

Schnell und schonend um die Kurve

Hochschule Darmstadt und MHT optimieren den Heißkanal für die PET-Preform-Produktion

Ein Paradoxon: Das sensible PET ist in der Verarbeitung besonders anspruchsvoll, weil es thermisch und mechanisch schnell degradiert, doch bei der Produktion von PET-Preforms ist der wichtige Heißkanal nur selten auf das einzelne Produkt ausgelegt. Viel häufiger nutzt ein Hersteller mehrere kalte Seiten mit einer heißen und fährt Artikel von 6 bis 40 g. In einem Forschungsprojekt untersuchten die Hochschule Darmstadt und der Werkzeugspezialist MHT nun, wie sich die Heißkanalauslegung auf die Preform-Qualität auswirkt.

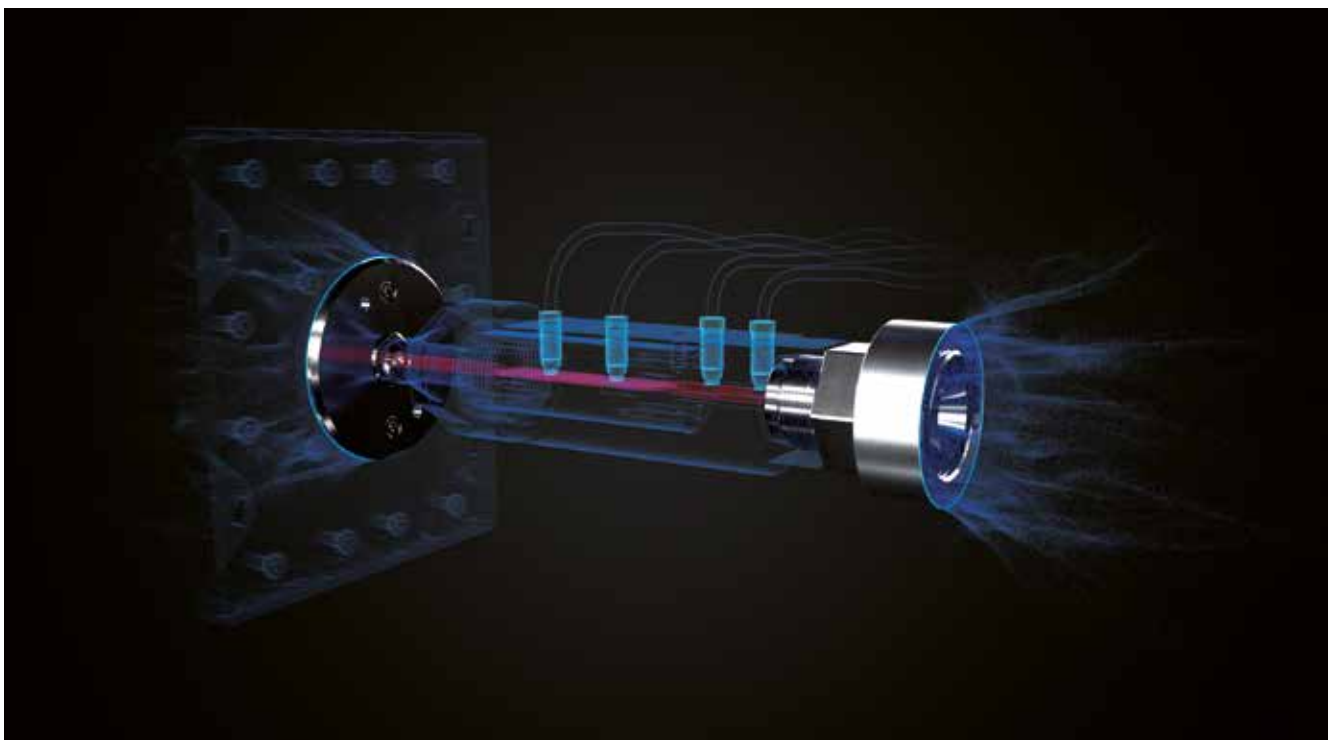
Es gibt sogar Staubsauger dafür: Hersteller von Preforms (den Rohlingen, die später zu PET-Flaschen aufgeblasen werden) kennen das Phänomen der Staubbildung bei der Produktion. Der PET-Staub entsteht durch die Degradation des hochempfindlichen Materials und den Abbau der langen Molekülketten durch thermische oder mechanische Beanspruchung. Er behindert die Kolbenbewegung des Nadelverschlusses und muss regelmäßig entfernt werden, weshalb mancher Werkzeugbauer

die Absaugeinrichtungen gleich selbst mit anbietet.

