



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 08 221 T3** 2008.02.07

(12) **Übersetzung der geänderten europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 165 301 B2**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 08 221.0**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US00/08449**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 919 886.2**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2000/059702**

(86) PCT-Anmeldetag: **30.03.2000**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **12.10.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.01.2002**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **11.02.2004**

(97) Veröffentlichungstag  
des geänderten Patents beim EPA: **18.07.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **07.02.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B29C 44/42** (2006.01)  
**B29C 44/34** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**285948                      02.04.1999                      US**

(73) Patentinhaber:

**Trexel, Inc., Woburn, Mass., US**

(74) Vertreter:

**HOFFMANN & EITLE, 81925 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**XU, Jingyi, Billerica, US**

(54) Bezeichnung: **VORRICHTUNG ZUR HERSTELLUNG VON POLYMERSCHAUMMATERIAL MIT EINEM DRUCKBE-  
SCHRÄNKUNGSELEMENT, UND ENTSPRECHENDES VERFAHREN**

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

## Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich im Allgemeinen auf die Polymerschäum-Aufbereitung und insbesondere auf ein System und ein Verfahren zum Herstellen von mikrozellularen Schäumen.

**[0002]** Die US-A-3,687,582 offenbart ein System zum zyklischen Einspritzen von schäumbarem Polymerwerkstoff in eine Gussform, bei dem ein Weichmacher eine Speicherkammer speist, die mit der Gussvorrichtung verbunden ist und in die ein Schaumgas eingespritzt wird.

## Hintergrund der Erfindung

**[0003]** Mikrozellulärer Schaum wird herkömmlicher Weise als eine Zellengröße von weniger als 100 µm und eine Zelldichte von mehr als 10<sup>6</sup> Zellen/cm<sup>3</sup> des ursprünglichen Festkörpermateri als saufweisend definiert. Im Allgemeinen umfassen die Erfordernisse zum Ausbilden mikrozellulärer Schäume das Erzeugen einer einphasigen Lösung aus Polymerwerkstoff und physikalischem Treibmittel und dass die Lösung einer thermodynamischen Instabilität ausgesetzt wird, um Orte der Keimbildung mit sehr hoher Dichte zu erzeugen, die zu Zellen anwachsen.

**[0004]** Verfahren zum Gießen mikrozellulärer Materialien wurden beschrieben. US-Patent Nr. 4,473,665 (Martini-Vvedensky) beschreibt ein Gießsystem und ein Verfahren zum Herstellen mikrozellulärer Teile. Polymerpellets werden vorangehend mit einem gasförmigen Treibmittel unter Druck gesetzt und in einem herkömmlichen Extruder geschmolzen, um eine Lösung aus Treibmittel und geschmolzenem Polymer zu bilden, welche dann in einen unter Druck gesetzten Formenhohlraum extrudiert wird. Der Druck in der Gussform wird über dem Löslichkeitsdruck des gasförmigen Treibmittels bei Schmelztemperaturen für die gegebene Ausgangssättigung gehalten. Wenn die Temperatur des geschmolzenen Teils unter die entsprechende kritische Keimtemperatur fällt, wird der Druck auf die Gussform herkömmlicher Weise auf Atmosphäre abgesenkt und ein Aufschäumen des Teils wird zugelassen.

**[0005]** US-Patent NR. 5,158,986 (Cha et al) beschreibt ein alternatives Gießsystem und ein Verfahren zum Herstellen mikrozellulärer Teile. Polymerpellets werden in einen herkömmlichen Extruder eingeführt und geschmolzen. Ein Treibmittel aus Kohlendioxid in seinem überkritischen Zustand wird in den Extrusionsbehälter eingeführt und vermischt, um eine homogene Lösung aus Treibmittel und Polymerwerkstoff zu bilden. Ein Abschnitt des Extrusionsbehälters wird erwärmt, so dass wenn die Mischung durch den Behälter strömt, eine thermodynamische Instabilität

erzeugt wird, wodurch Orte der Keimbildung in dem geschmolzenen Polymerwerkstoff erzeugt werden. Das gekeimte Material wird in einen unter Druck gesetzten Formenhohlraum extrudiert. Der Druck innerhalb des Formenhohlraums wird durch Gegendruck von Luft aufrechterhalten. Das Zellenwachstum tritt innerhalb des Formenhohlraums auf, wenn der Formenhohlraum ausgedehnt wird und sich der Druck darin schlagartig reduziert; die Ausdehnung der Gussform bildet einen gegossenen und aufgeschäumten Gegenstand mit kleinen Zellgrößen und hohen Zelldichten. Die Keimbildung und das Zellenwachstum treten gemäß der Technik getrennt auf; eine thermisch induzierte Keimbildung findet in dem Behälter des Extruders statt und das Zellenwachstum findet in der Gussform statt.

**[0006]** Die Verwendung von Sperrventilen, umfassend Ringsperrventilen, ist beim Spritzgießen bekannt, um zu verhindern, dass geschmolzener Kunststoff, der sich an dem distalen Ende einer sich hin- und herbewegenden Schnecke sammelt, während einem Einspritzvorgang des Kunststoffs in eine Gussform zurückströmt.

**[0007]** Die folgenden US-Patentanmeldungen beschreiben typische Sperrventilanordnungen, die in Kunststoffverarbeitungssystemen verwendet werden. US-Patent Nr. 4,512,733 (Eichseder et al) beschreibt ein Sperrventil an dem Ende einer Plastifizierungsschnecke für eine Spritzgussvorrichtung. Das Sperrventil umfasst ein Ventilgehäuse und ein axial versetzbares Ventilelement, das in diesem Gehäuse aufgenommen ist.

**[0008]** US-Patent NR. 5,164,207 (Durina) beschreibt einen Kunststoff-Extruder mit einer drehenden Schnecke mit einem zylindrischen Gehäuse, welcher verwendet wird, um geschmolzenen Kunststoff zu einer Hochdruck-Spritzgussvorrichtung zu fördern. Ein automatisches Absperrventil ist an dem vorderen Ende der Schnecke angebracht. Während dem Extrusionsschritt wird das Ventil aufgedrückt, um geschmolzenem Kunststoff zu ermöglichen, von dem Extruder zu der Spritzgussvorrichtung zu strömen. Das Ventil schließt sich während dem Hochdruck-Spritzgussvorgang automatisch unter der Wirkung einer Feder, um eine Rückströmung des Kunststoffes über den Extruder zu verhindern.

**[0009]** US-Patent Nr. 5,258,158 (Dray) beschreibt ein Rückschlagventil eines positiven Typs, das verwendet wird, um die Rückströmung von Material in Spritzgussmaschinen positiv aufzuhalten. Das Ventil kann mit einem Gewinde an einem stromabwärtigen Ende der Schnecke verbunden sein oder es kann auch als ein integraler Teil der Schnecke ausgebildet sein. Das Ventil erlaubt den Durchgang von Material, wenn sich die Schnecke dreht, aber schließt, wenn die Schnecke bei einem Spritzgusszyklus translativ

risch nach vorne bewegt wird, ohne dass eine Schneckendrehung erfolgt.

**[0010]** Die JP-A-11-34130 offenbart ein Spritzgießsystem umfassend eine Anti-Suck-Back-Einrichtung, die zwischen einem Plastifizierschneckenabschnitt und einem Mischschneckenabschnitt positioniert ist.

**[0011]** Während die obigen und andere Ausführungen verschiedenartige Techniken und Systeme darstellen, die mit der Herstellung von Schaummaterial aus mikrozellularem Material in Verbindung stehen, besteht eine Notwendigkeit im Stand der Technik für verbesserte Systeme zur Schaumverarbeitung und insbesondere zur Verarbeitung von mikrozellularem Schaum.

**[0012]** Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, Systeme, Verfahren und Gegenstände bereitzustellen, die bei der Herstellung mikrozellulärer Schäume brauchbar sind und die ferner auch bei der Herstellung herkömmlicher Schäume brauchbar sind.

#### Zusammenfassung der Erfindung

**[0013]** Die vorliegende Erfindung ist in den folgenden Patentansprüchen 1 und 17 beschrieben, wobei abhängige Patentansprüche auf optionale oder bevorzugte Merkmale gerichtet sind. Im Allgemeinen ist die Erfindung auf ein System und ein Verfahren gerichtet, die bei der Herstellung von mikrozellulären Schäumen nützlich sind. Die Systeme umfassen ein Beschränkungselement, das die Rückströmung von Polymerschmelze in einem Extruder während dem Einspritzen von Polymerwerkstoff in eine Gussform oder Ausspritzen eines Polymerwerkstoffs über einen Stempel reduziert. Das Beschränkungselement ist stromaufwärts einer Treibmittel-Einspritzöffnung angeordnet, um die Lösung aus Polymer und Treibmittel in dem Extruder oberhalb des Drucks, der zum Aufrechterhalten einer einphasigen Lösung aus Polymer und Treibmittel notwendig ist, zu halten. Das System kann beim Spritzgießen, Blasgießen oder jeden beliebigen anderen Verarbeitungstechniken verwendet werden, die Polymerwerkstoff speichern und in eine Gussform einspritzen oder Polymerwerkstoff aus einem Stempel ausspritzen. Bei einigen Ausführungsformen verwendet das System sich hin- und herbewegende Schnecken zum Einspritzen oder Ausspritzen oder bei anderen Ausführungsformen umfasst das System einen Speicher, der mit einem Auslass des Extruders verbunden ist, in dem sich ein Kolben bewegt, um den Polymerwerkstoff einzuspritzen oder auszuspritzen.

**[0014]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist das Beschränkungselement derart ausgestaltet und angeordnet, um die stromaufwärtige Strömung von Polymerwerkstoff durch sich hindurch zu beschränken, um den Polymerwerkstoff stromabwärts des Be-

schränkungselements auf einem Druck größer dem kritischen Druck, der für eine einphasige Lösung aus Polymerwerkstoff und Treibmittel benötigt wird, zu halten. Bei gewissen bevorzugten Ausführungsformen ist das Beschränkungselement ein Ringsperrventil. Bei manchen bevorzugten Fällen ist das Ringsperrventil federbelastet.

**[0015]** Neben anderen Vorteilen beschränkt das Beschränkungselement die Rückströmung (Stromaufwärtsströmung) von Polymerwerkstoff und dient dem Aufrechterhalten des Stromabwärtsdrucks der Polymer- und Trockenmittellösung während eines gesamten Einspritz- oder Ausspritzzyklus. Dies ermöglicht ein kontinuierliches Aufrechterhalten der einphasigen Lösung aus Polymer und Treibmittel in dem Extruder, die während einer mikrozellulären Verarbeitung ausgebildet wurde. Weil die mikrozelluläre Verarbeitung das Aufrechterhalten der einphasigen Lösung erfordert, ist das Beschränkungselement insbesondere beim Ausbilden mikrozellulären Schaums nützlich.

