

© 2004 Carl Hanser Verlag, München www.kunststoffe.de/Kunststoffe-Archiv Nicht zur Verwendung in Intranet- und Internet-Angeboten sowie elektronischen Verteilern

Herstellung medienführender Leitungen

Fluidinjektionstechnik.

Gekrümmte und teilweise in andere Funktionsteile integrierte Medienleitungen finden sich in Automobilen, Hausgeräten, der Medizin-

technik und in nahezu allen Branchen der Industrie. Die Vielfalt der Anwendungen und Anforderungen bedingt unterschiedliche Herstellungsverfahren. Konventionelle Verfahren wie Extrusion, Blasformen und 3D-Blasformen erfordern oft mehrere Verfahrensschritte. Eine attraktive Alternative ist die Fluidinjektionstechnik (FIT).

Die Fluidinjektionstechnik (Bild 1) zählt zu den Spritzgieß-Sonderverfahren und umfasst die Gas- und Wasserinjektionstechnik (GIT und WIT). Eine Variante der FIT ist das so genannte Aufblasverfahren (Short-Shot-Verfahren), bei dem die Kavität zunächst teilweise mit Schmelze gefüllt wird. Anschließend wird ein Fluid gezielt in die

Schmelzenachdruck aufgegeben wird. Dann wird die Schmelze durch das injizierte Fluid entweder in Überlauf- oder Nebenkavitäten oder zurück in den Schneckenorraum ausgeblasen. Auf diese Weise entstehen keine Umschaltmarkierungen auf der Oberfläche, dünnwandige Formteilbereiche werden vollständig gefüllt und Schwindung kompensiert. Ausblasverfahren eignen sich somit zur Herstellung hochintegrierter und verzweigter Medienleitungen.

Der erfolgreiche Einsatz der FIT setzt eine gründliche Diskussion im Vorfeld der Entwicklung voraus und im Einzelfall muss entschieden werden, ob dieses Verfahren zur Herstellung einer Medienleitung sinnvoll ist. Eine solche Bewertung sollte immer im Vergleich zur Extrusion, zum 3D-Blasformen, zur Halbschalentechnik mit nachfolgendem Fügevorgang oder zum Lösekern- bzw. Schmelzkernverfahren durchgeführt werden.

FIT kann gegenüber anderen Verfahren mit einer Reihe von Vorteilen punkten:

- Funktionskomponenten, wie z. B. Befestigungselemente und Anschlüsse werden mitgespritzt, oder die Leitungen selbst sind in einem Bauteil integriert.
- Die Konfektionierung und Heißumformung extrudierter, starrer Halbzeuge entfällt, da die Leitungen direkt als fertiges Bauteil hergestellt werden.
- Verzweigte Leitungen lassen sich in einem Arbeitsgang herstellen.
- Es liegt keine Prozesskette, sondern ein Prozess „aus einer Hand“ vor.
- Falls erforderlich, können auch Mehrkavitätenwerkzeuge eingesetzt werden.

Diesen Vorteilen stehen jedoch einige Nachteile gegenüber:

- Wanddicken und Wanddickenverteilung bei FIT-Medienleitungen sind zwar reproduzierbar, hängen aber vom Material und der Bauteilgeometrie ab (z. B. in Krümmungen).
- Bestehende Anforderungslisten für Medienleitungen sind meist „nicht FIT-gerecht“.
- Nur bestimmte Medienleitungen sind für die FIT geeignet.
- Die FIT ist ein komplexer Prozess und benötigt neues Know-how bei der Produkt- bzw. Prozessentwicklung und geschultes Personal.

Wanddicken und Kühlzeit

Bei der Herstellung von Medienleitungen mit Hilfe der FIT ergeben sich Besonderheiten in Bezug auf Restwanddicken, Kühl- und Zykluszeiten und innere Oberflächen [1, 2]. Den wesentlichen Einfluss auf die Restwanddicken (RWD) haben die Materialeigenschaften und die Bauteilgeometrie. Insgesamt lässt sich die Ausbildung der RWD durch die Prozessparameter nur wenig beeinflussen, im Wesentlichen nur durch die Fluidverzögerungszeit (beim Ausblasverfahren). Je nach Material und Verfahren beträgt die RWD ca. 1/8 bis 1/6 des Durchmessers, wobei die Wasserinjektionstechnik (WIT) gegenüber der Gasinjektionstechnik (GIT) tendenziell geringere RWD ermöglicht. Die Restwanddicken sind somit oft größer als von der Konstruktion des Bauteils vorgeschrieben. Mit glasfaserverstärkten Materialien lassen sich geringere RWD erzielen



Bild 1. Zweischichtige, hochintegrierte, mit Fluidinjektionstechnik realisierte Medienleitung, wie sie am IKV als Demonstrator hergestellt wird