Viel besser wäre es jedoch, den Staub gar nicht entstehen zu lassen – und der Schlüssel dafür liegt im Heißkanal. Im Gegensatz zur Herstellung von hochpräzisen technischen Teilen ist der Heißkanal in der milliardenfachen Produktion von Preforms oft nicht für den einzelnen Artikel ausgelegt. Die meisten Hersteller kombinieren eine vorhandene heiße Seite (z. B. mit dem Formnestabstand 50 x 140 mm) mit passenden, aber ganz unter-

schiedlich konturierten kalten Seiten, so dass derselbe Heißkanal Preforms mit 6 oder 40 g, mit 30 oder 150 mm Länge versorgen muss. Zugleich sind in der preisensiblen Verpackungsbranche hohe Kavitätanzahlen bis zu 192 üblich. Je mehr Formnester und je länger die Fließwege (wie bei schlanken und dünnwandigen Preforms), desto höher die Ansprüche an den Heißkanal.

Das Institut für Kunststofftechnik der Hochschule Darmstadt (h_da) und die MHT Mold & Hotrunner Technology AG,



Die Online-Rheometerdüse ermöglicht Aussagen über den Schmelzustand an der Spitze der Plastifiziereinheit (© MHT)



Bild 1. Heißkanal des Versuchswerkzeugs mit drei Platten, um die Länge der Schmelzkanäle in einem 96-fach-Werkzeug zu simulieren

© MHT

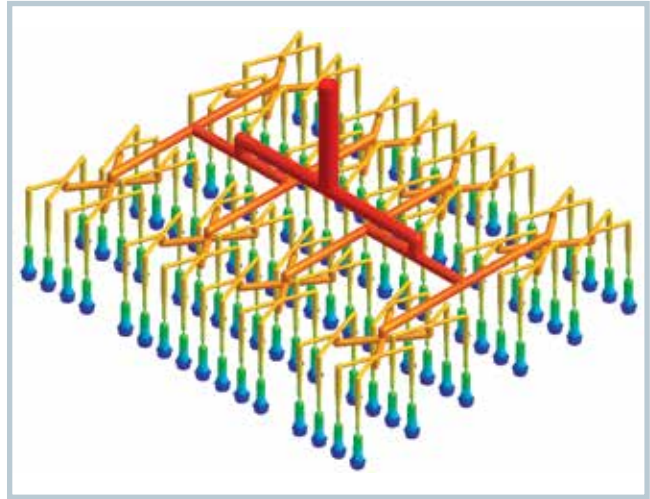


Bild 2. Die Simulation zeigt den Wärmestrom in einem 96-fach-Heißkanalsystem (© MHT)

Hochheim/Main, die über insgesamt 29 Patente in diesem Bereich verfügt, haben deshalb in einem öffentlich geförderten Forschungsprojekt zusammengearbeitet, um die thermischen und rheologischen Bedingungen in Preform-Werkzeugen zu untersuchen und den Heißkanal zu optimieren. Ziel war es, die Entstehung von PET-Staub zu reduzieren und dem Kunden so längere Wartungsintervalle zu ermöglichen.

4-fach-Werkzeug simuliert 96 Kavitäten

Am Anfang stand ein technischer Kniff. MHT baute ein 4-fach-Versuchswerkzeug (Preformgewicht: 12,5 g), das durch hintereinandergeschaltete Heißkanäle die Gegebenheiten in einer 96-fach-Form nachstellt (**Bild 1**). Integrierte Druck- und Temperatursensoren erlauben es, die Viskosität der Schmelze an verschiedenen Stellen zu messen.

An der Hochschule Darmstadt nahm ein siebenköpfiges Team das Werkzeug mit Entnahmeeinheit auf einer Spritzgießmaschine des Typs KM 160-540 PX mit Handlingsystem LRX100 (Hersteller: KraussMaffei Technologies GmbH, München) in Betrieb und entwickelte zusätzlich eine Online-Rheometerdüse für die Maschinendüse der Plastifiziereinheit (**Titelbild**). Sie zeichnet die wahre Viskosität beim Einspritzen auf und separiert so das Werkzeug von der Spritzgießmaschine. Auf diese Weise wird verhindert, dass maschinenseitige Einflüsse das Mess-

ergebnis im Versuchswerkzeug verfälschen. In die Online-Rheometerdüse können bis zu vier Druck- und Temperatursensoren eingebaut werden – damit lässt sich der Schmelzestand nach der Plastifiziereinheit zu jedem Zeitpunkt bestimmen.

