



DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK
AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

PATENTSCHRIFT 149 339

Wirtschaftspatent

Ertelt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

Int. Cl.³

(11) 149 339 (44) 08.07.81 3(51) B 29 F 1/06
(21) WP B 29 F / 219 279 (22) 27.02.80

(71) siehe (72)

(72) Siegert, Peter, Dr.-Ing., DD

(73) siehe (72)

(74) Technische Hochschule Karl-Marx-Stadt, Abt. Patent- und
Neuererwesen, 9010 Karl-Marx-Stadt, PSF 964

(54) Verfahren zum Spritzgießen von verformbaren Werkstoffen,
insbesondere Thermoplasten

(57) Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Spritzgießtechnik zur Herstellung von Formteilen aus Thermoplasten und anderen in ihrem Verarbeitungsverhalten den Thermoplasten ähnlichen formbaren Werkstoffen. Durch eine veränderte Verfahrensführung während der Nachdruckphase des Spritzgießprozesses wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, innerhalb des Werkzeughohlraumes eine annähernd örtlich konstante Druckverteilung mit dem Ziel zu erzeugen, wesentliche Qualitätsparameter spritzgegossener Formteile zu verbessern und insbesondere günstigere Bedingungen für das Präzisionsspritzgießen zu schaffen. Gegenüber der bisher üblichen Verfahrensweise eines zumeist zeitlich konstanten Nachdruckes wird erfindungsgemäß nach erfolgtem Einspritzen und Verdichten des Werkstoffs im Werkzeug der in Anschnittnähe wirkende Nachdruck sprunghaft auf einen Wert gesenkt, der im allgemeinen noch unter dem des zu diesem Zeitpunkt anschnittfern vorhandenen Drucks liegt und im weiteren Verlauf solange konstant gehalten wird, bis sich im gesamten Werkzeughohlraum minimale örtliche Druckdifferenzen ausgebildet haben, die im weiteren durch eine gezielte Nachdruckführung aufrechtzuerhalten sind.

Verfahren zum Spritzgießen von verformbaren Werkstoffen,
insbesondere Thermoplasten

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Spritzgieß-
technik zur Herstellung von Formteilen aus nicht verschäum-
ten Thermoplasten mit oder ohne Füllstoffe und anderen in
ihrem Verarbeitungsverhalten den Thermoplasten ähnlichen
formbaren Werkstoffen. Dazu zählen solche Duroplast- und
Elastwerkstoffe, bei denen stoffbedingt oder durch die Wahl
des technologischen Regimes während der Nachdruckphase eine
Volumenkontraktion im Werkzeug und damit verbunden ein Druck-
fall einsetzt.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Beim Spritzgießen lassen sich hinsichtlich der Stoffwandlung
drei Phasen unterscheiden, das Plastizieren, das Einspritzen
und das Formstoffixieren. Die Verfahrensabläufe innerhalb
dieser drei Phasen üben einen unterschiedlichen Einfluß auf
die Qualität der zu erzeugenden Formteile aus und werden der-
zeit mit verschiedenen technischen Mitteln mehr oder weniger
gut beherrscht. Nach vollzogener volumetrischer Füllung des
Werkzeughohlraumes muß in der sich anschließenden Formstoff-
fixierphase die Formmasse im Werkzeug durch weitere Druck-
wirkung, dem sogenannten Nachdruck, verdichtet werden. Dabei
zeigte sich, daß von der jeweiligen Höhe eines zeitlich kon-
stant eingestellten Nachdruckes und besonders bei Einstellung
eines sich zeitabhängig verändernden Nachdrucks nicht nur der
Schwund, sondern praktisch das gesamte Eigenschaftsbild des

