

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 50088/2022
(22) Anmeldetag: 11.02.2022
(45) Veröffentlicht am: 15.01.2024

(51) Int. Cl.: **B29C 48/025** (2019.01)
B29B 17/00 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 0078524 A1
EP 0597271 A1
WO 2019219673 A1
DE 10129707 A1
DE 102007041438 A1
WO 2020104434 A1

(73) Patentinhaber:
EREMA Engineering Recycling Maschinen und
Anlagen Gesellschaft m.b.H.
4052 Ansfelden (AT)

(74) Vertreter:
Wildhack & Jellinek Patentanwälte OG
1030 Wien (AT)

(54) **Vorrichtung zur Bearbeitung von Materialien**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Bearbeitung von Materialien enthaltend oder bestehend aus polymeren Materialien, insbesondere zur Recycling-Bearbeitung von verunreinigten thermoplastischen Polymeren, umfassend eine Extruder (2) mit einer Schnecke (10) zum Aufschmelzen der Materialien, mit einer ersten Filtriereinheit (3) zur Filtration der Schmelze und einer Entgasungszone (5) zur Entgasung der Schmelze, wobei am Extruderausgang (9) an die Entgasungszone (5) eine Schmelzepumpe (6) angeschlossen ist.

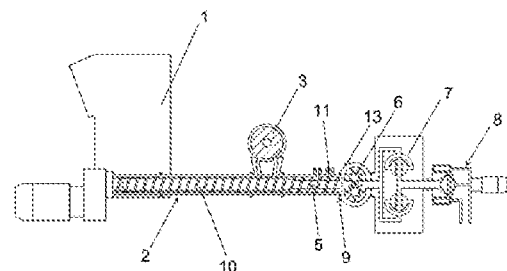


Fig. 2

Beschreibung

VORRICHTUNG ZUR BEARBEITUNG VON MATERIALIEN

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Bearbeitung von Materialien enthaltend oder bestehend aus polymeren Materialien bzw. zur Recycling-Bearbeitung von verunreinigten thermoplastischen Polymeren gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

[0002] Bei der Verarbeitung von Sekundärrohstoffen besteht eine bekannte und bewährte Schrittabfolge in der Extrusion, Filtration und Granulierung der zu bearbeitenden thermoplastischen Materialien.

[0003] Ein bekanntermaßen vorteilhaftes Konzept besteht darin, die thermoplastischen Polymere zuerst in einem Schneidverdichter bzw. einer Preconditioning Unit (PCU) zu erwärmen bzw. zu erweichen, dann in einen Extruder zu überführen und dort aufzuschmelzen und dann die Schmelze zu filtrieren und zu entgasen, unter Umständen noch einmal zu filtrieren, und dann beispielsweise Granulate zu erzeugen. Die erste Schmelzefiltration ist hierbei vor bzw. stromaufwärts der Extruderentgasung angeordnet. Damit lassen sich Endprodukte in guter Qualität und einem hohen Anteil an Regranulaten realisieren.

[0004] Eine bekannte Vorrichtung bzw. Verfahrensführung sieht dabei beispielsweise folgendes vor: In einem Schneidverdichter bzw. einer Preconditioning Unit (PCU) wird das zu behandelnde Polymer-Material zerkleinert, gemischt, erwärmt, getrocknet, vorverdichtet und gegebenenfalls gepuffert. Ein an den Schneidverdichter direkt tangential angeschlossener Extruder wird kontinuierlich mit dem erwärmten und erweichten vorverdichteten Material befüllt. In der Extruderschnecke wird das Material plastifiziert. Die Schmelze wird am Ende der Plastifizierungszone aus dem Extruder herausgeleitet, in einem automatischen, selbstreinigenden Filter gereinigt und wieder in den stromabwärts des Filters befindlichen Abschnitt des Extruders zurückgeleitet. In diesem Abschnitt des Extruders, also nach dem ersten Schmelzefilter, erfolgt die finale Homogenisierung der Schmelze. In der nachfolgenden Entgasungszone wird die filtrierte und homogenisierte Schmelze entgast. Danach wird die Schmelze über die Austragszone des Extruders dem jeweiligen Werkzeug zugeführt, z.B. einer Granuliereinrichtung. Optional kann hinter der Austragszone und vor dem Werkzeug auch noch eine zweite Schmelze-Filtration angeordnet sein. Eine solche Vorrichtung ist beispielsweise in Fig. 1 dargestellt und wird in weiterer Folge noch näher beschrieben. Durch eine derartige Filtrierung, Homogenisierung und Entgasung können auch schwer zu verarbeitenden Materialien wie stark bedruckte Folien und/oder feuchten Materialien aufbereitet werden.

[0005] Dabei zeigt sich allerdings, dass bereits bei einer einzigen Filtrierstufe, aber vor allem dann, wenn zwei Filtrierstufen vorgesehen sind bzw. verwendet werden, eine Druckerhöhung in der Schmelze stattfindet und die Schmelzetemperatur vor allem am Ende des Extrusionssystems, insbesondere vor dem Werkzeug, sehr hoch sein kann.

[0006] Gerade beim Recycling von Polymeren wird oft eine zweifache Filtration bzw. Doppelfiltration eingesetzt, die besonders beim Recycling von stärker verunreinigten Polymeren notwendig sein kann, um beispielsweise Verschmutzungen und Gele, die unter Umständen unterschiedliche Abscheidemethoden benötigen, aus dem aufzubereitenden Materialstrom zu entfernen. Diese qualitätsverbessernde Reinigung ist durchwegs mit einer Druckerhöhung verbunden. Dabei werden, vor allem, wenn die Druckerzeugung nur mit Schmelze durchgeführt wird, im Falle eines Extruders hohe Schmelzetemperaturen erzeugt.

