwendung optimierter Werkzeugtechnik lackierbare Oberflächen vor, gilt es, speziell bei Partikelschäumen auf Basis von Polyolefinen wie expandiertes Polyethylen (EPE) bzw. expandiertes Polypropylen (EPP) ein weiteres oberflächenspezifisches Problem zu lösen – die sogenannte Haftungsproblematik. Bedingt durch den symmetrischen Aufbau der Makromoleküle von PE und PP finden keine Ladungsverschiebungen statt, sodass nahezu völlig unpolare Oberflächen mit geringer Oberflächenenergie um lediglich ca. 30 mN/m die Folge sind. Für eine gute Lackierbarkeit werden jedoch ca. 30 % mehr Oberflächenenergie und ein ausreichend großer polarer Anteil benötigt. Untersuchungen bei Neue Materialien Bayreuth haben gezeigt, dass die meisten Methoden zur Oberflächenaktivierung von kompakten Polyolefinen [4], z. B. Plasmabehandlung, Fluorierung oder

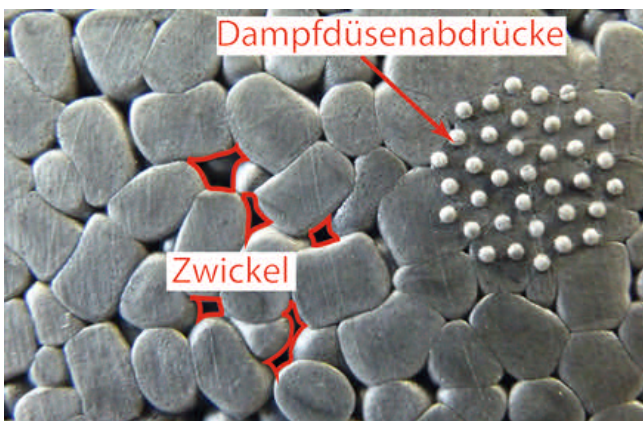


Bild 1. Charakteristische Oberfläche eines Partikelschaumformteils aus EPP mit einer Dichte von ca. 50 kg/m³ (Bild: NMB)



Bild 2. Mikroskopaufnahme einer Partikelschaumbooberfläche mit tiefer Narbstruktur (Bild: NMB)



Bild 3. Modernes Interieur-Design am Beispiel einer Mittelkonsole und Instrumententafel (Bild: BMW)

Beflammen, auch bei olefinbasierten Partikelschäumen anwendbar sind und zu einer ausreichenden Lackhaftung führen. Es können hier Haftkräfte erreicht werden, die höher als die Zugfestigkeit des Partikelschaums sind. Das bedeutet, dass die Lackschicht nicht ohne Zerstörung des Substrats abgelöst werden kann [5].

Leichter im Innenraum

Interieurteile im Kfz (**Bild 3**) bestehen üblicherweise aus einem mehrschichtigen Verbundaufbau mit Komponenten aus Polyurethan in Kombination mit Polypropylen. Dieser Aufbau kombiniert zwar ideale Festigkeitseigenschaften mit angenehmer Haptik, weist jedoch auch wesentliche Nachteile auf. Negativ ist vor allem ein relativ hohes Bauteilgewicht, das problematische Recyclingverhalten aufgrund der Kombination von Duromeren und Thermoplasten sowie ein aufwendiger mehrstufiger Herstellungsprozess. Eine Alternative zum aktuellen Stand der Technik stellen extrem leichte Multimaterialsysteme auf Basis von Polypropylen (PP) mit einem Kern aus EPP und einer Dekorfolie aus thermoplastischem Elastomer auf Polyolefinbasis (TPO-Folie) dar. Dieses Bauteilkonzept zeichnet sich gegenüber herkömmlichen Lösungen im Kfz-Interieurbereich vor allem dadurch aus, dass es aufgrund der sortenreinen Materialkombination bessere Recyclingeigenschaften aufweist und trotz vergleichbarem Crashverhalten deutlich leichter ist. Zudem ergibt sich durch die Kombination bzw. den Wegfall von Produktionsschritten ein deutliches Einsparpotenzial bei den Herstellungskosten gegenüber den aktuellen, auf PUR basierenden Systemen. **Bild 4** zeigt eine in der Entwicklung befindliche, sogenannte PP-Multimaterialsystemlösung am Beispiel des EPP-Leichtbauträgers, mit dem das Projekt-Konsortium BMW AG, BASF SE, Neue Materialien Bayreuth GmbH, Schraml Metallverarbeitung GmbH und Teubert Maschinenbau GmbH den „Automotive Award 2013“ der Society of Plastics Engineers, Inc. (SPE) im Bereich „body interieur“ gewonnen hat.

