

Schaumspritzgießen. Das Spritzgießen geschäumter Bauteile hat als ehemals bei nur wenigen Verarbeitern angewandtes Sonderverfahren heute eine weite Verbreitung gefunden. Angesichts der zunehmenden Anwendungsvielfalt stellt sich nun



Die geschäumte Waschmaschinenblende, hier ein Prototyp von Miele, ist laut Hersteller 35 % leichter als ein herkömmliches kompaktes Teil. Zur Gewichtseinsparung wegen der Schaumstruktur kommt – Stichwort Gestaltleichtbau – das schlankere Bauteildesign (Bild: Trexel)

die Frage: Sind die Potentiale des Thermoplast-Schaumspritzgießens schon ausgereizt? Oder tut sich hier eine Alternative zum Standard-Spritzgießprozess auf, mit der Verarbeitungsbetriebe ihre Produktivität erhöhen können?

Die bessere Alternative zum Kompaktspritzgießen?

**ERWIN BÜRKLE
HANS WOBBE**

Die Anwendungsfelder der unter dem Namen Thermoplast-Schaumspritzgießen (TSG) zusammengefassten Verfahrensvarianten sind nicht auf bestimmte Branchen beschränkt. Sie reichen vom Automobilbau über die Produktion von Haushaltsgeräten und Unterhaltungselektronik bis hin zur Verpackungsindustrie mit ihren anspruchsvollen Dünnwandartikeln. Dabei wird das Schaumspritzgießen sowohl auf der Basis chemischer als auch physikalischer Treibmittel durchgeführt [1]. Der seit Langem bekannte Nachteil des TSG-Verfahrens, die oft unbefriedigende Oberflächenqualität der Bauteile, lässt sich heute durch variotherme Temperierung der Werkzeuge beheben (**Titelbild**).

Der ursprüngliche Fokus bei Anwendung des TSG lag in erster Linie auf der

Beseitigung von Einfallstellen, wenn im Spritzgießprozess der Nachdruck allein nicht zum Ziel führte. Heute wird im Zusammenhang mit geschäumten Bauteilen immer wieder die Gewichtsreduktion als größter Vorteil genannt – im Zeitalter des Leichtbaus ein sicher nicht zu vernachlässigender Aspekt. Immerhin werden in aktuellen Anwendungen je nach Materialeinsatz und Prozessbedingungen Gewichtseinsparungen von 8 bis hin zu 15 % erreicht.

Die vielen anderen Vorteile des Schaumspritzgießens – z. B. der niedrigere Werkzeuginnendruck und, damit einhergehend, der geringere Schließkraftbedarf, der positive Einfluss auf das Schwindungsverhalten oder die Zykluszeitverkürzung – werden dadurch unverhältnismäßig in den Hintergrund gedrängt. Diese versteckten Merkmale sind es jedoch insbesondere, die es dem Prozessingenieur ermöglichen, das Schaumspritzgießen in vielen Fällen eindeutig als die bessere Alternative zum Kompaktspritzgießen herauszuarbeiten.

Beladungs- und Schäumphase getrennt

Bei näherer Betrachtung des TSG-Prozesses erklärt sich eine ganze Reihe der aufgezählten Vorteile fast von allein – unter der Voraussetzung, dass die Beladungsphase und die Schäumphase einer getrennten Betrachtung unterzogen werden. Bei korrekter Prozesseinstellung findet die Schäumphase ausschließlich im Werkzeug statt; demgegenüber wird die Beladungsphase, während der das im überkritischen Zustand eindosierte Treibfluid mit dem Matrixpolymer zum Einphasengemisch homogenisiert wird, gezielt in der Plastifiziereinheit umgesetzt. Die bekannteste Variante dieser Ausprägung dürfte das MuCell-Verfahren (Anbieter: Trexel GmbH, Wiehl) sein.

