

› Gewichtsreduktion bei guten mechanischen Eigenschaften

Thermoplastschäume für Leichtbauanwendungen

Das Thermoplastschaumspritzgiessen (TSG) wird zur Herstellung von dickwandigen Geometrien, zur Vermeidung von Einfallstellen und zur Gewichtseinsparung eingesetzt. Spritzgegossene Integralschäume bieten zudem durch ihren sandwichähnlichen Aufbau ein hohes Leichtbaupotenzial bei sehr biegesteifen Bauteileigenschaften.

› Frank Ehrig¹

Integralschäume sind Schaumstoffe mit einer kompakten Aussenhaut und einem porösen Kern, wobei die Kerndichte in Richtung der Bauteilmitte kontinuierlich abnimmt. Zur Erzielung einer hohen Steifigkeit und Festigkeit sollte die Aussenhaut möglichst kompakt sein, im möglichst hohen Aufschäumgrad erreicht werden. Dabei ist das Ziel die Erzeugung einer gleichmässigen Blasenverteilung mit vielen, eher kleinen Blasen, denn grosse Blasen wirken als Schwachstelle unter mechanischer Belastung. Ein bedeutendes Verfahren zur Herstellung sogenannter Integralschäume ist das Thermoplastschaumspritzgiessen (TSG). Die Schaumstruktur kann dabei durch chemische und physikalische Treibmittel erzielt werden. Im Rahmen des Projektes wurden auf einer Battenfeld Spritzgiessmaschine Smartpower 60/130 anhand eines einfachen Versuchsbauteils (Platte: 150×40×5 mm³) die Einflüsse der Prozessparameter und der Schäumtechnologien (chemisch, physikalisch) auf das Gewicht und den Biegemodul untersucht [1]. Im Hinblick auf Leichtbauanwendungen werden im Projekt Integralschäume aus Polyamid hergestellt. Zum Einsatz kamen die unverstärkten Typen Grilon TS und Grilon A der Ems-Chemie.

Chemisches und physikalisches Schäumen

Das einfachste Verfahren für die Herstellung von geschäumten Bauteilen ist das Schaumspritzgiessen mit chemischen

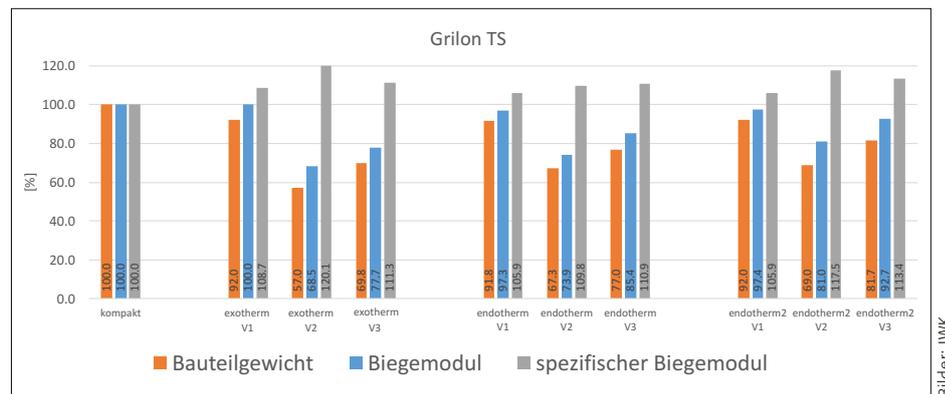


Bild 1: Bauteilgewicht und Biegemodul in Abhängigkeit des verwendeten Treibmittels.

Treibmitteln. Im Vergleich zum Kompaktspritzgiessen wird dem Granulat ein chemisches Treibmittel als Masterbatch zudosiert. Die chemischen Treibmittel zersetzen sich oberhalb einer bestimmten Temperatur und setzen dabei Gase, wie Stickstoff oder Kohlendioxid, frei. Die Zersetzungstemperatur des Treibmittels muss unter der Schmelzetemperatur des Polymers liegen. Beim Schäumen mit chemischen Treibmitteln kann eine konventionelle Spritzgiessmaschine verwendet werden und so entfallen zusätzliche Investitionskosten. Im Vergleich zu den chemischen Treibmitteln findet bei den physikalischen Treibmitteln keine Zersetzungsreaktion statt. Physikalische Treibmittel sind Fluide, welche der Polymerschmelze direkt zudosiert werden. Für die Aufschäumung des Kunststoffes sorgt dabei keine chemische Reaktion, sondern eine physikalische Ausdehnung des Fluids durch Druck- und Temperaturunterschiede. Die weit verbreitetsten Inertgase sind dabei Kohlendioxid und Stickstoff. Im Projekt wurde für das physikalische Schäumen das heute nicht mehr kommerziell erhältliche System Optifoam der Sulzer Mixpac AG verwendet. Bei beiden Schäumverfahren muss zwin-

gend eine Nadelverschlussdüse an der Plastifiziereinheit vorhanden sein, da die Schmelze unter Druck gehalten werden muss, um ein frühzeitiges Aufschäumen zu verhindern.

