



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 08 513 T2** 2006.01.12

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 325 066 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 08 513.2**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US01/31065**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 979 454.4**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 02/031033**

(86) PCT-Anmeldetag: **04.10.2001**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **18.04.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **09.07.2003**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **19.01.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **12.01.2006**

(51) Int Cl.⁸: **C08J 11/08** (2006.01)
C08J 11/02 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

239487 P **11.10.2000** **US**

(73) Patentinhaber:

**Resource Recovery Technologies, Inc., West
Chester, Pa., US**

(74) Vertreter:

**BEETZ & PARTNER Patentanwälte, 80538
München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

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

(72) Erfinder:

**CISTONE, R., David, Pennsville, US; MOORE,
Steven, L., West Chester, US; CARRERAS, J.,
Edmond, Newton Square, US**

(54) Bezeichnung: **RÜCKGEWINNUNGSVERFAHREN FÜR POLYSTYROL**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

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

Technisches Gebiet

[0001] Diese Anmeldung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung für die Rückgewinnung von polystyrolartigen Abfallmaterialien und ein rückgewonnenes Polystyrolprodukt. Aufgrund des gewählten Lösungsmittels und der Verwendung niedrigerer Temperaturen im Rückgewinnungsabschnitt unterliegt das rückgewonnene Polystyrolprodukt keiner Degradation. Demgemäß liegt das rückgewonnene Polystyrolprodukt innerhalb der Spezifikationsbereiche des polystyrolartigen Eingangsmaterials.

[0002] Das Verfahren und die Vorrichtung umfassen Folgendes: Auflösung der polystyrolartigen Abfallmaterialien in einem Auflösungsabschnitt unter Verwendung eines wiederverwendbaren Lösungsmittels mit einem niedrigen Siedepunkt und einer hohen Verdampfungsgeschwindigkeit, Entfernen von festen Verunreinigungen in einem oder mehreren Filterabschnitten, Entdampfen des aufgelösten Polystyrols und Rückgewinnung des polystyrolartigen Materials in einer festen Form in einem Rückgewinnungsabschnitt. Vorzugsweise umfassen das Verfahren und die Vorrichtung das Recycling und die Wiederverwendung des verdampften Lösungsmittels aus dem Rückgewinnungsabschnitt im Verfahren. Das Verfahren und die Vorrichtung können ebenfalls die Reduzierung des polystyrolartigen Materials, das rückgewonnen werden soll, in einem Reduktionsabschnitt vor dem Eintritt in den Auflösungsabschnitt umfassen. Die Höchsttemperatur im Rückgewinnungsabschnitt beträgt 190°C. Das wiederverwendbare Lösungsmittel ist vorzugsweise umweltfreundlich und weist einen niedrigen Siedepunkt und eine hohe Verdampfungsgeschwindigkeit auf. n-Propylbromid oder umweltfreundliche Mischungen davon stellen das bevorzugte wiederverwendbare Lösungsmittel dar.

[0003] Die Rückgewinnung von Kunststoffmaterialien war für viele Organisationen, Regierungen und Individuen einige Zeit lang ein wichtiges Thema. Manche Kunststoffmaterialien, wie beispielsweise Polyethylenterephthalat und Polyethylen, haben in der Recycling-Industrie weit verbreitete Anwendung gefunden. Jedoch hat das Recycling von polystyrolartigen Kunstharzen nicht denselben technischen und wirtschaftlichen Erfolg erreicht und die Entsorgung von polystyrolartigen Materialien bereitet nach wie vor ungelöste Umweltprobleme. Gegenwärtig ist kein einfaches Mittel zur Rückgewinnung von polystyrolartigem Material verfügbar, insbesondere, wenn das polystyrolartige Material zu Schaumstoffmaterial verarbeitet ist. Polystyrolschaumstoff weist eine wesentlich geringere Dichte als nicht aufgeschäumtes Polystyrol auf, weil es ein beträchtliches Volumen an Luft aufweist, die von der festen Polystyrolkonstruktion eingekapselt ist. Dadurch werden die Lagerungs-, Transport- und Entsorgungskosten, einschließlich der Verwendung von mechanischen und chemischen Mitteln zur Verringerung der Größe von derartigem Abfallmaterial, erhöht. Abfalltoner, wie er beispielsweise in Kopiergeräten und Druckern verwendet wird, ist ein weiteres polystyrolbasiertes Produkt, das ein umweltfreundliches Rückgewinnungsmittel benötigt.

[0004] Aufgrund des Mangels an effizienten und umweltfreundlichen Recycling-Mitteln werden die meisten Produkte, die aus polystyrolartigen Materialien hergestellt sind, in Müllhalden entsorgt oder verbrannt. Jedoch zerfällt das Polystyrolkunstharz in solchen Müllhalden nicht und es kann von Sickerwasser, das von der Zersetzung anderer organischer Materialien stammt, aufgelöst werden. Das resultierende Sickerwassermaterial kontaminiert das Methangas, das in Müllhalden erzeugt wird und von Energieerzeugungsfirmen als Brennstoffquelle verwendet wird. Somit ist die Entfernung von polystyrolartigen Materialien aus festen Müllhaldenmaterialien wünschenswert, obwohl deren Vorhandensein den Brennwert verbessern könnte. Wenn das Polystyrolkunstharz verbrannt wird, sind die resultierenden Gase entsprechend toxisch und schwere Kohleablagerungen neigen dazu, die Schornsteine zu verstopfen.

[0005] Gegenwärtige Verfahren zum Recycling von Polystyrol weisen den zusätzlichen Nachteil der Zersetzung des Materials auf, so dass es nicht für dieselbe Güteklasse oder Qualität des polystyrolartigen Produkts wie das Abfallmaterial wiederverwendet werden kann. Dadurch wird das rückgewonnene polystyrolartige Material weiter entwertet. Im Gegensatz dazu stellt das vorliegende Verfahren ein rückgewonnenes Polystyrolprodukt innerhalb der Spezifikationsbereiche des polystyrolartigen Eingangsmaterials bereit, wobei das Eingangsmaterial aus einem einzelnen Polystyrol oder eng verwandten Polystyrolen besteht. Sogar bei Rückgewinnung von unterschiedlichen Abfallpolystyrolen zeigt das rückgewonnene Polystyrolprodukt der Erfindung im Vergleich zu einem ähnlichen Produkt, das aus reinem Polystyrol hergestellt ist, eine überraschend hohe Qualität.

Stand der Technik

[0006] Das U.S.-Patent Nr. 4,517,312 an Kumasaka et al. beschreibt ein Verfahren zur Rückgewinnung eines Harzes, wobei das Verfahren auf der Auflösung des Abfallkunststoffes in einem organischen Lösungsmittel ba-

siert und die Lösung mit einem unmischbaren Lösungsmittel vermischt wird, das das Harz kaum auflöst, wodurch das Harz daraufhin ausgeschieden wird. Organische Lösungsmittel, die spezifische Gewichte aufweisen, die größer als Wasser sind, wie beispielsweise Methylenchlorid, Trichlorethylen oder Kohlenstoff-Tetrachlorid, werden bevorzugt verwendet. In den Beispielen, in denen Abfallpolystyrolschaumstoff rückgewonnen wird, wird dieser in Methylenchlorid aufgelöst und daraufhin mit Wasser gemischt, was zur Folge hat, dass das Harz an der Grenzfläche der Flüssigkeiten ausgeschieden wird. Diese Lösungsmittel gelten nicht als umweltfreundlich.

