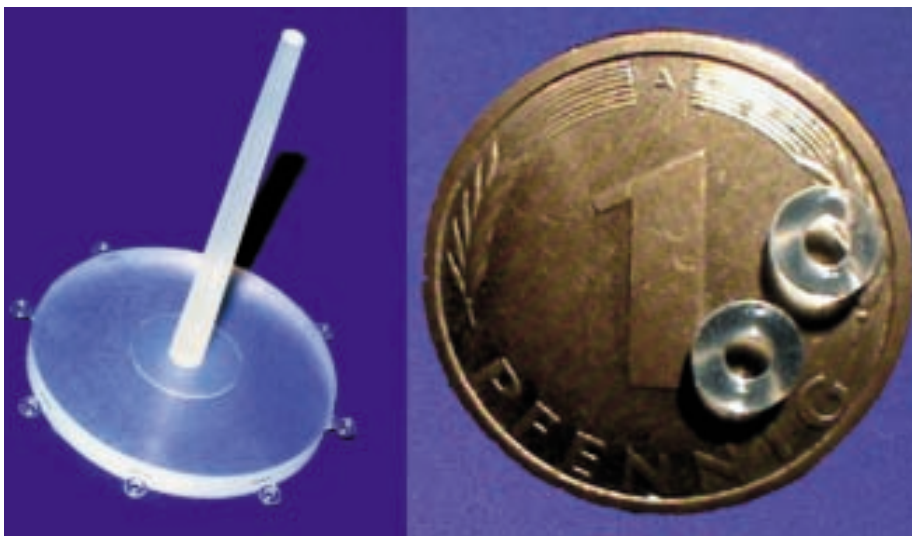


Spritzgießen von Mikrobauanteilen aus Flüssigsilikonkautschuk

Miniaturisierte Bauteile

Bei der Verarbeitung von Flüssigsilikonkautschuk zu Mikrobauanteilen im Spritzgießprozess müssen Besonderheiten dieses Materials berücksichtigt werden. Durch gezielte thermische Expansion unter Verwendung konventioneller Spritzgießmaschinenteknik lassen sich Mikroformteile nachbearbeitungsfrei herstellen.



Mit dem Expansionsverfahren hergestelltes Formteil mit Reservoir- und Mikrokavitätsbereich; zum Vergleich ein Pfennig

Konventionelle Maschinenteknik nicht geeignet

Die Herstellung von Mikrobauanteilen aus LSR ist mit einigen fertigungstechnischen Problemen behaftet. Die konventionelle Maschinenteknik ist wegen der geringen Schussgewichte nicht für die Herstellung von Mikrobauanteilen geeignet, so dass im Allgemeinen Sonderlösungen erforderlich sind. Insbesondere stößt der bei LSR-Spritzgießmaschinen zur Vermischung der zwei Komponenten eingesetzte statische Mischer an seine Grenzen. Bei den geringen Volumenströmen während des Dosierens wird keine homogene Vermischung der Komponenten erreicht.

Zudem gibt es auch einige material-spezifische Eigenarten, die im Verarbeitungsprozess zu Problemen führen. Der im Verhältnis zur herkömmlichen Verarbeitung von Elastomeren große Unterschied zwischen Zylinder- und Werkzeugtemperatur von bis zu 180°C, dem das Material während des Spritzgießprozesses ausgesetzt ist, hat eine vergleichsweise große Volumenausdehnung des Flüssigsilikonkautschuks in der Kavität zur Folge, was bei volumetrischer Füllung des Werkzeugs zu einem erheblichen Druckanstieg im Werkzeug führt. In Kombination mit der geringen Viskosität von Flüssigsilikonkautschuk ist eine besonders genaue Werkzeugfertigung erforderlich, da das Material auch in schmalste Spalte fließt und Grate als so genannte Schwimmhäute entstehen. Bei größeren Teilen, bei denen die Anforderungen an Maßhaltigkeit und Funktion niedrig sind, lässt sich eventuell durch entsprechende Nacharbeit ausreichende Qualität erreichen. Bei Mikroteilen hingegen führt dieser Fertigungsfehler häu-

Um Funktionen wie Abdichtung und Dämpfung in miniaturisierten Bauteilen für unterschiedlichste Anwendungen zu realisieren, lässt sich auf elastomere Materialien, wie Flüssigsilikonkautschuk (LSR), kaum verzichten. So werden für Anwendungen in der Medizin- und Biotechnologie hohe Anforderungen an die eingesetzten Materialien gestellt. Wegen der physiologischen Unbedenklichkeit ist LSR hier ein interessanter Werkstoff. Mögliche Anwendungen von Mikrobauanteilen aus diesem Material sind auch Geräte der minimal-invasiven Chirurgie, bei denen es auf das Einhalten kleinster Maße und Toleranzen ankommt. Die Möglichkeit der fehlerfreien Produktion von Mikrobauanteilen ist also insbesondere für diese Produktgruppe interessant. Die hier diskutierten Mikrobauanteile zeichnen sich durch ein extrem niedriges Formteilgewicht von wenigen Milligramm aus.



