

Richtig schön geschäumt mit IML-Folien

Wie beeinflusst die Treibmittelbeladung Label-Haftung und Formteileigenschaften?

Das Thermoplast-Schaumspritzgießen ermöglicht durch die Treibmittelbeladung eine geringere Schmelzeviskosität, die auch für die Herstellung dünnwandiger Verpackungen attraktiv ist. Da spritzgegossene Verpackungen häufig im In-Mold Labeling dekoriert werden, ist es wichtig zu verstehen, wie das Treibmittel die Haftung zwischen Folie und Formteil beeinflusst, um eine Blasenbildung an der Grenzfläche zu vermeiden.



Die Auswahl der richtigen IML-Folie ist für optisch ansprechende Formteile entscheidend © IKV

Das Thermoplast-Schaumspritzgießen (TSG) ist ein etabliertes Spritzgieß-Sonderverfahren und wird vor allem in der Automobilindustrie und für weiße Ware eingesetzt [1, 2]. Das Verfahren erlaubt es, sowohl das Formteilmgewicht als auch den Verzug zu reduzieren. Die Treibmittelbeladung führt zudem zu einer geringeren Schmelzeviskosität und ermöglicht es, höhere Fließweg/Wanddicken-Verhältnisse und geringere Verarbeitungsdrücke zu realisieren [3–5].

Dieser Punkt ist besonders in der Verpackungsindustrie von Interesse, da bei spritzgegossenen Verpackungen Fließweg/Wanddicken-Verhältnisse von 200 bis 400 bei Wanddicken von 0,2 bis 0,6 mm die Regel sind [6]. Da die Materialkosten in der Verpackungsindustrie bis zu 70% der Stückkosten betragen, ist eine Materialeinsparung nicht nur aus ökologischer, sondern auch aus wirtschaftlicher Sicht sinnvoll. Durch die Treibmittelbeladung

wird der Einsatz von Werkstoffen mit höherer Viskosität möglich, die verglichen mit leicht fließenden Werkstoffen bessere mechanische Eigenschaften haben [7]. Bei niedrigviskosen Polypropylytypen für Verpackungsanwendungen sinkt mit der Viskosität der E-Modul und insbesondere das Impact-Verhalten [8].

Spritzgegossene Verpackungen werden überwiegend im IML-Verfahren (In-Mold Labeling) dekoriert [9]. Dabei kommen bedruckte Folien zum Einsatz, die einen mehrschichtigen Aufbau haben, um die Anforderungen an Barriere-, optische und haptische Eigenschaften zu erfüllen. Von Interesse für die Haftung sind die Oberflächeneigenschaften auf der dem Formteil zugewandten Seite. Diese Innenseite der Folien ist in der Regel vorbehandelt und soll einen guten Verbund zum Formteil ermöglichen.

Darüber hinaus ist der Werkstoff im Kern der Folie von Interesse, da hier

neben orientiertem Polypropylen (OPP, PP-O) auch EVOH-Schichten (Ethylen-Vinylalkohol-Copolymer) verwendet werden. Diese Folienschichten weisen eine geringe Sauerstoffpermeabilität auf und haben sich bei leicht verderblichen Lebensmitteln bewährt.

Von geschäumten technischen Bauteilen ist bekannt, dass die nachträgliche Ausgasung des Treibmittels zu einer unerwünschten Blasenbildung unter der Folie führen kann [10]. Daher ist die Kombination des TSG mit IML-Folien eine Herausforderung. Den Einfluss des Treibmittels auf den Verbund zu analysieren ist notwendig, um Ursachen für die Blasenbildung zu verstehen und die Potenziale des TSG im Verpackungssegment nutzbar zu machen.