[0007] Das U.S.-Patent Nr. 5,198,471 an Nauman et al. beschreibt ein Verfahren zum selektiven Trennen verschiedener Kunststoffmaterialien, die sich in einem typischen Haushaltsabfall befinden. Bei dem Verfahren werden spezifische Lösungsmittel verwendet, um jeden Kunststofftyp des vermischten Abfalls zu trennen, daraufhin wird die resultierende Lösung von den restlichen Materialien getrennt und das Lösungsmittel entfernt, um das spezifische Kunstharz rückzugewinnen. Tetrahydrofuran, Toluol und Xylen werden zum Lösen der Polystyrolmaterialmischungen (PS-Materialmischungen) mit anderen Kunststoffmaterialien verwendet, was eine Mischung aus PS und einem oder mehreren anderen Kunststoffmaterialien in der Lösung zur Folge hat. Die anderen Kunststoffmaterialien können individuell oder in Kombination vorliegen und umfassen Polyvinylchlorid (PVC), Polyethylen niedriger und hoher Dichte (LDPE und HDPE), Polypropylen (PP) und Polyethylenterephthalat (PET). Für einen effizienten Betrieb des Verfahrens muss die gelöste Feststoffkonzentration entweder sehr niedrig sein, < 20%, oder einen Wert von > 80% aufweisen, vorzugsweise < 10% oder > 80%, um wirksam zu sein. Bei einer PVC-PS-Mischung, die zuerst in Tetrahydrofuran gelöst wurde, kann Methylenchlorid verwendet werden, um das PS auszuschleiden. Die Blitzverdampfungstemperatur (Entdampfungstemperatur) liegt zwischen 200°C und 400°C und bringt die Lösung auf eine Konzentration von 50 bis 95 Gew.-% der Polymerfeststoffe.

[0008] Das U.S.-Patent Nr. 5,223,543 an Iovino beschreibt ein Verfahren zur Verringerung des Volumens von Polystyrolschaumstoff unter Verwendung von d-Limonen als Lösungsmittel.

[0009] Das U.S.-Patent Nr. 5,269,948 an Krutchen beschreibt die Dekontaminierung von Polystyrol unter Verwendung von Styrolmonomer, um das kontaminierte Polystyrol zu lösen. Die resultierende Lösung wird daraufhin bei der Polymerisierung von Polystyrol verwendet.

[0010] Das U.S.-Patent Nr. 5,300,267 an Moore beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Rückgewinnung von festen polystyrolartigen Abfallmaterialien. Es umfasst eine Auflösungseinheit und eine Rückgewinnungseinheit, die auf Dünnschichtverdampfung und höheren Temperaturen zur Verarbeitung mit dem Lösungsmittel basiert, wobei das spezifische Lösungsmittel Perchlorethylen ist.

[0011] Das U.S.-Patent Nr. 5,629,352 an Shiino et al. beschreibt ein Verfahren zur Reduzierung von Polystyrolschaumstoff und das Recycling desselben unter Verwendung von Lösungsmitteln, die aus einer Mischung aus einem Glykolether und Dialkylester bestehen. Das Lösungsmittel umfasst mindestens ein Element, das aus der Gruppe ausgewählt wird, die aus einer Glykoletherverbindung, wie beispielsweise Diethylenglykoldimethylether, Diethylenglykoldiethylether oder Dipropylenglykoldimethylether, und einer Fettsäuredialkylesterverbindung, wie beispielsweise Dimethylsuccinat, Dimethylglutarat oder Dimethyladipat, besteht. Diese Lösungsmittel weisen Flammpunkte von 100°C oder mehr auf und sind auf die Beigabe von Wasser angewiesen, um nicht-entflammbar gemacht zu werden.

[0012] Das U.S.-Patent Nr. 5,824,709 an Suka offenbart ein Verfahren, bei dem ein Abfallkunststoff, der ein Polymer, wie beispielsweise Polystyrol, Polypropylen oder ABS-Kunstharz, enthält, in einem Lösungsmittel aufgelöst wird, um eine Lösung aus Abfallkunststoff bei einer erhöhten Temperatur zu bilden. Die Lösung wird gefiltert, um Etiketten oder anhaftende Fremdadfallstoffe zu entfernen. Das Filtrat wird auf eine Temperatur von 200°C bis 300°C unter einem Druck von 1 bis 75 Torr erwärmt, um das Lösungsmittel durch Verdampfung zu entfernen, und die resultierende Kunststoffschmelze wird zu Kügelchen extrudiert, wobei der Abfallkunststoff rückgewonnen wird. Wenn das rückzugewinnende Kunststoffmaterial Polystyrol ist, sind Toluol und Ethylenbenzen die bevorzugtesten Lösungsmittel.

[0013] Das U.S.-Patent Nr. 5,891,403 an Badger et al. beschreibt eine transportable Abfallentsorgungseinheit zur Behandlung von Abfallpolystyrol, insbesondere von geschäumtem Polystyrol, unter Verwendung von Perchlorethylen als Lösungsmittel. Die Abfallpolystyrol-Lösung wird später zu einer geeigneten Abfallrückgewinnungsanlage transportiert.

[0014] JP 11302441 an Nakamura et al. offenbart ein Lösungsmittel, das hauptsächlich aus Isopropylbromid

und/oder normalem Propylbromid für ein expandiertes Polystyrol besteht, das mit dem expandierten Polystyrol in Kontakt gebracht wird, um es durch Schrumpfung seines Volumens aufzulösen. Nachfolgend wird die Lösung des expandierten Polystyrols, das durch die oben genannte Behandlung erzielt wird, einer Wärmebehandlung unterzogen, um die Lösungsmittelkomponente, die darin enthalten ist, zu verdampfen und zu entfernen, wodurch ein Polystyrol, das recycelt werden soll, rückgewonnen wird.

Offenbarung der Erfindung

[0015] Die vorliegende Erfindung stellt eine Vorrichtung bereit, die betriebsfähig verbunden ist, um polystyrolartiges Polymerabfallmaterial rückzugewinnen, wobei die Vorrichtung Folgendes umfasst: einen optionalen Reduzierabschnitt, einen Auflöseabschnitt, einen oder mehrere Filterabschnitte, einen Rückgewinnungsabschnitt, um das polystyrolartige Material in fester Form rückzugewinnen, und vorzugsweise ein Mittel zur Entfernung, Lagerung und Wiederverwendung des Lösungsmittels in der Vorrichtung. Das Ausgangsmaterial kann aus geschäumten oder nicht geschäumten festen Polystyrolmaterialien bestehen, die vorzugsweise im Wesentlichen frei von anderen Arten von Kunststoffmaterialien sind.

[0016] Dieses Verfahren stellt rückgewonnene polystyrolartige Abfallkunststoffmaterialien zur Wiederverwendung innerhalb der Spezifikationsbereiche des polystyrolartigen Eingangsmaterials bereit, insbesondere wenn das Eingangsmaterial aus einem einzelnen Polystyrol oder eng verwandten Polystyrolen besteht. Bei Rückgewinnung von unterschiedlichen Abfallpolystyrolen zeigt das rückgewonnene Polystyrolprodukt der Erfindung im Vergleich zu einem ähnlichen Produkt, das aus reinem Polystyrol hergestellt ist, eine überraschend hohe Qualität.