Formteils entscheidend beeinflußt werden. Ausgehend von dieser Erkenntnis wurden Erfindungen bekannt, in denen technische Lösungen zur Steuerung oder Regelung des Nachdruckverlaufes über die gesamte Nachdruckzeit oder für bestimmte Abschnitte der Nachdruckphase vorgeschlagen wurden. In der Regel wurde darauf orientiert, den für die jeweilige Verarbeitungsaufgabe als optimal erkannten Nachdruckverlauf mit Hilfe von Prozeßführungsgeräten ständig neu zu reproduzieren. (Z.B. DE-OS 2 030 108; 2 419 975; 2 528 963). Bisher haben diese Prozeßführungsgeräte erst eine begrenzte Anwendung gefunden. Hierfür sind u. a. noch unzureichende Kenntnisse über die Gestaltung des optimalen Verfahrensablaufs während der Nachdruckphase, ausgehend von einzuhaltenden Eigenschaftsanforderungen und der deshalb noch notwendigen empirischen Einstellung des optimalen Nachdruckverlaufs, ausschlaggebend.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Spritzgießen von verformbaren Werkstoffen, wie z. B. Thermoplasten, zu entwickeln, wonach die Herstellung solcher Werkstoffe mit definierbaren und über das gesamte Formteil konstanten Eigenschaften möglich ist.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Die Erfindung stellt sich die Aufgabe, beim Spritzgießen den bekannten Verfahrensablauf während der Nachdruckphase zu verändern, um eine wesentliche Verbesserung des Eigenschaftsbildes der hergestellten Formteile zu erreichen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß innerhalb des Werkzeughohlraumes ein örtlich konstantes Druckfeld aufgebaut und qualitativ bis zum Ende der Formstoffixierphase aufrechterhalten wird.

Bei den bekannten Verfahren treten zwischen anschnittnahen und anschnittfernen Orten im Werkzeug im allgemeinen starke örtliche Differenzen auf, die in der Druckfallphase ständig zunehmen und schließlich mit dem Erstarren der Bewegungsvor-

gänge im Anschnitt und im Werkzeug ihren Maximalwert erreichen. In Anschnittnähe kann der abkühl- oder vernetzungsbedingte Druckfall durch Nachdrücken weiterer Masse teilweise kompensiert werden, was jedoch bis hin zu den anschnittfernen Orten infolge der Viskositätszunahme nicht möglich ist.

Die Ausbildung größerer örtlicher Druckdifferenzen wird eingeschränkt, wenn mit abklingendem Nachdruck gearbeitet wird. Mitunter ist der Druck in Anschnittnähe bedeutend niedriger als anschnittfern; nur in Ausnahmefällen wird auf diese Weise ein annähernd örtlich konstantes Druckfeld erzeugt.

Erfindungsgemäß wird zur Erzeugung eines örtlich konstanten Druckfeldes im gesamten Werkzeughohlraum der Verfahrensablauf durch eine Nachdrucksteuerung oder -regelung so gestaltet, daß gegen Ende der Verdichtungsphase, d. h. zu einem Zeitpunkt, wo die Druckdifferenzen im Werkzeug im allgemeinen ihren Minimalwert erreichen, bezüglich des anschnittnahen Druckverlaufes ein plötzlicher Druckabfall (Drucksprung) eingeleitet wird. Der Druck fällt dabei im allgemeinen zeitverzögert, auf einen Wert ab, der noch unter dem anschnittfernen vorhandenen Druck liegt. Auf diese Weise wird der noch höhere Druck in den mittleren Abschnitten des Werkzeughohlraumes durch einen Masserückfluß schnell abgebaut und es bildet sich ein Druckgefälle in entgegengesetzter Richtung aus. Aufgrund des abkühl- oder vernetzungsbedingten Druckfalls und weiterer Druckausgleichsvorgänge verringert sich das Druckgefälle im Werkzeug auf einen minimalen Wert, wenn während des folgenden Zeitabschnitts anschnittnah ein dem Anwendungsfall angepaßter Druckverlauf eingehalten wird. Im allgemeinen genügt es den Druck konstant zu halten oder auch einen schwach progressiven oder degressiven Verlauf zu realisieren. Diese minimalen Druckdifferenzen im Werkzeug sind bis zum Ende der Formstoffixierphase aufrecht zu erhalten. Dazu ist der anschnittnahe Druckverlauf mittels einer Steuer- oder Regeleinrichtung bei einer örtlich konstanten Werkzeugwandtemperatur so zu führen, daß annähernd der Druckfall eingehalten wird, der sich bei Thermoplasten gemäß der p, v, T -Relation durch den Abkühlvorgang und bei den in Frage kommenden Duro-

plasten oder Elasten durch den chemischen Vernetzungsvorgang ergeben würde.

Zur Einstellung und Kontrolle muß der errechnete oder auf andere Weise ermittelte Druck-Zeit-Verlauf während des Prozesses in Anschnittnähe meßbar sein. Eine analoge Druckmessung an einer anderen Stelle im Werkzeug, im Stauraum des Plastizierzylinders, im Hydrauliksystem und anderswo ist möglich, wenn die Druckverluste zwischen dem Druck am Anschnitt und der Druckmeßstelle bekannt sind.