Geringerer Einspritzdruck durch Treibmittelbeladung und IML-Folie

Das Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) an der RWTH Aachen hat für drei Polypropylytypen (Tabelle 1) untersucht, wie sich die Treibmittelbeladung auf den Folienverbund auswirkt. Dazu wurde das MuCell-Verfahren (Anbieter: Trexel GmbH, Gummersbach) auf einer Spritzgießmaschine des Typs Allrounder 520 A 1500–400 (Hersteller: Arburg GmbH + Co KG, Loßburg) eingesetzt. Nach Voruntersu-

Hersteller	Bezeichnung	MFR (230°C, 2,16 kg)
LyondellBasell	Moplen EP600V	100 g/10 min
Sabic	Sabic PP FPC45	45 g/10 min
Sabic	Sabic PP PHC27	14 g/10 min

Tabelle 1. Diese Polypropylytypen wurden in den Versuchen mit dem MuCell-Verfahren verarbeitet Quelle: IKV

chungen wurde entschieden, die Schmelze mit 1 % Stickstoff zu beladen. Dies ermöglicht eine Viskositätsreduktion bei gleichzeitig hoher Reproduzierbarkeit, trotz der kurzen Dosierzeiten.

Als Versuchsobjekt diente eine Platte mit den Maßen 160 x 80 x 0,5 mm (**Bild 1**). Da keine Punktsymmetrie im Formteil vorliegt, kommt es zu einem höheren Druck an den kürzeren Seiten der Platte (verglichen mit den längeren Seiten), der durch eine Fließhilfe homogenisiert wird. Zur Auslegung der Fließhilfe wurde der Füllvorgang simuliert.

Die Versuche im Technikum wurden mit mehreren Folientypen durchgeführt, die unterschiedliche optische und haptische Eigenschaften aufweisen (**Tabelle 2**). Dabei wurden die Folien von einem Handlinggerät des Typs W822-1396 (Her-

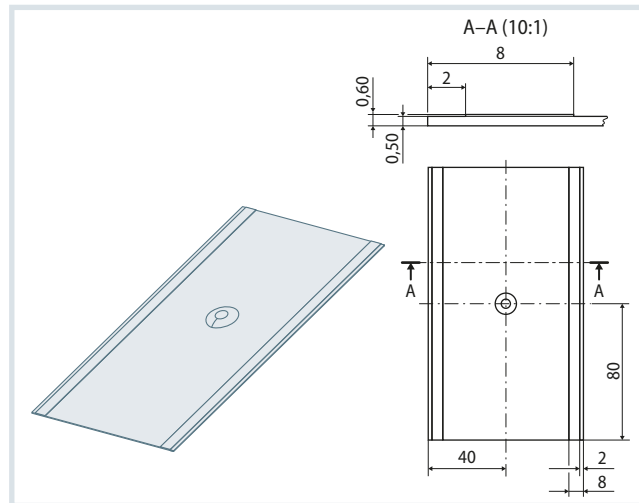


Bild 1. Für die Versuche wurde eine Plattengeometrie mit Fließhilfen verwendet

Quelle: IKV; Grafik: © Hanser

Hersteller	Bezeichnung	Beschreibung	Dicke [µm]
Treofan Germany	EUP	weiß, matt, Soft-touch	60
Treofan Germany	ELR	weiß, eine Seite glänzend	70
Taghleef Industries	LIH	weiß, beide Seiten glänzend	50
Taghleef Industries	LIT	transparent, glänzend	55
Propyplast	LMG W	weiß, eine Seite glänzend	65
Verstraete IML	O2 BAR	Barrierefolie	65
Verstraete IML	Reverse	rückseitig bedruckt	65

Tabelle 2. Für die Hinterspritzversuche wurden IML-Folien mit unterschiedlichen Dicken sowie optischen und haptischen Eigenschaften ausgewählt Quelle: IKV

steller: Wittmann Kunststoffgeräte GmbH, Wien/ Österreich) in die Kavität eingelegt und durch elektrostatische Aufladung fixiert.

