

DIE WASSERINJEKTION DURCHSCHAUT

VISUALISIERUNG VON BAUTEILFEHLERN Die rheologischen Materialeigenschaften haben einen entscheidenden Einfluss auf die Hohlraumbildung und somit auf die resultierenden Restwanddicken bei der Wasserinjektionstechnik (WIT). Durch geeignete Auswahl der Materialien können sie so bei Medienleitungen besser beeinflusst werden als nur durch Variation von Prozessparametern. Mit Hilfe eines neuen Sichtwerkzeuges kann die Entstehung von WIT-typischen Bauteilfehlern visualisiert und ihre Entstehungsursache erkannt werden.

Die Wasserinjektionstechnik ist ein an die Gasinjektionstechnik (GIT) angelehntes Spritzgießsonderverfahren zur Herstellung von Hohlkörpern bei signifikanter Reduktion der Zykluszeit. In jüngster Zeit besteht ein zunehmendes Interesse an der Herstellung medienführender Bauteile wie Kühlwasserrohren oder Ölleitungen im Automotive-Bereich. Neben der kurzen Zykluszeit bieten die hohe Automatisierbarkeit und die Möglichkeit zur Integration von Einlege- oder Anbauteilen wirtschaftliche Vorteile. Die Grundvoraussetzung für die Fertigung derartiger Bauteile mit der WIT ist die Erzielung eines durchgängigen fehlerfreien Hohlraums mit ausreichender Querschnittsfläche, um Druckverluste in den Leitungen gering zu halten.

Materialauswahl ist maßgebend

In der Regel sind die Restwanddicken in Medienleitungen, die mittels WIT hergestellt wurden, größer als erwünscht. Dies kommt zwar der Festigkeit zu Gute, jedoch steigen Materialverbrauch und Zykluszeit, wodurch größere Herstellkosten entstehen. Zum Erreichen des geforderten Hohlraumquerschnitts

sind darüber hinaus deutlich größere Gesamtbauteildurchmesser notwendig als von Designern und Konstrukteuren erwünscht. Die Hohlraumbildung und die daraus resultierenden Restwanddicken können auch durch Anpassen der Prozessparameter in Grenzen beeinflusst werden, dennoch überwiegt der Einfluss der rheologischen Materialeigenschaften. Hinzu kommt, dass bei praxisrelevanten Materialien wie (gefüllten) Polyamiden das stabile Prozessfenster sehr klein und eine größere Variation entscheidender Parameter dadurch nicht möglich ist. Das Ziel der Untersuchungen besteht somit in der Identifikation der für die Hohlraumbildung besonders relevanten Materialeigenschaften. Zu diesem Zweck wurden unterschiedliche Polyamidtypen hinsichtlich ihrer rheologischen Eigenschaften charakterisiert und im WIT-Prozess verarbeitet. Anschließend wurden die resultierenden Restwanddicken mit den rheologischen Eigenschaften der Materialien korreliert. Die durchgeführten Untersuchungen bestätigen den großen Einfluss der Materialeigenschaften auf die Restwanddickenbildung. Insbesondere die Schervis-

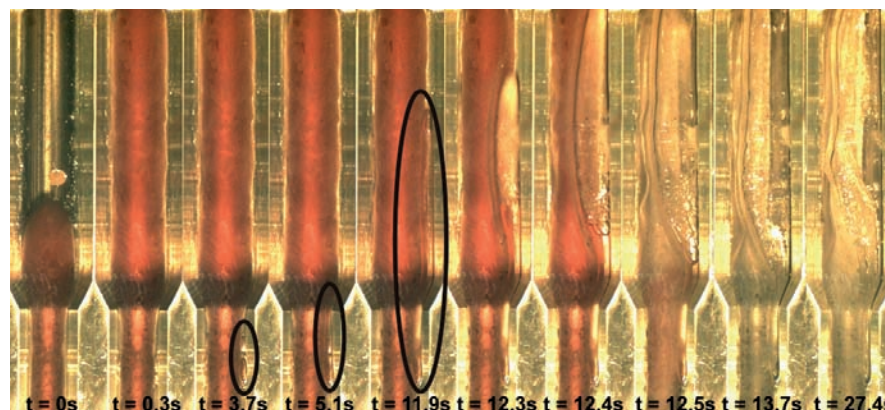
kosität hat einen großen Einfluss auf die Restwanddicken der Bauteile. Dabei bewirkt eine Zunahme der Viskosität ein Abnehmen der Restwanddicken.