Das PP-Multimaterialsystem kompensiert durch die gezielte Kombination der positiven Eigenschaften der beteiligten Ein- →

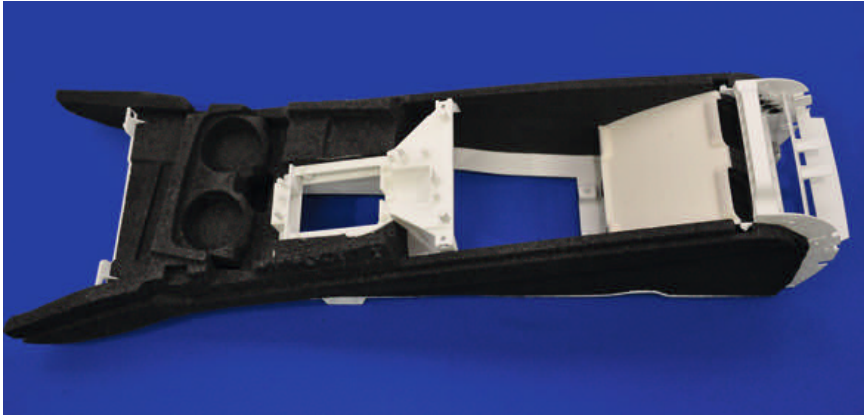


Bild 4. EPP-Leichtbauträger als Beispiel eines PP-Multimaterialsystems (Bild: BMW)

zelkomponenten (Steifigkeit eines PP-GF-Multifunktionsträgers, geringere Dichte bei besserem Crashverhalten eines EPP-Schaumkerns sowie gute haptische und optische Eigenschaften einer TPE-Folie) die Defizite der jeweiligen Einzelkomponenten. Die aktuellen Entwicklungsergebnisse zeigen, dass sämtliche Anforderungsprofile durch dieses innovative Bauteilkonzept erfüllt werden und gegenüber den PUR-basierten Lösungen bei vergleichbaren Bauteilkosten eine Gewichtsersparnis von über 25 % zu erwarten ist.

Design- und Funktionselement

Dass die technisch anmutende charakteristische Oberfläche von Partikelschaum auch erfolgreich vermarktet werden kann, zeigt das Beispiel des Hightech-Laufschuhs „Energy Boost“ von der adidas AG, Herzogenaurach (**Titelbild**). Mit der Überschrift „Kleine Perlen für große Distanzen“ beschreibt die BASF SE in ihrem Zwischenbericht für das erste Halbjahr 2013 die besonderen Eigenschaften der eingesetzten Infinergy-Schaumperlen, dem weltweit ersten expandierten thermoplastische Polyurethan (E-TPU) [6]. Deutlich erkennt man bei diesem Produkt die Form der Schaumkugeln und bei genauerer Betrachtung sind vereinzelt Dampfdrüsenabdrücke zu sehen, die aber keinesfalls negativ auffallen. Dieses Beispiel zeigt zwei Dinge sehr deutlich: Erstens das besondere Eigenschaftsprofil des Materials im Hinblick auf die mechanische Performance über einen weiten Temperaturbereich und zweitens, dass Formteile aus Partikelschaum durchaus auch das Potenzial einer Design-Ikone besitzen. Das bisherige Image eines Werkstoffs im Verborgenen wird sich mehr und mehr verändern und Designer werden künftig selbstbewusst mit dieser „neuen Oberfläche“ arbeiten. Wie es geht, hat der

weltbekannte Designer Karim Rashid bereits 2009 mit seinem „Snap Chair“ gezeigt. Er wurde dafür noch im gleichen Jahr mit dem Red Dot Design Award ausgezeichnet.

