

SPECIAL:

DIE RENAISSANCE DER SCHÄUMVERFAHREN

[FAHRZEUGBAU] [MEDIZINTECHNIK] [VERPACKUNG] [ELEKTRO&ELEKTRONIK] [BAU] [KONSUMGÜTER] [FREIZEIT&SPORT] [OPTIK]

Schaumspritzgießen 2.0

Wittmann Battenfeld und Schaumform entwickeln neue Anwendungen für geschäumte Spritzgussteile

Eine prozesssichere Systemtechnik, die sich bei Bedarf um weitere Verfahrenskomponenten erweitern lässt, ist die Basis für eine Reihe innovativer Anwendungen des Schaumspritzgießens. Es handelt sich dabei um Lösungen zur Verbesserung der Oberflächengüte bis zum Hochglanz, zur partiellen Kombination von kompakten und geschäumten Formteilmereichen und zum Schäumen thermoplastischer Elastomere.

Strukturschaumteile mit Hochglanzoberflächen sind heute kein Hexenwerk mehr (Bild: R. Bauer)



Leichtbau ist ein Trend, der zunehmend alle Bereiche der Güterproduktion erfasst. Kunststoffe nehmen dabei mit ihrem guten Verhältnis zwischen Leistungsdaten und geringem spezifischen Gewicht eine zentrale Position ein. Das Leichtbaupotenzial von Kunststoffteilen lässt sich durch diverse Schäumverfahren, z.B. durch das Schaumspritzgießen, sogar noch steigern. Einer der Pioniere auf die-

sem Gebiet ist der österreichische Spritzgießmaschinenbauer Wittmann Battenfeld. Dessen Cellmould-Verfahren vereint effiziente Leistungsparameter mit einer wenig komplexen und damit robusten Systemtechnik, die zu 100% aus dem eigenen Haus stammt.

Das Schaumspritzgießen ist an sich kein neues Verfahren. Anwendungen, bei denen chemische Substanzen wie Azodi-

carbonamid oder Phenyltetrazol dem Kunststoffgranulat beigemischt werden und nach dem Einspritzen in die Kavität Treibgase freisetzen, sind seit rund 50 Jahren bekannt und im Produktionseinsatz. Da der Expansionsdruck der chemisch abgespaltenen Gase bei nur rund 15 bis 40 bar liegt (= Niederdruck-Verfahren), ist deren Anwendung auf relativ dickwandige Bauteile mit kurzen Fließwegen beschränkt.

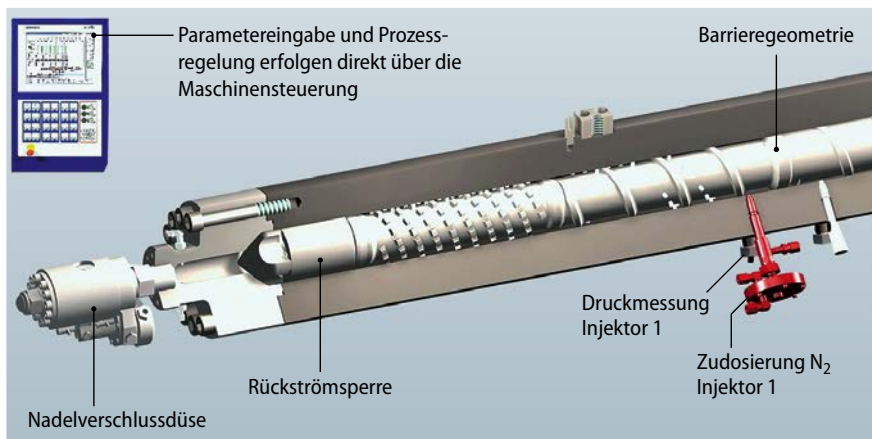


Bild 1. Die Kernkomponenten der Cellmould-Plastifiziereinheit sind ein 25 D-Massezylinder mit einer 20 D-3-Zonen-Plastifizierschnecke und anschließender 5 D-Begasungs- und Mischzone. Die beiden Funktionszonen der Schnecke sind durch einen zylindrischen Stauring (Barriere) getrennt (Bild: Wittmann Battenfeld)