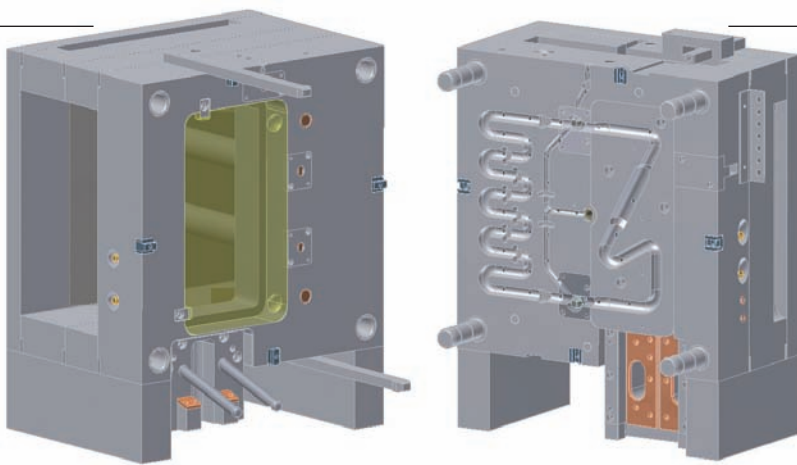
Weiter zeigen die Versuche, dass bei kurzglasfaserverstärkten Materialien ebenfalls eine deutliche Reduzierung der Restwanddicke auftritt, wobei zu beachten ist, dass die Stabilität des WIT-Prozesses durch die Verstärkung oftmals negativ beeinflusst wird. Vergleichende Untersuchungen mit Polypropylenen zeigen außerdem, dass mit zunehmend strukturviskosem Fließverhalten geringere Restwanddicken entstehen. Mit zunehmender Strukturviskosität bildet sich in der Schmelzevorlage vor der Wasserblase ein zunehmend blockförmiges Geschwindigkeitsprofil mit scherinduzierten Viskositätsminima in Wandnähe aus. Bei den untersuchten Polyamiden konnte der Effekt nicht beobachtet werden, was jedoch mit den Fließeigenschaften der ausgewählten Materialien zusammen hängt. Diese weisen sehr hohe Übergangsschergeschwindigkeiten vom newtonschen zum strukturviskosen Fließbereich auf, sodass sie bei der Verarbeitung newtonsches Fließverhalten

Visualisierung der Entstehung zunächst eines Wassereinschlusses (ab $t=3,7s$), der bei Druckentlastung des Wassers (ab $t=12,3s$) einen Doppelkanal ausbildet.

Autoren

Prof. Dr. Dr. E.H. Walter Michaeli, Inhaber des Lehrstuhls für Kunststoffverarbeitung an der RWTH Aachen und Leiter des Instituts für Kunststoffverarbeitung (IKV), Moritz Gründler, wissenschaftlicher Mitarbeiter, Abteilung Spritzgießen, und Oliver Grönlund, Leiter Abteilung Spritzgießen, IKV, Aachen
 Gruendler@ikv.rwth-aachen.de





Modulares Sichtwerkzeug zur Visualisierung der Hohlraumbildung – Bauteilgeometrie: Medienleitung (Querschnittsbreiten 20 und 30 mm)

aufweisen und das strukturviskose Verhalten keine Rolle spielt.