[0007] Hohe Masse- bzw. Schmelzetemperaturen führen jedoch zu einer negativen Beeinträchtigung der Qualität der Polymere. Hohe Masse- bzw. Schmelzetemperaturen bewirken unter anderem einen höheren Verbrauch von Stabilisatoren, eine Verkürzung der Molekülketten, eine unerwünschte Gelbildung oder auch ein Verbrennen von Partikeln und Polymer in der Schmelze. Auch die Zersetzung des Polymers oder von Inhaltsstoffen wird durch hohe Temperaturen gefördert. Dadurch wird ein Teil der Anstrengungen der vorgelagerten Prozesse zur Erhöhung der Materialqualität wieder rückgängig gemacht bzw. konterkariert.

[0008] Die WO 0078524 A1, die EP 0597271 A1 und die WO 2019219673 A1 offenbaren Vorrichtungen zur Bearbeitung von Materialien enthaltend oder bestehend aus polymeren Materialien, umfassend einen Extruder mit einer Schnecke zum Aufschmelzen der Materialien, teilweise mit einer ersten Filtriereinheit zur Filtration der Schmelze und einer Entgasungszone zur Entgasung der Schmelze, wobei im Bereich des Extruderausgangs eine Schmelzepumpe vorgesehen ist.

[0009] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es somit eine Vorrichtung zu schaffen, mit dem/der die resultierende Materialqualität einfach verbessert werden kann.

[0010] Die Erfindung löst diese Aufgabe bei einer Vorrichtung zur Bearbeitung von Materialien enthaltend oder bestehend aus polymeren Materialien, insbesondere zur Recycling-Bearbeitung von verunreinigten thermoplastischen Polymeren, umfassend zumindest einen Extruder mit zumindest einer Schnecke zum Aufschmelzen der Materialien, mit zumindest einer ersten Filtriereinheit zur Filtration der Schmelze und zumindest einer Entgasungszone zur Entgasung der Schmelze, durch die kennzeichnenden Merkmale von Anspruch 1.

[0011] Erfindungsgemäß ist dabei vorgesehen, dass am Extruderausgang an die Entgasungszone zumindest eine Schmelzepumpe bzw. eine Vorrichtung zum Pumpen der Polymerschmelze angeschlossen ist.

[0012] Aus dem Stand der Technik ist es grundsätzlich bekannt, die Schmelze fördernde Zahnradpumpen im Bereich des distalen Endes eines Extruders vorzusehen. Die konstruktive Anordnung einer Pumpe zur Erhöhung des nötigen Drucks direkt nach der Entgasung bzw. die dementsprechende konstruktive Einbettung einer Pumpe zur Druckerhöhung gleich nach bzw. hinter der Entgasung, ist jedoch in dieser Form und in diesem Zusammenhang nicht beschrieben.

[0013] Durch die erfindungsgemäße Anordnung der Schmelzepumpe wird eine Druckerhöhung bei gleichzeitiger Reduktion der Massetemperatur erreicht, wodurch sich die obengenannten Nachteile verringern und eine verbesserte Materialqualität einher geht.

[0014] In diesem Zusammenhang ist es vorteilhaft, wenn die Schmelzepumpe räumlich unmittelbar und direkt, ohne weitere dazwischengeschaltete funktionelle Einheit, in Förderrichtung an die Entgasungszone angeschlossen ist bzw. der Entgasungszone nachgeschaltet und prozessual hintereinander gekoppelt ist.

Als „funktionelle Einheit“ wird dabei eine Einheit verstanden, die auf die Schmelze z.B. mechanisch einwirkt bzw. einen Bearbeitungsschritt bewirkt.

Der Begriff „unmittelbar und direkt“ ist vorliegend so zu verstehen, dass die Schmelzepumpe gleich neben bzw. hinter der Entgasungszone angeordnet ist und dass zwischen der Schmelzepumpe und der Entgasungszone keine echten Bearbeitungseinheiten, wie Filter, Homogenisierer od. dgl. vorgesehen sind. Passive Verbindungs- oder Übergangsstücke bzw. -rohre stören nicht und können vorhanden sein.

Durch die direkte und unmittelbare Anordnung der Schmelzepumpe nach der Entgasung, anstelle einer Druckerhöhungszone im Extruder bzw. einer Austrags-Meteringzone, erfolgt eine vorteilhafte Erhöhung des nötigen Drucks, beispielsweise für eine etwaige weitere Filterstufe.

[0015] Ebenso ist es vorteilhaft, wenn der Extruder im Bereich stromabwärts der ersten Filtriereinheit, insbesondere im Bereich stromabwärts der Entgasungszone, frei von einer, den Druck der Schmelze erhöhenden Meteringzone ist und/oder dass die Schmelzepumpe eine Meteringzone ersetzt. Ein Schneckenextruder ist nämlich relativ ineffizient, wenn er Druck erhöhen bzw. Schmelze pumpen soll. Auch aus diesem Grund ist es vorteilhaft die letzte druckerhöhende Stufe (Meteringzone) eines Extruders nach der Entgasung, und insbesondere vor einer zweiten Filtration, wegzulassen und durch eine Schmelzepumpe zu ersetzen. Die Schmelzepumpe wird dementsprechend direkt und unmittelbar nach bzw. stromabwärts der Entgasungseinheit bzw. Entgasungszone der Extrusionsschnecke angekoppelt. Somit wird die durch die Filtration erreichte Qualitätsverbesserung nicht durch zu hohe Massetemperaturen erkaufte bzw. zunichte gemacht.

[0016] In diesem Zusammenhang ist es ebenfalls vorteilhaft, wenn die Schmelzepumpe in einem sehr geringen Abstand von maximal ≤ 20 D, insbesondere im Bereich von 0,1 bis 15 D, ange-

geschlossen ist.