Um die Anwendungsgrenzen des Schaumspritzgießens weiter auszudehnen, wurde vor rund 40 Jahren das Schäumen mithilfe von Inertgas, hauptsächlich Stickstoff, entwickelt. Da mit Stickstoff höhere Expansionsdrücke von 100 bis 200 bar (= Hochdruck-Verfahren) erreichbar sind, kann das Leichtbaupotenzial des Schaumspritzgießens auch für dünnwandige Formteile und Komponenten mit langen Fließwegen genutzt werden. Von Vorteil ist, neben der Gewichtersparnis der Bauteile, die Reduktion des zur Kavitätenfüllung notwendigen spezifischen Spritzdrucks und damit der Schließkraft. Darüber hinaus werden Schwindungs- und Verzugseffekte kompensiert.

Beide Verfahren – chemisches und physikalisches Schäumen – werden zur Verarbeitung thermoplastischer Kunst-

stoffe, von PP bis zu technischen Kunststoffen wie PC, PA oder PBT, angewendet. Aktuelle Entwicklungen haben zum Ziel, die Anwendungsmöglichkeiten auch auf thermoplastische Elastomere auszuweiten.

Betriebs sicheres Anlagenkonzept

Die zentrale Aufgabe einer Schaumspritzgießanlage besteht darin, beim Plastifiziervorgang eine möglichst homogen dispergierte einphasige Polymer/Gas-Lösung zu erzeugen. Die dafür eingesetzte Technik ist bei allen Anbietern sehr ähnlich. Dennoch gibt es Unterschiede in den Ausführungsdetails. Dazu Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Roth, Leiter der Anwendungstechnik bei Wittmann Battenfeld: „Die mehr als 40 Jahre praktische Erfah-

rung mit der bei unserem Vorgängerunternehmen Battenfeld in Meinerzhagen entwickelten Technologie waren eine solide Basis für unsere Zielsetzung, trotz der Ausweitung des Anwendungsspektrums die Systemkomplexität zu reduzieren und die Anlage damit betriebssicherer zu machen. Deshalb haben wir unsere Cellmould-Schaumspritzgießeinheit so nahe wie möglich an die Standard-Spritzgießeinheit angelehnt. Dementsprechend arbeiten unsere Maschinen mit einer 3-Zonen-Standardschnecke, die nach vorne hin um einen Begasungs- und Mischteil verlängert wurde.“

Das Spezifikum der Cellmould-Technik ist die Trennung der Plastifizier- von der Begasungszone durch eine fixe zylindrische Barriere auf der Schnecke. Die Alternative wäre eine zusätzliche Hülsen-Rückströmsperre. Wolfgang Roth ergänzt: „Der Aufwand, zwei Rückströmsperren auf die jeweiligen Betriebsverhältnisse abzustimmen und betriebssicher zu machen, war uns Motivation, nach einer einfacheren Lösung zu suchen. Die Barriere zwischen dem Plastifizier- und dem Begasungsbereich der Schnecke hat sich inzwischen in allen Baugrößen im Produktionsbetrieb bewährt. So konnten wir die Verschleißproblematik ausschalten, ohne Kompromisse bei der Gasdichtigkeit in Richtung des Plastifizierbereichs eingehen zu müssen.“

Im Mischabschnitt der Plastifiziereinheit wird während eines Dosierhubs verflüssigter (da unter einem Druck von bis zu 300 bar stehender) Stickstoff über einen Injektor der Kunststoffschmelze zudosiert. Im Mischteil der Schnecke »