**[0016]** Das Beschränkungselement ist dazu gedacht, dazu verwendet zu werden, den Druck in Systemen aufrecht zu erhalten, die sich hin- und herbewegende Schnecken zum Einspritzen oder Ausspritzen umfassen und ferner in Systemen, die einen externen Speicher aufweisen, der einen Kolben zum Einspritzen oder Ausspritzen verwendet. Bei herkömmlichen Verarbeitungssystemen, die das Beschränkungselement nicht umfassen und das Einspritzen oder Ausspritzen von Polymerwerkstoff beinhalten, ist es schwierig, wenn nicht sogar unmöglich, den Druck über einen gesamten Einspritz- oder Ausspritzzyklus aufrecht zu erhalten. In Systemen, die sich hin- und herbewegende Schnecken zum Einspritzen verwenden, wird der Polymerwerkstoff üblicher Weise zurückströmen, z.B. wenn sich die Schnecke in einer Stromabwärtsrichtung bewegt, um Material einzuspritzen, was zu einem Druckverlust in dem Polymerwerkstoff in dem Extruder oftmals unter den zum Aufrechterhalten der einphasigen Lösung benötigten Druck führt. Bei anderen Systemen, die einen Speicher außerhalb eines Extruders aufweisen, fällt der Druck üblicher Weise, wenn die Schnecke während dem Einspritzen nicht in Betrieb ist.

**[0017]** Das Beschränkungselement ist vorteilhafter Weise stromaufwärts der Treibmittel-Einspritzöffnung angeordnet, so dass die gesamte Lösung aus Polymer und Treibmittel unter hohem Druck gehalten wird. Diese Anordnung unterscheidet sich von anderen Ventilen, die an einem distalen Ende der Schnecke angeordnet sind, die lediglich die Rückströmung und den Druckverlust in gespeichertem Polymerwerkstoff stromabwärts der Schnecke verhindern und somit beim Halten der gesamten Lösung aus Polymer und Treibmittel auf hohem Druck nicht wirkungsvoll wären.

**[0018]** Bei gewissen Ausführungsformen der Erfindung erlaubt das Beschränkungselement eine begrenzte Stromaufwärtsströmung von Polymerwerkstoff durch sich hindurch. Diese begrenzte Stromaufwärtsströmung kann das Auftreten von einem unsicheren hohen Druck während dem Einspritzen verhindern, aber sie ist nicht signifikant genug, um den Druck stromabwärts der Begrenzung unter den Druck, der zum Aufrechterhalten der einphasigen Lösung notwendig ist, zu reduzieren.

**[0019]** Es sei denn es ist anderweitig definiert, sind alle technischen und wissenschaftlichen Begriffe, die hier verwendet werden, so zu verstehen, wie sie durch den Fachmann auf dem Gebiet der vorliegenden Erfindung herkömmlicher Weise verstanden werden. Obwohl Verfahren und Systeme, die den hierin beschriebenen ähnlich oder äquivalent dazu sind, in der Praxis oder beim Test der vorliegenden Erfindung verwendet werden können, sind geeignete Verfahren und Systeme im folgenden beschrieben. Im Falle eines Konflikts wird die vorliegende Beschreibung mit ihren Definitionen diesen Konfliktregeln. Darüber hinaus sind die Systeme, Verfahren und Beispiele lediglich darstellend und nicht dazu gedacht, begrenzend zu wirken.

**[0020]** Andere Vorteile, neue Merkmale und Aufgaben der Erfindung werden aus der folgenden genaueren Beschreibung der Erfindung und aus den Patentansprüchen ersichtlich.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0021]** [Fig. 1](#) stellt ein Spritzgussystem mit einer sich hin- und herbewegenden Schnecke in einer Speicherposition dar.

**[0022]** [Fig. 1A](#) ist eine Explosionsansicht des Abschnitts **39** des Spritzgussystems aus [Fig. 1](#).

**[0023]** [Fig. 2](#) stellt einen Querschnitt eines Beschränkungselements dar, das die Strömung von Polymerwerkstoff in dem Spritzgussystem aus [Fig. 1](#) in einer Stromaufwärtsrichtung zulässt.

**[0024]** [Fig. 3](#) stellt ein Spritzgussystem mit einer sich hin- und herbewegenden Schnecke in einer Einspritzposition dar.

**[0025]** [Fig. 4](#) stellt einen Querschnitt eines Beschränkungselements dar, das die Strömung von Polymerwerkstoff in einer Stromaufwärtsrichtung in einem Spritzgussystem aus [Fig. 3](#) verhindert.

**[0026]** [Fig. 5](#) stellt ein Spritzgussystem mit einem Speicher in einer Einspritzposition dar.

**[0027]** [Fig. 6](#) stellt ein Spritzgussystem mit einem Speicher in einer Speicherposition dar.

**[0028]** [Fig. 7](#) stellt einen Abschnitt eines Beschränkungselements dar, das die Strömung von Polymerwerkstoff in dem Spritzgussystem aus [Fig. 6](#) in einer Stromabwärtsrichtung zulässt.

**[0029]** [Fig. 8](#) stellt einen Abschnitt eines Beschränkungselements dar, das die Strömung von Polymerwerkstoff in dem Spritzgussystem aus [Fig. 5](#) in einer Stromaufwärtsrichtung verhindert.

#### Genaue Beschreibung der Erfindung

**[0030]** Die auf die gleiche Anmelderin angemeldete parallel anhängige internationale Patentanmeldung mit der Anmeldenummer PCT/US97/15088, eingereicht am 26. August 1997 und veröffentlicht am 5. März 1998 als WO 98/08867 und die von der gleichen Anmelderin angemeldete parallel anhängige internationale Patentanmeldung mit der Anmeldenummer PCT/US97/27118, eingereicht am 18. Dezember 1998, und die von der gleichen Anmelderin angemeldete parallel anhängige US-Patentanmeldung mit der Anmeldenummer 09/241,452, eingereicht am 2. Februar 1999, sind in der folgenden Beschreibung erwähnt.

**[0031]** Die verschiedenartigen Ausführungsformen und Aspekte der Erfindung werden aus den folgenden Definitionen verständlicher. Wie es hierin verwendet wird, definiert "Keimbildung" einen Vorgang, bei dem eine homogene, einphasige Lösung aus Polymerwerkstoff, in dem Moleküle einer Gattung, die unter Raumbedingungen ein Gas sind, gelöst sind, eine Bildung von Molekülhäufungen diese Gattung erfährt, die "Keimbildungsorte" definieren, aus denen Zellen wachsen. Das heißt unter "Keimbildung" ist eine Änderung von einer homogenen, einphasigen Lösung zu einer Mischung, in der Orte einer Anhäufung von wenigstens mehreren Molekülen des Treibmittels ausgebildet sind, zu verstehen. Die Keimbildung definiert den Übergangszustand, wenn Gas in Lösung in einer Polymerschmelze aus der Lösung austritt, um eine Suspension von Blasen innerhalb der Polymerschmelze zu bilden. Im allgemeinen wird dieser Übergangszustand durch Ändern der Löslichkeit der Polymerschmelze von einem Zustand einer ausreichenden Löslichkeit, um eine bestimmte Quantität an Gas in der Lösung zu enthalten, zu einem Zustand einer nicht ausreichenden Löslichkeit, um die gleiche Quantität an Gas in der Lösung zu enthalten, erzwungen. Die Keimbildung kann dadurch bewirkt werden, die homogene, einphasige Lösung einer schnellen thermodynamischen Instabilität, wie beispielsweise einer schlagartigen Temperaturänderung, einem schlagartigen Druckverlust oder beidem, auszusetzen. Der schlagartige Druckverlust kann unter Verwendung eines unten definierten keimbildenden Mediums erzeugt werden. Die schlagartige Temperaturänderung kann unter Verwendung eines erwärmten Abschnitts eines Extruders, einem heißen

Glycerinbad oder ähnlichem erzeugt werden. Ein "Keimbildungsmittel" ist ein dispergiertes Mittel, wie beispielsweise Talk oder andere Füllstoffpartikel, die einem Polymer zugesetzt sind und in der Lage sind, die Bildung von Keimbildungsorten aus einer einphasigen homogenen Lösung zu fördern. Derartige "Keimbildungsorte" definieren keine Orte innerhalb eines Polymers, an dem sich Keimbildungsmittelpartikel befinden. "Keimgebildet" bezieht sich auf einen Zustand eines Polymerwerkstoff-Fluids, das eine einphasige homogene Lösung mit einer gelösten Gattung, die unter Raumbedingungen ein Gas ist, enthalten hat, nach einem Ereignis (üblicherweise einer thermodynamischen Instabilität), das zu der Bildung von Keimbildungsorten führt. "Nicht keimgebildet" bezieht sich auf einen Zustand, der durch eine einphasige homogene Lösung eines Polymerwerkstoffs und einer gelösten Gattung, die unter Raumbedingungen ein Gas ist, ohne Keimbildungsorte definiert ist. Ein "nicht keimgebildetes" Material kann ein keimbildendes Mittel wie beispielsweise Talk enthalten. "Polymerwerkstoff" bezieht sich auf ein Material, das im Wesentlichen, wenn nicht sogar vollständig, in seiner Natur polymerisch ist. "Polymerwerkstoff" kann optional auch andere Zusatzstoffe, die im Stand der Technik bekannt sind, wie beispielsweise Füllstoffe und keimbildende Mittel, enthalten und kann ferner ein Treibmittel, das in dem Polymer gelöst ist, enthalten. Unter einer "im wesentlichen geschlossenen Zelle" eines mikrozellularen Materials ist die Definition eines Materials zu verstehen, das bei einem Dickenmaß von ungefähr 100 µm keinen verbundenen Zellenpfad durch das Material enthält. Unter einem "keimbildenden Medium" ist die Definition eines Mediums zu verstehen, das einen Teil einer mikrozellularen Polymerschäum-Extrusionsvorrichtung bildet und in dem unter Bedingungen, bei denen die Vorrichtung zum Betrieb ausgestaltet ist (üblicher Weise bei Drücken von 10,5 bis ungefähr 210 mPa – ungefähr 1500 bis ungefähr 30.000 psi – stromaufwärts des Keimbilders und bei Strömungsgeschwindigkeiten von mehr als ungefähr 4,5 kg – 10 Pounds – Polymerwerkstoff pro Stunde) der Druck einer einphasigen Lösung aus Polymerwerkstoff vermischt mit Treibmittel in dem System unter den Sättigungsdruck für die spezielle Treibmittelkonzentration bei einer Geschwindigkeit oder Geschwindigkeiten, die die schnelle Keimbildung erleichtern, fällt. Ein keimbildendes Medium definiert optional zu anderen keimbildenden Medien eine Keimbildung oder einen keimbildenden Bereich einer Einrichtung der Erfindung.

**[0032]** Zum Zwecke der vorliegenden Erfindung ist mikrozelluläres Material als aufgeschäumtes Material mit einer Durchschnitts-Zellengröße von weniger als ungefähr 100 µm im Durchmesser oder ein Material mit einer Zelldichte von im allgemeinen größer als wenigstens ungefähr  $10^6$  Zellen pro Kubikmeter oder vorzugsweise beidem definiert. Innerhalb des Umfangs dieser Definition kann ein mikrozelluläres Ma-

terial eine kleine Prozentzahl (weniger als 1% der gesamten Anzahl an Zellen) von Zellen mit einer Zellengröße größer als ungefähr 100 µm im Durchmesser aufweisen. Der Fehlstellenanteil von mikrozellulärem Material variiert im Allgemeinen von 5% bis 98%.