Referenzuntersuchungen ohne IML-Folie zeigen erwartungsgemäß, dass der Einspritzdruck durch die Treibmittelbelastung im Vergleich zum Kompaktspritzgießen sinkt. Bei PHC27 wird die höchste Druckabnahme (bis zu 18 %) gemessen (**Bild 2**), wobei die prozentuale Druckabnahme mit der Einspritzgeschwindigkeit steigt. Bei denselben Prozessparametern, wie im grau hinterlegten Zentralpunkt, werden die IML-Versuche für PHC27 durchgeführt. Durch das Einlegen der IML-Folien sinkt der Druckbedarf geringfügig weiter um bis zu 31 bar bei Einsatz der 55 µm dicken LIH-Folie (**Bild 3**). Grund für den geringeren Einspritzdruck bei Verwendung eines Folieneinlegers ist die höhere Kontakttemperatur durch die Folie. Es lässt sich jedoch keine Korrelation

zwischen Foliendicke und Druckbedarf feststellen.

Einfluss auf die Folienhaftung und das optische Erscheinungsbild

In Abhängigkeit der eingesetzten Folie werden unterschiedliche Oberflächenqualitäten erzielt. Bei den Typen EUP, ELR, LIH und LIT weisen die Prüfkörper eine gleichmäßige Oberfläche ohne erhabene Strukturen auf. Bei den Folien LMG W, O2 BAR und Reverse bilden sich allerdings sichtbare Blasen, was für Verpackungsanwendungen nicht akzeptabel ist. Eine mögliche Erklärung dafür stellt der laut Herstellerangaben im Vergleich zu den anderen Folien unterschiedliche Schichtaufbau dar. Die O2 BAR verfügt als einzige Folie über einen EVOH-Kern. Die Sauerstoffpermeabilität der Folie ist mit $1,1 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag} \cdot \text{bar})$ um den Faktor 400 bis 1100 geringer als bei den übrigen »

IR-CLEAN®



Dekontamination von PET Post-Consumer Flakes für Lebensmittelverpackungen



Kontinuierlicher Prozess



Dekontamination & Trocknung in einem Schritt



Einfache Nachrüstung



www.kreyenborg.com

KREYENBORG ★★

Folien. Deshalb ist die Permeabilität vermutlich auch für das Treibmittel Stickstoff eingeschränkt. Die Blasen entstehen bei den Versuchen wie bei einem Post-Blow erst nach der Werkzeugöffnung und wachsen minutenlang weiter.

Die Permeabilität der beiden Folien LMG W sowie Reverse liegt mit 470 bzw. 889 cm³/(m² · Tag · bar) im selben Bereich wie die der übrigen Folien. Folglich kann die Blasenbildung als Folge der geringen Permeabilität der Folien ausgeschlossen werden. Sie lässt sich hingegen durch die Oberflächenbeschaffenheit auf der Verbundseite erklären: Die Reverse-Folie ist auf der inneren Seite bedruckt, was den Verbund zwischen Folie und Formteil schwächt. Dies ist auch an den Formteilen dadurch zu erkennen, dass sich die Bedruckung unterhalb von Blasen teilweise auf die Formteile überträgt.

TSG in Dünnwandanwendungen

Um die Potenziale des Thermoplast-Schaumspritzgießens vollumfänglich auszuschöpfen, müssen Anwender die Herausforderungen kennen und zielorientiert umgehen.

Potenziale:

- Die Treibmittelbeladung der Schmelze setzt die Glasübergangstemperatur und die Viskosität herab.
- Die geringere Viskosität ermöglicht entweder längere Fließwege oder eine Reduktion der Schmelzetemperatur oder des Einspritzdrucks.
- Das Treibmittel wirkt als prozessseitiger Nachdruck – das spart Zykluszeit und erlaubt die Füllung von dickeren Stellen am Fließwegende ohne Einfallstellen.