Prof. Dr.-Ing. E. Haberstroh, Inhaber des Lehr- und Forschungsgebiets Kautschuktechnologie am Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) an der RWTH Aachen
Dipl.-Ing. E. Driesen, Freudenberg Forschungsdienste, Weinheim
Dr.-Ing. H. Wehr, Leiter der Abteilung Spritzgießen am IKV



KGK RUBBERPOINT

Discover more interesting articles
and news on the subject!

www.kgk-rubberpoint.de

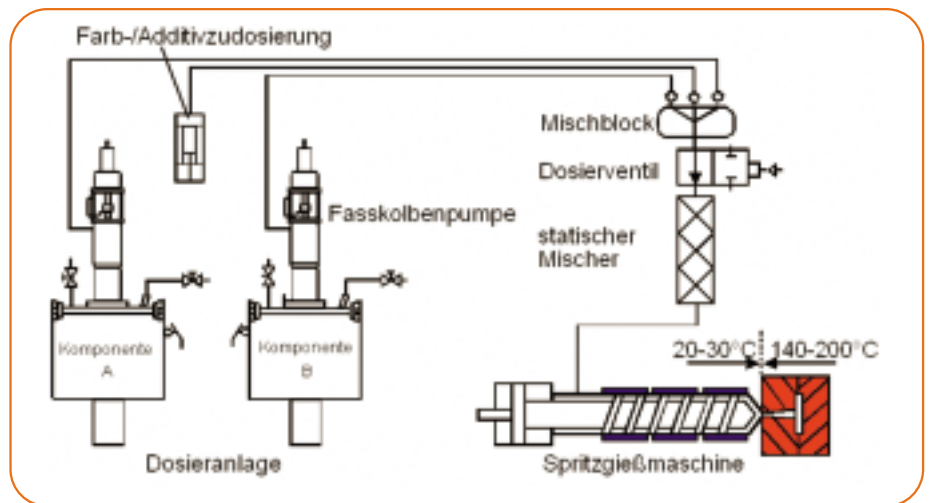


Entdecken Sie weitere interessante
Artikel und News zum Thema!

fig direkt zum Ausschuss, da ein Entfernen des Grates auf Grund der Abmaße der Produkte technisch nicht möglich ist. Ein weiteres Problem ist die statische Aufladung der Mikrobauteile, die das Handling deutlich erschwert.

Angepasste Technik

Die Herstellung von Mikrobauteilen aus LSR erfordert eine an das spezifische Werkstoffverhalten angepasste Maschinen- und Verfahrenstechnik, die den Produktanforderungen gerecht werden. Da am Markt eine solche Technologie nicht verfügbar ist, wurde am IKV in Aachen ein Verfahren zur Herstellung von Mikrobauteilen aus LSR entwickelt. Um dieses Verfahren auch kleinen und mittleren Unternehmen zugänglich zu machen, wurde auf konventionelle Spritzgießmaschinen- und Werkzeugtechnik zurückgegriffen. Dadurch bleiben die Investitionskosten überschaubar und vorhandene Fachkräfte können genutzt werden. Ziel der Entwicklung war es, Mikrobauteile aus LSR im Spritzgießverfahren nachbearbei-



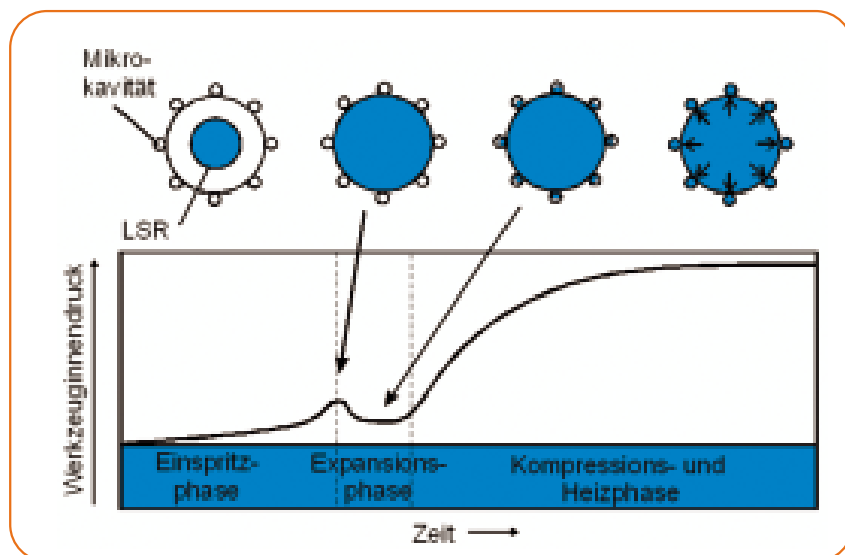
Anlagentechnik für die LSR-Spritzgießverarbeitung