Mit D ist dabei der äußere Durchmesser der Schnecke des Extruders gemeint und zwar gemessen bei der in Förderrichtung am weitesten stromabwärts gelegenen hintersten Entgasungsöffnung der Entgasungszone, wobei in der Entgasungszone mindestens eine Entgasungsöffnung ausgebildet ist.

Der Abstand zwischen der Entgasungsöffnung und der Schmelzepumpe wird vorliegend definiert als die Distanz gemessen zwischen der Mitte der in Förderrichtung am weitesten stromabwärts gelegenen hintersten Entgasungsöffnung der Entgasungszone und der Schmelzepumpe. Dabei wird insbesondere auf die Position des am weitesten stromaufwärts gelegenen aktiven Förderelements bzw. der am weitesten stromaufwärts gelegenen förderaktiven Teile der Schmelzepumpe abgestellt, also auf den Beginn bzw. die einlaufseitigen Passagen der Schmelzepumpe, wo die Schmelze in die Pumpe eintritt bzw. von den Förderelementen bzw. der Pumpwirkung erfasst wird. Der Abstand wird dabei als „Schmelzeflussdistanz“ verstanden, also gemessen entlang bzw. in Richtung des Weges, den die Schmelze in der Vorrichtung zurücklegt bzw. nimmt bzw. als Abstand zwischen den Einheiten entlang der Förder- bzw. Fließrichtung der Schmelze betrachtet.

[0017] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist vorgesehen, dass an die Schmelzepumpe, insbesondere räumlich unmittelbar und direkt, ohne weitere dazwischengeschaltete funktionelle Einheit, in Förderrichtung eine zweite Filtriereinheit angeschlossen ist. Gerade beim Recycling von stärker verunreinigten Polymeren wird oft eine zweifache Filtration bzw. Doppelfiltration erforderlich, beispielsweise um Verschmutzungen oder Gele aus dem aufzubereitenden Materialstrom zu entfernen. Diese zweite Filtration ist immer mit einer Druckerhöhung verbunden, wobei dann, wenn die Druckerzeugung nur mit Schmelze durchgeführt wird, im Falle eines Extruders hohe Schmelzetemperaturen erzeugt werden. Gerade bei Vorsehung einer zweiten Filtriereinheit ist also die erfindungsgemäße Anordnung der Schmelzepumpe besonders vorteilhaft.

[0018] Weiters ist es vorteilhaft, wenn der innere Kernquerschnitt der Schnecke - und zwar im Bereich zwischen der Mitte der in Förderrichtung am weitesten stromabwärts gelegenen hintersten Entgasungsöffnung der Entgasungszone und dem Extruderausgang - also bis zum Ende der Extruderschnecke - um $\leq 50\%$, vorzugsweise um $\leq 20\%$, insbesondere um $\leq 5\%$ vergrößert oder verkleinert ist, vorzugsweise konstant bleibt. Je geringer die Änderung des Kernquerschnitts, also zB die Kompression, ist, umso weniger Scherung wird in das Material gebracht. Steigert sich der Kernquerschnitt zu stark, ergibt das eine Kompression des Materials und dies würde zu einer unerwünschten Temperaturerhöhung führen. Für bestimmte Materialien kann eine kleine Kompression dienlich sein, z.B. wenn eine höhere Menge an zu entgasenden Substanzen vorliegt.

[0019] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung ist vorgesehen, dass sich die Steigung der Schnecke - im Bereich zwischen der Mitte der in Förderrichtung am weitesten stromabwärts gelegenen hintersten Entgasungsöffnung der Entgasungszone und dem Extruderausgang - um $\leq 3 L/D$, vorzugsweise um $1,5 \leq L/D$, insbesondere um $\leq 0,5 L/D$, vergrößert oder verkleinert, vorzugsweise konstant bleibt. Unter L/D wird dabei das übliche Verhältnis aus der (aktiven) Länge der Schnecke und dem Durchmesser der Schnecke verstanden. Je geringer die Änderung der Steigung ist, desto weniger Scherung wird in das Material gebracht. Bei sehr hohem Gasballast der Schmelze kann eine kleine Kompression das Material „abquetschen“, also Gas retour in die Entgasung drücken.

[0020] Erfindungsgemäß ist weiters vorgesehen, dass die Schnecke so ausgestaltet ist, dass sich das Produkt aus Tiefe, Stegbreite, Gangbreite und Gangsteigung der Schnecke, nämlich

$P = t * b * B * S$, wobei gilt $B = S - g * b$

mit

t ... Tiefe

b ... Stegbreite

B ... Gangbreite

S ... (Gang)Steigung

g ... Anzahl Gänge der Schnecke

im Bereich zwischen der Mitte der in Förderrichtung am weitesten stromabwärts gelegenen hintersten Entgasungsöffnung der Entgasungszone und dem Extruderausgang, um $\leq 30\%$, vorzugsweise um $\leq 15\%$, insbesondere um $\leq 5\%$, vorzugsweise um $\leq 3\%$, insbesondere gar nicht, ändert. Dadurch kann die Einbringung einer Scherung in das Material verringert werden. Eine in gewissen Fällen vorteilhafte Änderung der Kompression kann nicht nur durch eine Veränderung des Kernquerschnittes erreicht werden, auch beispielsweise Mehrgängigkeit, Steigungsveränderung oder die Zunahme der Stegbreite führt zu einer gewissen Kompressionserhöhung.

[0021] Eine praktisch vorteilhafte Vorrichtung ergibt sich, wenn eine, insbesondere einer zweiten Filtriereinheit in Förderrichtung nachgeschaltete, Austragseinheit zum Austrag und/oder zumindest eine Nachfolgebearbeitungseinheit zur Bearbeitung der Schmelze, beispielsweise eine Granuliereinheit, vorgesehen ist.