**[0033]** Bei bevorzugten Ausführungsformen hat das gemäß den Systemen und Verfahren der Erfindung hergestellte mikrozelluläre Material eine Durchschnitts-Zellengröße von weniger als ungefähr 50 µm. Bei einigen Ausführungsformen ist eine besonders kleine Zellengröße erwünscht und bei diesen Ausführungsformen weist das Material der Erfindung eine Durchschnitts-Zellengröße von weniger als ungefähr 20 µm, mehr bevorzugt weniger als 10 µm, und noch mehr bevorzugt weniger als 5 µm. Das mikrozelluläre Material weist vorzugsweise eine maximale Zellengröße von ungefähr 100 µm auf. Bei Ausführungsformen, bei denen eine besonders kleine Zellengröße erwünscht ist, kann das Material eine maximale Zellengröße von ungefähr 50 µm, mehr bevorzugt ungefähr 25 µm, mehr bevorzugt ungefähr 15 µm, mehr bevorzugt ungefähr 8 µm und noch mehr bevorzugt ungefähr 5 µm, aufweisen. Eine Gruppe von Ausführungsformen umfasst alle Kombinationen dieser erwähnten Durchschnittszellengrößen und maximalen Zellengrößen. Zum Beispiel umfasst eine Ausführungsform dieser Gruppe von Ausführungsformen mikrozelluläres Material mit einer Durchschnitts-Zellengröße von weniger als ungefähr 30 µm mit einer maximalen Zellengröße von ungefähr 50 µm und ein anderes Beispiel eine Durchschnittszellengröße von weniger als ungefähr 30 µm mit einer maximalen Zellengröße von ungefähr 35 µm, etc. Das heißt, für eine Vielzahl von Zwecken ausgestaltetes mikrozelluläres Material kann mit einer speziellen Kombination von Durchschnittszellengröße und maximaler Zellengröße, die für diesen Zweck bevorzugt sind, hergestellt werden.

**[0034]** Bei einer Ausführungsform wird mikrozelluläres Material mit im Wesentlichen geschlossenen Zellen gemäß den Techniken der vorliegenden Erfindung hergestellt. Wie es hier verwendet wird ist unter "im wesentlichen geschlossenen Zellen" die Definition eines Materials zu verstehen, das bei einem Dickenmaß von ungefähr 100 µm keinen verbundenen Zellenpfad durch das Material enthält.

**[0035]** Bei anderen Ausführungsformen ist das unter Verwendung der Systeme und Verfahren der vorliegenden Erfindung hergestellte Material herkömmlicher Weise Schaum mit Durchschnitts-Zellengrößen von mehr als 100 µm. Bei einigen Ausführungsformen können die Schäume primär mikrozellular sein, jedoch können sie auch Bereiche mit kleinen Prozentzahlen größerer Zellen aufweisen. Das heißt, bei diesen Ausführungsformen weist die Mehrzahl der Zellen eine Zellengröße von weniger als 100 µm auf und eine Minderheit der Zellen weist eine Größe von

größer als 100 µm auf.

**[0036]** Die vorliegende Erfindung stellt Systeme, Verfahren und Gegenstände zum Verarbeiten von Polymerwerkstoff umfassend mikrozellularen Polymerwerkstoff und insbesondere Systeme, Verfahren und Gegenstände zum Verarbeitung von Polymerwerkstoff durch zyklisches Einspritzen von Polymerwerkstoff in eine Gussform oder zyklisches Ausspritzen von Polymerwerkstoff über einen Stempel bereit. Der Fachmann versteht die strukturellen Definitionen eines Systems, das zum zyklischen Einspritzen von Polymerwerkstoff in eine Gussform oder zyklischen Ausspritzens von Polymerwerkstoff aus einem Stempel ausgestaltet und angeordnet ist. Die vorliegende Erfindung umfasst sämtliche Strukturen und ist nicht auf die hier beschriebenen Strukturen begrenzt. Obwohl primär das Spritzgießen beschrieben ist, kann die Erfindung z.B. durch den Fachmann leicht zur Verwendung mit anderen Techniken modifiziert werden, die Einspritzzyklen oder Ausspritzzyklen verwenden, wie beispielsweise Blasgießen.

**[0037]** Bezug nehmend auf die [Fig. 1-Fig. 4](#) umfasst ein Spritzgussystem **20** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung einen Extruder **30**, der mit einer Spritzgussform **37** in Fluidverbindung steht. Eine Polymer-Aufbereitungsschnecke **38** dreht sich innerhalb eines Zylinders **32** des Extruders, um Polymerwerkstoff in einer Stromabwärtsrichtung **33** in einem Polymeraufbereitungsraum **34**, der zwischen der Schnecke und dem Zylinder definiert ist, zu fördern. Das System umfasst eine Treibmittelöffnung **54**, die zum Einspritzen von Treibmittel in den Polymerwerkstoff innerhalb des Aufbereitungsraums zum Ausbilden einer Polymer- und Treibmittellösung, eine Fluidverbindung zwischen einer Treibmittelquelle **56** und dem Polymeraufbereitungsraum **34** herstellt. Zum Beginn eines Einspritzzyklus ist die Polymeraufbereitungsschnecke **38** in einer Speicherposition ([Fig. 1](#)) angeordnet und eine Charge aus Polymer und Treibmittel ist in einem Speicherbereich **50** innerhalb des Zylinders stromabwärts der Schnecke **38** gespeichert. Sobald eine ausreichende Charge der Lösung gespeichert wurde, bewegt sich die Schnecke in einer Stromabwärtsrichtung zu einer Einspritzposition ([Fig. 3](#)) um die Lösung in die Gussform **37** einzuspritzen. Nach dem Einspritzen kehrt die Schnecke in die Speicherposition zurück, um den Zyklus abzuschließen. Wie es im folgenden weiter beschrieben wird, umfasst das System ein Beschränkungselement **35**, das stromaufwärts der Treibmittelöffnung **54** angeordnet ist, um die Polymer- und Treibmittellösung stromabwärts des Beschränkungselements während des gesamten Einspritzzyklus auf einem ausreichenden Druck zu halten. Das Beschränkungselement verbleibt während dem Hin- und Herbewegen der Schnecke stets stromaufwärts der Treibmittelöffnung.

**[0038]** Entlang des Zylinders **32** sind optional Temperaturregeleinheiten **42** angeordnet. Die Regeleinheiten **42** können elektrische Heizungen sein und Durchgänge für Temperaturregelfluidе und/oder ähnliches umfassen. Die Einheiten **52** können verwendet werden, um eine Strömung aus geperltem (Engl.: pelletized) oder fluidförmigen Polymerwerkstoff innerhalb des Zylinder verwendet werden, um das Schmelzen zu erleichtern und/oder um die Strömung zu kühlen, um die Viskosität zu regeln und in einigen Fällen die Löslichkeit des Treibmittels. Die Temperaturregeleinheiten können an unterschiedlichen Orten entlang des Zylinders anders betrieben werden, d.h. um an einem oder mehreren Orten zu heizen und an einem oder mehreren anderen Orten zu kühlen. Jegliche beliebige Anzahl von Regeleinheiten kann vorgesehen sein.

**[0039]** Der Zylinder **32** ist ausgestaltet und angeordnet, um einen Vorgänger eines Polymerwerkstoffs aufzunehmen. Wie es hier verwendet wird, soll "Vorgänger von Polymerwerkstoff" sämtliche Materialien umfassen, die fluidförmig sind oder die ein Fluid bilden und nachfolgend aushärten können, um einen mikrozellularen Polymergegenstand oder einen herkömmlichen Polymerschäumgegenstand zu bilden. Üblicherweise ist der Vorgänger durch thermoplastische Polymerpellets definiert, kann aber auch andere Gattungen umfassen. Bei einer Ausführungsform kann der Vorgänger z.B. durch eine Gattung definiert sein, die reagieren wird, um einen mikrozellularen Polymerwerkstoff, wie er beschrieben ist, unter verschiedenartigen Voraussetzungen zu bilden. Die Erfindung ist so zu verstehen, dass sie die Herstellung von mikrozellularem Material aus jeglicher Kombination von Gattungen, die miteinander reagieren können, um einen Polymer auszubilden, üblicher Weise monomeren oder niedrigmolekulargewichtigen Polymervorgängern, die gemischt und aufgeschäumt werden, wenn die Reaktion stattfindet, zu umfassen. Im allgemeinen sind Gattungen durch die Erfindung umfassend aushärtende Polymere, bei denen eine signifikante Erhöhung des Molekulargewichts des Polymers während der Reaktion und während des Aufschäumens aufgrund der Vernetzung von Polymerkomponenten auftritt, umfasst. Zum Beispiel sind Polyamide des Kondensations- und Zusatztyps (Engl.: condensation and addition type) umfassend aliphatische und aromatische Polyamide, wie beispielsweise Polyhexamethylenadipamid, Poly(e-caprolactam), Polgene, wie beispielsweise Cycloaromatische Polymere, umfassend Polydicyclopentadien, Acrylpolymerе, wie beispielsweise Polyacrylamid, Polyacrylamat, Acrylesterpolymerе, wie beispielsweise 2-Cyanoacrylesterpolymerе, Acrylonitrilpolymerе und Kombinationen davon.

**[0040]** Vorzugsweise wird ein thermoplastischer Polymer oder eine Kombination aus thermoplastischen Polymeren aus unter anderem amorphen, semi-kris-

tallinen und kristallinen Materialien, umfassend Polyaromata, wie beispielsweise Styrenpolymere, umfassend Polystyren, Polyolefine, wie beispielsweise Polyethylen und Polypropylen, Fluorpolymere, vernetzbare Polyolefine, Polyamide und Polyvinylchlorid ausgewählt. Thermoplastischen Elastomere können ebenfalls verwendet werden, insbesondere Metallocen-katalysiertes Polyethylen.

**[0041]** Üblicherweise verwendet das Einführen des Vorpolymervorgängers einen Standardtrichter **44** zum Beinhalt von gepulvertem Polymerwerkstoff, der in den Extruderzylinder durch eine Öffnung **46** einzuspeisen ist, obwohl ein Vorgänger ein fluidförmiges Vorpolymermaterial sein kann, das durch eine Öffnung eingespritzt wird und innerhalb des Zylinders über z.B. zusätzliche Polymerisationsmittel polymerisiert wird. In Verbindung mit der vorliegenden Erfindung ist es lediglich wichtig, dass eine Fluidströmung von Polymerwerkstoff in dem System hergestellt wird.

**[0042]** Bei dieser Ausführungsform steht entlang des Zylinders **32** des Systems **30** wenigstens eine Öffnung **54** in Fluidverbindung mit der Quelle **56** eines physikalischen Treibmittels. Jedes beliebige physikalische Treibmittel aus einer großen Vielzahl von Treibmitteln, die dem Fachmann bekannt sind, wie beispielsweise Kohlenwasserstoffe, Fluorchlor-Kohlenwasserstoffe, Stickstoff, Kohlendioxid und ähnliche können in Verbindung mit der Erfindung verwendet werden oder auch Mischungen davon und gemäß einer bevorzugten Ausführungsform stellt die Quelle **56** Kohlendioxid als ein Treibmittel bereit. Überkritische fluidförmige Treibmittel sind insbesondere bevorzugt, insbesondere überkritisches Kohlendioxid. Bei einer Ausführungsform wird nur überkritisches Kohlendioxid als Treibmittel verwendet. Überkritisches Kohlendioxid kann in den Extruder eingeführt werden und dazu gebracht werden, schnell eine einphasige Lösung mit dem Polymerwerkstoff entweder durch Einspritzen von Kohlendioxid als ein überkritisches Fluid oder Einspritzen von Kohlendioxid als ein Gas oder eine Flüssigkeit und Zulassen von Bedingungen innerhalb des Extruders, um das Kohlendioxid überkritisch zu machen, auszubilden. Das Einspritzen von Kohlendioxid in den Extruder in einem überkritischen Zustand ist bevorzugt. Die einphasige Lösung aus überkritischem Kohlendioxid und Polymerwerkstoff, die in dieser Art und Weise ausgebildet wurde, weist eine sehr geringe Viskosität auf, wodurch vorteilhafter Weise ein Niedrigtemperaturgießen, sowie eine schnelle Befüllung von Gussformen mit engen Toleranzen, um sehr dünne gegossene Teile auszubilden, zugelassen wird, was im folgenden genauer diskutiert wird.