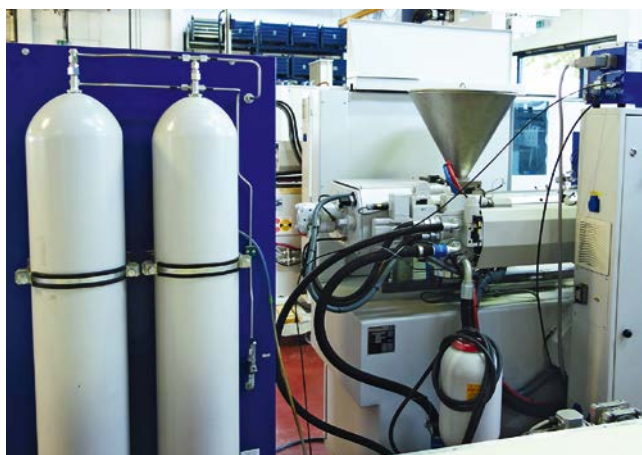


Bild 2. Auf dem Plastifizierzylinder (hier einer 1100 kN-Maschine) befindet sich ein Gasinjektor, der mit einem kompakten Regelmodul verbunden ist (links). Das Cellmould-Ausrüstungspaket umfasst neben Gasinjektor und Gasregelmodul auch einen Einspritzakkumulator an der Maschine (rechts, Bildmitte) und eine zentrale Stickstoff-Erzeugungsanlage in Kombination mit einer Kompressoreinheit (Bilder: R. Bauer)



Bild 3. Das Cellmould-Anlagenkonzept sieht vor, dass von einer zentralen Stickstoff-Erzeugungseinheit eine oder mehrere Plastifiziereinheiten versorgt werden. Je ein Gasregelmotor, angesteuert über die Cellmould-Software, und ein Gasinjektor dosieren den flüssigen Stickstoff in den Plastifizierzylinder (Bild: Wittmann Battenfeld)

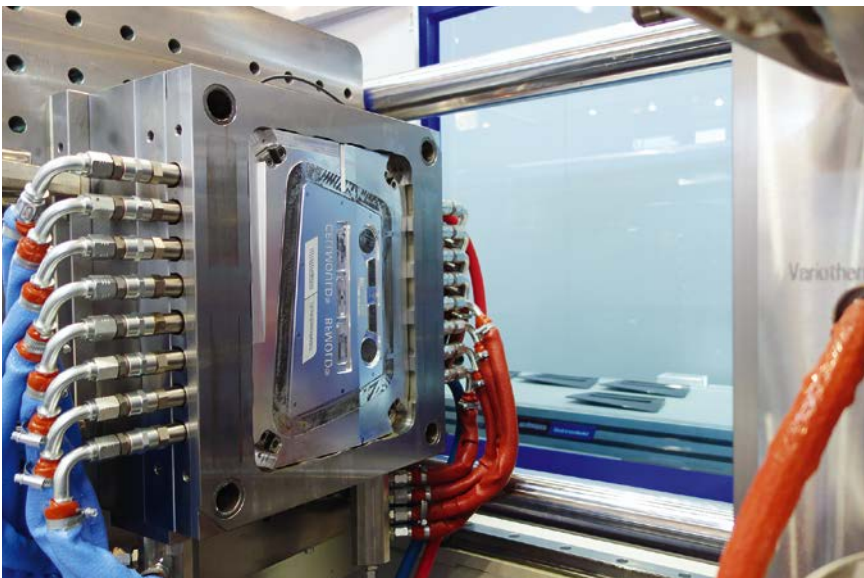


Bild 4. Spritzgießwerkzeug mit dynamischem Variotherm-Kühlsystem zur Herstellung einer Gehäuseblende aus PC/ABS-Blend mit Glanzoberfläche (Bild: R. Bauer)

wird durch die Aufteilung des Schmelzestroms in viele Einzelströme die Stickstoffverteilung intensiviert (**Bild 1**). Da eine Nadelverschlussdüse den Massezylinder während des Plastifizier- und Begasungsvorgangs in Richtung Spritzgießwerkzeug verschlossen hält, steht das Schmelze/Gas-Gemisch im Plastifizierzylinder beständig unter Druck. Somit liegt zum Ende des Mischprozesses eine einphasige Polymer/Gas-Lösung vor. Durch den Druckabfall beim Einspritzen in die Kavität wird die Lösungsfähigkeit des Gases in der Kunststoffschmelze herabgesetzt. Das fein verteilte Gas nukleiert in der

Schmelze und schafft damit die Voraussetzung für die Bildung einer feinzelligen Schaumstruktur.

Deren konkrete Ausprägung hängt von den Verfahrensbedingungen des Spritzgießprozesses ab. Dazu zählen die Schmelzeviskosität des Kunststoffs, die Einspritzgeschwindigkeit (je höher, desto feiner der Schaum) und nicht zuletzt der eingestellte Schäumgrad (Materialreduktion). Letzterer wird entweder durch eine entsprechende Unterdosierung in eine fixe Kavität eingestellt oder durch die Komplettfüllung einer Kavität, die anschließend um einen eingestellten Präzi-

sionshub geöffnet wird. Um die für eine gleichmäßige Schaumverteilung günstige hohe Einspritzgeschwindigkeit zu erreichen, ist ein Einspritz-Akkumulator Teil des Cellmould-Pakets (**Bild 2**).