[0017] Die vorliegende Erfindung schafft ein Verfahren zur Rückgewinnung von polystyrolartigen Kunststoffabfallmaterialien, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- (1) Auflösen des Polystyrolmaterials in einem wiederverwendbaren Polystyrollösungsmittel in einer Auflöseeinheit,
- (2) Übertragen der Lösung aus polystyrolartigem Material in eine Vorwärmeinheit,
- (3) Überhitzen der Lösung aus polystyrolartigem Material in der Vorwärmeinheit auf eine Temperatur von weniger als 190°C,
- (4) Übertragen der überhitzten Lösung aus polystyrolartigem Material in eine Strangpresse,
- (5) Entdampfen der Lösung aus polystyrolartigem Material an unterschiedlichen Stellen, wenn sie sich durch die Strangpresse bewegt, während ihre Temperatur auf weniger als 190°C gehalten wird, und
- (6) Wiedererlangen des resultierenden rückgewonnenen polystyrolartigen Materials, das in fester Form aus der Strangpresse austritt. Optional kann das Verfahren einen ersten Schritt umfassen, der das Verringern der Größe des Volumens des polystyrolartigen Materials in einer Reduziereinheit und das Übertragen des in der Größe reduzierten polystyrolartigen Materials in die Auflöseeinheit umfasst.

[0018] Vorzugsweise wird das wiederverwendbare Polystyrollösungsmittel entfernt und zu einer Lagereinheit oder während der Rückgewinnungsphase direkt zum Auflöseabschnitt übertragen.

[0019] Das wiederverwendbare Polystyrollösungsmittel weist vorzugsweise einen niedrigen Siedepunkt vorzugsweise im Bereich von 35°C bis 90°C und eine hohe Verdampfungsgeschwindigkeit im Bereich von 3–7 [AST D353976, Butylacetat = 1] auf, wodurch die Entdampfung des halbfesten Extrudats bei niedrigeren Temperaturen (d.h. weniger als 190°C) stattfinden kann als es für die Produktion von Polymer-Polystyrol und andere Verfahren, die Lösungsmittel für das Abfallpolystyrol-Recycling verwenden, die Norm ist.

[0020] Zusätzlich ist das wiederverwendbare Polystyrollösungsmittel vorzugsweise umweltfreundlich. n-Propylbromid oder eine umweltfreundliche Mischung davon mit einem niedrigen Siedepunkt und einer hohen Verdampfungsgeschwindigkeit, wie oben beschrieben, ist ein bevorzugtes wiederverwendbares Lösungsmittel. Umweltfreundlich bedeutet, dass das Lösungsmittel nicht entflammbar und ungefährlich ist und vorzugsweise nicht korrodierend ist, wie durch US-OSHA- und EPA-Vorschriften festgelegt. Bevorzugterweise bedeutet umweltfreundlich ebenfalls, dass das Lösungsmittel das Montreal-Protokoll für globales Erwärmungspotenzial (GWP) und Ozonauflösungspotenzial (ODP) erfüllt und vom US-Postdienst als ungefährlich bezeichnet wird. Vorzugsweise kann das wiederverwendbare Lösungsmittel selbst rückgewonnen werden, das heißt, so behandelt werden, dass es im Wesentlichen wieder in seinen ursprünglichen Komponenten vorliegt.

[0021] n-Propylbromid ist im Handel als Ensolv[®] von EnviroTech International, Inc., Melrose Park, Illinois, USA erhältlich. Das n-Propylbromid-Produkt General Use wird bevorzugt. Diese n-Propylbromid-Produkte sind in U.S.-Patent Nr. 5,616,549 und 5,824,162 weitergehend beschrieben, die beide an Lawrence A. Clark aus-

gegeben und durch Literaturhinweis in ihrer Gesamtheit hierin eingefügt sind. Im Allgemeinen bestehen sie zu 90% bis 96,5% aus n-Propylbromid, zu 0% bis 6,5% aus einer Mischung aus Terpenen und zu 3,5% bis 5% aus einer Mischung aus Lösungsmitteln mit niedrigem Siedepunkt. EnSolv[®] ist umweltfreundlich und erfüllt die Normen des Montreal-Protokolls für globales Erwärmungspotenzial (GWP) und Ozonauflösungspotenzial (ODP) und wird vom US-Postdienst als ungefährlich bezeichnet. Zur Verwendung mit der vorliegenden Erfindung können n-Propylbromid oder umweltfreundliche Mischungen davon des Weiteren umweltfreundliche Verdünnungsmittel, wie beispielsweise Isopropylalkohol, enthalten. Wenn Isopropylalkohol als Verdünnungsmittel verwendet wird, enthält es vorzugsweise 10 Gewichtsprozent oder weniger von der Mischung.

[0022] Bei dem Verfahren der Erfindung wird die Temperatur während des gesamten Verfahrens auf weniger als 190°C gehalten, vorzugsweise auf weniger als 180°C, im Auflöseabschnitt und im Filterabschnitt vorzugsweise auf weniger als 100°C und im Rückgewinnungsabschnitt auf weniger als 160°C. Des Weiteren wird die Gesamtverfahrenszeit vorzugsweise auf weniger als 4 Stunden und insbesondere vorzugsweise auf weniger als 2 Stunden gehalten. Die Verfahrenszeit im Rückgewinnungsabschnitt wird vorzugsweise auf weniger als 1 Stunde und insbesondere vorzugsweise auf weniger als 1/2 Stunde gehalten.

[0023] Der Reduktionsabschnitt ist vorzugsweise eine Schredder-Zerkleinerungseinheit, die das polystyrolartige Material von einer externen Quelle, wie beispielsweise expandiertem Polystyrolschaumstoff (EPS-Schaumstoff), nimmt, der zur Verpackung von Kisten für Lebensmitteltransport, Schutzverpackungen für den Transport von elektronischen Komponenten, Schaufenstermaterialien, Schutzhelmauskleidungen, entsorgtes Einweggeschirr und dergleichen verwendet wird, und wobei der Reduktionsabschnitt dessen Größe verringert, um die Oberfläche einem größeren Kontakt mit dem Lösungsmittel auszusetzen. Vorzugsweise besteht das Eingangspolystyrolmaterial aus Abfallpolystyrolmaterial aus der Herstellung von Polystyrol, aus der Herstellung von modifiziertem Polystyrol, aus der Herstellung von Produkten, die aus polystyrolartigem Material hergestellt sind und/oder aus polystyrolartigem Abfallmaterial aus Produkten, die aus polystyrolartigem Material hergestellt sind.

[0024] Das Abfallpolystyrolmaterial, das optional in der Größe verringert ist, wird der Auflöseeinheit zugeführt, in die das wiederverwendbare Polystyrol-Lösungsmittel eingegeben wird. Die Auflösung der polystyrolartigen Materialien kann durch die Verwendung von Wärme und Umrühren der Lösung verbessert werden. Es sind Mittel in der Auflöseeinheit zum Erwärmen und Umrühren der Lösung bereitgestellt. Des Weiteren ist ebenfalls ein Mittel zur Überwachung und Steuerung des Umrührens, der Viskosität, des Drucks und der Temperatur bereitgestellt. Ein Mittel zum Kondensieren und Rückführen des Lösungsmittels zur Lösung, das während des Auflösungsverfahrens verflüchtigen kann, ist ebenfalls bereitgestellt. Eins oder mehrere der Filter des Filterabschnitts können einstückig mit der Auflöseeinheit sein. Somit können die Filter zur Entfernung von Partikeln aus der Lösung intern oder extern zur Auflöseeinheit angeordnet sein. Diese Filter entfernen alle vorhandenen Feststoffe entweder aufgrund von externer Kontamination oder aufgrund von anderen Materialien, wie beispielsweise Kunststoffen, Papier, Bändern usw., die von dem Lösungsmittel nicht aufgelöst werden, und klären die Lösung weiter, um feinere Partikel zu entfernen. Nach dem Durchgang durch die Auflöseeinheit und den Filterabschnitt wird die Polystyrol-Lösung daraufhin zum Rückgewinnungsabschnitt befördert.