**[0043]** Ein Beispiel des Verwendens eines physikalischen Treibmittels anstelle eines chemischen Treibmittels besteht in der Maximierung der Recyclingfä-

higkeit des Produkts. Die Verwendung eines chemischen Treibmittels reduziert üblicher Weise die Recyclingattraktivität eines Polymers, da das verbleibende chemische Treibmittel und Treibmittelnebenprodukte zu einem insgesamt nicht gleichmäßigen recycelbaren Materialzusammenschluss beitragen. Da Schäume, die mit chemischen Treibmitteln ausgeblasen sind, inhärent verbleibendes, nicht reagiertes chemisches Treibmittel, nachdem ein Endschaumprodukt hergestellt wurde, sowie chemische Nebenprodukte der Reaktion, die ein Treibmittel bildet, umfassen, umfasst Material der vorliegenden Erfindung bei dieser Gruppe von Ausführungsformen verbleibendes chemisches Treibmittel oder ein Reaktionsnebenprodukt des chemischen Treibmittels in einer Menge weniger als die in Gegenständen, die mit 0,1 % Massenanteil chemischem Treibmittel oder mehr ausgeblasen wurden, vorzugsweise in einer Menge weniger als die in Gegenständen, die mit 0,05 % Massenanteil chemischem Treibmittel oder mehr ausgeblasen wurden, inhärent vorkommen. Bei insbesondere bevorzugten Ausführungsformen ist das Material dadurch gekennzeichnet, dass es im Wesentlichen frei von verbleibendem chemischem Treibmittel oder frei von Reaktionsnebenprodukten des chemischen Treibmittels ist. Das heißt, sie umfassen weniger verbleibendes chemisches Treibmittel oder Nebenprodukte als das in Gegenständen, die mit einem beliebigen chemischen Treibmittel ausgeblasen wurden, vorkommt.

**[0044]** Eine Druck- und Dosierungseinrichtung **58** ist üblicher Weise zwischen der Treibmittelquelle **56** und der wenigstens einen Öffnung **54** angeordnet. Die Einrichtung **58** kann verwendet werden, um das Treibmittel zu dosieren, um so die Menge des Treibmittels in dem Polymerstrom innerhalb des Extruders zu regeln, um das Treibmittel gemäß einer Gruppe von Ausführungsformen auf einem Niveau von ungefähr 1% und 25% Massenanteil, vorzugsweise zwischen ungefähr 6% und 20% Massenanteil, mehr bevorzugt zwischen ungefähr 8% und 15% Massenanteil, noch mehr bevorzugt zwischen ungefähr 10% und 12% Massenanteil auf Grundlage der Gewichts des Polymerstroms und des Treibmittels zu halten. Das speziell verwendete Treibmittel (Kohlendioxid, Stickstoff etc.) und die Menge des verwendeten Treibmittels hängen oft von dem Polymer, der Dichtereduzierung, der Zellengröße und den physikalischen Eigenschaften, die erwünscht sind, ab.

**[0045]** Die Druck- und Dosiereinrichtung kann mit einem (nicht dargestellten) Regler verbunden sein, der ferner mit einem Antriebsmotor **40** verbunden ist, um die Dosierung des Treibmittels in Beziehung mit der Polymerwerkstoffströmung zu regeln, um die Gewichtsprozent Treibmittel in der fluidförmigen Polymermischung sehr präzise zu regeln.

**[0046]** Obwohl die Öffnung **54** an jeglicher beliebiger



gen Position unter einer Vielzahl von Positionen entlang des Zylinders angeordnet sein kann, ist sie gemäß einer bevorzugten Ausführungsform gerade stromaufwärts eines Mischabschnitts **60** der Schnecke und an einem Treibmittel-Aufnahmeabschnitt **62** der Schnecke, an dem die Schraube ununterbrochene Schraubengänge umfasst, angeordnet. Der Mischabschnitt **60** ist insbesondere zum Mischen des Treibmittels und des Polymers nützlich, um die Bildung einer einphasigen Lösung aus Polymer und Treibmittel innerhalb des Extruders zu fördern.

**[0047]** Die beschriebene Anordnung erleichtert ein Verfahren, das gemäß mehrerer Ausführungsformen der Erfindung ausgeführt werden kann in Kombination mit Spritzgießen oder Ausspritzen von Polymerwerkstoff über einen Stempel. Das Verfahren beinhaltet das Einführen eines Treibmittels in einen fluidförmigen Polymerwerkstoff, der bei einer Geschwindigkeit von ungefähr 180 bis ungefähr 640 g/h (von ungefähr 0,5 bis ungefähr 1,4 lbs/hr) strömt, der unter Raumbedingungen ein Gas ist und in der Zeitdauer von weniger als einer Minute eine einphasige Lösung des Treibmittelfluids in dem Polymer erzeugt. Das Treibmittelfluid liegt in der Lösung in einer Menge von wenigstens ungefähr 2,5 Massenanteil auf Grundlage des Gewichts der Lösung in dieser Anordnung vor. Bei einigen Ausführungsformen beträgt die Geschwindigkeit der Strömung des fluidförmigen Polymerwerkstoffs von ungefähr 2,7 bis ungefähr 5,4 kg/h (ungefähr 6–12 lbs/hr). Bei diesen Anordnungen wird das Treibmittelfluid zugesetzt und eine einphasige Lösung innerhalb einer Minute ausgebildet, wobei das Treibmittel in der Lösung in einer Menge von wenigstens ungefähr 3 Massenprozent, mehr bevorzugt ungefähr 5 Massenprozent, mehr bevorzugt ungefähr 7% und noch mehr bevorzugt wenigstens ungefähr 10% vorliegt (obwohl, wie es erwähnt wurde, bei einer anderen Gruppe von bevorzugten Ausführungsformen niedrigere Treibmittel-Niveaus verwendet werden). Bei diesen Anordnungen wird wenigstens 1,1 kg (ungefähr 2,4 lbs) pro Stunde Treibmittel, vorzugsweise CO<sub>2</sub> in die Fluidströmung eingeführt und darin vermischt, um eine einphasige Lösung auszubilden. Die Einführgeschwindigkeit des Treibmittels ist mit der Geschwindigkeit der Strömung des Polymers abgestimmt, um die optimale Treibmittelkonzentration zu erreichen.

**[0048]** Das Beschränkungselement **35** ist stromaufwärts der Öffnung **54** angeordnet und somit stromaufwärts eines Treibmittel-Aufnahmeabschnitts **62** und üblicherweise stromabwärts eines Dosierabschnitts **63** der Schnecke **38**. Das Beschränkungselement ist ein Beispiel einer Anordnung, bei der der Extruder derart ausgestaltet und angeordnet ist, um eine Lösung aus Polymer und Treibmittel innerhalb eines Polymer-Aufbearbeitungsraums zwischen dem Treibmitteleinlass und des Extruderauslass (Stempel, Einlass in eine Gussform oder anderer Auslass)

während eines Einspritz- oder Ausspritzzyklus auf einem relativ hohen Druck zu halten. Der Fachmann versteht die strukturelle Bedeutung eines Extruders, der ausgestaltet und angeordnet ist, um einen Druck in dieser Art und Weise aufrecht zu erhalten und Beispiele sind hier angegeben, die nicht dazu gedacht sind, den Umfang der Erfindung zu beschränken. Das Beschränkungselement **35** kann eine Vielzahl von Formen annehmen, die im Stand der Technik zum Beschränken der Stromaufwärtsströmung von Polymerwerkstoff bekannt sind, wie beispielsweise eine Blase (Engl.: blister), einen Damm quer über den Förderabschnitt der Schraube, einen Umkehrschraubengang oder ein Ventil. Bei bevorzugten Ausführungsformen, die in den [Fig. 1–Fig. 4](#) dargestellt sind, ist das Beschränkungselement **35** ein Ringsperrventil.

**[0049]** Das Ringsperrventil umfasst einen Ring, der sich um den Durchmesser eines kleinen Abschnitts der Schraube erstreckt und zwischen einer ersten Position, die die Durchströmung von Material erlaubt und einer zweiten Position, die die Durchströmung von Material verhindert, seitlich bewegbar ist. Der äußere Durchmesser des Rings ist derart dimensioniert, um im Wesentlichen die Strömung von Kunststoff zwischen dem Ring und dem Zylinder zu verhindern, während dennoch erlaubt wird, den Ring seitlich zu bewegen. In der ersten Position, die in [Fig. 2](#) dargestellt ist, kontaktiert eine innere Kante **76** des Rings **72** eine Sperrfläche **78**, die sich von dem Körper der Schnecke **38** erstreckt. Der Ring **72** wird außer Eingriff von einer Dichtfläche **74** der Schraube gebracht, um einen Raum dazwischen bereitzustellen, durch welchen Polymerwerkstoff in einer Stromabwärtsrichtung dem Weg **80** folgend strömen kann. In dieser Position strömt Polymerwerkstoff durch einen inneren Durchgang **82** in dem Ring, um stromabwärts des Beschränkungselements zu treten. In der zweiten Position, wie sie in [Fig. 4](#) dargestellt ist, ist der Ring **72** in einer Stromaufwärtsrichtung versetzt und steht mit der Dichtfläche **74** der Schraube in Eingriff, um eine Beschränkung gegenüber einer Stromaufwärtsströmung von Polymerwerkstoff bereitzustellen. Bei einigen bevorzugten Ausführungsformen verhindert der Eingriff zwischen dem Ring und der Dichtfläche im Wesentlichen die Stromaufwärtsströmung von Polymerwerkstoff dazwischen. In anderen Fällen sind der Ring und die Dichtfläche derart ausgestaltet, um eine geringe Menge einer Stromaufwärtsströmung zuzulassen, wenn sie in Eingriff stehen (z.B. über Kanäle zwischen dem Ring und der Dichtfläche, die vorkommen, wenn sich der Ring in der zweiten Position befindet). Die Dichtfläche und die Fläche des Rings können, wie es dargestellt ist, verjüngt sein, um eine dichte Abdichtung bereitzustellen, insbesondere dann, wenn die Verhinderung der Stromaufwärtsströmung erwünscht ist.