[0022] Vorteilhaft für die Materialqualität ist weiters, wenn vorgesehen ist, dass ein Behälter zur Vorlage, insbesondere zur Zerkleinerung und/oder Erwärmung, der zu bearbeitenden Materialien, vorgesehen ist, an den der Extruder angeschlossen ist. Besonders vorteilhaft ist es, wenn vorgesehen ist, dass im Behälter Misch- und/oder Zerkleinerungswerkzeuge zur Mischung und gegebenenfalls Zerkleinerung der Materialien unter permanenter Erhaltung ihrer Stückigkeit und Rieselbarkeit, und gegebenenfalls Erwärmung und Erweichung der Materialien, vorgesehen sind. Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform sieht vor, dass es sich bei dem Behälter um einen klassischen Schneidverdichter bzw. eine PCU bzw. Preconditioning Unit handelt.

[0023] Eine vor allem konstruktiv vorteilhafte Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass der Extruder ein Einschneckenextruder mit einer einzigen Schnecke ist.

[0024] Vorteilhaft ist weiters, wenn als Schmelzepumpe eine Zahnradpumpe vorgesehen ist.

[0025] Zur besseren Homogenisierung der Schmelze und zur Erhöhung der Qualität ist es vorteilhaft, wenn, insbesondere in Förderrichtung nach der ersten Filtriereinheit und vor der Entgasungszone, eine Homogenisierungseinheit zur Homogenisierung der Schmelze vorgesehen ist, insbesondere eine Schnecke bzw. ein Abschnitt der Schnecke bzw. des Extruders, die/der derart ausgebildet ist, dass die Schmelze darin geschert und gemischt wird bzw. einer intensiven Scherspannung und Dehnspannung unterworfen und stark beschleunigt wird.

[0026] Eine vor allem konstruktiv vorteilhafte Vorrichtung sieht vor, dass zumindest die Einheiten des Extruders, der Entgasungszone sowie der Schmelzepumpe, insbesondere alle bei der Vorrichtung vorgesehenen Einheiten soweit vorhanden, im Wesentlichen linear bzw. axial hintereinander angeordnet sind bzw. auf einer gemeinsamen Längsachse liegen.

[0027] Erfindungsgemäß möglich ist allerdings auch eine kaskadierte Anlage, bei der ein erster Extruder das Polymermaterial aufschmilzt und die Schmelze dort auch filtriert wird. Das Material wird dann an einen zweiten Extruder übergeben und dort entgast. Die Schmelzepumpe ist bei dieser Anordnung direkt und unmittelbar an der Entgasungszone des zweiten Extruders angeordnet.

[0028] Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist es möglich, ein Verfahren zur Bearbeitung von Materialien enthaltend oder bestehend aus polymeren Materialien, insbesondere zur Recycling-Bearbeitung von verunreinigten thermoplastischen Polymeren, zu führen, das die folgenden Bearbeitungsschritte in der angegebenen Reihenfolge umfasst:

- a) Vorlage der zu bearbeitenden Materialien, insbesondere in einem Behälter,
- b) zumindest teilweises, insbesondere vollständiges, Aufschmelzen der Materialien, insbesondere in einem Extruder,
- c) erste Filtration der Schmelze zur Befreiung von nicht aufgeschmolzenen Bestandteilen und/oder Verunreinigungen,
- d) Entgasung der filtrierten Schmelze,
- e) Erhöhung des Drucks der Schmelze durch eine Schmelzepumpe,
- f) Austragung und/oder Nachfolgebearbeitung der Schmelze.

Es ist dabei vorgesehen, dass die Erhöhung des Drucks der Schmelze unmittelbar und direkt,

ohne weiteren dazwischengeschalteten Bearbeitungsschritt, nach der Entgasung der Schmelze erfolgt bzw. der Entgasung der Schmelze nachgeschaltet und prozessual hintereinander gekoppelt ist.

[0029] Wie zuvor geschildert, bewirkt das Verfahren, dass eine Druckerhöhung der Schmelze bei gleichzeitiger Reduktion der Masstemperatur erreicht wird, wodurch sich die obengenannten Nachteile verringern und eine verbesserte Materialqualität einher geht.

[0030] Eine weiter bessere Materialqualität erreicht man insbesondere auch dann, indem nach der ersten Filtration der Schmelze gemäß Schritt c) und vor der Entgasung der Schmelze gemäß Schritt d) eine Homogenisierung der filtrierte Schmelze erfolgt.

[0031] Eine zweite Filtration der Schmelze ist gerade bei stark verunreinigten Polymeren erforderlich. Dementsprechend ist es vorteilhaft, wenn nach der Erhöhung des Drucks der Schmelze gemäß Schritt e) eine zweite Filtration der Schmelze erfolgt, insbesondere unmittelbar und direkt, ohne weiteren dazwischengeschalteten Bearbeitungsschritt. Wenn allerdings eine zweite Filtration der Schmelze erfolgt, ist eine Druckerhöhung nötig und gerade dann ist die Gefahr der Erhöhung der Masstemperatur verstärkt gegeben. In diesem Fall ist es also besonders vorteilhaft, den Druck über das Verfahren bzw. über eine Schmelzepumpe zu erhöhen.

[0032] Eine besonders vorteilhafte Vorbereitung sieht vor, dass die Materialien vor dem Aufschmelzen gemäß Schritt b), insbesondere während Schritt a), zerkleinert und/oder erwärmt werden, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass die Materialien unter Erhaltung ihrer Stückigkeit und Rieselfähigkeit, erwärmt und permanent gemischt, und gegebenenfalls entgast, erweicht, getrocknet, in ihrer Viskosität erhöht und/oder kristallisiert werden.