Das Inertgas wird entweder einem Druckflaschenspeicher entnommen oder über eine Stickstoff-Gewinnungsanlage aus der Umgebungsluft erzeugt. In beiden Fällen wird es anschließend über eine Druckerzeugungseinheit zum Gasinjektor geleitet. Teil des Battenfeld-Anlagenkonzepts ist, dass über eine Gasversorgungseinheit mehrere Maschinen gleichzeitig versorgt werden können (**Bild 3**). Zwischen der Druckversorgungseinheit und dem Gasinjektor am Plastifizierzylinder befindet sich ein Gasregelmotor. Über dessen ansteuerbare Ventilanlage wird der Gasfluss prozessabhängig über die Cellmould-Software gesteuert. Die entsprechende Ausrüstung ist für das gesamte Wittmann-Battenfeld-Maschinenspektrum lieferbar.

Welche Möglichkeiten bietet das Hochdruck-Schaumspritzgießen?

In der Formteilkavität wird die Schaumbildung in der Außenhaut der Schmelze durch den Kontakt mit der gekühlten Werkzeugwand und der damit einhergehenden Viskositätszunahme weitgehend unterdrückt, während der wärmere Kernbereich die Bildung der Zellstruktur begünstigt. Dadurch entstehen Formteile mit Sandwich-Strukturen aus Deckschichten mit hoher Dichte und Kernbereichen, deren Raumgewicht um 5 bis 20 % niedriger liegt.

Die mögliche Dichtereduktion im Bauteil steht bei allen gängigen Kunststofftypen im direkten Zusammenhang mit dem Fließweg/Wanddicke-Verhältnis. Beispielsweise kann bei der Verarbeitung von PP mit einem Verhältnis von 100:1 die Dichte um 15 % verringert werden, während bei 150:1 nur noch eine Dichtereduktion von 10 % erwartet werden darf.

Über die Gewichtseinsparung hinaus bietet das Schaumspritzgießen zusätzliches Potenzial zur Verbesserung der Bauteilqualität; insbesondere kompensiert der gleichmäßig wirkende Expansionsdruck des Schaumkerns etwaige Schwindungs- und Verzugsneigungen. Der Effekt geht so weit, dass sich Einfallstellen und Schwindungsverzug nahezu vollständig vermeiden lassen. Insgesamt



Bild 5. Dekorblende aus einem PC/ABS-Blend, links produziert mit, rechts ohne Aktivierung der dynamischen Werkzeugtemperierung (Bild: R. Bauer)

steigt damit die Maßhaltigkeit. Für den Verarbeiter ergeben sich darüber hinaus handfeste verfahrenstechnische Vorteile, wie die durch die Herabsetzung der Schmelzeviskosität bewirkte Verringerung des Schließkraftbedarfs (um bis zu 50%) und damit des Einspritzdrucks. Dazu kommen die wirtschaftlichen Vorteile durch die Verkürzung der Zykluszeit, insbesondere der Kühlzeit, bedingt durch die geringere Formteilmasse.

Mit dynamischer Werkzeugtemperierung zu Hochglanzoberflächen

Auch wenn alle Parametervariationen des Spritzgießprozesses ausgereizt sind, zeigen geschäumte Leichtbauteile in der Regel eine charakteristische Schlierenbildung bzw. einen Grauschleier an der Oberfläche. Der Oberflächeneffekt ist darauf zurückzuführen, dass Gasblasen die Schmelze-Fließfront während des Ein-

spritzvorgangs durchdringen. Diese Struktur wird beim Kontakt mit der kühleren Werkzeugwand eingefroren und bleibt bestehen.