Unter Einspritzdruck expandiert nun das Einphasengemisch aus Treibmittel und Polymer in die leere Kavität hinein und vergrößert sein Volumen, weil der Umgebungsdruck in der teilgefüllten Kavität unter dem Partialdruck des Treib-

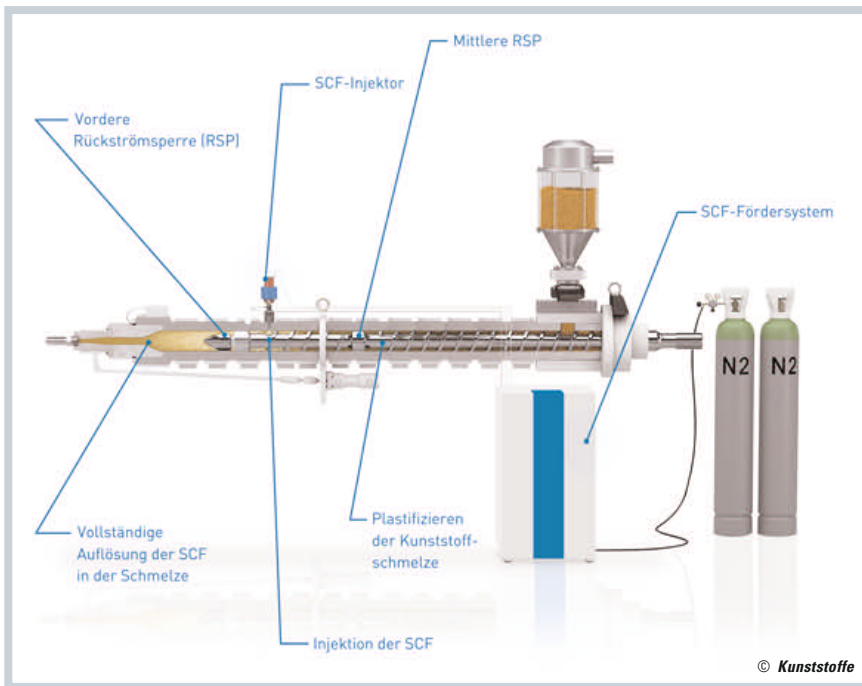


Bild 1. Prinzip einer MuCell-Anlage: Das Inertgas wird als superkritische Flüssigkeit (SCF) im vorderen Drittel der Plastifiziereinheit eindosiert (Bild: KraussMaffei)

fluids liegt. Bei optimal gewählten Mengenverhältnissen zwischen Treibfluid und Matrixpolymer baut sich in der Kavität nun – ohne dass es einer wie im Kompaktspritzgießen üblichen Nachdruckphase bedarf – ein Druck auf. Maschinen- bzw. prozesstechnisch bedeutet dies eine Einsparung der Nachdruckzeit in der Zykluszeitbetrachtung sowie eine wesentlich geringere Schließkraft aufgrund der niedrigen Einspritzdrücke, die für eine Teilfüllung genügen.

Die durch das Blasenwachstum stattfindende Expansion des Kunststoffes eli-

miniert logischerweise Probleme wie Einfallstellen und Teilverzug. Des Weiteren verbessert sich das Fließverhalten des Polymer-/Treibfluidgemisches. Als Resultat können die Bauteile nicht nur dünnwandiger gestaltet werden, man erhält so aufgrund der optimierten Bauteilgeometrie auch eine weitere Komponente der Gewichtsreduktion – eine weitere Komponente deshalb, weil ja die Schaumstruktur an sich bereits eine Gewichtsreduktion darstellt. Dieses Potenzial wird insgesamt für den Gestaltleichtbau noch zu wenig genutzt.

Die Wahl des Treibmittels, ob chemisch oder physikalisch, bildet bereits ein grundlegendes Differenzierungsmerkmal im Kunststoffmaterial des gewünschten Formteils. Ausgehend von chemischen Treibmitteln, die in Form eines Masterbatches zusammen mit dem Polymer aufgeschmolzen werden und sich im Prozess endotherm oder exotherm zersetzen, fallen neben den gewünschten Treibfluiden teils auch unerwünschte Nebenprodukte an [2].