[0033] Besonders vorteilhaft ist es, wenn zumindest die Bearbeitungsschritte b), d) und e), insbesondere alle vorgesehenen Bearbeitungsschritte, zeitlich und örtlich unmittelbar und direkt, jeweils ohne weiteren dazwischengeschalteten Bearbeitungsschritt aufeinanderfolgen.

[0034] Die Erfindung wird nunmehr anhand eines nicht einschränkend zu verstehenden Ausführungsbeispiels beschrieben.

[0035] Fig. 1 zeigt eine aus dem Stand der Technik bekannte Vorrichtung.

[0036] Fig. 2 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung.

[0037] Fig. 1 zeigt eine aus dem Stand der Technik bekannte Vorrichtung zum Vergleich. Es handelt sich hierbei um eine schematische Darstellung zur Veranschaulichung der wesentlichsten Komponenten und Einheiten dieser Vorrichtung. Diese Darstellung erhebt dementsprechend auch keinen Anspruch auf abschließende Richtigkeit aller konstruktiven Details und Proportionen.

[0038] Fig. 1 zeigt einen Behälter 1 in Form eines klassischen Schneidverdichters bzw. einer Preconditioning Unit (PCU). Der Behälter 1 wird im vorliegenden Fall von links über ein Förderband mit dem zu bearbeitenden Recycling-Polymermaterial befüllt. Das Polymermaterial wird im Behälter 1 vorgelegt, über Misch- und Zerkleinerungswerkzeuge zerkleinert, gemischt und bis zur Erweichung erwärmt, allerdings regelmäßig nicht geschmolzen. Die Stückigkeit der klebrigen Polymerteilchen bleibt erhalten. Zudem erfährt das Material eine Vorbehandlung und wird beispielsweise getrocknet, vorverdichtet und je nach Material beispielsweise die Viskosität erhöht.

[0039] Im untersten Bereich des Schneidverdichters bzw. Behälters 1 ist ein Extruder 2 tangential angeschlossen. Bei dem Extruder 2 handelt es sich um einen Einschneckenextruder mit einer einzigen Schnecke 10. Das Material wird aus dem Behälter 1 ausgebracht und in den Extruder 2 übergeführt und dort von der Schnecke 10 erfasst. Im vordersten Abschnitt des Extruders 2 wird das Material unter Druckerhöhung aufgeschmolzen und plastifiziert.

[0040] Anschließend wird die Schmelze in einer ersten Filtriereinheit 3 filtriert. Die Schmelze wird hierfür am Ende der Plastifizierungszone aus dem Extruder 2 herausgeleitet, in der automatischen und selbstreinigenden ersten Filtriereinheit 3 gereinigt und danach wieder in den stromabwärts der Filtriereinheit 3 befindlichen Abschnitt des Extruders 2 zurückgeleitet.

[0041] Stromabwärts und anschließend an die Filtriereinheit 3 kann eine Homogenisierungsein-

heit zur Homogenisierung der Schmelze vorgesehen sein. Dabei kann es sich um einen Abschnitt der Extruderschnecke 10 handeln, der derart ausgebildet ist, dass die Schmelze geschert und gemischt und einer intensiven Scher- und Dehnspannung unterworfen wird.

[0042] Daran anschließend ist die Entgasungszone 5 zur Entgasung der Schmelze angeordnet. Die Extruderschnecke 10 besitzt in diesem Bereich einen verringerten Kerndurchmesser, wodurch die Schmelze entspannt bzw. der Druck verringert wird. In der Entgasungszone 5 befinden sich zwei Entgasungsöffnungen 11, durch die das austretende Gas entweichen kann.

[0043] Stromabwärts der Entgasungszone 5 befindet sich die Austragsmeteringzone 12, in der der Kerndurchmesser der Schnecke 10 wieder steigt und der Druck auf die Schmelze erhöht wird. Dies ist erforderlich, um die Schmelze für den Austrag in die daran anschließende zweite Filtriereinheit 7 vorzubereiten. Durch diese Druckerhöhung steigt allerdings auch die Temperatur der Schmelze, was die zuvor erwähnten nachteiligen Auswirkungen auf die Qualität der Endprodukte hat. Stromabwärts der zweiten Filtriereinheit 7 gelangt das geschmolzene Material dann in die Austrageinheit 8 und kann gegebenenfalls nachbearbeitet, beispielsweise einer Granulation unterzogen, werden.

[0044] Im Vergleich dazu zeigt Fig. 2 eine Skizze einer beispielhaften erfindungsgemäßen Vorrichtung. Ebenso wie Fig. 1, handelt es sich um eine schematische, nicht proportions- und maßstabsgetreue und nicht bis ins letzte Detail ausgestaltete Überblicksdarstellung.

[0045] Der linke Teil der Vorrichtung gemäß Fig. 1 ist im Wesentlichen identisch zur Vorrichtung gemäß Fig. 1, und zwar bis inklusive der Entgasungseinheit 5. In Fig. 2 endet nach der Entgasungszone 5 allerdings die Extruderschnecke 10 und befindet sich dort der Extruderausgang 9.

[0046] In Fig. 2 existiert dementsprechend keine Austragsmeteringzone 12, sondern stattdessen ist dort eine Schmelzepumpe 6, hier beispielsweise eine Zahnradpumpe, angeordnet. Diese Schmelzepumpe 6 pumpt die Schmelze weiter und erhöht auf diese Weise effizient den Druck für die daran anschließende, analog zu Fig. 1 vorgesehene, zweite Filtriereinheit 7. Durch die Vorrichtung der Schmelzepumpe 6 erfolgt allerdings keine übermäßig starke Temperaturerhöhung der Schmelze und sowohl die Temperaturdifferenzen als auch die absoluten Massetemperaturen bleiben geringer.