[0025] Der Hauptabschnitt des Rückgewinnungsabschnitts ist vorzugsweise eine Strangpresseinheit, die als Entdampfer eingerichtet ist. Vorzugsweise umfasst der Rückgewinnungsabschnitt ebenfalls eine Vorwärmeinrichtung, um die Lösung vor dem Einführen in die Strangpresse zu überhitzen. Die Vorwärmeinrichtung umfasst Mittel zur Überwachung und Steuerung der Temperatur und des Drucks, so dass die gewünschte Höchsttemperatur für das in Verarbeitung befindliche Material (weniger als 190°C) nicht überschritten wird. Vorzugsweise beträgt die Temperatur von Materialien, die durch die Strangpresseinheit geleitet werden, 125°C bis 150°C. Die vorerwärmte Lösung wird daraufhin unter Druck durch ein Ventil zum Strangpresszufuhrabschnitt gepumpt, wodurch ein unmittelbares Aufflammen des Lösungsmittels mit einer niedrigen Siedegeschwindigkeit und einer hohen Verdampfungsgeschwindigkeit verursacht wird, was den Feststoffgehalt, der der Strangpressschraube zugeführt wird, stark erhöht. Vorzugsweise ist das System geschlossen, um einen Verlust von Lösungsmittel an die Atmosphäre zu vermeiden und die Wiederverwendung des Lösungsmittels in dem Verfahren zu ermöglichen.

[0026] Abgesehen von der Einleitung des Abfallpolystyrolmaterials in die Rückgewinnungseinheit bleibt das System, das die Einführung des Abfallpolystyrolmaterials in die Auflöseeinheit zu ihrem Ausgang aus der Strangpresse sowie das interne Recycling des wiederverwendbaren Polystyrol-Lösungsmittels umfasst, vorzugsweise zur Atmosphäre hin geschlossen. Dadurch, dass das System zur Atmosphäre hin geschlossen bleibt, wird ebenfalls die Umweltfreundlichkeit des Verfahrens verbessert.

[0027] Die Strangpresseinheit, einschließlich des Zufuhrabschnitts, des Rückgewinnungsabschnitts umfasst vorzugsweise mehrere Öffnungen, um das verflüchtigte Lösungsmittel in eine Kondensationseinheit zu befördern, um das entdampfte Lösungsmittel aufzufangen. Vorzugsweise sind eine oder mehrere Öffnungen am Ende der Strangpresse an einem Vakuummittel angebracht, um die vollständige Entdampfung der Extrudatschmelze zu verbessern. Das fortwährende Einleiten von mechanischer Arbeit in die Strangpresse zusätzlich zu einer gewissen externen Wärme und zusammen mit der Anwendung des Vakuums stellt sicher, dass der Rest des Lösungsmittels verflüchtigt wird. Es sind Mittel zum Überwachen und Steuern der Temperatur und des Drucks im Strangpressabschnitt des Rückgewinnungsabschnitts bereitgestellt, um die Entdampfung und die Extrusion zu ermöglichen und die Temperatur unterhalb von 190°C, vorzugsweise unterhalb von 180°C zu halten. Nach dem Austritt aus dem Ende der Strangpresse wird die polystyrolartige Polymerschmelze abgekühlt und daraufhin in einer Weise, die in der Technik bekannt ist, vorzugsweise zu Kügelchen zerhackt. Das rückgewonnene Polystyrolmaterial, das aus der Strangpresse austritt, kann für seine Verwendung in dem Endherstellungsverfahren nach Bedarf und in einer Weise, die in der Technik bekannt ist, zu größeren Stücken konfiguriert werden. Der niedrige Siedepunkt und die hohe Verdampfungsgeschwindigkeit des Lösungsmittels ermöglichen, dass die Entdampfung bei einer niedrigeren Temperatur stattfindet als es für die Produktion von polystyrolartigen Polymermaterialien die Norm ist, das heißt unterhalb von 190°C. Diese niedrigere Verarbeitungstemperatur (und eine kürzere Verarbeitungszeit) beseitigen im Wesentlichen die Degradation des Abfallpolystyrolmaterials, das in das System eingegeben wird. Somit liegt das rückgewonnene polystyrolartige Materialprodukt innerhalb der Spezifikationsbereiche des eingegebenen polystyrolartigen Materials zur Wiederverwendung, um Polystyrolprodukte von gleicher Güteklasse herzustellen.

[0028] Die Kondensation des Lösungsmittels zur Wiederverwendung in dem Verfahren der Erfindung wird erreicht, indem die Dämpfe durch einen Kondensator geleitet werden, der mit Kühlaggregaten verbunden ist, um die Reduzierung des Lösungsmitteldampfes auf unterhalb seiner Siedetemperatur und die ausreichende Reduzierung von dessen Dampfdruck sicherzustellen, um eine Kondensierung zu verursachen. Das kondensierte Lösungsmittel wird daraufhin zur weiteren Wiederverwendung zu einem Zwischenspeicher übertragen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0029] Ein vollständiges Verständnis der vorliegenden Erfindung kann durch Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen zusammen mit der ausführlichen Beschreibung der Erfindung erlangt werden, wobei:

[0030] [Fig. 1](#) eine schematische Ansicht der Vorrichtung der Erfindung ist; und

[0031] [Fig. 2](#) eine schematische Querschnittsansicht der Auflöseeinheit ist.

Weise(n) zur Ausführung der Erfindung

[0032] Wie am besten in [Fig. 1](#) gezeigt ist, stellt die vorliegende Erfindung eine Vorrichtung für das Rückgewinnungsverfahren von polystyrolartigen Materialien bereit, die Folgendes umfasst: einen Rückgewinnungsabschnitt **10**, einen Auflösebehälter **12**, eine Vorwärmeinrichtung des Rückgewinnungsabschnitts **14**, eine Strangpresse **16** und eine Hackvorrichtung **18**. Zusätzlich umfasst die Vorrichtung der Erfindung einen Lösungsmittelspeicherbehälter **20**, einen Kondensator **26**, eine Wärmequelle **22** und eine Kühlquelle **24**. Die Rückgewinnungseinheit **10** ist dahingehend betriebsfähig mit der Auflöseeinheit **12** verbunden, dass das polystyrolartige Material unter Verwendung einer Beförderungsvorrichtung **13** durch eine abgedichtete Kammer in die Auflöseeinheit **12** eingeführt wird. Optional kann ein Ausgleichsbehälter (nicht gezeigt) zwischen dem Auflösebehälter **12** und der Vorwärmeinrichtung **14** hinzugefügt werden, um der Lösung andere Materialien beizufügen. Eine solche Hinzufügung kann vorzugsweise im Auflösebehälter **12** erfolgen, wo die hinzugefügten Materialien effizienter der Abfallpolystyrollösung in dem wiederverwendbaren Polystyrollösungsmittel beigemischt werden können. Nicht einschränkende Beispiele solcher hinzugefügter Materialien sind Stoßfestigkeitsmodifikatoren, Flammenhemmungsmittel, Farbstoffe und Toner, insbesondere Toner, die einen geringen Polystyrolgehalt aufweisen.