servoir, und zum anderen in den im Gesamtvolumen wesentlich kleineren Bereich der Formnester der Mikrobauteile, die im weiteren als Mikrokavitäten bezeichnet werden. Das Gesamtschussvolumen ist mit herkömmlichen Spritzgießmaschinen problemlos zu realisieren. Durch entsprechende Gestaltung des

gewählt, wie sie als Dichtungen, beispielsweise in Gasfeuerzeugen und Spraydosen, Verwendung finden. Diese O-Ringe weisen einen Außendurchmesser von 3,5 mm und einen Innendurchmesser von 1,5 mm auf, die Schnurdicke beträgt somit 1 mm. Das Gewicht eines solchen O-Rings aus Silopren LSR 2070 (GE-Bayer Silicones GmbH & Co. KG) liegt bei etwa 8 mg.

Um Füllgrad und Werkzeuggeometrie optimal aufeinander abzustimmen, wurde der Prozessverlauf anhand eines einfachen Schichtenmodells auf Basis analytischer Berechnungen abgeschätzt und anschließend mit Hilfe der FEM simuliert. Hier hat sich das im Rahmen eines Forschungsvorhaben für das LSR-Spritzgießen mit untervolumetrischer Füllung angepasste Programm CADMOULD, Firma Simcon, Herzogenrath als hilfreiches Werkzeug erwiesen. Bei der analytischen Betrachtung wird die Einspritzphase vernachlässigt. Um die dilationsbedingte Restfüllung und die sich daran anschließende Druckentwicklung in der Kavität modellhaft beschreiben zu können, wird das p,v,T-Verhalten und der Vernetzungsvorgang in Abhängigkeit der Durchwärmung des Kautschuks betrachtet.

Da die zeitliche Entwicklung des Druckes von der Höhe der Vorfüllung der Kavität abhängt, lässt sich der expansionsbedingte Druckanstieg und der Druckendwert über die Vorfüllung der Kavität einstellen. Um die Druckendwerte auf einem ausreichend niedrigen Niveau zwischen 70 und 100 bar zu halten, liegen die Vorfüllgrade zwischen 97 bis 99 %.



Füllung der Mikrokavitäten auf niedrigem Druckniveau mit dem Expansionsverfahren

tungsfrei herstellen zu können. Bei dem entwickelten Verfahren wird die durch die Materialerwärmung im Werkzeug entstehende Volumenexpansion des LSR gezielt zur Füllung der Mikrokavitäten genutzt. Um diesen Effekt sinnvoll auszunutzen zu können, muss das Werkzeug in zwei Bereiche aufgeteilt werden. Zum einen in einen Speicherbereich, dem Re-

servoirs lässt sich dieses Reservoir als eigenständiges Formteil nutzen und dadurch Angussabfall vermeiden.

Reservoir- und Mikrokavitätsbereich

Als Geometrie für die ersten Untersuchungen wurden Mikro-O-Ringe aus-

Weil zur Füllung der Mikrokavitäten zunächst der Fließwiderstand der sehr dünnen Anschnitte (0,02 mm) überwunden werden muss, ist bei 97 % Vorfüllung und einer Werkzeugtemperatur von 110° C der erste Anstieg des Reservoirinnendrucks bereits nach 15 s zu beobachten. Aber erst nach 26 s ist die gesamte Form gefüllt. Da somit kein Expan-

tionierung des Materials nicht unnötig lange dauert. Bei den Versuchen wurde zunächst mit einem Wert von 110° C als niedrigste, sinnvolle Werkzeugtemperatur gearbeitet und anschließend auch Versuchsreihen bei 115, 120, 130 und 160° C durchgeführt.

Unter den beschriebenen Randbedingungen lassen sich die Mikro-O-Ringe

Druckwerte vor dem Abheben der Düse gemessen worden sind und somit der Materialabfluss nach 100 s nicht mehr berücksichtigt werden kann.

Die Ergebnisse der mit dem Versuchswerkzeug durchgeführten Versuche zeigen, dass eine Umsetzung der ursprünglichen Idee der Füllung von Mikrokavitäten durch Ausnutzung der im heißen Formwerkzeug auftretenden Materialexpansion zumindest bei niedrigen Werkzeugtemperaturen von 110 und 115° C möglich ist. Bei mittleren und höheren Werkzeugtemperaturen gelang die Füllung der Kleinstteile nur bedingt.