Versuchsergebnisse

In verschiedenen experimentellen Versuchsreihen wurden sowohl Integralschäume durch physikalisches Schäumen oder durch Zugabe von chemischen Treibmitteln im Spritzgiessprozess hergestellt. Die jeweiligen Gewichtseinsparungen, Gefügestrukturen und Biegeelastizitätsmoduli wurden bestimmt und einander gegenübergestellt. Der Biegeelastizitätsmodul wurde hierbei im 3-Punkt-Biegeversuch nach DIN EN ISO 178 ermittelt. Beispielhaft werden im Folgenden einige Ergebnisse für das Polyamid Grilon TS vorgestellt. Es wurden Versuchsreihen gefahren mit minimaler (V1) und maximaler (V2) Treibmitteldosierung und eine Optimierungsversuchsreihe gefahren (V3), um eine feinere und homogenere Schaumstruktur zu erreichen. Hierzu wurde das Einspritzvolumen erhöht und dadurch eine geringere Gewichtsreduktion in Kauf genommen. Bild 1 zeigt das Gewicht und

¹ Prof. Dr.-Ing. Frank Ehrig, Institutsleiter IWK

den Biegemodul für die Versuchseinstellungen im Vergleich zum kompakten Bauteil. Wie zu erwarten nimmt der Biegemodul mit zunehmender Gewichtseinsparung ab. Es ist festzustellen, dass bei grösserer Gewichtseinsparungen der Biegemodul auch stärker abnimmt. Somit wird bei der maximalen Gewichtseinsparungen von 43 % eine Reduktion des Biegemoduls von knapp 32 % erzeugt. Anhand des spezifischen Biegemoduls von V2 und V3 ist zu erkennen, dass der Biegemodul nicht identisch zur Gewichtseinsparung zunimmt. Daher wäre es interessant den Biegemodul noch genauer bei kleineren Sprüngen in der Gewichtseinsparung zu untersuchen, um einen möglichst hohen spezifischen Biegemodul zu erreichen.

In einer folgenden Versuchsreihe wurden Versuche mit verschiedenen Schmelzedosiervolumen durchgeführt, da durch das Dosiervolumen die Gewichtsreduktion direkt beeinflusst wird. Somit kann das optimale Verhältnis zwischen Gewicht und Biegemodul ermittelt werden. Dabei ist wichtig, dass die Biegemodule der einzelnen Versuchsreihen nicht miteinander verglichen werden können, da diese nicht im gleichen Zeitabstand nach der Verarbeitung getestet werden konnten.

Bild 2 zeigt die Abhängigkeit des Bauteilgewichts und des Biegemoduls vom dosierten Schmelzevolumen für ein endotherm wirkendes, chemisches Treibmittel. In orange ist das Gewicht in % und in blau der Biegemodul in % dargestellt. Dabei steht ein Balkenpaar jeweils für ein Dosiervolumen. Mit abnehmendem Dosiervolumen wird das Werkzeug also weniger gefüllt und das Polyamid kann so mehr aufschäumen. Bei dem endothermen Treibmittel wäre die beste Kombination zwischen Gewicht und Biegemodul bei einer Gewichtseinsparung von 66 %, also einem Dosiervolumen von 25 ccm.

Zusätzlich zu den physikalischen Werten wurden auch die Schaumstrukturen näher untersucht. Anhand des Treibmittels endotherm2 und des Polyamids Grilon TS wird die unterschiedliche Schaumstruktur zwischen V1 und V2 dargestellt, also der minimalen und maximalen Treibmitteldosierung. In Bild 3 oben ist die Schaumstruktur bei minimaler Dosierung (V1; Gewichtsreduktion von 8 %) dargestellt. Hierbei ist gut zu sehen, dass sich nur wenige Blasen