[0047] Die Schmelzepumpe 6 ist räumlich unmittelbar und direkt an den Extruderausgang 9 bzw. an die Entgasungszone 5 angeschlossen, und zwar ohne weitere, zwischengeschaltete, funktionelle Einheit. Die aus dem Extruder 2 bzw. der Entgasungszone 5 austretende Schmelze gelangt dementsprechend direkt und unmittelbar in die Sphäre der Schmelzepumpe 6 und wird von den förderaktiven Bestandteilen der Schmelzepumpe 6 erfasst.

[0048] Um einen Übergang der Schmelze vom Extruder 2 in die Schmelzepumpe 6 zu gewährleisten, ist es, ohne vom erfindungsgemäßen Konzept abzuweichen, möglich, kurze passive Übergangsstutzen vorzusehen, insbesondere auch um Unterschiede bei den Durchmessern der Einheiten auszugleichen. Derartige nicht-funktionelle Einheiten beeinträchtigen nicht die erfindungsgemäße Ausgestaltung.

[0049] Der Abstand 13 zwischen der Entgasungszone 5 und der Schmelzepumpe 6 beträgt in Fig. 1 rund 8 D, angesichts der Tatsache, dass zur besseren Darstellbarkeit der Durchmesser der Schnecke 10 bzw. des Extruders 2 erhöht dargestellt ist, lassen sich aus Fig. 2 allerdings keine realen Dimensionen und Verhältnisse ableiten.

[0050] Der Abstand 13 wird jedenfalls zwischen der Mitte der in Förderrichtung gesehen hintersten bzw. am weitesten stromabwärts gelegenen Entgasungsöffnung 11 und dem Beginn der Schmelzepumpe 6, also den am weitesten stromaufwärts gelegenen, förderaktiven Teilen der Schmelzepumpe 6 gemessen. Der für den Abstand 13 relevante Durchmesser D der Schnecke 2 wird an der Position der hintersten Entgasungsöffnung 11 abgenommen bzw. gemessen.

[0051] Die Schnecke 10 ändert sich ab der hintersten Entgasungsöffnung 11 nicht mehr, d.h. die Charakteristika der Schnecke 10 bleiben bis zum Extruderausgang 9 unverändert. Insbesondere bleiben der innere Kernquerschnitt und die Steigung der Schnecke 10 konstant. Auch das Produkt

aus Tiefe, Stegbreite, Gangbreite und Steigung bleibt im Bereich ab der hintersten Entgasungsöffnung 11 konstant.

Vergleichsversuche:

[0052] Die nachfolgenden Vergleichsversuche wurden auf zwei Anlagenkonfigurationen durchgeführt und zwar auf einer Anlagenkonfiguration 1 analog zu Fig. 1 und einer Anlagenkonfiguration 2 analog zu Fig. 2. Die Verfahrensparameter sowie auch die Eingangsmaterialien wurden konstant gehalten. Als Material wurden jeweils gleich LLD-PE Folien aus Postconsumerabfällen gefahren.

ANLAGENKONFIGURATION 1 - VERGLEICH:

[0053] Hierbei handelt es sich um eine PCU/Extruder-Kombination „Intarema 1108 TVE“:

	Vorrichtung Typenbezeichnung	Bemerkung
Verfahrenseinheit	Intarema 1108 TVE	Durchmesser Behälter 1100 mm; Durchmesser Extruder 80 mm
Schmelzefilter 1	LF 2/350	Filtration 120 µm
Schmelzefilter 2	RTF 4/134	Filtration 150 µm
Granulierung	HG 154 D	Lochplatte 20x3

	Extruderschnecke
Durchmesser D [mm]	79.8
Steigung S [mm]	80
Stegbreite b [mm]	8
Aktive Schneckenlänge L	42 x D

ANLAGENKONFIGURATION 2 - ERFINDUNGSGEMÄß MIT SCHMELZEPUMPE:

[0054] Hierbei handelt es sich ebenfalls um die gleich PCU/Extruder-Kombination „Intarema 1108 TVE“. Allerdings wurde statt einer Austragsmeteringzone des Extruders nach der Entgasung eine Schmelzepumpe stromabwärts der Entgasung am Extruderausgang angeordnet, und zwar in nachfolgenden Abständen:

- SP_V1: ca. 8 D
- SP_V2: ca. 10 D
- SP_V3: ca. 12 D

	Vorrichtung Typ	Bemerkung
Verfahrenseinheit	Intarema 1108 TVE	Durchmesser Behälter 1100 mm; Durchmesser Extruder 80 mm
Schmelzefilter 1	LF 2/350	Filtration 120 µm
Schmelzepumpe	SP 45	Maag
Schmelzefilter 2	RTF 4/134	Filtration 150 µm
Granulierung	HG 154 D	Lochplatte 20x3

[0055] Auch die Längen der Extruderschnecken wurden variiert:

	Extruderschnecke SP_V1	Extruderschnecke SP_V2	Extruderschnecke SP_V3
Durchmesser D [mm]	79.8	79.8	79.8
Steigung S [mm]	80	80	80
Stegbreite b [mm]	8	8	8
Aktive Schneckenlänge L	30 x D	32 x D	34 x D
Variable Kompression	-	-	1,3 x D

ERGEBNIS:

[0056] Verglichen wurde jeweils die Massetemperatur T1 direkt vor dem 1. Schmelzefilter (LF) mit der Massetemperatur T2 direkt vor der Granulierung (HG) nach dem 2. Schmelzefilter.