**[0050]** Die Relativposition des Rings hängt von den



Kräften, die auf ihn wirken, ab. Insbesondere hängt die Ringposition von dem Druckunterschied zwischen dem Druck der Polymerwerkstoffs stromaufwärts des Rings und dem Druck des Polymerwerkstoff stromabwärts des Rings ab. Bei bevorzugten Ausführungsformen ist der Ring ausgestaltet, um sich in der ersten Position zu befinden, wenn der Druck stromaufwärts größer ist als der Druck stromabwärts und um sich in die zweite Position zu bewegen, wenn der Druck stromabwärts größer ist als der Druck stromaufwärts. Beim üblichen Betrieb steht der Ring beim Beginn des Einspritz- oder Ausspritzzyklus im allgemeinen außer Eingriff mit der Dichtfläche ([Fig. 2](#)), weil der Druck des geschmolzenen Kunststoffes stromaufwärts des Rings größer ist als der Druck stromabwärts, wodurch zugelassen wird, dass Polymerwerkstoff in einer Stromabwärtsrichtung an dem Beschränkungselement vorbei gefördert wird und sich in dem Bereich **50** ansammelt. Wenn eine ausreichende Charge Polymer und Treibmittellösung in dem Bereich **50** gespeichert ist, bewegt sich die Schraube in einer Stromabwärtsrichtung von der Speicherposition ([Fig. 1](#)) in eine Einspritz- oder Ausspritzposition ([Fig. 3](#)), um das gespeicherte Material über ein Keimbildungsmedium **67**, wie es im folgenden genauer diskutiert wird, in eine Gussform **37** einzuspritzen. Die Stromabwärtsbewegung der Schraube komprimiert die gespeicherte Charge, wodurch ihr Druck erhöht wird. Dies erzeugt einen Hochdruckzustand auf der Stromabwärtsseite des Rings relativ zu der Stromaufwärtsseite, wodurch verursacht wird, dass sich der Ring in die zweite Position bewegt, um mit der Dichtfläche in Eingriff zu kommen ([Fig. 4](#)), wodurch die Strömung von Polymerwerkstoff verhindert wird und der Druck stromabwärts des Beschränkungselements aufrecht erhalten wird. Üblicherweise verbleibt der Ring in der zweiten Position, bis der Druck stromaufwärts des Beschränkungselements den Druck stromabwärts überschreitet, an welchem Punkt der Ring in die erste Position zurückkehrt.

**[0051]** Das Beschränkungselement hält während des gesamten Zyklus den Druck der Polymer- und Treibmittellösung stromabwärts des Beschränkungselements oberhalb eines minimalen Drucks. In vielen Fällen hält das Beschränkungselement einen Druck stromabwärts des Beschränkungselements über den gesamten Zyklus von wenigstens 7 MPa (1000 psi), in einigen Fällen von wenigstens 14 MPa (2000 psi) und in einigen Fällen von wenigstens 21 MPa (3000 psi). Bei bevorzugten Ausführungsformen wird der Druck stromabwärts des Beschränkungselements über den gesamten Zyklus größer als der kritische Druck gehalten, der für eine einphasige Lösung aus Polymerwerkstoff und Treibmittel für gegebene festgelegte Betriebsbedingungen erforderlich ist. Der kritische Druck hängt von den Gew-% Treibmittel, das in dem Polymerwerkstoff gelöst ist, ab, und auch anderen Betriebsbedingungen wie der Temperatur. Durch Halten der einphasigen Polymer- und Treibmittellö-

sung auf einem Druck überhalb dem kritischen Druck sichert das Beschränkungselement, dass das Treibmittel innerhalb des Extruders nicht frühzeitig vor dem Keimbildungsschritt aufgrund eines Druckverlustes, der aus der Stromaufwärtsströmung des Polymerwerkstoffs während dem Einspritzen oder Ausspritzen herrührt, aus der Lösung austritt. Weil Systeme zum Verarbeiten bzw. Aufbereiten mikrozellulärer Schäume das Aufrechterhalten einer einphasigen Lösung vor dem Keimbildungsschritt erfordern, ist das Beschränkungselement somit in derartigen Systemen besonders vorteilhaft. Üblicherweise können keine mikrozellulären Materialien ausgebildet werden, wenn das Treibmittel und der Polymerwerkstoff vor der Keimbildung keine einphasige Lösung bilden.

**[0052]** Bei einigen bevorzugten Ausführungsformen, die ein Ringsperrventil verwenden, besteht eine nicht vernachlässigbare Zeitdauer, während sich der Ring von der ersten Position in die zweite Position bewegt. Während dieser Zeitdauer erlaubt das Ringsperrventil eine begrenzte Stromaufwärtsdurchströmung von Polymerwerkstoff vor dem in Eingriff kommen mit der Dichtfläche, was beim Absenken der Hochdruckbedingung stromabwärts des Beschränkungselements vorteilhaft sein kann. Diese begrenzte Stromaufwärtsströmung verhindert einen unsicheren Hochdruckzustand (z.B. einen Druckzustand größer als der Betriebsdruck des Extruders), welcher resultieren könnte, wenn das Beschränkungselement die gesamte Stromaufwärtsströmung des Polymerwerkstoffes nach dem Element eliminieren würde. Der Grad der Druckentspannung hängt von dem Ausmaß dieser Zeitdauer ab, welche eine Funktion der Viskosität des geschmolzenen Polymers, der Ringgestaltung und der Einspritzgeschwindigkeit ist und entsprechend durch den Fachmann eingestellt werden kann.

**[0053]** Bei vielen Spritzguss-Ausführungsformen erfolgt die Keimbildung der einphasigen Lösung aus Polymerwerkstoff und Treibmittel durch Einspritzen über ein Druckabfall-Keimbildungsmedium **67**, das eine Fluidverbindung zwischen dem Speicherbereich und der Gussform herstellt. Üblicherweise umfasst das System ein Ventil, welches die Materialströmung durch das Keimbildungsmedium regelt und in Verbindung mit dem Einspritzzyklus arbeitet. Wie es hier verwendet wird, ist unter "Keimbildungsmedium" im Zusammenhang mit einem schlagartigen Druckverlust die Definition eines Mediums zu verstehen, das einen Teil einer mikrozellulären Polymerschäum-Extrusionsvorrichtung bildet und in dem bei Bedingungen, für die Vorrichtung zum Betrieb ausgelegt ist, üblicherweise bei Drücken von ungefähr 10,5 bis ungefähr 210 MPa (von ungefähr 1500 bis ungefähr 30.000 psi) stromaufwärts des Keimbilders und bei Strömungsgeschwindigkeiten von mehr als ungefähr 5 lbs Polymerwerkstoff pro Stunde – der Druck einer einphasigen Lösung aus Polymerwerkstoff vermischt

mit Treibmittel in dem System unterhalb den Sättigungsdruck der speziellen Treibmittelkonzentration bei einer Geschwindigkeit oder Geschwindigkeiten, die die Keimbildung erleichtern, fällt. Das keimbildende Medium **67** umfasst ein Einlassende **69** zum Aufnehmen einer einphasigen Lösung aus Polymerwerkstoffvorgänger und Treibmittel als ein fluidförmiger Polymerstrom und ein keimgebildetes Polymer-Auslassende **70** zum Liefern des keimgebildeten Polymerwerkstoffs in den Formenhohlraum oder die Gussform **37**. Der Keimbilder **66** kann an verschiedenartigen Orten stromabwärts des Bereichs **50** und stromaufwärts der Gussform **37** angeordnet sein. Bei einer bevorzugten Ausführungsform steht der Keimbilder **66** in direkter Fluidverbindung mit der Gussform **37**, so dass der Keimbilder eine Düse definiert, die den Extruder mit dem Formenhohlraum verbindet und das keimgebildete Polymer-Auslassende **70** definiert eine Öffnung des Formenhohlraums **37**. Obwohl es nicht dargestellt ist, umfasst eine andere Ausführungsform des Keimbilders **76** ein keimbildendes Medium **67**, das ausgelegt und angeordnet ist, um eine variable Querschnittsdimension aufzuweisen, d.h. eine Medium, das im Querschnitt eingestellt werden kann. Ein keimbildendes Medium mit variablem Querschnitt erlaubt es, die Druckverlustgeschwindigkeit aus einem Strom aus fluidförmigem Polymerwerkstoff, der hindurchtritt, zu variieren, um eine gewünschte Keimdichte zu erreichen.

**[0054]** Bei einer Ausführungsform wird ein keimbildendes Medium, das sich entlang seiner Länge in seinen Querschnittsdimensionen ändert, verwendet. Insbesondere kann ein keimbildendes Medium, das sich in seinen Querschnittsdimensionen in einer Stromabwärtsrichtung verringert, dadurch die Druckverlustgeschwindigkeit signifikant erhöhen, wodurch die Bildung mikrozellularen Materials mit einer sehr hohen Zelldichte unter Verwendung relativ geringer Niveaus an Treibmittel ermöglicht wird. Diese und andere beispielhafte und bevorzugte Keimbilder sind in der parallel anhängigen internationalen Patentanmeldung mit der Anmeldenummer PCT/US 97/15088 mit dem Titel "Verfahren und Vorrichtung zur mikrozellularen Polymerextrusion" von Anderson et al, auf die zuvor Bezug genommen wurde, beschrieben.

**[0055]** Während das Medium **67** ein keimbildendes Medium definiert, kann einige Keimbildung auch in der Gussform selbst stattfinden, wenn der Druck auf den Polymerwerkstoff bei einer sehr hohen Geschwindigkeit während dem Füllen der Gussform fällt. Bei einer anderen Ausführungsform, die ebenfalls in der auf die gleiche Anmelderin zurückgehende parallel anhängige internationale Patentanmeldung mit der Anmeldenummer PCT/US 97/27118 beschrieben ist, tritt keine Keimbildung der einphasigen Lösung des Polymerwerkstoffs und des Treibmittels quer des Mediums bzw. Pfads, das den Auslass des Extruders mit dem Einlass der Gussform verbindet,

auf. Bei diesen Ausführungsformen wird die einphasige Lösung in die Gussform eingespritzt und als eine einphasige Lösung aufrecht erhalten, bis die Gussform aufgebrochen wird, d.h. geöffnet wird. Dieser "Aufbrechen"-Vorgang reduziert den Druck in der Gussform, wodurch die Zellen ausgekeimt werden.

**[0056]** Das in den [Fig. 1–Fig. 4](#) dargestellte System stellt den Betrieb des Beschränkungselements in Verbindung mit einer sich hin und her bewegendes Schnecke bei einem Spritzgussystem dar. Es versteht sich, dass dieses oder andere Systeme, die hier beschrieben wurde, modifiziert werden können, wie es im Stand der Technik gut bekannt ist, um als andere Polymeraufbereitungssysteme zu arbeiten, die sich hin- und herbewegende Schnecken umfassen. Zum Beispiel ist ein Blasgießsystem mit einem Speicherbereich innerhalb des Zylinders und einer sich hin und her bewegendes Schnecke umfasst, das das Beschränkungselement verwendet, bei dem die zyklische Speicherung und Ausspritzung aus dem Stempel stattfindet. Im allgemeinen setzen Blasgießsysteme Blasgießformstempel ein, die mit dem Polymeraufbereitungsraum in Fluidverbindung stehen und einen Auslass aufweisen, der gestaltet ist, um ein Extrudat von Polymerschäum in eine Blasgießform freizugeben, die den blasgeformten Schaumgegenstand ausbildet. Bevorzugte Blasformsysteme sind in der parallel anhängigen US-Patentanmeldung mit der Anmeldenummer 09/241,352, eingereicht am 2. Februar 1999, beschrieben. Unter Bezugnahme auf [Fig. 5](#) ist bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung ein Beschränkungselement **35** in einem System **21** verwendet, das einen Speicher **81** außerhalb des Extruders **30** umfasst. Ein Einlass **51** des Extruders liefert eine Lösung aus Polymerwerkstoff und Treibmittel über eine Leitung **53** zu einem Einlass **79** des Speichers. Ein Kugelrückschlagventil **85** ist nahe des Einlasses **79** des Speichers angeordnet, um die Materialströmung in den Speicher zu regulieren und die Rückströmung des gespeicherten Materials während dem Einspritzen (oder Ausspritzen, wenn ein Blasgießen ausgeführt wird) zu verhindern. Der Speicher **81** umfasst einen Kolben **83**, der ausgestaltet und angeordnet ist, um sich während des Einspritzzyklus axial innerhalb eines Gehäuses **86** durch die Wirkung eines hydraulisch gesteuerten Einspritzzylinders (nicht dargestellt) hin und her zu bewegen. Der Speicher steht in Fluidverbindung mit dem Einlass **69** eines Keimungbildungspfads, durch welchen die Lösung in die Spritzgussform **37** eingespritzt wird.