Glanzoberflächen, wie sie Sichtteile an Gehäuseteilen beanspruchen, sind mit der Standardtechnik nicht erreichbar. Dazu Dr.-Ing. Norbert Müller, Geschäftsführer der Schaumform GmbH in Huthum bei Passau: „Eine wesentliche Verbesserung der Oberflächengüte kann durch die Kombination des Schaumspritzgießens mit einer zyklisch dynamischen Werkzeugtemperierung erreicht werden, wie sie beispielsweise Wittmann Battenfeld in Form der BFormold- und der Variomould-Technik anbietet.“

Es handelt sich hier um Varianten einer im Spritzgießwerkzeug auf der Formteil-Sichtfläche integrierten konturfolgenden Kühlung mit zyklisch arbeitenden Heiß/Kalt-Temperiergeräten. Dabei werden nur begrenzte, kavitätsnahe Werkzeugbereiche temperiert. Durch das Aufheizen, beispielsweise mit bis zu 180 °C heißem Druckwasser, unmittelbar vor »

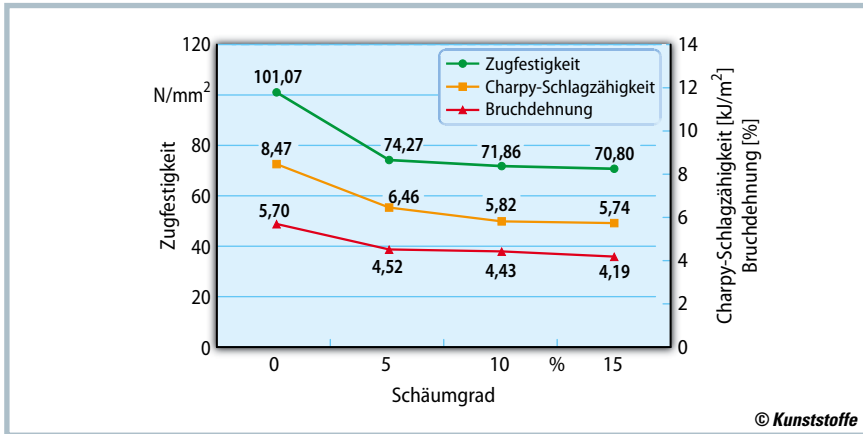


Bild 6. Abhängig vom Schäumgrad (0, 5, 10, 15 %) ändern sich die Zugfestigkeit, Schlagzähigkeit und Bruchdehnung von PP-SGF 40 (Bild: Wittmann Battenfeld)

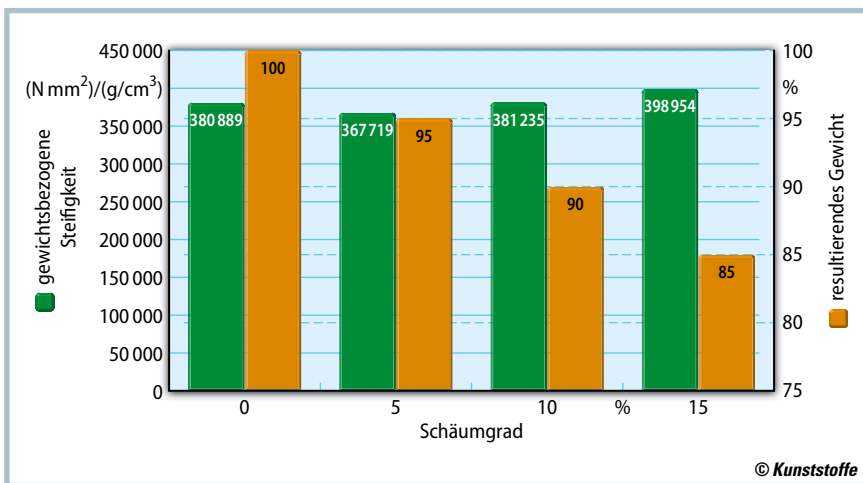


Bild 7. Veränderung der Biegesteifigkeit, der für Gehäuseteile relevantesten mechanischen Eigenschaft: Die gewichtsbezogene Steifigkeit der Probekörper nimmt dabei nur bei 5 % Verschäumung geringfügig ab. Bei 10 % Verschäumung ist sie ebenso hoch wie beim Kompaktteil und bei 15 % Dichtereduktion sogar merklich höher (Bild: Schaumform)

dem Einspritzen der begasten Schmelze kommt das Material nicht sofort mit einer kalten Werkzeugwand in Berührung, so dass sich ohne Einfrieren eine geschlossene Oberfläche ausbilden kann (Bild 4).