LLD-PE Folie	[kg/h]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
	Durchsatz	T1- Massetemp. vor LF	T2- Massetemp. vor HG	delta Massetemp.	Mittelwert delta Massetemp.
SP_V1	320-370	242	255	13	11,6
	350-400	240	246	6	
	300-330	248	264	16	
SP_V2	350-370	225	245	20	14,3
	300-350	245	256	11	
	300-350	244	256	12	
SP_V3	360-380	242	255	15	15,3
	360-380	242	255	21	
	360-380	242	255	20	
Vergleich Anlagen- konfig. 1	290-340	235	263	39	39
	290-330	237	261	35	
	350-400	227	260	43	

[0057] Es ist erkennbar, dass bei den erfindungsgemäßen Konfigurationen geringere Temperaturanstiege zu verzeichnen waren (am geringsten bei SP_V1) und weiters, dass die absoluten Temperaturen geringer waren, jeweils im Vergleich zur Anlagenkonfiguration 1 ohne Schmelzepumpe.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Bearbeitung von Materialien enthaltend oder bestehend aus polymeren Materialien, insbesondere zur Recycling-Bearbeitung von verunreinigten thermoplastischen Polymeren, umfassend einen Extruder (2) mit einer Schnecke (10) zum Aufschmelzen der Materialien mit einer ersten Filtriereinheit (3) zur Filtration der Schmelze und einer Entgasungszone (5) zur Entgasung der Schmelze, wobei am Extruderausgang (9) an die Entgasungszone (5) eine Schmelzepumpe (6) angeschlossen ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich das Produkt aus Tiefe, Stegbreite, Gangbreite und Gangsteigung der Schnecke (10), nämlich
$$P = t * b * B * S,$$
wobei gilt $B = S - g * b$ mit
 - t ... Tiefe
 - b ... Stegbreite
 - B ... Gangbreite
 - S ... (Gang)Steigung
 - g ... Anzahl Gänge der Schneckeim Bereich zwischen der Mitte der in Förderrichtung am weitesten stromabwärts gelegenen hintersten Entgasungsöffnung (11) der Entgasungszone (5) und dem Extruderausgang (9), um $\leq 30\%$ ändert.
2. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schmelzepumpe (6) räumlich unmittelbar und direkt, ohne weitere dazwischengeschaltete funktionelle Einheit, in Förderrichtung an die Entgasungszone (5) angeschlossen ist bzw. der Entgasungszone (5) nachgeschaltet und prozessual hintereinander gekoppelt ist.
3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schmelzepumpe (6) in einem Abstand (13) von $\leq 20 D$, insbesondere im Bereich von 0,1 bis 15 D, angeschlossen ist, wobei D der äußere Durchmesser der Schnecke (10) des Extruders (2) gemessen bei der in Förderrichtung am weitesten stromabwärts gelegenen hintersten Entgasungsöffnung (11) der Entgasungszone (5) ist, und wobei der Abstand (13) als Distanz gemessen zwischen der Mitte der in Förderrichtung am weitesten stromabwärts gelegenen hintersten Entgasungsöffnung (11) der Entgasungszone (5) und der Schmelzepumpe (6), insbesondere der Position des am weitesten stromaufwärts gelegenen aktiven Förderelements bzw. der am weitesten stromaufwärts gelegenen förderaktiven Teile der Schmelzepumpe (6), definiert ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Extruder (2) im Bereich stromabwärts der ersten Filtriereinheit (3), insbesondere im Bereich stromabwärts der Entgasungszone (5), frei von einer, den Druck der Schmelze erhöhenden Meteringzone ist und/oder dass die Schmelzepumpe (6) eine Meteringzone ersetzt.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass an die Schmelzepumpe (6), insbesondere räumlich unmittelbar und direkt, ohne weitere dazwischengeschaltete funktionelle Einheit, in Förderrichtung eine zweite Filtriereinheit (7) angeschlossen ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der innere Kernquerschnitt der Schnecke (10), im Bereich zwischen der Mitte der in Förderrichtung am weitesten stromabwärts gelegenen hintersten Entgasungsöffnung (11) der Entgasungszone (5) und dem Extruderausgang (9), um $\leq 50\%$, vorzugsweise um $\leq 20\%$, insbesondere um $\leq 5\%$ vergrößert oder verkleinert ist, vorzugsweise konstant bleibt.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die Steigung der Schnecke (10), im Bereich zwischen der Mitte der in Förderrichtung am weitesten stromabwärts gelegenen hintersten Entgasungsöffnung (11) der Entgasungszone (5) und dem Extruderausgang (9), um $\leq 3 L/D$, vorzugsweise um $1,5 \leq L/D$, insbesondere um $\leq 0,5 L/D$, vergrößert oder verkleinert, vorzugsweise konstant bleibt.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich das Produkt aus Tiefe, Stegbreite, Gangbreite und Gangsteigung der Schnecke (10), im Bereich zwischen der Mitte der in Förderrichtung am weitesten stromabwärts gelegenen hintersten Entgasungsöffnung (11) der Entgasungszone (5) und dem Extruderausgang (9), um $\leq 15\%$, insbesondere um $\leq 5\%$, vorzugsweise um $\leq 3\%$, insbesondere gar nicht, ändert.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine, insbesondere einer zweiten Filtriereinheit (7) in Förderrichtung nachgeschaltete, Austragseinheit (8) zum Austrag und/oder zumindest eine Nachfolgebearbeitungseinheit (8) zur Bearbeitung der Schmelze, beispielsweise eine Granuliereinheit, vorgesehen ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Behälter (1) zur Vorlage, insbesondere zur Zerkleinerung und/oder Erwärmung, der zu bearbeitenden Materialien, vorgesehen ist, an den der Extruder (2) angeschlossen ist, und dass vorzugsweise vorgesehen ist, dass im Behälter (1) Misch- und/oder Zerkleinerungswerkzeuge zur Mischung und gegebenenfalls Zerkleinerung der Materialien unter permanenter Erhaltung ihrer Stückigkeit und Rieselfähigkeit, und gegebenenfalls Erwärmung und Erweichung der Materialien, vorgesehen sind, wobei es sich bei dem Behälter (1) vorzugsweise um einen Schneidverdichter handelt.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Extruder (2) ein Einschneckenextruder mit einer einzigen Schnecke (10) ist.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Schmelzepumpe (6) eine Zahnradpumpe vorgesehen ist.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass, insbesondere in Förderrichtung nach der ersten Filtriereinheit (3) und vor der Entgasungszone (5), eine Homogenisierungseinheit zur Homogenisierung der Schmelze vorgesehen ist, insbesondere eine Schnecke bzw. ein Abschnitt der Schnecke (10) bzw. des Extruders (2), die/der derart ausgebildet ist, dass die Schmelze darin geschert und gemischt wird bzw. einer intensiven Scherspannung und Dehnspannung unterworfen und stark beschleunigt wird.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest die Einheiten (2), (5) und (6), insbesondere alle Einheiten (2) bis (8) soweit vorhanden, axial hintereinander angeordnet sind bzw. auf einer gemeinsamen Längsachse liegen.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