**[0057]** Beim Betrieb ist der Kolben nachfolgend dem Einspritzen von Polymerwerkstoff in eine Gussform in einer Einspritzposition ([Fig. 5](#)) positioniert. Die Schnecke **38** dreht sich, um Polymerwerkstoff in einer Stromaufwärtsrichtung zu fördern und wie es oben beschrieben wurde, wird ein Treibmittel in den Polymerwerkstoff eingeführt, um eine Lösung aus

Treibmittel und Polymer auszubilden. Der Extruder stellt die Polymer- und Treibmittellösung, welche üblicherweise eine einphasige Lösung ist, dem Speicher bereit. Die Speichercharge drückt den Kolben in einer Stromaufwärtsrichtung in eine Speicherposition ([Fig. 6](#)). Nachdem eine ausreichende Charge gespeichert wurde, stoppt die Schnecke **38** die Drehung, d.h. die Schnecke ist nicht in Betrieb. Der Kolben **83** bewegt sich dann in einer Stromabwärtsrichtung aus der Speicherposition in die Einspritzposition, um die Charge in die Gussform einzuspritzen, wodurch der Einspritzzyklus abgeschlossen wird.

**[0058]** Während der Stillstandsperiode der Schnecke verhindert das Beschränkungselement **35** die Rückströmung von Polymerwerkstoff und hält somit den Druck stromabwärts des Beschränkungselements oberhalb eines Minimalwerts. In üblichen Systemen, die kein Beschränkungselement umfassen, fällt der Druck in dem Zylinder signifikant, wenn die Schnecke still steht und in vielen Fällen unterhalb den Druck, der zum Aufrechterhalten einer einphasigen Lösung aus Polymerwerkstoff und Treibmittel erforderlich ist. Das Beschränkungselement **35** kann eine beliebige der oben beschriebenen Formen annehmen. Vorzugsweise ist das Beschränkungselement bei Systemen mit getrenntem Speicher ein federbelastetes Ringsperrventil, wie es in den [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) dargestellt ist.

**[0059]** Bezug nehmend auf die [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) umfasst das federbelastete Sperrventil ein Federelement **88**, das zwischen einer Rückhaltefläche **90**, die sich von der Schnecke erstreckt, und einer Innenfläche **92** des Rings angeordnet ist. Wird der Polymerwerkstoff durch die drehende Schnecke gefördert, drückt er mit einer ausreichenden Kraft, um das Federelement **88** zu komprimieren, in einer Stromabwärtsrichtung auf den Ring **72**, wodurch ein Raum zwischen der Dichtfläche **74** und dem Ring erzeugt wird, durch welchen der Polymerwerkstoff dem Pfad **94** folgend strömt ([Fig. 7](#)). Wie es oben beschrieben wurde, umfasst der Ring einen inneren Durchgang **82**, um die Strömung des Polymerwerkstoffs zu der Stromabwärtsseite des Beschränkungselements zu erlauben. Steht die Schnecke still, wird der Polymerwerkstoff nicht länger in einer Stromabwärtsrichtung gefördert und stellt daher keine Stromabwärtskraft auf das Federelement bereit. Das Federelement dehnt sich aus, um den Ring **72** in einer Stromaufwärtsrichtung zu beaufschlagen, um ihn mit der Dichtfläche **74** in Eingriff zu bringen ([Fig. 8](#)). Wie es oben beschrieben wurde, verhindert das in Eingriff kommen des Rings und der Dichtfläche die Stromaufwärtsströmung des Polymerwerkstoffs und dadurch wird der Druck stromabwärts des Beschränkungselements oberhalb des Minimalwerts gehalten.

**[0060]** Das in den [Fig. 5–Fig. 8](#) dargestellte System stellt den Betrieb des Beschränkungselements in

Verbindung mit einem externen Speicher bei einem Spritzgussystem dar. Es ist verständlich, dass das System, wie es im Stand der Technik gut bekannt ist, modifiziert werden kann, um als ein anderes Polymeraufbearbeitungssystem mit einem Speicher außerhalb der Schnecke zu arbeiten. Insbesondere Blasgussysteme sind vergegenwärtigt.

**[0061]** Es ist selbstverständlich, dass während die Erfindung in Verbindung mit der genauen Beschreibung davon beschrieben wurde, die vorstehende Beschreibung dazu gedacht ist, die Erfindung darzustellen und den Umfang der Erfindung nicht zu beschränken, welcher durch den Umfang der beigefügten Patentansprüche definiert ist.

### Patentansprüche

1. System zum Verarbeiten eines Polymerwerkstoffs, das betreibbar ist, um Polymerwerkstoff zyklisch in eine Form einzuspritzen oder um Polymerwerkstoff zyklisch aus einem Prägestempel auszuspritzen, umfassend:

einen Zylinder (**32**) mit einer Stromaufwärtsrichtung und einer Stromabwärtsrichtung;  
eine Polymeraufbereitungsschnecke (**38**), die derart ausgestaltet und angeordnet ist, dass sie sich innerhalb des Zylinders dreht, um Polymerwerkstoff in einer Stromabwärtsrichtung innerhalb eines Polymeraufbereitungsraums (**34**), der zwischen dem Zylinder und der Schnecke definiert ist, zu fördern;  
eine Treibmittelöffnung (**54**), die mit dem Polymeraufbereitungsraum verbunden und angeordnet ist, um in dem Polymeraufbereitungsraum ein Treibmittel in den Polymerwerkstoff einzubringen, um darin die Bildung einer Lösung aus Polymer und Treibmittel zu erlauben; und  
ein Beschränkungselement (**35**), das in dem Polymeraufbereitungsraum, stromaufwärts von der Treibmittelöffnung angeordnet ist, welches die Stromabwärtsströmung des Polymerwerkstoffs wenigstens während eines Abschnitts eines Einspritz- oder Ausspritzzyklus dort durch beschränkt.

2. System nach Anspruch 1, wobei die Polymeraufbereitungsschnecke angeordnet ist, um sich während dem Einspritz- oder Ausspritzzyklus zwischen einer Speicherposition und einer Einspritzposition hin- und herzubewegen.

3. System nach Anspruch 1, ferner umfassend einen Speicher (**81**), der in einer Fluidverbindung mit dem Polymeraufbereitungsraum steht und ausgestaltet ist, um eine Charge der Lösung aus Polymerwerkstoff und Treibmittel aufzunehmen und zu speichern, wobei der Speicher einen Kolben (**83**) umfasst, der ausgestaltet und angeordnet ist, um sich während dem Einspritz- oder dem Ausspritzzyklus zwischen einer Speicherposition und einer Einspritzposition hin- und herzubewegen.

4. System nach Anspruch 1, wobei das Beschränkungselement ausgestaltet und angeordnet ist, um die Stromaufwärtsströmung des Polymerwerkstoffs dort durch zu beschränken, wenn der Druck des Polymerwerkstoffs stromabwärts des Beschränkungselements den Druck des Polymerwerkstoffs stromaufwärts des Beschränkungselements überschreitet.

5. System nach Anspruch 1, wobei das Beschränkungselement ausgestaltet und angeordnet ist, um während wenigstens eines Abschnitts des Einspritz- oder Ausspritzzyklus die Stromaufwärtsströmung an Polymerwerkstoff im Wesentlichen zu verhindern.

6. System nach Anspruch 1, wobei das Beschränkungselement ein Ventil umfasst, das ausgestaltet und angeordnet ist, um in einer ersten Position eine Stromabwärtsströmung an Polymerwerkstoff dort durch zuzulassen und in einer zweiten Position eine Stromaufwärtsströmung an Polymerwerkstoff dort durch zu beschränken.

7. System nach Anspruch 6, wobei das Ventil ausgestaltet und angeordnet ist, um sich von einer ersten Position in die zweite Position zu bewegen, wenn der Druck des Polymerwerkstoffs stromabwärts des Ventils den Druck des Polymerwerkstoffs stromaufwärts des Ventils überschreitet.

8. System nach Anspruch 6, wobei das Ventil ein Federelement (88) umfasst, welches Federelement vorgespannt ist, um das Ventil von der ersten Position in die zweite Position zu beaufschlagen.

9. System nach Anspruch 6, wobei das Ventil ausgestaltet und angeordnet ist, um eine Stromaufwärtsströmung an Polymerwerkstoff dort durch in der zweiten Position im Wesentlichen zu verhindern.

10. System nach Anspruch 6, wobei das Ventil ausgestaltet und angeordnet ist, um während einer Zeitdauer, in der sich das Ventil von der ersten Position in die zweite Position bewegt, eine begrenzte Stromaufwärtsströmung an Polymerwerkstoff dort durch zuzulassen.

11. System nach Anspruch 6, wobei sich die Polymeraufbereitungsschnecke zwischen einer Speicherposition und einer Ausspritzposition hin- und herbewegt und sich das Ventil wenigstens für einen Zeitabschnitt, in dem sich die Polymeraufbereitungsschnecke in der Einspritzposition befindet, in der zweiten Position befindet.

12. System nach Anspruch 6, wobei sich das Ventil wenigstens für einen Zeitabschnitt, in dem die Polymeraufbereitungsschnecke nicht in Betrieb ist, in der zweiten Position befindet.

13. System nach Anspruch 6, wobei das Ventil ein Ringsperrventil umfasst.

14. System nach Anspruch 13, wobei das Ringsperrventil eine Dichtfläche (74) und einen Ring (72) umfasst, wobei der Ring zwischen einer ersten Position, in der er mit der Dichtfläche nicht in Eingriff steht und dadurch Polymerwerkstoff erlaubt durchzufließen, und einer zweiten Position, in der er mit der Dichtfläche in Eingriff steht, wodurch die Stromaufwärtsströmung an Polymerwerkstoff dort durch verhindert wird, bewegbar ist.

15. System nach Anspruch 14, wobei die Dichtfläche wenigstens einen Abschnitt der Polymeraufbereitungsschnecke umfasst.

16. System nach Anspruch 1, wobei das Beschränkungselement stromabwärts von einem Dosierabschnitt (63) der Polymeraufbereitungsschnecke ausgestaltet und angeordnet ist.

17. System nach Anspruch 1, ferner umfassend ein Formnest, das mit dem Polymeraufbereitungsraum in Fluidverbindung steht.

18. System nach Anspruch 1, ferner umfassend: einen Blasformstempel, der mit dem Polymeraufbereitungsraum in Fluidverbindung steht und einen Auslass aufweist, der ausgestaltet ist, um ein Extrudat an Polymerschäumvorgängermaterial freizugeben; und eine Blasform, die positionierbar ist, um das Extrudat aus dem Auslass des Stempels aufzunehmen.

19. System nach Anspruch 1, wobei das System ausgestaltet und angeordnet ist, um ein mikrozelluläres Material zu bilden.

20. Verfahren zur Polymerwerkstoff-Verarbeitung, umfassend:

Fördern eines Polymerwerkstoffs innerhalb eines Polymeraufbereitungsraums (34) zwischen einer Polymeraufbereitungsschnecke (38) und einem Zylinder (32) in einer Stromabwärtsrichtung;

Einbringen eines Treibmittels in den Polymerwerkstoff in dem Polymeraufbereitungsraum durch eine Treibmittelöffnung (54) und Ausbilden einer Lösung aus Polymer und Treibmittel darin; und

Beschränken der Stromaufwärtsströmung an Polymerwerkstoff an einem Ort stromaufwärts der Treibmittelöffnung während wenigstens einem Abschnitt eines Einspritz- oder eines Ausspritzzyklus.