Fehlerentstehung erst während der Fluiddruckhaltephase

Die Analyse der Hohlraumbildung und der Fehlerentstehungsmechanismen wird mit einem eigens dafür konstruierten Sichtwerkzeug und unterschiedlichen teilkristallinen Werkstoffen durchgeführt. Diese sind in der Schmelze und teilweise aufgrund mikrokristalliner Struktur sogar nach dem Erstarren transparent. Mit Hilfe des Sichtwerkzeugs kann erstmals die Entstehung der beiden wichtigsten WIT-Bauteilfehler visualisiert und verstanden werden. Sowohl Doppelkanäle als auch Wassereinschlüsse entstehen nicht, wie bisher angenommen, an der Wasserfließfront während der Hohlraumbildung, sondern zu einem späteren Zeitpunkt im Zyklus während der Wasserdruckhaltephase: Infolge des hohen Drucks durchbricht das Wasser die Grenzfläche an Schwachstellen und bildet die bekannten Wassereinschlüsse aus. Teilweise werden dabei Masseanhäufungen erreicht, die als Fluidführungs Kanäle dienen, sodass sich der Einschluss weiter ausbreiten kann. Wird nun der Wasserdruck am Ende der

Haltephase abgebaut, verdampft das Wasser in dem Einschluss schlagartig, was zu einem Aufblähen des Einschlusses und zur Bildung des Doppelkanals führt.

Die Untersuchungen legen nahe, dass durch die Prozessführung und materialabhängige Fluidzusätze die thermischen Vorgänge derart beeinflusst werden, dass das Auftreten von Bauteilfehlern begünstigt oder unterdrückt werden kann. Unter ungünstigen Prozessbedingungen ist der Wasserdruck während der Hohlraumbildung so gering, dass das Wasser an der Phasengrenze verdampft. Es bildet sich ein isolierender Dampffilm, der die Wärmeabfuhr um Zehnerpotenzen verschlechtert. Darüber hinaus wird die weiche Grenzfläche durch kollabierende Dampfblasen vorbelastet. An diesen Schwachpunkten kann das Wasser während der Fluiddruckhaltephase durchbrechen und Bauteilfehler ausbilden. Bei den hydrophoben Polypropylenen kann durch Zusatz eines oberflächenaktiven Tensids die Benetzung stark verbessert werden. Dadurch wird die Wärmeabfuhr während der Hohlraumbildung stark erhöht, sodass eine fehlerfreie erstarre Grenzschicht entsteht, in die kein Wasser eindringen kann. Grundsätzlich wirkt eine Erhö-

Reduzierter Materialverbrauch und verringerte Zykluszeiten

Durch die Wahl geeigneter Materialien können die resultierenden Restwanddicken bei der Wasserinjektionstechnik in großem Maße beeinflusst beziehungsweise minimiert werden. Dadurch werden der Materialverbrauch und durch die geringeren Restwanddicken ebenfalls die Zykluszeit verringert. Zudem können gleiche Strömungsquerschnitte bei kleineren Bauteildurchmessern erreicht werden, woraus eine höhere Prozesssicherheit und Gestaltungsfreiheit beim Bauteildesign resultieren.

hung des Wasservolumenstroms ähnlich, da der resultierende Wasserdruck bei der Hohlraumbildung ebenfalls zunimmt, wodurch das Verdampfen an der Fließfront des Wassers unterdrückt wird. Hierbei muss bedacht werden, dass eine Erhöhung des Volumenstroms nur in den Grenzen eines stabilen Prozessfensters vorgenommen werden kann und die Lösung eines Problems möglicherweise andere Probleme wie Verdüsen im Injektor-einlaufbereich verursacht.

KONTAKT
IKV, Aachen, Halle B4, Stand 4114

Das Forschungsvorhaben 15003 N der Forschungsvereinigung Kunststoffverarbeitung wurde im Programm zur Förderung der „Industriellen Gemeinschaftsforschung“ (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) finanziert. Beiden Institutionen gilt der Dank der Autoren.

Die Autoren bedanken sich außerdem bei den Firmen A. Schulman, Borealis, PME Fluidtec, Sabic Europe Corporation, Total Petrochemicals und Wittmann-Battenfeld, die Material und Versuchseinrichtungen zur Verfügung stellten.

Unterschiede im Fließverhalten und den resultierenden Restwanddicken der untersuchten Materialien