[0033] Das Lösungsmittel wird durch die Kopplung **15** aus dem Lösungsmittelspeicherbehälter **20** (oder aus einer alternativen Quelle für frisches oder extern recyceltes Lösungsmittel) in den Auflösebehälter **12** eingeführt. Das Lösungsmittel wird hinzugefügt, um eine Lösung von 15 bis 60 Gew.-%, vorzugsweise von 30 bis 50 Gew.-% an Feststoffen zu erhalten. Die endgültigen Feststoffprozentwerte werden durch den jeweiligen Typ oder die jeweiligen Typen von Abfallpolystyrolmaterialien bestimmt, die verarbeitet werden.

[0034] Wie in [Fig. 2](#) gezeigt, umfasst der Auflösebehälter **12** Heizspiralen **52**, die jeweils durch eine Zufuhr-

und Rückleitung **23** und **25** mit der Wärmequelle **22** gekoppelt sind, die vorzugsweise ein Dampfgenerator ist. Der Dampfdruck wird durch das Überdruckventil **17** ([Fig. 1](#)) geregelt, um eine Lösungstemperatur zwischen 20°C und 75°C, vorzugsweise zwischen 45°C und 60°C, aufrechtzuerhalten. Ein Mittel zur Überwachung der Temperatur und des Drucks des Auflösebehälters **12** ist ebenfalls bereitgestellt. Ein Mittel zum Rühren der Lösung und zum Messen der Viskosität kann ebenfalls bereitgestellt werden. Tests haben gezeigt, dass eine Auflöselösungstemperatur innerhalb dieses Bereiches das Lösungsvermögen der polystyrolartigen Materialien in dem wiederverwendbaren Polystyrollösungsmittel (vorzugsweise n-Propylbromid) fördert. Nach wie vor unter Bezugnahme auf [Fig. 2](#) wird während des Auflösungs-schritts ein Teil der Lösung mit Hilfe einer Pumpe **19** durch Sprühdüsen **21** umgewälzt, um die polystyrolartigen Materialien, die in den Auflösebehälter **12** eintreten, fortwährend abzudecken.

[0035] Wie in [Fig. 2](#) gezeigt, wird die Lösung vorzugsweise durch ein konisch geformtes grobes Filter **27** aus dem Auflösebehälter **12** entnommen, um grobe Verunreinigungen, wie beispielsweise Papier, Bänder und andere unlösliche Materialien, zu beseitigen, und daraufhin zur Beseitigung von etwaigen feinen Verunreinigungen unter Verwendung einer Pumpe **19** durch ein feines Filter **28** zu einem Wegeventil **54** geleitet, das geschaltet wird, um die Lösung durch die Kopplung **11** zu leiten. Das feine Filter **28** beseitigt ungelöste oder teilweise gelöste kleine Partikel. Das grobe Filter **27** wird manuell gereinigt, nachdem jede Charge verarbeitet wurde. Die Elemente des feinen Filters **28** werden entfernt und ebenfalls manuell gereinigt, nachdem jede Charge verarbeitet wurde. Eine Ablasskopplung **53** kann am Boden des feinen Filters **28** bereitgestellt sein, um die Reinigung zu erleichtern. (Eins oder beide Filter können automatisch reinigend sein, um die Effizienz oder die Verwendung eines kontinuierlichen Verfahrens anstatt eines Chargenverfahrens zu fördern.)

[0036] Das Wegeventil **54** leitet die Lösung entweder durch die Düsen **21** oder, wie in [Fig. 1](#) gezeigt, durch die Kopplung **11** in die Vorwärmeinrichtung **14**. Kühlspiralen **51** ([Fig. 2](#)), die jeweils durch eine Zufuhr- und Rückleitung **29** und **30** mit einem Kühlaggregat **24** verbunden sind, sind am oberen Ende des Auflösebehälters **12** vorgesehen. Diese gekühlten Kühlspiralen **51** kondensieren Dämpfe von dem Lösungsmittel, die sich während des Auflösungsverfahrens gebildet haben können, und leiten das Fluid in die Lösung zurück.

[0037] Wenn die Auflösung der polystyrolartigen Materialien beendet ist, wird das Wegeventil **54** so positioniert, dass die Lösung von der Pumpe **19** durch die Kopplung **11** zur Vorwärmeinrichtung **14** geleitet wird. Die Vorwärmeinrichtung **14** ist mit Temperatur- und Drucküberwachungs- und Regelungsmitteln versehen und ist jeweils durch die Zufuhr- und Rückleitung **31** und **32** mit dem Wärmegenerator **22** verbunden. Die Temperatur in der Vorwärmeinrichtung **14** wird durch das Dampfüberdruckventil **33** geregelt. Die Vorwärmeinrichtung **14** wird zur Überhitzung der Lösung auf eine Temperatur zwischen 125°C und 150°C, vorzugsweise auf eine Temperatur zwischen 130°C und 145°C, verwendet. Durch die Überhitzung der Lösung wird der Dampfdruck auf > 60 psig erhöht. Mit Zufuhrtemperaturen von 80°C bis 100°C oder bis 125°C können ebenfalls wünschenswerte Ergebnisse erzielt werden.

[0038] Die überhitzte Lösung wird von der Vorwärmeinrichtung **14** durch die Kopplung **34** zur Strangpresse **16** weitergeleitet. Ein Expansionsventil **35** in der Kopplung **34** ist nahe des Zufuhreingangs der Strangpresse **16** angeordnet, wodurch eine unmittelbare Verdampfung und Freigabe des Lösungsmittels aus der Lösung verursacht wird, da der atmosphärische Druck auf der Strangpresseseite des Überdruckventils **35** aufrechterhalten wird. Die resultierenden Lösungsmitteldämpfe werden durch die Kopplung **36** zum Kondensator **26** geleitet. Der Kondensator **26** wird jeweils durch die Zufuhr- und Rückleitung **37** und **38** vom Kühlaggregat **24** gekühlt. Der Kondensator **26** kann eine oder mehrere Kondensatoreinheiten umfassen. Die Temperatur des Kühlaggregats **24** wird vorzugsweise zwischen -10°C und 0°C gehalten, um eine Kondensierung und Rückgewinnung des Lösungsmittels sicherzustellen. Für das Kühlaggregat **24** sind Temperatur- und Drucküberwachungs- und Regelungsmittel bereitgestellt. Das kondensierte Lösungsmittel wird zur Wiederverwendung im Verfahren durch die Kopplungsleitung **39** vom Kondensator **26** zum Lösungsmittelspeicherbehälter **20** geleitet.

[0039] Die halb feste Lösung von der Vorwärmeinrichtung **14**, die jetzt einen höheren Feststoffgehalt aufweist, wird von der internen Schraube der Strangpresse **16** befördert und weiter entdampft. Es kann externe Wärme hinzugefügt werden, um die Extrusion und Entdampfung zu erleichtern, abhängig von dem jeweiligen polystyrolartigen Material, das verarbeitet wird. Die interne und externe Energie der Strangpresse **16** verursachen die Freigabe von zusätzlichen Lösungsmitteldämpfen von der Oberfläche der Schmelze durch die Dampföffnung der Kopplung **40** zum Kondensator **26**. Wieder werden die Lösungsmitteldämpfe im Kondensator **26** kondensiert und (durch die Kopplung **41**) zum Lösungsmittelspeicherbehälter **20** geleitet.