Schmelze injiziert, welches die noch flüssige Seele des entstehenden Formteils so verdrängt, dass sich ein Hohlraum ausbildet. Ein Nachteil dieser Variante ist zum Beispiel, dass dünnwandige Funktionskomponenten bei der Teilfüllung mit Schmelze eventuell nicht vollständig gefüllt werden und der wirkende Schmelzdruck nicht ausreicht, um die Schmelze in diesen Bereichen zu komprimieren. Ein alternatives Verfahrensprinzip ist das Ausblasverfahren (Full-Shot-Verfahren), bei dem zunächst die Kavität volumetrisch mit Schmelze gefüllt und anschließend ein

(ca. 1/8 des Durchmessers). Zu starke Schmelzeumlenkungen führen bei größeren Durchmessern oft zu nicht tolerierbaren Wanddickenunterschieden und sind daher zu vermeiden. Die Konzentrität des Hohlraums in und nach Krümmungen ist bei der WIT aufgrund der Trägheit des Wassers signifikant besser als bei der GIT.

Die Kühlzeiten steigen bei größeren Leitungsdurchmessern durch die größeren Wanddicken. Bei der GIT kann als Faustformel gelten, dass die Kühlzeit sich proportional zum Quadrat der doppel-

© 2004 Carl Hanser Verlag, München www.kunststoffe.de/Kunststoffe-Archiv Nicht zur Verwendung in Intranet- und Internet-Angeboten sowie elektronischen Verteilern



Bild 2.
Zweischichtiger Hohlkörper
(PP-LGF, schwarz+PP, gelb) mit einem
Durchmesser von 30 mm und einer Länge
von ca. 500 mm

ten Restwanddicke verhält. Größere Wanddicken, die durch Krümmungen und Querschnittsprünge hervorgerufen werden, können ebenfalls kühzeitbestimmend sein. Bei größeren Wanddicken steigt im Falle der GIT zusätzlich die Gefahr des Aufschäumens der Schmelze, so dass die Gasdruckhaltezeit erhöht werden muss. Bei größeren Durchmessern hat die GIT außerdem den Nachteil, dass die Schmelze nach der Hohlraumausbildung in Richtung der Schwerkraft verlaufen kann. Deshalb sind mit der GIT derzeit keine größeren Durchmesser realisierbar als ca. 30 mm. Die Wasserinjektionstechnik bietet gegenüber der Gasinjektionstechnik die Möglichkeit, die Kühlzeit zu reduzieren und größere Durchmesser zu realisieren. Die Reduzierung der Kühlzeit kann im Einzelfall bis zu 70 % betragen und ist auf die Wärmeabfuhr im Formteilinneren durch das Wasser zurückzuführen.

Die beobachteten Oberflächen-Rautiefen hängen sowohl für die GIT als auch für die WIT vom verwendeten Material ab und fallen somit unterschiedlich aus. Insbesondere bei glasfaserverstärkten Materialien kann sich eine sehr raue Oberfläche ausbilden, die unter Umständen für die Anwendung als Medienleitung problematisch sein kann. Einige Rohstoffhersteller bieten speziell entwickelte

GIT/WIT-Materialien an, die das Problem mindern.

FIT in Kombination mit dem Mehrkomponentenspritzgießen

Eine andere Möglichkeit, diesem Problem entgegenzuwirken, ist die Kombination der Fluidinjektionstechnik mit einem Sandwich-Spritzgießverfahren, welches erlaubt, eine unverstärkte Kernschicht hinzuzufügen. Untersuchungen am IKV zeigen, dass so die Verarbeitung von technischen Thermoplasten mit hohem Füllstoffanteil, wie langglasfaserverstärktem Polypropylen, als Hautkomponente ermöglicht wird, die allein wegen der schlechten Oberflächen für die FIT nicht geeignet sind. Der unverstärkte zweite Kunststoff wird vor der Fluidinjektion eingespritzt, er wird dann vom Fluid durch das Bauteil geschoben und verdrängt das Hautmaterial gleichmäßig (Bild 2). Beim Sandwich-Spritzgießen sollten die Materialpaarungen bestimmte Kompatibilitätsanforderungen erfüllen. Beim Ausblasverfahren bleiben Schichtdicken und Kanaldurchmesser über die gesamte Leitungslänge ausreichend konstant.

Die äußere Schicht eines so produzierten Bauteils kann eine Reihe von Anforderungen an mechanische Eigenschaften wie Steifigkeit, Schlagzähigkeit, Zugfestigkeit oder Berstfestigkeit erfüllen. Darüber hinaus lassen sich durch die äußere Schicht Eigenschaften wie hohe Wärmeformbeständigkeit, geringe Brandneigung, Flammenschutz und Barrieren gegenüber einwirkenden Medien realisie-

ren. Anforderungsgemäß kann die innere Schicht ebenfalls Barriereigenschaften erfüllen und weist glatte Kanaloberflächen auf.