Fazit und Ausblick

Aus dem „leichtesten Schiff der Welt“ entstand die innovative Produktfamilie der Partikelschäume. Wir finden diese in den verschiedensten Bereichen unseres Lebens, ob als EPS in Form von Gebäudedämmung, als EPP in hochwertigen Transportverpackungen oder in sicherheitsrelevanten technischen Teilen im Kfz oder als E-TPU in Form von hochbeanspruchten Schuhsohlen in Laufschuhen mit Designcharakter.

Zukünftige Entwicklungen werden diese Potenziale aufgreifen und ergänzen. Dabei werden technische Kunststoffe, Biopolymere und smarte Funktionalisierungen im Fokus stehen. Partikelschäume auf Basis technischer Kunststoffe können eine ganz neue mechanische Perfor-

mance bei geringster Dichte ermöglichen und so dazu beitragen, dass z. B. Strukturbauteile im Kfz noch belastbarer und sicherer werden. Im Bereich der Forschung und Entwicklung bereitet man sich auf diesen Trend vor, indem neuartige Werkzeug- und Prozesskonzepte erarbeitet werden. Zudem wird die Basis für maßgeschneiderte Individuallösungen geschaffen, indem die Grundlagen zur Funktionalisierung thermoplastischer Schaumperlen untersucht werden. Flammenschutz, bessere Lackierbarkeit und smarte Oberflächen seien an dieser Stelle nur exemplarisch genannt. ■

LITERATUR

- 1 Müller, H.: Druck erfordert Gegendruck. Kunststoffe (2010) 2, S. 20–23
- 2 Ziegler, M.: Verarbeitung und Werkstoffverhalten von extrudierten Polypropylen-Partikelschäumen. Dissertation am Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2000
- 3 SIKA B, Firmenschrift der GKN Sinter Metals Filters GmbH, Radevormwald
- 4 Lake, M.: Oberflächentechnik in der Kunststoffverarbeitung, Carl Hanser Verlag, München 2009
- 5 Schreier, P., Altstädt, V., Trassl, C.: Surface Modification Of Polypropylene Based Particle Foams, 29th Conference of the Polymer Processing Society (PPS), Nürnberg 2013
- 6 BASF SE, Zwischenbericht der BASF SE, 1. Halbjahr 2013, Ludwigshafen 2013

DIE AUTOREN

DIPL.-ING. CHRISTIAN TRASSL, geb. 1978, ist bei der Neue Materialien Bayreuth GmbH, Bayreuth, als stellvertretender Bereichsleiter Kunststoffe und Gruppenleiter Partikelschäume tätig; christian.trassl@nmbgmbh.de

PROF. DR.-ING VOLKER ALTSTÄDT, geb. 1954, leitet den Lehrstuhl für Polymere Werkstoffe an der Fakultät für Ingenieurwissenschaften der Universität Bayreuth. Er ist gleichzeitig als Geschäftsführer der Neue Materialien Bayreuth GmbH tätig; volker.altstaedt@nmbgmbh.de

SUMMARY

FUTURE MATERIALS FOR LIGHT-WEIGHT CONSTRUCTION AND DESIGN

PARTICLE FOAMS. Thermoplastic particle foams are known for their excellent thermal insulation ability and outstanding lightweight construction potential. They combine low density in the range of 15 to 80 kg/m³ with good mechanical properties and high specific energy absorption. By means of innovative surface modifications, they are also gaining in importance in the “design” and “automotive interior” fields.

Read the complete article in our magazine

Kunststoffe international and on

www.kunststoffe-international.com