Herausforderungen:

- Durch die Treibmittelbeladung der Schmelze sinkt die Plastifizierleistung der Maschine.
- Die Treibmitteleinbringung erhöht die Komplexität des Prozesses.
- Aufgrund der veränderten rheologischen Eigenschaften sind die Materialdaten für die Bauteilauslegung möglicherweise weniger aussagekräftig.
- Bei Verpackungen kann das IML-Verfahren zur Blasenbildung führen. Mit einer passenden Folienauswahl und -konfektionierung können allerdings auch neue Designfreiheiten genutzt werden.

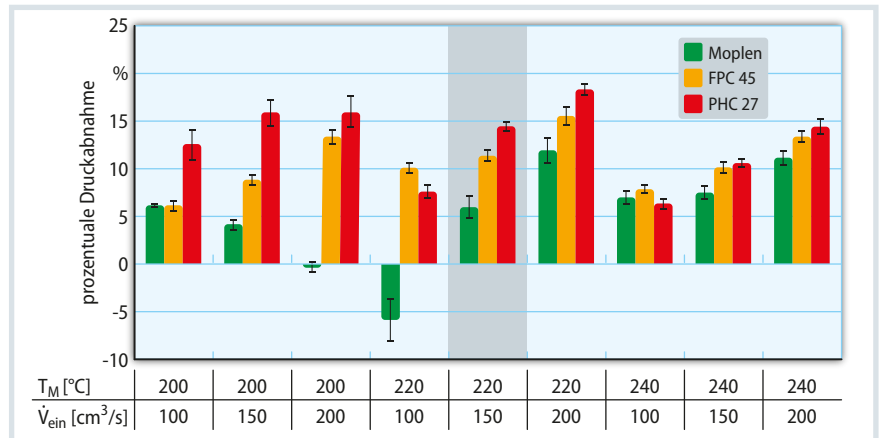


Bild 2. Durch die Treibmittelbeladung der Schmelze wird der Einspritzdruck reduziert

Quelle: IKV; Grafik: © Hanser

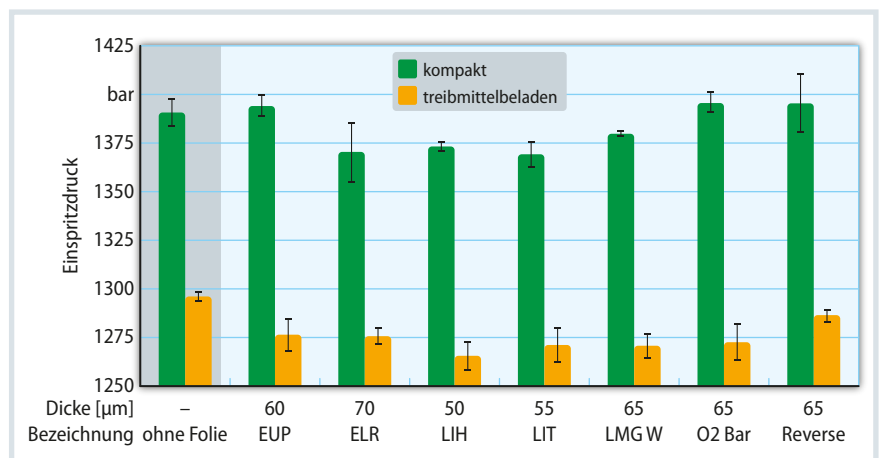


Bild 3. Einfluss verschiedener IML-Folien auf den Einspritzdruck mit und ohne Treibmittel bei PHC27 und einer 0,5 mm dicken Platte

Quelle: IKV; Grafik: © Hanser

Die geringere Haftfestigkeit ermöglicht dem Treibmittel die Blasenbildung an der Grenzfläche zwischen den Fügepartnern. Bei der Folie LMG W liegen wenig Informationen über die Oberflächenbehandlung vor. Da die Permeabilität der Folie hoch ist, wird ein Zusammenhang zwischen der Blasenbildung und der Oberflächenbehandlung der Folie als Grund für die Blasenbildung angenommen.