Wird die Ortskonstanz des Druckes nur für einen hinteren Abschnitt der Werkzeugkontur gefordert, genügt es, die erforderliche Druckmeßstelle an den Beginn dieses Abschnitts zu legen.

Ausführungsbeispiel

Bei der Herstellung verschiedener Thermoplastformteile aus Polystyrol und Polyäthylen mit einem Fließweg-Wanddicken-Verhältnis von ca. 150 ergeben sich in Abhängigkeit von den Verarbeitungsbedingungen (Höhe des konstanten Nachdruckes, Masse- und Werkzeugwandtemperatur) über die gesamte Formteillänge gegen Ende der Nachdruckphase Druckunterschiede von 20 - 40 MPa. Siehe Fig. 1, Kurve 1 = anschnittnaher Druckverlauf, Kurve 2 = anschnittferner Druckverlauf. Nach der erfindungsgemäßen Verfahrensweise können diese Druckunterschiede bis auf einen Wert unter 1 MPa verringert werden. Fig. 3 verdeutlicht hierzu qualitativ die Entwicklung der sich im Werkzeug ausbildenden maximalen Druckdifferenz $p_{\max}$: Aufgrund des anschnittnahen Druckabfalls im Zeitabschnitt t_2-t_2' (Fig. 2, Kurve 1) verringert sich zunächst die maximale Druckdifferenz im Werkzeug und nimmt danach im allgemeinen einen negativen Wert an, d. h. der angußnah wirkende Druck ist geringer als an einer anderen Stelle im Werkzeug. Infolge des Abkühlvorganges und weiterer Druckausgleichsvorgänge wird bei Aufrechterhaltung des Druckes p_2 (siehe Fig. 2 Kurve) diese Druckdifferenz bis zum Zeitpunkt t_3 bzw. t_3' auf einen Minimalwert abgebaut. Eine weitere Aufrechterhaltung des Druckes p_2 über den Zeitpunkt t_3' hinaus würde wieder zu einer merkli-

lichen Vergrößerung der Druckdifferenzen im Werkzeug führen. Der sich anschließende Druckfall muß also im Zeitabschnitt t_3-t_3' eingeleitet werden. Der Zeitpunkt t_3 wird ca. nach einem Drittel bis zur Hälfte der erforderlichen Nachdruckdauer erreicht. Wird der Drucksprung von p_1 auf p_2 zu spät eingeleitet, ist infolge der sich erhöhenden Viskosität der Abbau der Druckdifferenzen nur noch begrenzt möglich. Bei einem zu früh gelegenen Zeitpunkt erfolgt keine ausreichende Verdichtung der Schmelze über die gesamte Fließweglänge.

Erfindungsansprüche

1. Verfahren zum Spritzgießen von formbaren Werkstoffen, insbesondere Thermoplasten dadurch gekennzeichnet, daß nach erfolgtem Einspritzen und Verdichten des Werkstoffes im Werkzeug der in Anschnittnähe wirkende Nachdruck sprunghaft auf einen Wert gesenkt; der im allgemeinen noch unter dem des zu diesem Zeitpunkt anschnittfern vorhandenen Druckes liegt und im weiteren Verlauf so lange konstant gehalten oder nach einer bestimmten Nachdruckfunktion, z. B. progressiver oder degressiver Verlauf, geändert wird, bis sich im gesamten Werkzeughohlraum ein annähernd konstantes Druckfeld gebildet hat, welches im weiteren Verlauf durch einen von den Abkühl- bzw. Veretzungsbedingungen abhängigen anschnittnahen Nachdruckabfall aufrecht erhalten wird.
2. Verfahren nach Punkt 1 dadurch gekennzeichnet, daß unmittelbar nach dem Drucksprung ein stetiger oder stufenweise kontinuierlicher Druckfall zur Aufrechterhaltung der beim Drucksprung entstandenen minimalen Druckdifferenzen realisiert wird.
3. Verfahren nach Punkt 1 und 2 dadurch gekennzeichnet, daß bei Bedarf diese Verfahrensschritte nur auf einen hinteren Teil des Werkzeughohlraumes angewandt werden.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