21. Verfahren nach Anspruch 20, ferner umfassend Aufrechterhalten des Polymerwerkstoffs stromabwärts des Orts auf einem Druck von wenigstens 7 MPa (1000 psi) während dem gesamten Einspritz- oder Ausspritzzyklus.

22. Verfahren nach Anspruch 20, ferner umfassend Aufrechterhalten des Polymerwerkstoffs stromabwärts des Orts auf einem Druck von wenigstens 14 MPa (2000 psi) während des gesamten Einspritz- oder Ausspritzzyklus.

ist als die, die in mit 0,1% Massenanteil an chemischem Treibmittel oder mehr geblasenen Artikel inhärent vorliegt.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

23. Verfahren nach Anspruch 20, ferner umfassend Aufrechterhalten des Polymerwerkstoffs stromabwärts des Orts auf einem Druck von wenigstens 21 MPa (3000 psi) während des gesamten Einspritz- oder Ausspritzzyklus.

24. Verfahren nach Anspruch 20, ferner umfassend Ausbilden einer einphasigen Lösung aus Polymer und Treibmittel stromabwärts der Treibmittelöffnung.

25. Verfahren nach Anspruch 24, ferner umfassend Aufrechterhalten eines Drucks von wenigstens dem kritischen Druck, der benötigt wird, um die einphasige Lösung aus Polymerwerkstoff und Treibmittel aufrecht zu erhalten und zwar stromabwärts des Orts während des gesamten Einspritz- oder Ausspritzzyklus.

26. Verfahren nach Anspruch 20, ferner umfassend Ausbilden eines mikrozellularen Materials.

27. Verfahren nach Anspruch 20, ferner umfassend Einspritzen der Lösung aus Polymer und Treibmittel in eine Gussform (37) und darin Ausformen eines spritzgegossenen Polymergegenstands.

28. Verfahren nach Anspruch 27, umfassend Ausbilden eines mikrozellularen Polymergegenstands in der Gussform.

29. Verfahren nach Anspruch 27, umfassend Ausbilden eines Gegenstands mit einem chemischen Treibmittelmittelrückstand oder einem Reaktionsnebenprodukt des chemischen Treibmittels in einer Menge, die kleiner ist als die in mit 0,1% Massenanteil an chemischem Treibmittel oder mehr geblasenen Gegenständen inhärent auftreten.

30. Verfahren nach Anspruch 27, ferner umfassend Ausspritzen der Lösung aus Polymer und Treibmittel aus einem Stempel des Extruders in einem Ausspritzzyklus und dadurch Ausformen eines Polymergegenstandes.

31. Verfahren nach Anspruch 30, umfassend Ausspritzen eines mikrozellularen Polymergegenstandes aus dem Stempel.

32. Verfahren nach Anspruch 30, umfassend Ausspritzen eines Polymergegenstands aus dem Stempel, umfassend eines chemischen Treibmittelmittelrückstand oder eines Reaktionsnebenprodukts des chemischen Treibmittels in einer Menge, die kleiner