Neben dem Dekor des IML-Bauteils ist die erreichbare Haftfestigkeit zwischen Folie und Verpackung relevant. Mit dem Adhäsionsmessgerät LumiFrac 200 (Hersteller: LUM GmbH, Berlin) wurde die Verbundfestigkeit für alle Folien und Materialkombinationen bestimmt. Dabei lösen sich bei den blasenfreien IML-Formteilen nur einzelne Folienschichten oder die Bedruckung der Folien vom Formteil. Die Folihaftung lässt sich bei den vorliegenden Proben also rein optisch prüfen. Somit kann für die blasenfreien Produktkombinationen eine ausreichende

Verbundfestigkeit unabhängig von Folie und Material festgehalten werden.

Einfluss der Treibmittelbeladung auf den Formteilverzug

Der Formteilverzug ist ein weiteres wichtiges Qualitätsmerkmal. Für die Analyse des Verzugs werden die Probekörper im Profil fotografiert und die Aufnahmen anschließend mit dem Open-Source-Programm ImageJ ausgewertet. Durch ein Makro wird das Formteil automatisch vor dem Hintergrund erkannt und mit einem umhüllenden Rechteck umgeben. Die Höhe dieses Rechtecks wird im Folgenden als Verzug bezeichnet (**Bild 4**).

Entgegen den Erfahrungen mit geschäumten Formteilen nimmt der Verzug bei den untersuchten Platten ohne Folie durch die Treibmittelbeladung zu (**Bild 5**). Hier kann der Verzug bei größeren Wanddicken durch die Schaumbildung beim TSG reduziert werden [4]. Bei der gerin-

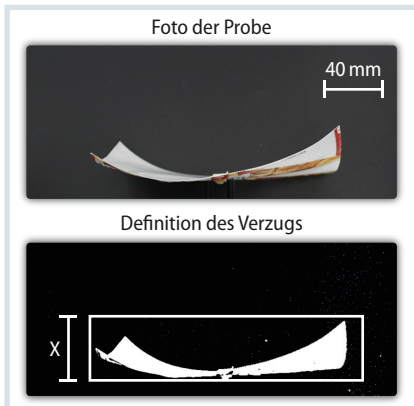


Bild 4. Der Verzug X wird als Abstand zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Punkt in der Seitenansicht der Platte definiert. Quelle: IKV;

Grafik: © Hanser

gen Wanddicke bildet sich aufgrund der hohen Abkühlgeschwindigkeit eine extrem feinzellige Schaumstruktur, weil die Zellen nur eine geringe Zeit zur Expansion haben, sodass der Verzug nicht reduziert werden kann.

Der Einfluss der Treibmittelbeladung auf den Verzug ist im Vergleich zum Einfluss der Folien gering (**Bild 5**). Grund für den höheren Verzug mit Folieneinleger sind die geänderten Abkühlbedingungen auf einer Seite des Formteils. Der Verzug ist nicht maßgeblich von der Foliendicke abhängig, sondern von der Art der Folie. Lediglich bei der EUP, einer Softtouch-Folie, kann bei Treibmittelbeladung ein geringerer Verzug gegenüber der Referenz ohne Folie erreicht werden. Dies liegt vermutlich am besonderen Schichtaufbau, der den Softtouch-Effekt erzeugt. Die Folie wird vom Hersteller als verzugsfreie Dekorationsfolie beworben. Die Folie LIT führt zum größten Formteilverzug trotz der geringen Dicke von 55 µm.

renz ohne Folie erreicht werden. Dies liegt vermutlich am besonderen Schichtaufbau, der den Softtouch-Effekt erzeugt. Die Folie wird vom Hersteller als verzugsfreie Dekorationsfolie beworben. Die Folie LIT führt zum größten Formteilverzug trotz der geringen Dicke von 55 µm.