Einphasengemisch vs. Zersetzungsprodukte

Beispielsweise spaltet eine Mischung aus Natriumhydrogencarbonat und Zitronensäure in der Hauptsache Wasser und Kohlendioxid ab. Mit Azodicarbonat wird eine Gasausbeute von 32 % an N₂, CO, CO₂ und NH₃ erreicht – neben 68 % an festen Rückständen [3]. Diese nicht flüchtigen Zersetzungsprodukte schränken den Einsatz der chemischen Treibmittel erheblich ein und sind ein wichtiges Unterscheidungskriterium zu den inerten physikalischen Treibmitteln. Die Zersetzungsprodukte können z. B. die Werkzeugkorrosion forcieren oder Abbaureaktionen im Basispolymer auslösen. Auch Geruchsbelästigungen sind bekannt.

Durch den Einsatz typischer physikalischer Treibmittel wie Stickstoff (N₂) oder Kohlendioxid (CO₂) werden solche Einflüsse vollständig ausgeschlossen, da es sich bekanntermaßen um Inertgase handelt. Die physikalischen Treibmittel werden im überkritischen Zustand unter Druck in das aufgeschmolzene Matrixpolymer eingear-

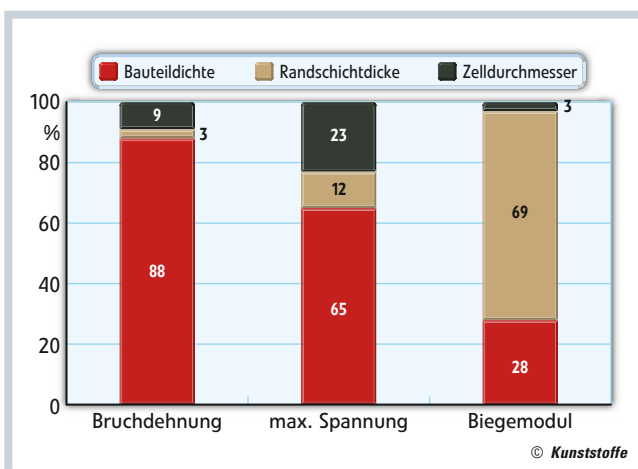


Bild 2. Biegebeanspruchung bei einem Bauteil aus Polybutylenterephthalat (PBT): Die Grafik zeigt den hauptsächlich Einfluss der Randschichtdicke auf den Biegemodul, wohingegen die Bauteildichte den Haupteinflussfaktor für Spannungen und Bruchdehnung darstellt

(Quelle [4]: IKV Aachen)

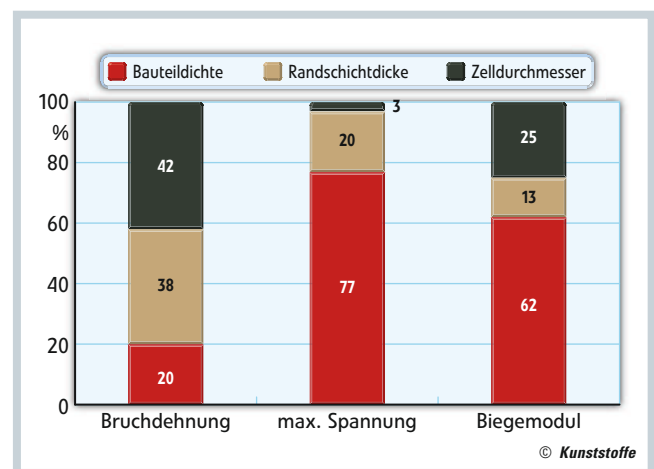


Bild 3. Zugbeanspruchung bei einem Bauteil aus PBT: Die Grafik zeigt, dass Spannung und Biegemodul in hohem Maße von der Bauteildichte bestimmt sind. Die Bruchdehnung hingegen wird mehr durch Randschichtdicke und Zelldurchmesser beeinflusst. Eine grobe Zellstruktur und geringe Randschichtdicken verringern die Bruchdehnung (Quelle [4]: IKV Aachen)