„Auf diese Weise können hervorragende Oberflächenqualitäten erzielt werden, die denen von Bauteilen aus Kompakt-Kunststoff in nichts nachstehen“, so Müller. Wie stark solche Effekte die Oberflächen-güte beeinflussen können, zeigt eine Gegenüberstellung von Bauteilen, die mit und ohne dynamische Werkzeugtemperierung hergestellt wurden (Bild 5).

Auch Elastomere eignen sich zum Schäumen

Auf der aktuellen Entwicklungsagenda steht die Ausweitung der Anwendung des Schaumspritzgießens auch auf ther-

moplastische Elastomere. Dazu Norbert Müller: „Während beispielsweise bei Polypropylen und Polyamid gute Schaumstrukturen sowohl durch chemisches als auch physikalisches Schäumen erreicht werden können, zeigen unsere Versuchsreihen, dass die meisten TPE-Typen sich nur durch die physikalische Variante schäumen lassen. Und davon liefern bislang nur TPE auf der Basis thermoplastischer Polyester brauchbare Ergebnisse bei der Schaumstruktur, Feinzelligkeit und Gleichmäßigkeit.“

Müller fasst die Erfahrungen seiner Versuchsreihen so zusammen: „Je weicher ein TPE eingestellt ist, umso stärker treten beim Schäumen Oberflächenprobleme in den Vordergrund, insbesondere wenn das Schaumspritzgießen mit dem Präzisionsöffnen des Spritzgießwerkzeugs kombiniert wird. Vor allem, wenn die

Werkzeugkavität strich- oder gar hochglanzpoliert ist, zeigt die Oberfläche oftmals zahlreiche Dellen.“

Dafür gibt es mehrere Erklärungsansätze. Einer lautet, dass bereits beim Füllvorgang Luft zwischen Formteil und Werkzeugwand eingeschlossen wird, die nicht mehr entweichen kann. Ein anderer geht davon aus, dass es beim Präzisionsöffnen zu einer Enthaftung kommt und das expandierende Schaumbauteil beim Wiederaufsetzen auf die Kavitätenwand punktuell Luft einschließt, was Dellen zur Folge hat.

Versuchsreihen zeigen, dass die Oberflächenprobleme bei der TPE-Verarbeitung, anders als bei steifen und festen technischen Thermoplasten, durch mittlere bis geringe Einspritzgeschwindigkeit verringert werden können. Ebenso positiv wirkt sich eine Strukturierung der Werkzeugwand aus. Eine erodiertraue bzw. glaskugelgestrahlte oder genarbte Oberfläche ermöglicht es potenziellen Gas- oder Luftansammlungen, über Mikrokavitäten in der Kontaktfläche zwischen Spritzgussteil und Werkzeugwand zu entweichen.

Bezüglich der Schlierenbildung auf der Oberfläche gilt prinzipiell das Gleiche wie beim Schaumspritzgießen mit technischen Kunststoffen. Die Lösung heißt auch hier: dynamische, konturnahe Temperierung auf der Sichtseite. Kommt gleichzeitig das Präzisionsöffnen zur Anwendung, so lassen sich hochwertige Weichschaumpolsterungen, z.B. für Armaturen im Fahrzeugbau, oder auch Stoßabsorber für handgeführte Geräte, die beim Fall keinen Schaden nehmen dürfen, kostengünstig produzieren.

Geschäumte und kompakte Bereiche in einem Teil

Dass eine ausgefeilte Werkzeugtechnik hohen Anteil am zunehmenden Erfolg des Schaumspritzgießens hat, wurde bereits im Zusammenhang mit den verbesserten Oberflächen erwähnt. Ein weiteres Feld der Werkzeug- und Maschinenteknik, speziell abgestimmt auf das Schaumspritzgießen, ist das System der Teilöffnung des Werkzeugs über die Spritzgießmaschine. Dies ermöglicht die Kombination von kompakten und geschäumten Bereichen in einem Spritzgussteil – notwendiger Weise dann, wenn Funktionselemente aus annä-

hernd kompaktem Material, wie Haken, Federn oder Bolzen, mit Panelteilen aus geschäumtem Material verbunden werden sollen.