Um die Geometrie beliebig zu verändern, sind verschiedene Einsätze vorhanden. Gleichzeitig simulierte man mithilfe einer Software den gesamten Wärmestrom in einem (echten) 96-fach-Werkzeug (**Bild 2**), um zu erkennen, ob in bestimmten Bereichen des Heißkanals Hotspots, also zu hohe Temperaturen, oder zu lange Verweilzeiten entstehen, was letztlich bei keinem Fördersystem auszu-schließen ist.

Preform-Hersteller sollten solche Problemzonen kennen, denn neben der Staubbildung kann sich der Abbau der Molekülketten auch auf die Teilequalität auswirken und etwa die Barriere- und Berstdruckbeständigkeit sowie die Geschmacksneutralität beeinträchtigen. In der Regel werden Heißkanalsysteme deshalb so ausgelegt, dass der Druckbedarf möglichst gering und die Verweildauer der Schmelze im System möglichst kurz ist – wobei man den Einfluss von Querschnittsprüngen und Umlenkungen berücksichtigen muss. Die Darmstädter Forscher haben hierzu zahlreiche Versuche durchgeführt und ein eigenes Werkzeug konstruiert (**Bild 3**), mit dem man gerade und gekrümmte Kanäle unterschiedlicher Durchmesser und das Verhalten diverser Kunststoffe untersuchen kann. Insgesamt

kamen neun Modelle zum Einsatz: jeweils die Winkel 180°, 90° und 45° mit den Durchmessern 4 mm, 6 mm und 8 mm.

Das Ergebnis: Bei visko-elastischen Flüssigkeiten, wie Kunststoffschmelzen, kann mit verminderten Druckverlusten an Krümmungen gerechnet werden (**Bild 4**). Ob dies auf die elastischen Eigenschaften in Form von Normalspannungen oder eher auf Schereffekte zurückzuführen ist, muss weiter analysiert werden. Da der Einfluss mit zunehmendem Kanaldurchmesser abnimmt, liegt es jedoch nahe, die Schereffekte als Ursache anzusehen.

Die Staubbildung hängt vom PET-Typ ab

Bei ersten Tests mit dem 4-fach-Versuchswerkzeug stellte sich heraus, dass die Staubbildung stark vom Materialtyp der verschiedenen Hersteller abhängt. Daher entschloss sich das Hochschulteam, diesem Phänomen gezielt nachzugehen und zu untersuchen, welche Sorten anfälliger für die Degradation sind. Man versuchte sogar, Staub selbst herzustellen und erkannte, dass es sich um einen gasförmigen Stoff aus Spaltprodukten, sogenannte Oligomeren, handelt, der aus dem PET austritt und dann an den metallischen Werkzeugoberflächen kondensiert.

Für die Untersuchung der PET-Typen verwendete man zum einen die thermische Analyse. Da die Verarbeitungstemperatur bei rund 280°C liegt, ist be- ➤