beitet [1]. Dieser Prozess erfordert anlagentechnisch einen höheren Aufwand als das TSG-Verfahren auf Basis chemischer Treibmittel. Von einer Treibflüssdosierstation wird das physikalische Treibmittel direkt in den Schneckenzyylinder injiziert, dort von einer Spezi­alschnecke in die Kunststoffschmelze eingemischt und in Lösung gehalten (Bild 1).

Bessere mechanische Eigenschaften mit physikalischen Treibmitteln

Beim Arbeiten mit chemischen Treibmitteln werden konventionelle Plastifizieraggregate an Spritzgießmaschinen eingesetzt. Die chemischen Treibmittel werden dem Granulat in der Regel als Konzentrat

mini­ert bei diesem Beanspruchungsfall die Randschicht in einem Bauteilquerschnitt. Die Randschichtdicke wiederum hängt stark von den Prozessparametern ab – mit steigender Massetemperatur nimmt die Dicke der kompakten Randschicht zu, aber auch die Zelldichte steigt an [5].

Im Vergleich der Zellstrukturen ist bekannt, dass sich beim Schäumen mit physikalischen Treibmitteln feinzelligere (mikrozelluläre) und homogenere Zellstrukturen (Zelldichten 10^9 bis 10^{12} Zellen pro cm^3) erzielen lassen als mit dem chemischen Schäumen. Zudem lassen sich prozessbedingt die bauteilspezifischen Eigenschaften gezielter einstellen. Als weiteres Differenzierungsmerkmal zwischen physikalischem und chemischem

qualität – eliminieren, ist das Schaumspritzgießen dem Kompaktspritzgießen zu einem echten Wettbewerb erwachsen. Der Schlüssel dazu liegt (derzeit) in der Werkzeugtemperierung. Die neuen Temperiertechniken (dynamische Variothermverfahren) eröffnen weitere Einsatzbereiche für das Schaumspritzgießen. Auch wird man sich in Zukunft wissenschaftlich verstärkt mit der Schäumphase im Werkzeug beschäftigen müssen, um die Potenziale des TSG weiter auszu­schöpfen.

Aufgrund der eingangs beschriebenen vielschichtigen Vorteile des TSG-Verfahrens im Vergleich zum Kompaktspritzgießen sollten Spritzgießbetriebe die Technologie des physikalischen Schäumens vermehrt als Alternative zum Standard-Spritzgießen einsetzen, um die Produktivität ihrer Fertigung zu erhöhen. ■

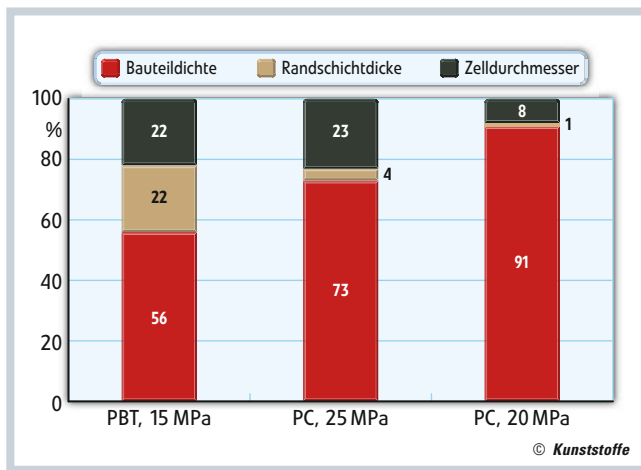


Bild 4. Die Grafik zeigt den dominanten Einfluss der Bauteildichte auf den Kriechmodul, unabhängig vom untersuchten Polymer

(Quelle [4]: IKV Aachen)

vor oder im Maschinentrichter zugegeben. Um nun die Druckzustände im Schneckenorraum zu beherrschen, muss die Maschine mit einer Verschlussdüse und einer aktiven Lageregelung der Schneckenposition ausgestattet sein.