1/1

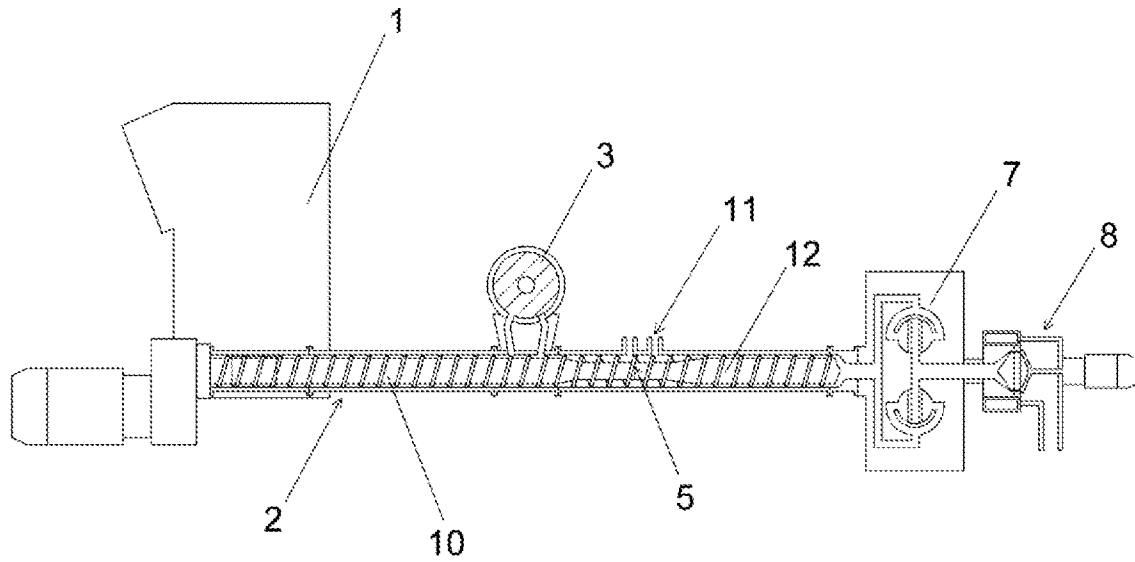


Fig. 1

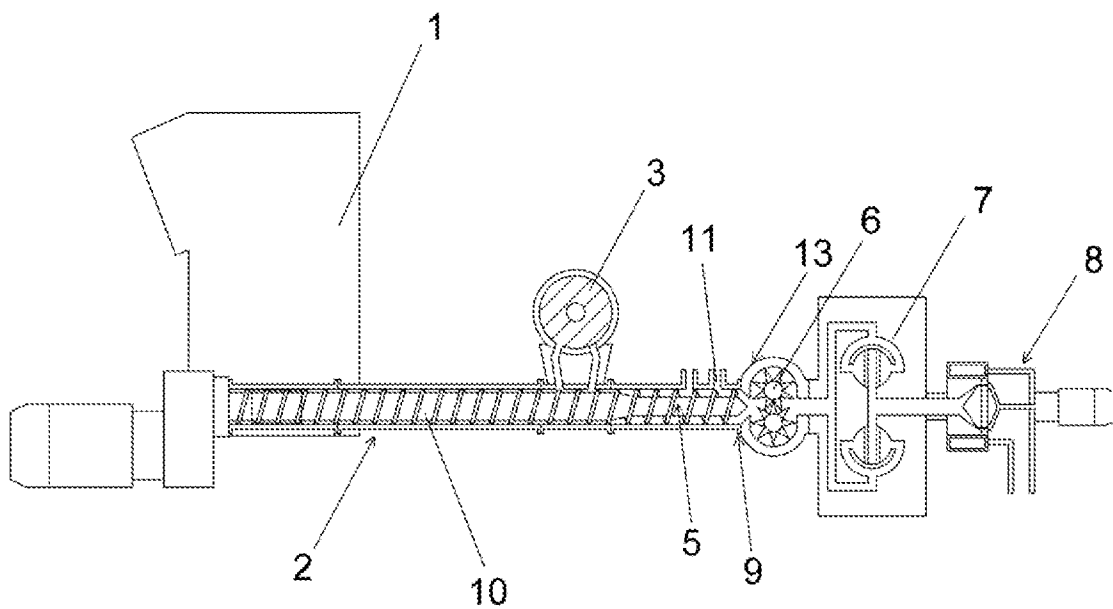


Fig. 2