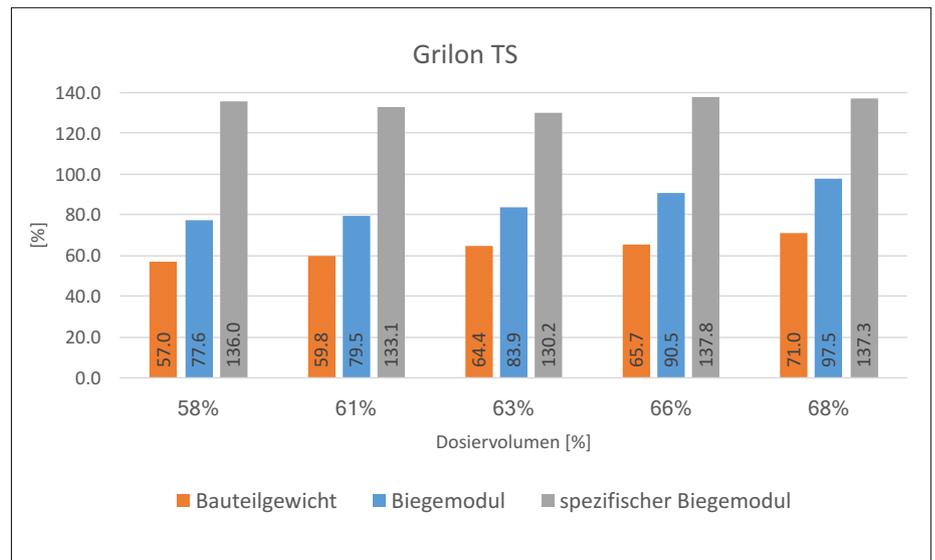


Bild 2: Bauteilgewicht und Biegemodul in Abhängigkeit des Dosiervolumens für ein endothermes chemisches Treibmittel.

gebildet haben und die typische Integral-schaumstruktur nicht zu erkennen ist. Hingegen in Bild 3 unten (V2, Gewichtsreduktion 31 %) ist eine schöne Integral-schaumstruktur zu erkennen. Dabei ist der Kern gleichmässig mit vielen kleinen Blasen ausgeschäumt und die Deckschichten sind nahezu kompakt. Diese Ergebnisse sind tendenziell bei allen Treibmitteln und bei beiden Polyamiden der Fall. Daher wurde auch bei allen Treibmitteln die maximale Dosierung gewählt, um überhaupt eine schöne Schaumstruktur erreichen zu können.

In anschliessenden Versuchen mit physikalischen Treibmitteln konnten grössere Gewichtseinsparungen erzielt werden, allerdings mit grösseren Blasen, was sich negativ auf den Biegemodul ausgewirkt

hat. Hier folgen weitere Versuche mit Nukleierungsmittel, um eine bessere Schaumverteilung zu erzielen.

Fazit

Die grundlegenden Versuche haben das Leichtbaupotenzial aufgezeigt. Durch weitere Optimierungen im Zusammenspiel von Kunststoff, Treibmittel, Nukleierungsmittel und Prozessparameter lassen sich die erzielten Ergebnisse noch verbessern. Um die mechanischen Eigenschaften weiter zu verbessern, bietet sich die Kombination mit faserverstärkten Deckschichten zum Beispiel im 2K-Spritzgiessen als interessante Option an.

Literatur

[1] J. Hollender: Untersuchung des Potenzials für Integralschäume aus Polyamid für Leichtbauanwendungen, unveröffentlichte Bachelorarbeit an der HSR, Rapperswil, 2018

Kontakt

IWK Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung an der HSR
 Projektteam: Prof. Dr. Frank Ehrig, MSc.
 Curdin Wick, Micha Loibl, Jasper Hollender
 Oberseestr. 10
 CH-8640 Rapperswil
 +41 55 222 47 70
 curdin.wick@hsr.ch
 www.iwk.hsr.ch

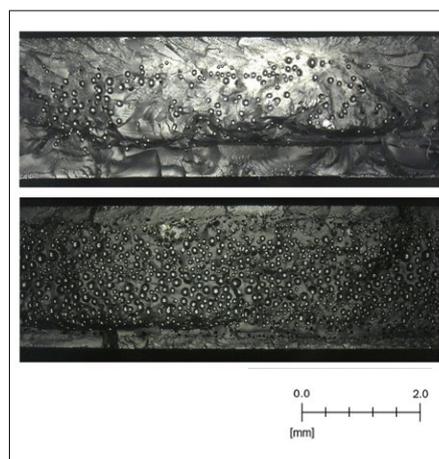


Bild 3: Schaumstruktur für Grilon TS und Treibmittel endotherm2, V1 und V2.