[0040] Die Entfernung des letzten Lösungsmittels wird durch Anwendung eines Vakuums ermöglicht, das von einer Vakuumpumpe **42** jeweils durch die Kopplungen **43** und **44** vorzugsweise an die letzten beiden Dampf-

öffnungen der Strangpresse **16** angelegt wird. Das Vakuum wird an der letzten Öffnung über das an der vorletzten erhöht. Die Verringerung des Vakuumdrucks an der Kopplung **43** wird angemessenerweise durch Hinzufügung eines Reduktionsventils **45** in der Kopplungsleitung **43** erreicht. Dadurch wird eine fortschreitende Verringerung des Lösungsmittels in der gesamten Strangpresse **16** durch Verringern des Dampfdrucks, der zum Verdampfen des Lösungsmittels erforderlich ist, erreicht. Die Lösungsmitteldämpfe, die einen Druck aufweisen, der unterhalb des atmosphärischen Drucks liegt, treten aus der Vakuumpumpe **42** durch die Kopplung **46** mit atmosphärischem Druck aus und treten in den gekühlten Kondensator **26** ein. Wieder werden die Dämpfe kondensiert und das flüssige Lösungsmittel wird durch die Kopplung **47** zum Lösungsmittelspeicherbehälter **20** geleitet. Es sind Temperatur- und Drucküberwachungs- und Regelungsmittel für die Strangpresse **16** und sein zugehöriges Vakuumsystem bereitgestellt.

[0041] Das halb feste polystyrolartige Material tritt aus der Strangpresse **16** vorzugsweise durch eine Strangdüsenkopplung **48** aus und verfestigt, bevor es in die Hackvorrichtung **18** eintritt. Ein Kühlmittel kann zur Erleichterung dieser Verfestigung bereitgestellt werden. Die Hackvorrichtung **18** reduziert die festen polystyrolartigen Materialien zu Kügelchen, die von der Kopplung **49** zur Packstation **50** befördert werden.

Beispiele

[0042] Die folgenden Beispiele veranschaulichen die Durchführung der Erfindung weitergehend und sollen die Erfindung nicht einschränken.

[0043] In den folgenden Beispielen sind die Temperatureinstellungen und -messungen im Verhältnis zu den folgenden Abschnitten der Strangpresse beschrieben:

Zone 1 – Entlüftung in der Nähe, vorzugsweise hinter der Zufuhrzone

Zone 2 – Zufuhrzone von der Vorwärmeinrichtung

Zone 3 – zwischen Zufuhrzone und ersten Entlüftungen

Zone 4 – bei erster (ersten) Entlüftung(en), kein Vakuum angelegt

Zone 5 – zwischen erster (ersten) Entlüftung(en) ohne Vakuum und Entlüftung(en) mit Vakuum

Zone 6 – von Entlüftung(en) mit Vakuum zum Ablasskopfteil

Beispiel 1

[0044] In diesem Beispiel wurden 21,25 Pfund (9,64 kg) Abfallpolystyrolschaumstoff rückgewonnen. Das System wurde vor dem Durchlauf gereinigt. Das Polystyrol wurde in dem Lösungsmittel Ensolv® n-Propylbromid aufgelöst, um eine Lösung von 33 Gewichtsprozent oder mehr bereitzustellen.

[0045] Folgende Bedingungen wurden für den Durchlauf angewendet.

Temperaturen

| | <u>Einstellung</u> | <u>gemessen (intern)</u> |
|--------|--------------------|--------------------------|
| Zone 1 | 350° F (177° C) | |
| Zone 2 | 325° F (163° C) | |
| Zone 3 | 275° F (135° C) | 250-275° F (121-135° C) |
| Zone 4 | 275° F (135° C) | 300° F (149° C) |
| Zone 5 | 285° F (141° C) | |
| Zone 6 | 300° F (149° C) | 300° F (149° C) |

Druckmesser (Zone 2, oberhalb des Zufuhrventils) – 30 psi

Luftdruck zur Pumpe (Pumpen der Lösung in und durch die Vorwärmeinrichtung) – 90 psi

Umgehungsventil (Vorwärmeinrichtung zur Auflöseeinheit) – etwas geöffnet

Zufuhrventil (d.h. Expansionsventil 35) – vollständig geöffnet

Drehzahl der Strangpresse – 250 U/min.

Ampere (Schraubenmotor, Doppelschrauben) – 3,0

Zufuhrtemperatur (zwischen Vorwärmeinrichtung und Expansionsventil) – 250–275° F (121–135°C)
 Temperatur der Auflöseinheit – 100°F (38°C)
 Rückgewinnungsrate – 10–12 Pfund (4,54–5,44 kg) Polystyrol/Std. (Durchlaufdauer etwa 2 Std.)
 Dampf an Austauscher (zur Vorwärmeinrichtung) bei 85–90 psi

Gesammeltes Lösungsmittel

[0046] 0,5 Pfund (0,23 kg) (Entlüftungen der Zone 6) + 21,5 Pfund (9,75 kg) (Entlüftungen der Zone 4) + 7,5 Pfund (3,40 kg) (Entlüftungen der Zone 1) = 29,5 Pfund (13,38 kg) Durchlauf 21,25 Polystyrol

[0047] Bei einer Lösung von 2:1 wurden 69% Lösungsmittel rückgewonnen (etwas ging durch Verschütten und Verdampfen verloren, da das Lösungsmittel über Nacht in der nicht gut verschlossenen Auflöseinheit aufbewahrt wurde)

[0048] Anordnen der Kügelchen auf einer heißen Platte mit einer Heißluftpistole, um flüchtige Stoffe zu entfernen. Etwa 1% Gewichtsänderung.

[0049] Die rückgewonnenen Kügelchen weisen eine leicht rötliche Farbe auf. Die folgende Tabelle zeigt die Testergebnisse mit spritzgegossenen Schlüsselanhängern, die aus dem rückgewonnenen Polystyrol hergestellt wurden.

Tabelle 1

| Physikalische Eigenschaften | Kontroll-PS (Nova) | Recycltes PS mit Lösungsmittel |
|-----------------------------|--------------------|--------------------------------|
| Elastizitätsmodul (MPa) | 517.000 | 489.000 |
| Zugfestigkeit (psi) | 6840 | 4925 |

Beispiel 2

[0050] Bei diesem Beispiel wurden 4 Pfund (1,81 kg) eines gebrauchten Toners (etwa 25 Gew.-% Polystyrol) und 11 Pfund (4,99 kg) Polystyrolschaumstoff rückgewonnen. Das rückgewonnene Polystyrol ist aufgrund des Rußes des Toners schwarz.

[0051] Der Durchlauf wurde gestartet, indem die 11 Pfund (4,99 kg) des Schaumstoffs in 25 Pfund (11,34 kg) Lösungsmittel Ensolv® aufgelöst wurden. Nach dem Transport dieser Lösung zum Verarbeitungsbehälter wurden die 4 Pfund (1,81 kg) Toner, die in 5 Pfund (2,27 kg) Lösungsmittel aufgelöst waren, zur Polystyrolschaumstofflösung hinzugegeben. Die resultierende Lösung zirkulierte 30 Minuten lang durch den Kenix™ Mischer.