Um das zu erreichen, wird der schäumende Teilbereich der Kavität um den Schäumhub beweglich ausgeführt. Im ersten Schritt wird die gesamte Formteilkavität wie ein kompaktes Spritzgussteil gefüllt. Anschließend wird nur der zu schäumende Teilbereich mit einer Präzisions-Hubbewegung geöffnet. Damit können auch Gehäuseteile mit komplexen mechanischen Schnittstellen zu den Parterteilen in Leichtbauausführung realisiert werden.

Mechanische Kennwerte lassen sich gut voraussagen

Die Hochdruck-Schaumspritzgussteile besitzen eine charakteristische Sandwichstruktur mit kompakten Deckschichten und einer geschäumten Kernschicht. Der Übergang zwischen den Schichten ist annähernd sprunghaft. Bei geringer Bauteildicke weist die Kernschicht eine über ihre gesamte Dicke weitgehend konstante Dichte auf, während sich bei großer Enddicke ein ausgeprägtes Dichteprofil einstellt. Die Dichte der kompakten Deckschicht lässt sich durch die Prozessführung ebenso wenig beeinflussen wie durch die Art des Begasungsverfahrens.

Somit sind die wichtigsten Gestaltungsparameter die gewählte Dichtereduktion im Zentralbereich und die Wanddicke. Sie sind beide gut über Messergebnisse definierbar und dienen als Eckdaten eines von Norbert Müller im Rahmen seiner Dissertation entwickelten Rechenmodells zur Vorhersage mechanischer Bauteileigenschaften.

Für die Modellbildung wird ein symmetrischer Sandwichaufbau angenommen, für dessen Deckschichten, etwas vereinfacht, die Materialkennwerte des kompakten Materials zugrunde gelegt werden. Für den geschäumten Kern werden realitätsnahe Kennwerte für den E-Modul und die Bruchdehnung (Streckdehnung bei duktilen Materialien) eingesetzt. Dabei wird das Verhalten des Schaumkerns aus dem Verhalten des gesamten Sandwichteils abgeleitet, was bei

Kenntnis der Deckschichtdicken gut funktioniert. Untersuchungen, bei denen der geschäumte Kern aus einem Bauteil herauspräpariert und mechanisch geprüft wird, sind zwar möglich, führen aber zu stark streuenden und damit nur sehr eingeschränkt verwertbaren Messergebnissen.

Theorie und Praxis stimmen überein

Zur Prüfung der Steifigkeit und Festigkeit werden im Idealfall aus spritzgegossenen Strukturschaum-Platten gefertig-

te Norm-Probestäbe verwendet. Alternativ, wenn diese Möglichkeit nicht besteht, kommen Norm-Probestäbe mit einem Querschnitt von 4 x 10 mm (z. B. Campus-Zugstab) zum Einsatz. Allerdings muss bei der Auswertung der Messungen beachtet werden, dass nicht nur die 10 mm breiten Normstab-Deckschichten, sondern auch die 4 mm hohen Seitenflächen kompakt sind. Somit gleicht ein geschäumter Normzugstab einem kleinen Vierkantrohr mit ca. 0,4 bis 1,0 mm Wanddicke mit einem geschäumten Kernbereich. »

Der Autor

Dipl.-Ing. Reinhard Bauer ist freier Redakteur für kunststofftechnische Themen. Sitz seines Büros Technokomm ist Gmünd/Österreich; office@technokomm.at

Kontakt

Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Roth, M. Sc., Leiter Anwendungstechnik der Wittmann Battenfeld GmbH, Kottlingbrunn/Österreich; wolfgang.roth@wittmann-group.com

Dr.-Ing. Norbert Müller, Geschäftsführer der Schaumform GmbH, Hutthurm; norbert.mueller@schaumform.com

Service

Digitalversion

- Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/944692

English Version

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

Die Auswertung der Zugbelastung zeigt erwartungsgemäß, dass mit steigendem Schaumanteil der Zug-E-Modul und die Zugfestigkeit abnehmen. Denn Material, das nicht mehr im Bauteil vorhanden ist, kann auch keine mechanische Spannung aufnehmen und nicht zum Lastabtrag beitragen. Damit dehnt sich das Schaumspritzgießerzeugnis bei gleicher Belastung stärker und bricht bei geringerer Höchstlast. Hinzu kommen Kerbwirkungseffekte, die von den deckschichtnahen Schaumzellen ausgehen. Insgesamt zeigen die Messergebnisse,