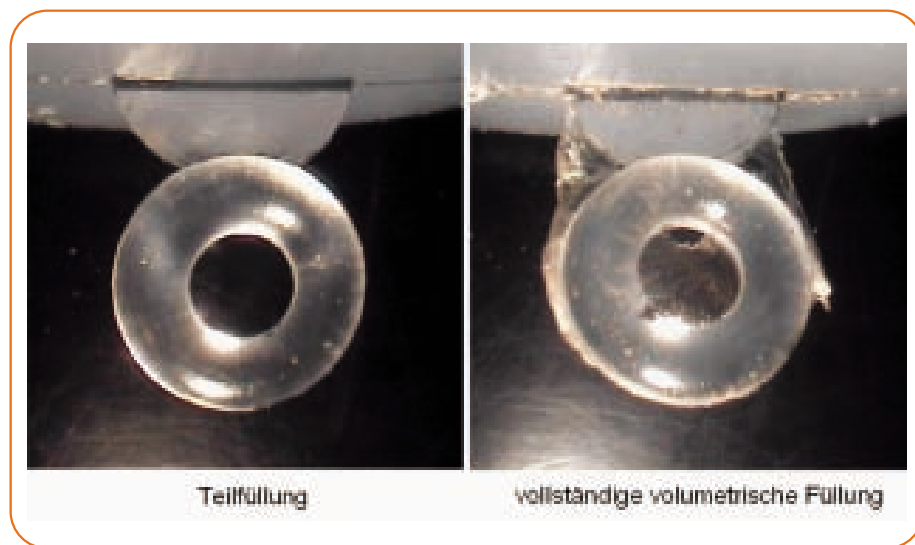
Um die Problematik des Materialaustriebs über den Anguss während des Druckaufbaus zu vermeiden, scheint eine mechanische Verriegelung des Reservoirs nach dem Einspritzen durch Kaltkanalnadelverschlussysteme sinnvoll. Inwieweit Kaltkanalsysteme die thermischen Randbedingungen verändern und damit die Volumenexpansion beeinflussen muss in weiteren Untersuchungen unter anderem mit Hilfe der FEM geklärt werden.

Dank

Die Untersuchungen basieren u.a. auf Ergebnissen eines vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF-FV-Nr. 12657) finanziell geförderten Forschungsvorhabens.

Literatur

Driesen, E.: Erarbeitung und Untersuchung eines Verfahrens zur Herstellung von Kleinstteilen aus Flüssigsilikon (LSR). Institut für Kunststoffverarbeitung, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, unveröffentlichte Diplomarbeit, 2000. – Betreuer: H. Wehr



Gratfreier und überspritzter O-Ring (Bilder: IKV)

sionsraum mehr zur Verfügung steht, steigt der Werkzeuginnendruck innerhalb der nächsten 60 s auf seinen Endwert.

Verfahrenstechnische Untersuchungen

Für die volumetrische Füllung der Kavitäten durch die Dilatation des Materials ist bei 97% Füllung ein Verarbeitungszeitfenster von etwa 26 s erforderlich. Bei einer Werkzeugtemperatur von 110° C ist die Inkubationszeit, also die Zeit bis zum Start der Reaktion, etwa 100 s. Zum Vergleich: Bei 130° C beträgt die Inkubationszeit nur noch 13 s. Unter diesen Randbedingungen scheint die Füllung über die gewählten Anschnittgeometrien möglich.

Wie sich bereits bei den Simulationen des Füllvorgangs gezeigt hat, gilt es einerseits die Werkzeugtemperatur so zu wählen, dass ausreichend Zeit zur Füllung der Mikrokavitäten durch die Volumenexpansion bleibt und andererseits die Durchwärmung und damit auch die

nachbearbeitungsfrei herstellen. Nutzt man aber die in der Spritzgießverarbeitung klassische volumetrische Füllung der Kavität zur Formgebung, tritt durch das hohe Druckniveau Material aus der Form und es entstehen Grate.

Eine unternormetrische Füllung der Kavität erfordert neben der Reproduzierbarkeit des Dosiervolumens auch einen Verschluss der Kavität nach Befüllung. Hier wurde der Verschluss der Kavität über die Nadelverschlussdüse des Einspritzaggregats realisiert. Dazu war es notwendig, die Spritzeinheit über einen gewissen Zeitraum am Werkzeug anliegen zu lassen, um einen Materialaustritt über den sehr großen Anguss zu verhindern. Während der Mehrzahl der Versuche betrug diese Zeitspanne 120 s. Eine Reduzierung dieser Haltezeit auf 100 s führt durch den Materialabfluss zu einer größeren Streuung im Messfeld. Der lineare Zusammenhang zwischen Dichte beziehungsweise Masse und Druck im Werkzeug ist bei 100 s Haltezeit nicht mehr gegeben, da die dargestellten