[0052] Folgende Bedingungen wurden für den Durchlauf angewendet:

Temperaturen

| | <u>Einstellung</u> | <u>gemessen (intern)</u> |
|--------|--------------------|--------------------------|
| Zone 1 | 350° F (177° C) | |
| Zone 2 | 325° F (163° C) | |
| Zone 3 | 310° F (154° C) | 285° F (141° C) |
| Zone 4 | 280° F (138° C) | 300° F (149° C) |
| Zone 5 | 300° F (149° C) | |
| Zone 6 | 300° F (149° C) | 300° F (149° C) |

Druckmesser (Zone 2) – 30 psi
 Luftdruck zur Pumpe – 100 psi
 Umgehungsventil (Vorwärmeinrichtung zum Verarbeitungsbehälter) – etwas geöffnet
 Zufuhrventil – vollständig geöffnet
 Drehzahl der Strangpresse – 200 U/min
 Ampere (Schraubenmotor) – 2,5
 Zufuhrtemperatur – 180°F (82°C)
 Temperatur der Auflöseeinheit – 100°F (38°C)
 Rückgewinnungsrate – 3,5–4 Pfund (1,59–1,81 kg) Polystyrol/Std. (etwa 4,5 Std.) nach Erhöhung der Drehzahl auf 350 U/min – 6 Pfund (2,72 kg)/Std.
 Dampf an Vorwärmeinrichtung – bei 40 psi

[0053] Eine Aufschäumung des Polystyrolmaterials, das aufgrund einer zu schnellen Verdampfung des Lösungsmittels im Entlüftungsrohr aufstieg, wurde an Entlüftungsöffnung Nr. 1 beobachtet und das Material, das aus der Strangpresse austrat, schien Luftblasen aufzuweisen. Die Drehzahl wurde auf 300 U/min gesenkt und der Pumpendruck stieg auf 40 psi an.

Rückgewonnenes

| Polystyrol | Lösungsmittel | |
|----------------------------------|---------------------------|--------------------|
| 7 Pfund 2 Unzen (3,24 kg) | 8 Unzen (0,23 kg) | Druckbehälter |
| 6 Pfund 8 Unzen (2,95 kg) | 5 Pfund 4 Unzen (2,38 kg) | Hintere Entlüftung |
| 4 Pfund 10 Unzen (2,10 kg) | 17 Pfund (7,71 kg) | Entlüftung Nr. 1 |
| <u>1 Pfund 8 Unzen (0,68 kg)</u> | <u>3 Pfund (1,36 kg)</u> | Entlüftung Nr. 2 |
| - gut | | |
| 19,75* Pfund (8,96 kg) - | 25,75 Pfund (11,68 kg) | Gesamt |

Gesamt

(* zusätzliches Material im System von vorherigem Durchlauf)

Lösung, die in der Auflöseeinheit verbleibt

2 Pfund 8 Unzen (1,13 kg)
 3 Pfund (1,36 kg)
 5,5 Pfund (2,49 kg) – Gesamt 1 Pfund 10 Unzen (0,74 kg) Polystyrol/3 Pfund 8 Unzen (1,59 kg) Lösungsmittel

Test des rückgewonnenen Polystyrol-Kunstharzes auf Gehalt an flüchtigen Stoffen:

Pfanne 16,0 Gramm
 Pfanne + Kunstharz 116,0 Gramm
 nach der Erwärmung 115,0 Gramm
 1% flüchtige Stoffe

[0054] (Externe Labortests ergaben weniger als 0,5% flüchtige Stoffe)

Patentansprüche

1. Verfahren zur Rückgewinnung von polystyrolartigen Kunststoffabfallmaterialien, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- (1) Auflösen des Polystyrolmaterials in einem wiederverwendbaren Polystyrollösungsmittel in einer Auflöseeinheit,
- (2) Übertragen der Lösung aus polystyrolartigem Material in eine Vorwärmeinheit,
- (3) Überhitzen der Lösung aus polystyrolartigem Material auf eine Temperatur von weniger als die Temperatur von 190°C in der Vorwärmeinheit,

- (4) Übertragen der überhitzten Lösung aus polystyrolartigem Material in eine Strangpresse,
- (5) Entdampfen der Lösung aus polystyrolartigem Material an unterschiedlichen Stellen, wenn sie sich durch die Strangpresse bewegt, während ihre Temperatur auf weniger als 190°C gehalten wird, und
- (6) Wiedererlangen des resultierenden rückgewonnenen polystyrolartigen Materials, das in fester Form aus der Strangpresse austritt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei ein erster Schritt das Verringern der Größe des Volumens des polystyrolartigen Materials in einer Reduziereinheit und das Übertragen des in der Größe reduzierten polystyrolartigen Materials in die Auflöseeinheit umfasst.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, das in einem geschlossenen System ausgeführt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das wiederverwendbare Polystyrollösungsmittel umweltfreundlich ist und einen niedrigen Siedepunkt im Bereich von 35°C bis 90°C und eine hohe Verdampfungsgeschwindigkeit im Bereich von 3–7 aufweist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das wiederverwendbare Polystyrollösungsmittel n-Propylbromid umfasst.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das wiederverwendbare Polystyrollösungsmittel des Weiteren Isopropylalkohol in einer Menge von bis zu 10 Gewichtsprozent des Gesamtlösungsmittels umfasst.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das wiederverwendbare Polystyrollösungsmittel, das während des Verfahrens verdampft ist oder anderweitig entfernt wurde, kondensiert und zur Wiederverwendung in dem Verfahren zu einer Lagereinheit oder direkt zu der Auflöseeinheit befördert wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Verarbeitungszeit für die Materialien, die durch die Strangpresse laufen, weniger als 1 Stunde beträgt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Verarbeitungszeit für die Materialien, die durch die Strangpresse laufen, weniger als 1/2 Stunde beträgt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Temperatur der Lösung in der Auflöseeinheit 20°C bis 75°C beträgt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Temperatur der Lösung in der Auflöseeinheit 45°C bis 60°C beträgt.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die Temperatur der Materialien, die durch die Vorwärmeinheit geleitet werden, 180°C oder weniger beträgt.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die Temperatur der Materialien, die durch die Strangpresseneinheit geleitet werden, 125°C bis 150°C beträgt.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, das des Weiteren das Leiten der Lösung durch einen oder mehrere Filter bei oder nach dem Austritt aus der Auflöseeinheit und vor dem Eintritt in die Vorwärmeinheit umfasst.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei die polystyrolartigen Abfallmaterialien Polystyrolschaum umfassen.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei die polystyrolartigen Abfallmaterialien Toner umfassen.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, wobei das polystyrolartige Eingabematerial Polystyrolabfallmaterial aus einer oder mehreren Quellen der folgenden Gruppe ist: Herstellung von Polystyrol, Herstellung von modifiziertem Polystyrol, Herstellung von Produkten, die aus polystyrolartigem Material hergestellt sind, und polystyrolartiges Abfallmaterial von Produkten, die aus polystyrolartigem Material hergestellt sind.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