Fazit

Das TSG zeigte in den praktischen Versuchen einige Vorteile gegenüber der konventionellen Verarbeitung. Daher ist der Einsatz dieses Verfahrens in einigen Verpackungsanwendungen sinnvoll und die Wirtschaftlichkeit sollte bei der Neukonzeptionierung von Verpackungen als Alternative geprüft werden. Die geringeren Verarbeitungsdrücke ermöglichen eine Wanddickenreduktion gegenüber der kompakten Referenz. In weiterführenden Versuchen mit der Plattengeometrie konnte die Wanddicke von 0,25 mm auf 0,20 mm bei gleichem Einspritzdruck reduziert werden.

Mit einer geeigneten Folie ist die Dekoration geschäumter Verpackungen im IML-Verfahren möglich, ohne dass es zu einer Blasenbildung zwischen Folie und Formteil kommt. Neben der Sauerstoffpermeabilität ist vermutlich auch die Oberflächenbehandlung der Folie entscheidend, beides wird häufig vom Hersteller angegeben. Bei den untersuchten Folien ist bei einem blasenfreien Verbund die Verbindung zwischen den Folienschich-

ten geringer als die Haftung der Folie auf dem Formteil. Daher kann als weiteres Indiz für die Eignung der Folie der Verbund optisch kontrolliert werden.

Der Verzug der Formteile hängt ebenfalls stark von der verwendeten Folie ab, daher ist die Folienauswahl auch zur Verzugsoptimierung wichtig. Weitere mögliche Einflüsse auf den Einspritzdruck und resultierenden Bauteilverzug, wie z.B. die thermische Leitfähigkeit oder spezifische Folieneigenschaften, müssen erst noch analysiert werden. ■

Die Autoren

Prof. Dr.-Ing. Christian Hopmann ist

Leiter des Instituts für Kunststoffverarbeitung (IKV) und Inhaber des Lehrstuhls für Kunststoffverarbeitung an der RWTH Aachen.

Yuxiao Zhang, M.Sc. RWTH, war bis Dezember 2020 wissenschaftliche Mitarbeiterin am IKV und leitete dort die Arbeitsgruppe Schaumspritzgießen.

Jan Wolters, M.Sc. RWTH, ist seit Dezember 2020 wissenschaftlicher Mitarbeiter am IKV und leitet dort die Arbeitsgruppe Schaumspritzgießen; jan.wolters@ikv.rwth-aachen.de

Dank

Das IGF-Forschungsvorhaben (20472 N) der Forschungsvereinigung Kunststoffverarbeitung wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundesrats gefördert.

Service

Literatur & Digitalversion

- Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/onlinearchiv

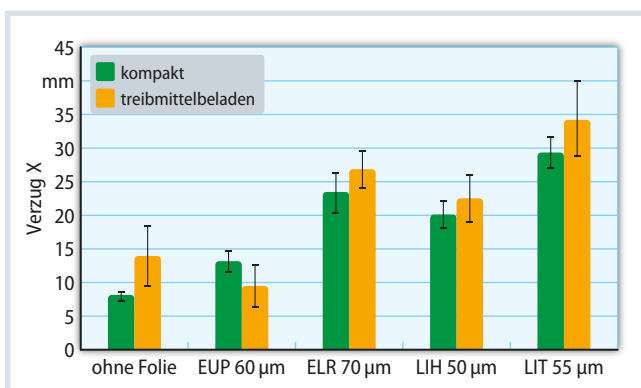


Bild 5. Einfluss der IML-Folie auf den Formteilverzug einer 0,5 mm dicken Platte aus PHC27. Quelle: IKV;

Grafik: © Hanser

Die Spritzguss-Simulation in Verbindung mit einer qualifizierten Validierung ermöglicht kritische Qualitätsmängel noch vor Produktionsbeginn zu beheben.

SIMULATION

ENGINEERING

INDUSTRIELLE MESSTECHNIK

www.units.ch

units®
DIE EINHEIT FÜR IHREN ERFOLG