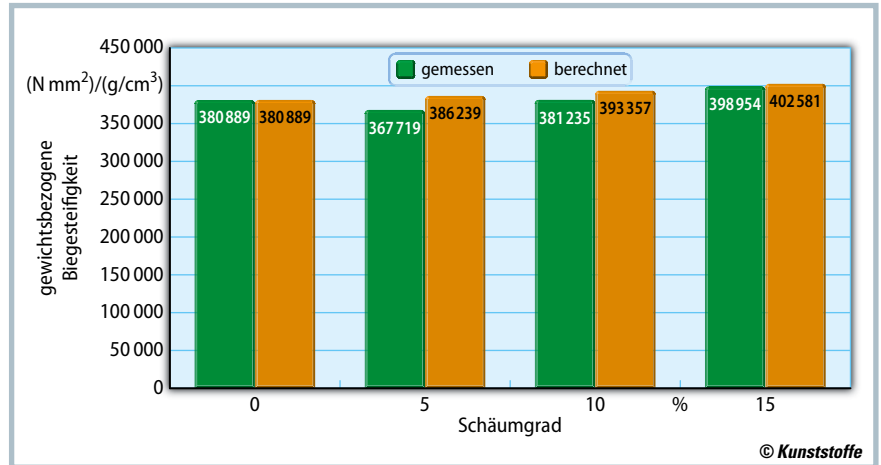


Bild 8. Die per Modellrechnung (nach Schaumform) ermittelte gewichtsbezogene Biegesteifigkeit stimmt mit den Messergebnissen aus Versuchen mit spritzgegossenen Biegestäben (10 x 4 mm Querschnitt) gut bis sehr gut überein (Bild: Schaumform)

dass der Abfall der Zugfestigkeit immer mindestens so groß ist wie die Reduzierung des Bauteilgewichts (**Bild 6**).

Auch unter Biegebelastung verringern sich die Absolutwerte der Biegesteifigkeit und Biegefestigkeit. Da diese Belastungssituation aber wesentlich günstiger für Sandwich-Strukturen ist, ist die Festigkeitsabnahme hier deutlich geringer als bei der Zugbelastung. Die Biegesteifigkeit nimmt prozentuell weniger ab als das Bauteilgewicht. Die Ergebnisse dokumentieren, dass beispielsweise bei einem Schäumgrad von 15% die gewichtsbezogene Steifigkeit gegenüber dem ungeschäumten Kompakt-Formteil um 4,8% zugenommen hat, oder anders gesagt: Steife Bauteile können mit geringerem Gewicht verwirklicht werden (**Bild 7**). Generell stimmen Theorie und Praxis laut Befund (**Bild 8**) sehr gut überein.

Fazit

Das Schaumspritzgießen hat durch den sich progressiv verstärkenden Trend zu

Leichtbau-Anwendungen eine neue Dynamik erhalten. Aktuelle Innovationen sind Methoden zur Verbesserung der Oberflächenqualität bis zum Hochglanz ebenso wie die Kombination von kompakten und geschäumten Teilbereichen in einem Bauteil. Die wichtigsten Beiträge dazu liefert die Weiterentwicklung der Verfahrens- und der Werkzeugtechnik von der dynamischen Werkzeugtemperierung bis zum ein- oder mehrstufigen Präzisionsöffnen für gesamte Werkzeuge oder Teilbereiche von Formkavitäten.

Zusätzliches Potenzial bieten die nun verfügbaren Modellrechnungen als Auslegungshilfe in der Bauteilkonstruktion. Insgesamt hat der Schaumspritzgießprozess damit einen ähnlich hohen Reifegrad erreicht wie die konventionelle Spritzgießverarbeitung. Er liefert präzise und wiederholgenaue Dichtereduktionen und Sandwich-Strukturen für eine ständig wachsende Palette an Kunststoffen, einschließlich thermoplastischer Elastomere. ■



Die bunte Welt der Kunststoffe.

www.kunststoffe.de

Kunststoffe.DE