Weitere Untersuchungen am IKV zeigen, dass es auch möglich ist, durch gezielte Kombination des Zweikomponenten-Spritzgießens mit der FIT sequenziell aufgebaute Medienleitungen herzustellen, die aus harten und weichen Bereichen bestehen. Die weichen Bereiche werden gezielt in einer Medienleitung platziert, beispielsweise um Maßungenauigkeiten verschiedener Baugruppen bei der Montage auszugleichen oder um durch Entlastungskrümmungen bei thermischer Ausdehnung Druckspannungen zu vermeiden. Ebenso können auf diese Weise Anschlussbereiche aus einem anderen Material als der Medienleitung „in einem Schuss“ entstehen. Die Herstellung von Abschnitten aus unterschiedlichen Materialien wird durch die Kombination der FIT mit dem Kaskadenspritzgießen ermöglicht, indem verschiedene Schmelzkuchen in die Kavität injiziert werden und die Gasblase in diesen weitergereicht wird.

Bei Einsatztemperaturen von 160°C und höher ist die Verwendung von Thermoplasten und Thermoplastischen Elastomeren naturgemäß eingeschränkt. Eine Möglichkeit bieten hier vernetzende Polymere, wie Flüssigsilikonkautschuke (engl.: Liquid Silicone Rubber, kurz: LSR). LSR ist sehr temperaturbeständig und weist über einen weiten Temperaturbereich konstante mechanische Eigenschaften auf. LSR steht als pumpfähiges, verarbeitungsfertiges Zweikomponentensystem zur Verfügung und lässt

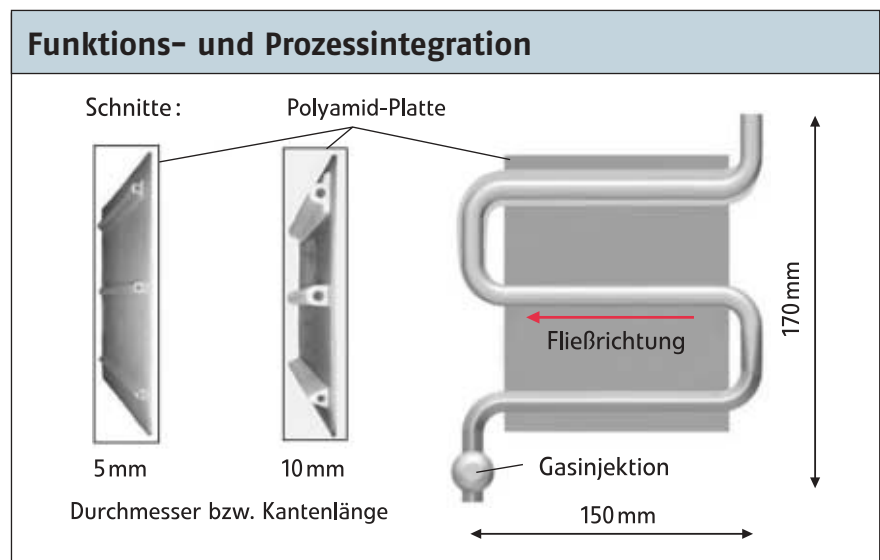


Bild 3. Anhand dieses praxisnahen Zweikomponenten-Versuchsbauteils wurden die Möglichkeiten und Grenzen der Funktions- und Prozessintegration untersucht

sich aufgrund guter Fließfähigkeit auch im GIT-Prozess verarbeiten. Ebenso wie bei der Verarbeitung von Thermoplasten unterliegen die mittels GIT hergestellten Medienleitungen Restriktionen durch Formteilgeometrie und Materialeigenschaften. So lässt sich die Restwanddicke in gewissen Grenzen durch Einstellgrößen wie Verzögerungszeit und Werkzeugtemperatur beeinflussen. Der Einfluss der Werkzeugtemperatur erklärt sich im Wesentlichen durch die thermisch beschleunigte Vernetzung des reaktiven LSR. Insofern besteht bei diesem Material die Möglichkeit, durch Veränderung der Reaktionskinetik die RWD einzustellen.

Durch die Kombination haftungsmodifizierter Silikone mit Polyamiden und Polybutylenterephthalaten lassen sich leistungsfähige Hart/Weich-Materialverbunde reproduzierbar spritzgießen [3]. Verbindet man die GIT mit dieser Mehrkomponententechnologie, so ergeben sich interessante fertigungstechnische Möglichkeiten. Beispielsweise lassen sich flexible Medienleitungen oder Hohlkammer-Dichtungssysteme direkt mit thermoplastischen Funktionselementen oder Trägern verbinden.