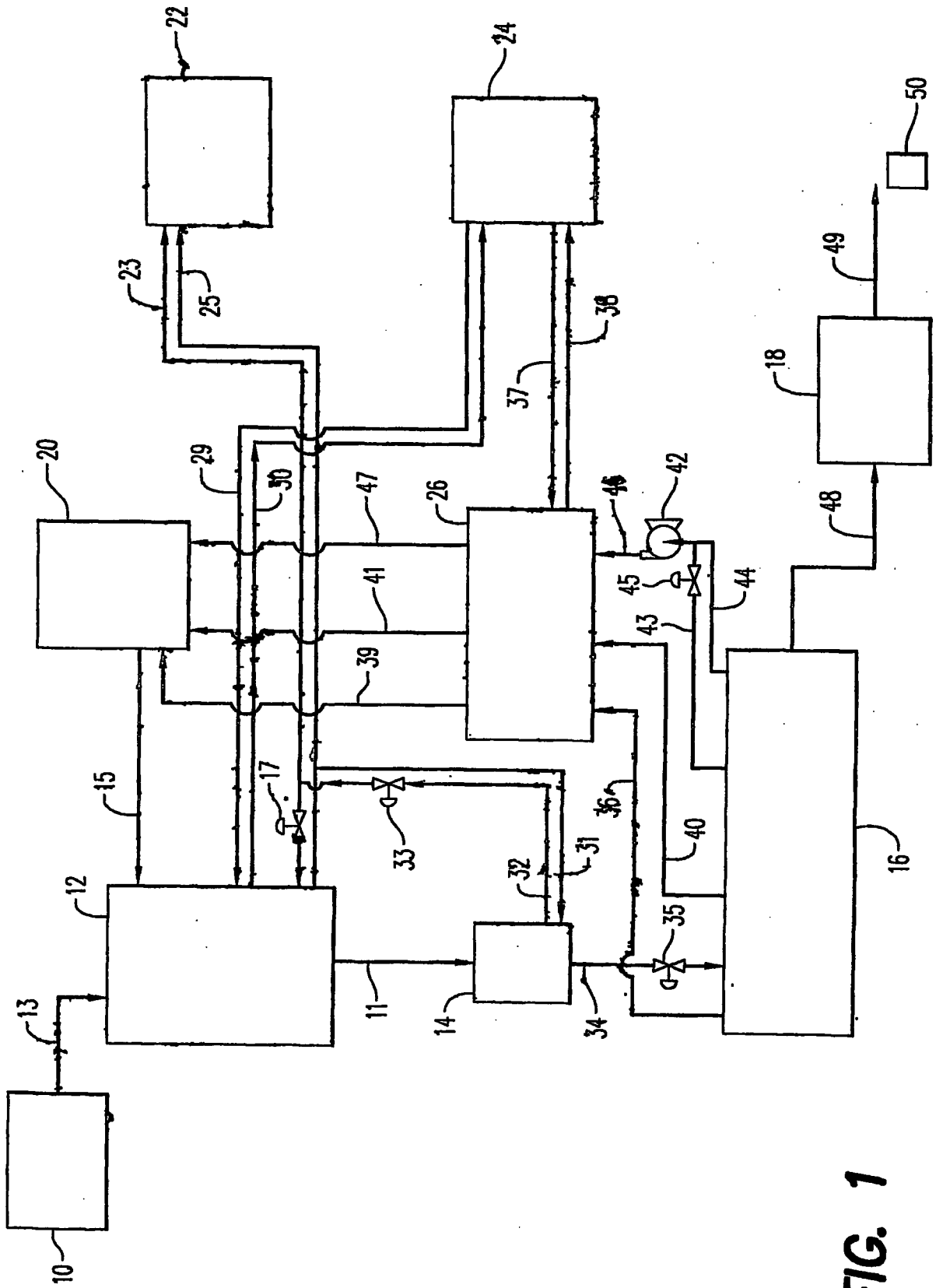


FIG. 1

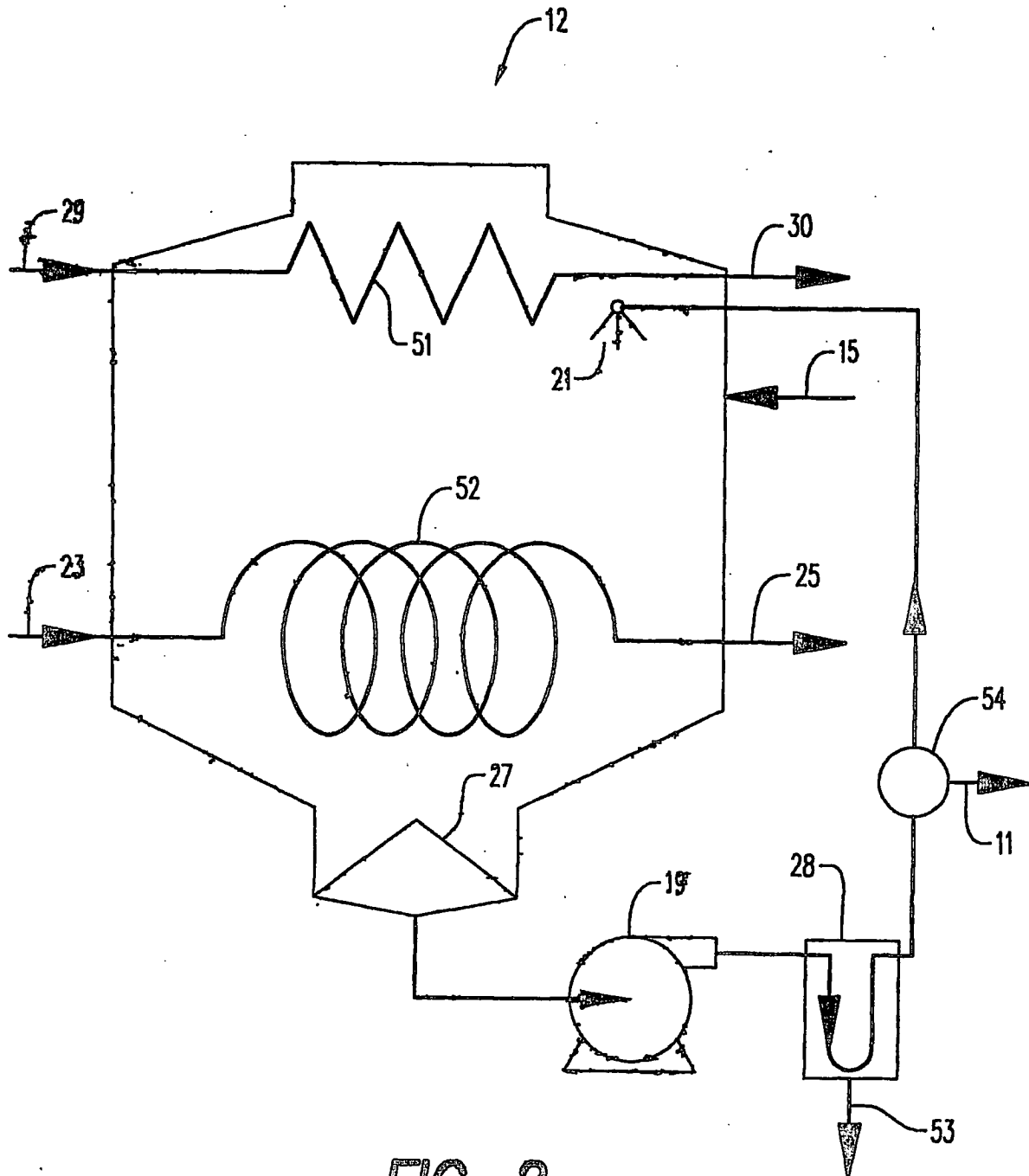


FIG. 2