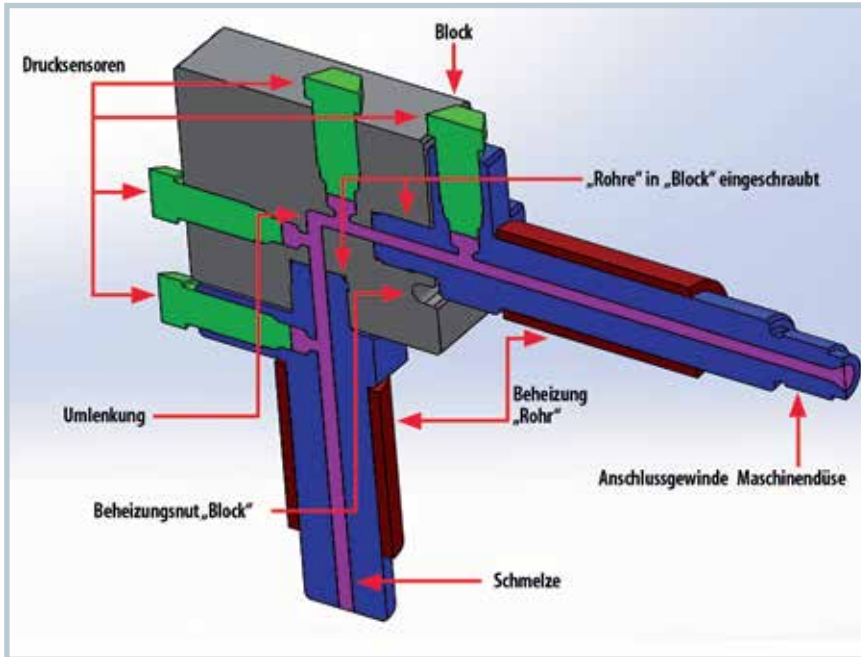


Bild 3. Versuchsaufbau mit einem Schmelzekanal mit 4 mm Durchmesser für die rheologische Berechnung (© Hochschule Darmstadt/MHT)

Die Autoren

Prof. Dr.-Ing. Thomas Schröder lehrt am Institut für Kunststofftechnik an der Hochschule Darmstadt; thomas.schroeder@h-da.de

Christian Tilsner M. Eng. ist Entwicklungsleiter bei der MHT Mold & Hotrunner Technology AG, Hochheim/Main; ctilsner@mht-ag.de

Dank

Das Projektteam bedankt sich beim Bundesministerium für Wirtschaft und Energie sowie der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) für die Förderung im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM, Projektnummer ZF4004201EB5).

Service

Digitalversion

➤ Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/8226354

English Version

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

sonders die Haltezeit bei dieser Temperatur interessant. Mit einer thermo-gravimetrischen Analyse (TGA) lässt sich prüfen, ob ein Abbau stattfindet und wenn ja, mit welcher Abbaurrate (mg/min).

Ein Teil der Analyse ist die dynamische Differenzkalorimetrie (differential scanning calorimetry, DSC), bei der ein zeitabhängiges Temperaturprofil auf das Material aufgebracht und die Differenz zwischen der zu- und der abgeführten Wärmemenge aufgezeichnet wird. Diese spiegelt die Energiemenge wider, die durch Aggregatzustandsänderungen und chemische Reaktionen entsteht, und erlaubt Rückschlüsse auf die thermische Stabilität und auf die Kettenlänge des

Polymers. Wenn man Verweilzeiten und Temperaturen unabhängig voneinander variiert, kann man eine starke Abhängigkeit zwischen Verweilzeit und Kristallisationstemperatur feststellen.

Auch ein Hochdruckkapillarviskosimeter (HKV) kam bei den Untersuchungen zum Einsatz. Damit lassen sich Viskositäten bei verschiedenen Schergeschwindigkeiten ermitteln. Indem man das Polymer unterschiedlich lange unter Temperatur im Zylinder hält und anschließend ein Schergeschwindigkeitsprofil abfährt, kann man die Viskositätsänderung durch den thermischen Abbau nachstellen (**Bild 5**).

Heißkanal für schnellen und schonenden Materialtransport

Insgesamt zeigten die Untersuchungen, dass sich die einzelnen PET-Typen deutlich in der Kettenlänge unterscheiden und offenbar mit Zusätzen versehen wurden, die die Kristallinität beeinflussen. Das Hochschulteam entwickelte eine Formel, die es nun ermöglicht, unter Berücksichtigung des Materialtyps, des Preformgewichts, der maximalen Verweilzeit und des Heißkanalvolumens zu berechnen, ob in der Produktion eine störende Menge PET-Staub entstehen wird. Daraus will MHT zukünftig ein Geschäftsmodell entwickeln, daher werden hier keine Details genannt.