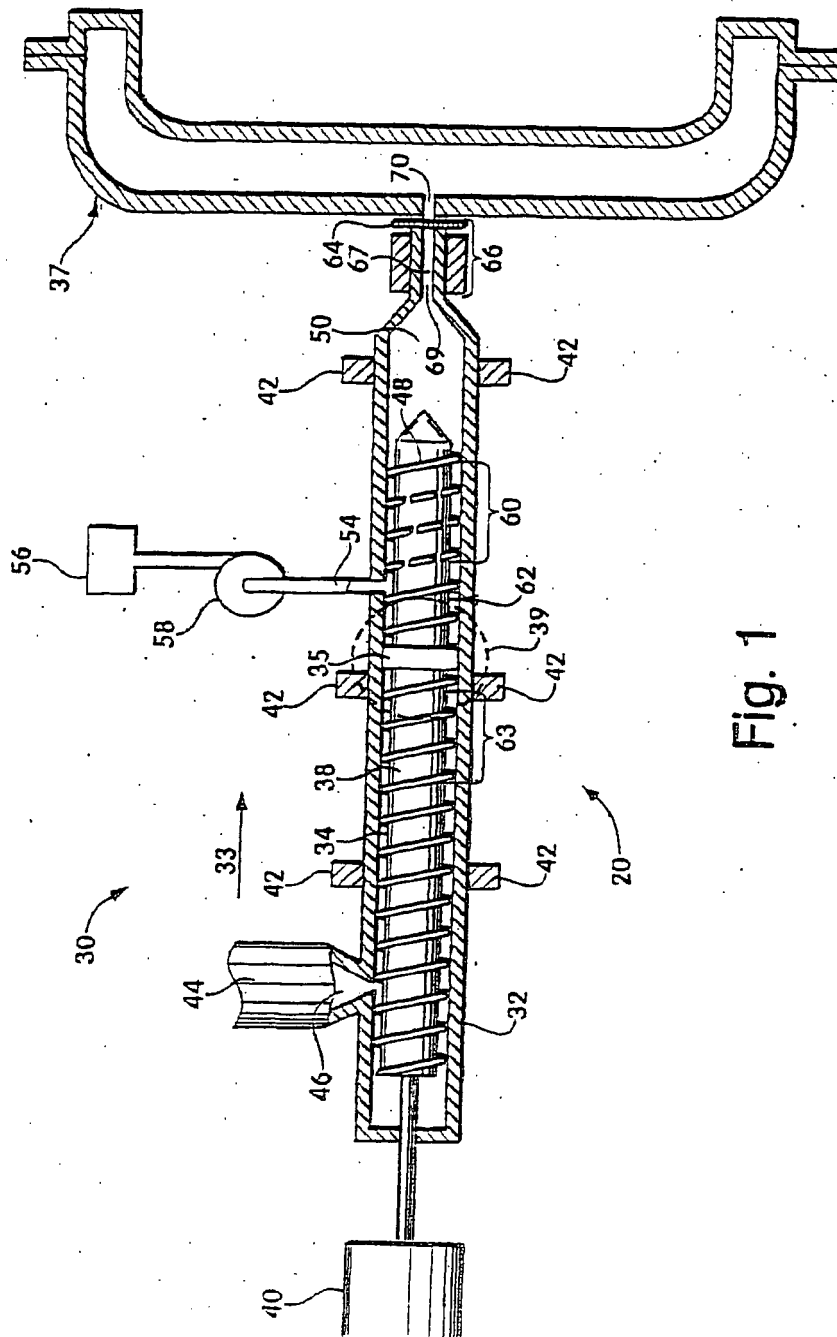


Fig. 1



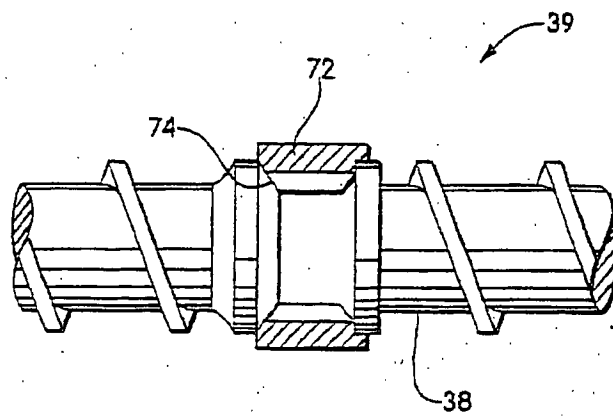


Fig. 1A

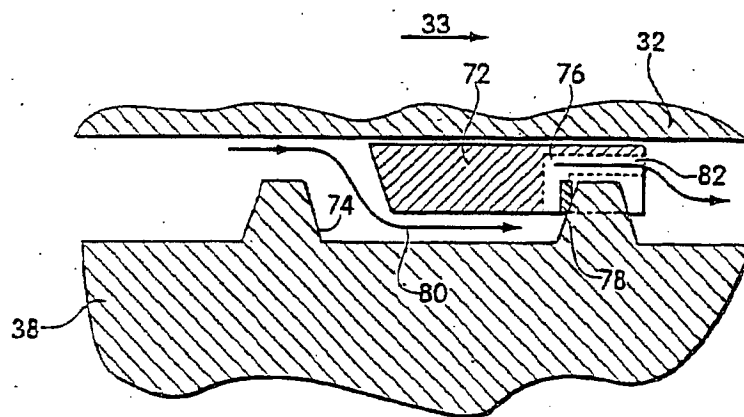


Fig. 2

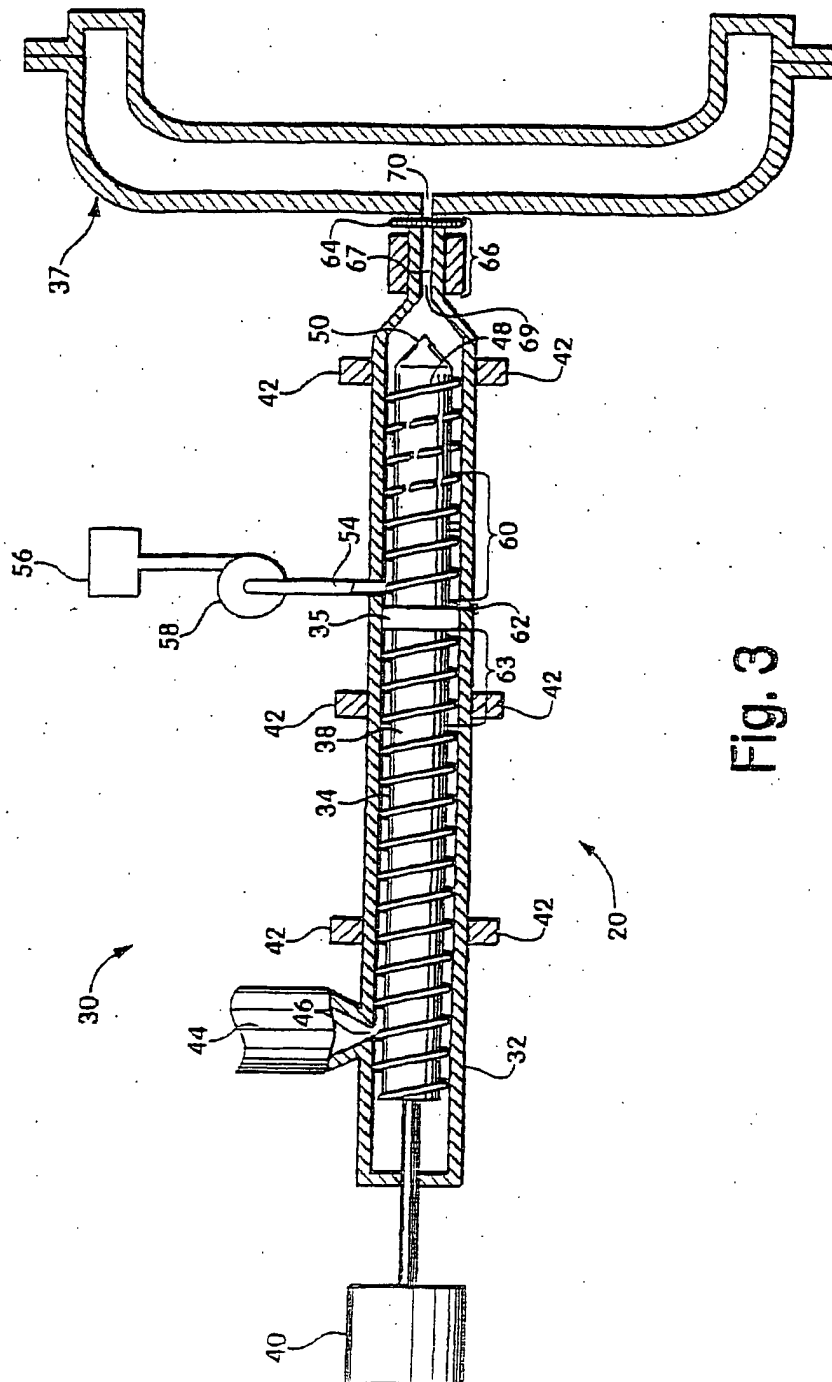


Fig. 3

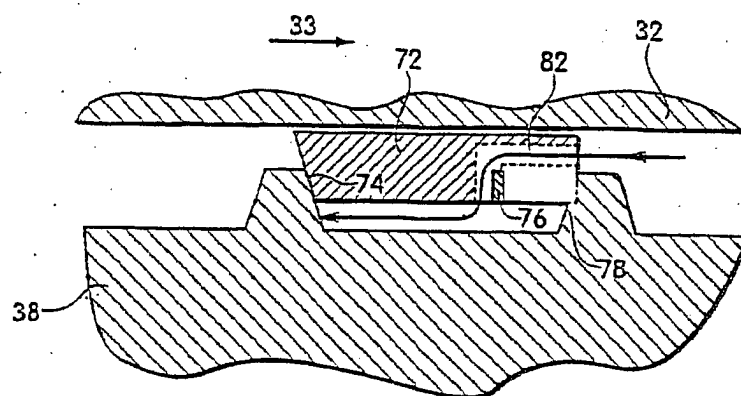
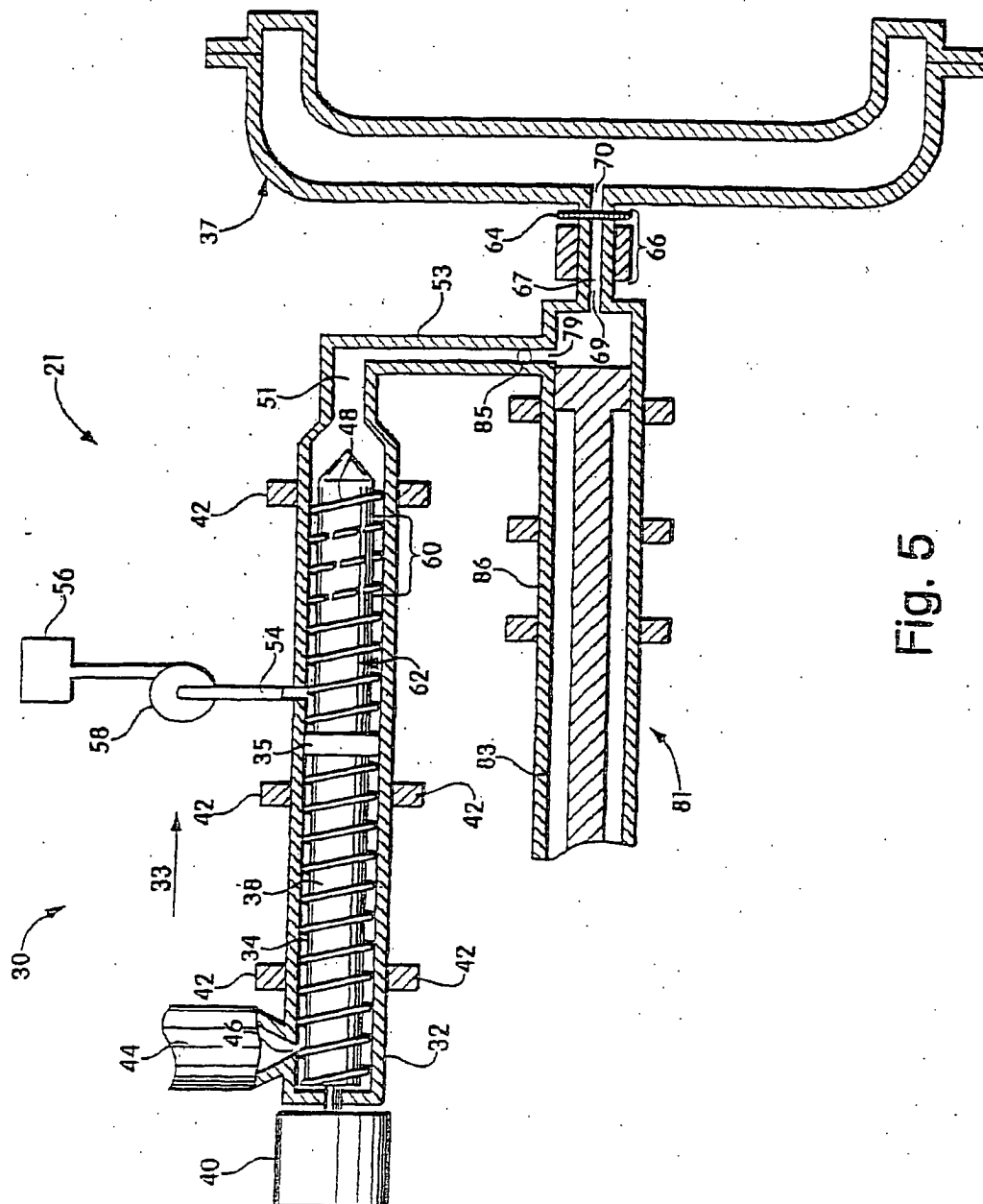


Fig. 4



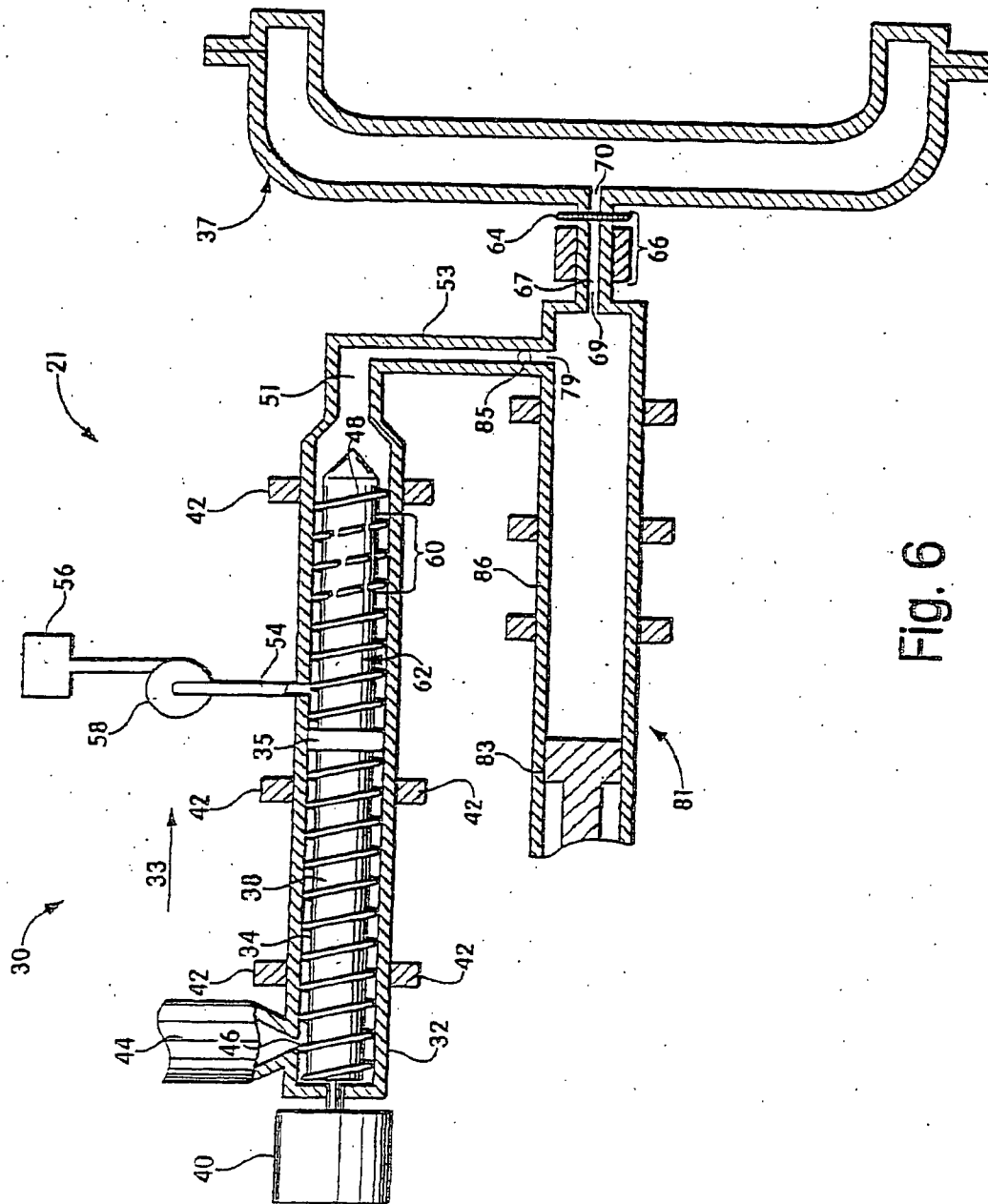


Fig. 6

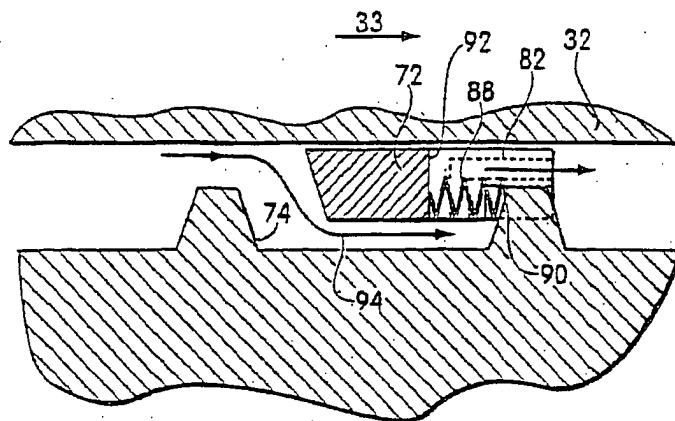


Fig. 7

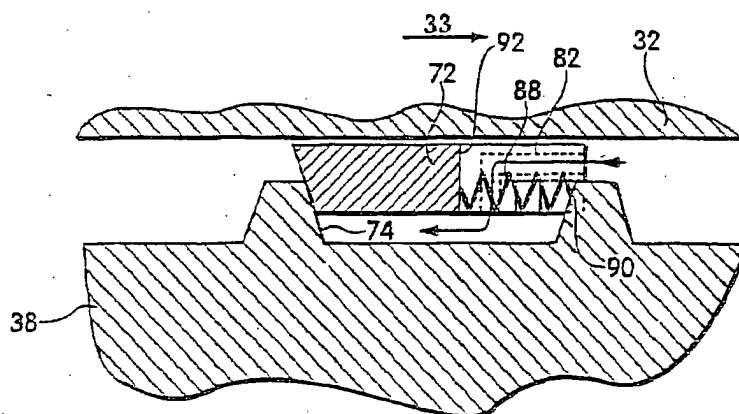


Fig. 8