Im Vergleich zu kompakt gespritzten Bauteilen zeichnen sich geschäumte Bauteile durch ihre gewichtsbezogenen mechanischen Eigenschaften sowie durch ihre akustischen und Wärmedämmeigenschaften aus. Der Einfluss der Schaumstruktur auf die mechanischen Eigenschaften von Bauteilen wurde in verschiedenen Arbeiten [4, 5] untersucht, so etwa der Einfluss der Schaumstruktur auf charakteristische Kennwerte bei verschiedenen Belastungsarten (Bilder 2 bis 4). Gewichtet sind die Einflüsse hierbei nach Bauteildichte, Randschichtdicke und Zelldurchmesser.

Jede Bauteil­auslegung verlangt die Kenntnis der lokalen Werkstoffeigenschaften; diese hängen wesentlich von der Schaumstruktur ab. Betrachtet man z. B. die Schlag­zähigkeit eines Bauteils, so do-

Schäumen sind die Zelldurchmesser ($d_{\text{phys.}} < 100 \mu\text{m}$) und die Bauteildichte (Schaumdichte $\rho_{\text{phys.}} = 0,1 - 0,5 \text{ g/cm}^3$) zu nennen. Auch diese Merkmale lassen sich durch die Prozessführung beeinflussen.

Leider liegen derzeit noch keine vergleichenden wissenschaftlichen Untersuchungen zu dieser Thematik vor, aber als logische Schlussfolgerung kann zusammenfassend gesagt werden, dass der gezielte Einsatz physikalischer Treibmittel zu besseren mechanischen Bauteileigenschaften führt, als dies mit chemischen Treibmitteln möglich ist. Hinzu kommen die eingangs beschriebenen Nachteile, die aus den Zersetzungsprodukten der chemischen Treibmittel resultieren. Für die meisten Einsatzfälle wird daher empfohlen, vorzugsweise inerte physikalische Treibfluide zu verwenden.

Fazit

Mit den heute verfügbaren Lösungen, die den einzigen echten Nachteil des TSG-Verfahrens – die schlechte Oberflächen-

LITERATUR

- 1 Altstädt, V.; Mantey, A.: Thermoplast-Schaumspritzgießen. Carl Hanser Verlag, München 2010
- 2 Habibi-Naini, S.: Neue Verfahren für das Thermoplastspritzgießen. Dissertation, RWTH Aachen 2004
- 3 Throne, J. L.: Thermoplastic foams. Sherwood Publishers, Hinckley, Ohio 1996
- 4 AiF-Vorh.-Nr. 15010 N: Charakterisierung spritzgossener thermoplastischer Schäume. IKV Aachen 2009
- 5 Jaeger, A.; Musialek, M.; Schulte, M.: Maßgeschneiderte Polyamide für das physikalische Schäumen. Kunststoffe 100 (2010) 10, S. 227–231

DIE AUTOREN

DR.-ING. ERWIN BÜRKLE, geb. 1942, und DR.-ING. HANS WOBBE, geb. 1951, haben sich nach einer langen Karriere im Maschinenbau zu einer Partnerschaft zusammengetan, die Entwicklungen in der Kunststoffverarbeitung anstößt und begleitet. Sitz des Büros Wobbe – Bürkle – Partner ist Hitzacker/Elbe; www.wb-partner.com

SUMMARY

BETTER THAN COMPACT INJECTION MOLDING?

FOAM INJECTION MOLDING. Used by few processors in the past, the special process of injection molding for foamed components has grown to be widespread in recent years. The increased variety of applications leads to the question: Has the foam injection molding of thermoplastics been tapped to full potential yet? Or can the process be an alternative of standard injection molding enabling processors to step up their productivities?

Read the complete article in our magazine

Kunststoffe international and on www.kunststoffe-international.com