Am IKV wurden die Möglichkeiten und Grenzen der Funktions- und Prozessintegration untersucht (Bild 3). Im Blickpunkt standen dabei die Beeinflussung der Restwanddickenverteilung und der Haftfestigkeit durch Prozesseinstellungen, Materialeigenschaften und Formteilgeometrie [4].

Fazit

Die Fluidinjektionstechnik ist für bestimmte Medienleitungen eine kostengünstige Alternative zu bereits etablierten Verfahren. Eine Kostenabschätzung muss

für den Einzelfall und immer im Vergleich zum 3D-Blasformen geschehen. Nur wenn die Kosten entscheidend geringer sind, d.h. durch die FIT eine höhere Funktionsintegration erzielt und Fertigungsschritte zusammengefasst werden oder eine Bauteilgeometrie nur mit diesem Verfahren erzielt werden kann, ist der Endabnehmer zu überzeugen, bestimmte FIT-typische Merkmale bei Medienleitungen zu akzeptieren. FIT-Medienleitungen in Serienanwendungen der Automobilindustrie zeigen, dass sich hier ein neues Anwendungsgebiet für die FIT etablieren kann. ■

DANK

Die Untersuchungen am IKV wurden durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen e.V. (AIF) finanziell gefördert. Die Firmen BASF AG, Ludwigshafen, Battenfeld Spritzgießtechnik GmbH, Meinerzhagen, CGI Cinpres, Middlewich/Großbritannien, Engel, Schwertberg/Österreich, Ferromatik Milacron GmbH, Malterdingen, Schulman GmbH, Kerpen, Ticona GmbH, Kelsterbach und Wacker Chemie, Burghausen, stellten Versuchseinrichtungen und Material zur Verfügung.

LITERATUR

- 1 Brunswick, A.: Produktorientierte Verfahrensentwicklung für die Wasserinjektionstechnik, RWTH Aachen, Dissertation, in Fertigstellung
- 2 Jüntgen, T.: Entwicklung der WIT-Injektortechnik und Prozessuntersuchungen bei der Gas-/Wasserinjektionstechnik (GIT/WIT), RWTH Aachen, Dissertation, in Fertigstellung
- 3 Ronnewinkel, C.: Mehrkomponentenspritzgießen von Flüssigsilikon-Thermoplast-Verbundbauteilen. RWTH Aachen, Dissertation, 2001
- 4 Wehr, H.: Fluidinjektionstechnik im Elastomerspritzgießprozess. RWTH Aachen, Dissertation, 2002

DIE AUTOREN

PROF. DR.-ING. DR.-ING. E.H. WALTER MICHAELI, geb. 1946, ist Inhaber des Lehrstuhls für Kunststoffverarbeitung an der RWTH Aachen und Leiter des Instituts für Kunststoffverarbeitung (IKV).

DIPL.-ING. CHRISTOPH LETTOWSKY, geb. 1975, ist seit 2000 wissenschaftlicher Mitarbeiter des IKV in der Abteilung Spritzgießen. Dort beschäftigt er sich mit diversen Spritzgießsonderv Verfahren und leitet die Arbeitsgruppe "Spritzgießen/Mehrkomponententechnik".

DIPL.-ING. OLIVER GRÖNLUND, geb. 1977, ist seit 2003 wissenschaftlicher Mitarbeiter des IKV in der Abteilung Spritzgießen. Dort beschäftigt er sich mit diversen Spritzgießsonderv Verfahren und leitet die Arbeitsgruppe „Fluidinjektionstechnik“.

DR.-ING. HENDRIK WEHR, geb. 1971, leitet seit August 2002 die Abteilung Spritzgießen des IKV. Davor beschäftigte er sich im Rahmen seiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Leiter der Arbeitsgruppe „Spritzgießen/Elastomerverarbeitung“ u.a. mit der Anwendung der Fluidinjektionstechnik im Bereich Elastomerspritzgießen.

SUMMARY PLAST EUROPE

PRODUCTION OF MEDIA-CONVEYING LINES

FLUID INJECTION TECHNIQUE. Media lines that are both curved and partially integrated in other functional parts are to be found in virtually all sectors of industry in addition to the automotive sector. This wide variety of applications and requirements calls for different production techniques. Conventional processes such as extrusion, blow moulding and 3D blow moulding frequently entail a number of different process steps. The fluid injection technique (FIT) constitutes an attractive alternative. FIT media lines used in series applications in the automotive industry show that a new field of application could become established for the FIT here.

NOTE: You can read the complete article by entering the document number **PE102829** on our website at **www.kunststoffe.de/pe**