Die Erkenntnisse aus der Grundlagenforschung flossen in die Konstruktion eines neuen Heißkanals ein, der das Material besonders schnell und schonend transportieren sollte. Verbaut in einem 96-fach-Prototypen-Werkzeug mit einem Formnestabstand von 50 x 140 mm, lief er bei

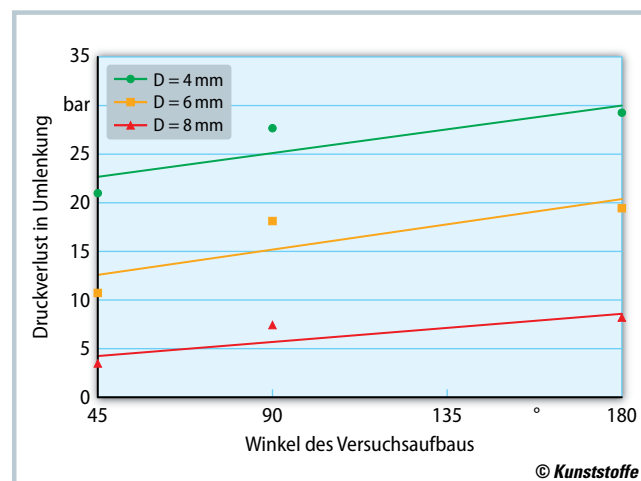


Bild 4. Je größer der Durchmesser des Rohres, desto geringer fallen die Druckverluste an Querschnittsprüngen aus (Quelle: Hochschule Darmstadt)

einem MHT-Kunden ein Jahr lang im Dauerbetrieb. Während der Testphase wurden regelmäßig Preformqualität und Staubbildung überprüft, Datenmesssysteme ausgelesen und Verschleißteile kontrolliert. Es zeigte sich, dass die Staubbildung in der Tat stark reduziert war – obwohl der Anteil an recyceltem Material bei rund 70 % lag.

Markteinführung zur K 2019

Der neue Zwei-Platten-Heißkanal, der aktuell noch weiterentwickelt wird und seine Markteinführung zur K im Oktober erleben soll, besteht aus mehreren standardisierten Einzelelementen, die in den Verteilerblock eingebracht werden. Die Schmelzezufuhr erfolgt zentral und die Schmelzkanäle sind natürlich balanciert. In der Schmelzeübergabe zwischen dem Kreuzverteiler und den beiden Angussbuchsen des Heißkanalverteilers sind Federn verbaut, die das System vorspannen. Dadurch ist es im kalten und im heißen Zustand vollständig geschlossen und dicht. Eine Adapterplatte ermöglicht die

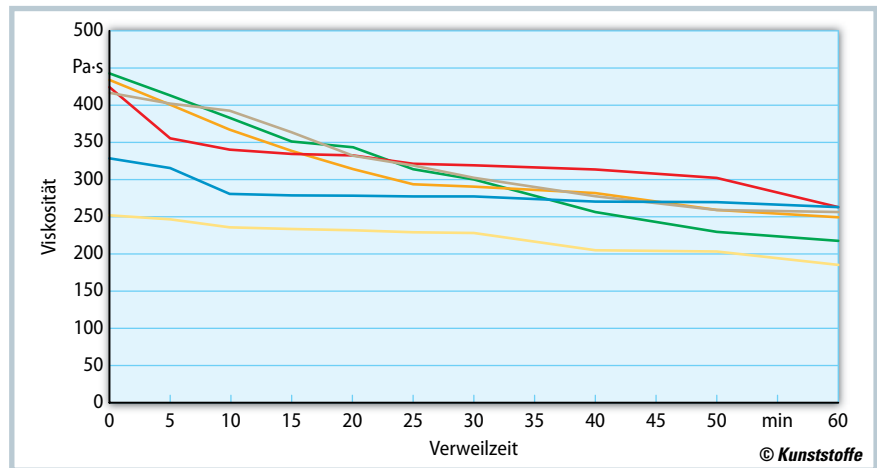


Bild 5. Degradation in Abhängigkeit der Verweilzeit für unterschiedliche PET-Typen bei gleicher Schergeschwindigkeit. Es ist nun möglich, bereits im Vorfeld von PET-Preform-Projekten die Staubbildung zu berechnen und ihr konstruktiv entgegenzuwirken (Quelle: Hochschule Darmstadt)

Verwendung unterschiedlicher Komponenten bei den Kolbengehäusen, entweder der Legacy- oder der Vulcan-II-Reihe (Hersteller: jeweils MHT). Letztere zeichnen sich durch schnelle Zugänglichkeit, längere Lebensdauer und einen geringeren Wärmeverlust aus.

Die Zusammenarbeit zwischen der Hochschule Darmstadt und MHT zeigt, wie sich Grundlagenforschung und industrielle Produktion gegenseitig befruchten können. Deshalb nicht überraschend: Man arbeitet bereits an der nächsten gemeinsamen Entwicklung. ■