

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 599/2009
(22) Anmeldetag: 17.04.2009
(45) Veröffentlicht am: 15.03.2012

(51) Int. Cl. : **B29B 17/00** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2008/061269A1 US 5882558A
EP 0600924B1

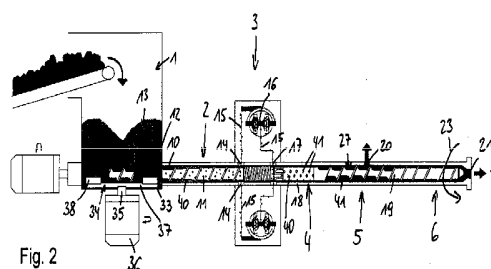
(73) Patentinhaber:
EREMA ENGINEERING RECYCLING
MASCHINEN UND ANLAGEN
GESELLSCHAFT M.B.H.
A-4052 ANSFELDEN (AT)

(54) VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUR RECYCLIERUNG VON KUNSTSTOFF

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Recyclierung von Kunststoffen umfassend die folgenden Bearbeitungsschritte:

- a) Aufbereitung des Rohmaterials, wobei das Material, falls erforderlich zerkleinert und, in eine fluidartige Form gebracht wird und unter Erhaltung seiner Stückigkeit und Rieselfähigkeit, erwärmt und permanent gemischt, und gegebenenfalls entgast, erweicht, getrocknet, in seiner Viskosität erhöht und/oder kristallisiert wird,
- b) Aufschmelzen des aufbereiteten Materials, zumindest soweit, dass eine Filtration möglich ist,
- c) Filtration der Schmelze zur Befreiung von Verunreinigungen,
- d) Homogenisierung der filtrierten Schmelze,
- e) Entgasung der homogenisierten Schmelze, sowie
- f) Austragung und/oder Nachfolgebearbeitung der Schmelze, z.B. durch Granulierung, Blasfolienbearbeitung,

wobei diese Bearbeitungsschritte in der angegebenen Reihenfolge aufeinanderfolgen



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Recyclierung von Kunststoffen gemäß Anspruch 1 sowie eine Anordnung dafür gemäß Anspruch 8.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind Verfahrensabfolgen in ähnlicher Form bereits seit langem bekannt. So ist bekannt, Kunststoffmaterial, das recycelt werden soll, zuerst in einem Schneidverdichter bei erhöhter Temperatur und, gegebenenfalls unter Beaufschlagung von Vakuum, aufzubereiten, anschließend in einem Extruder aufzuschmelzen und die Schmelze zu filtrieren, zu entgasen und abschließend beispielsweise zu granulieren. Vorrichtungen zur Durchführung solcher Verfahren sind beispielsweise aus der EP 123 771 B, der EP 390 873 B oder der AT 396 900 B bekannt.

[0003] Weiters existieren zahlreiche Verfahren und Vorrichtungen um einzelne Schritte, z.B. die Entgasung der Schmelze, zu optimieren. So kann beispielsweise die Ausbildung einer Druckloszone vor den Entgasungsöffnungen vorgesehen sein, um für eine verlässliche Entgasung des Kunststoffmaterials zu sorgen. Weiters existieren einige Vorrichtungen in denen versucht wird, den Migrationsweg für die im Kunststoff eingeschlossenen Gasblasen möglichst gering zu halten, um den Gasblasen zu ermöglichen, aus der Schmelze auszutreten bevor diese an der letzten Entgasungsöffnung vorbeigefördert wird. Insbesondere handelt es sich dabei um Einrichtungen, die das Kunststoffmaterial in eine schlauchförmige Gestalt überführen.

[0004] Auch existieren zahlreiche Ausführungsformen diverser Schmelzefilter zur Entfernung von festen Fremdstoffen und/oder nicht aufgeschmolzenem Restpolymer.

[0005] All dies dient in erster Linie zur Erhöhung der Qualität des Endproduktes.

[0006] Konkret existieren im Stand der Technik beispielsweise die folgenden Vorrichtungen zur Behandlung und Aufbereitung von Polymermaterialien:

[0007] In der in der WO 2008/061269 beschriebenen Vorrichtung ist allerdings gerade keine Homogenisierung zwischen Filtration und Entgasung vorgesehen, sondern wird direkt nach der Filtration entgast - genau wie dies beispielsweise in den EREMA-TVE® Vorrichtungen der Fall ist und wie dies auch aus zahlreichen anderen Druckschriften, unter anderem auch aus den oben angeführten Druckschriften, bekannt ist.

[0008] In der US 5,882,558 ist in der in Fig. 1 gezeigten Vorrichtung ebenfalls keine Homogenisierung zwischen der Filtration und der Entgasung vorgesehen. Im Gegenteil, es wird sogar zuerst entgast, dann die entgaste Schmelze entnommen, ein foaming-agent zugegeben und erst dann die bereits entgaste Schmelze homogenisiert.

[0009] In der EP 600 924 wird eine Vorrichtung beschrieben, in der zwischen dem Schmelzefilter bzw. zwischen der Einmündung, durch die das filtrierte Material in die Schnecke zurückfließt, und der Entgasungsöffnung ausdrücklich eine Druckloszone vorgesehen ist, also wiederum gerade keine Homogenisierungseinrichtung.

[0010] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren zur Recyclierung von Kunststoffen zu schaffen, das ein Endprodukt von hoher qualitativer Güte liefert, wobei das Verfahren gleichzeitig mit hoher Produktivität geführt werden kann.

[0011] Weiters ist es Aufgabe der Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens bzw. zur Recyclierung von Kunststoffen zu schaffen, die ebenfalls diese Vorteile bringt.

[0012] Diese Aufgabe wird bei dem Verfahren zur Recyclierung von Kunststoffen dadurch gelöst, dass das Verfahren die folgenden Bearbeitungsschritte umfasst:

[0013] a) Aufbereitung des Rohmaterials, wobei das Material, falls erforderlich zerkleinert und, in eine fluidartige Form gebracht wird und unter Erhaltung seiner Stückigkeit und Rieselfähigkeit, erwärmt und permanent gemischt, und gegebenenfalls entgast, erweicht, getrocknet, in seiner Viskosität erhöht und/oder kristallisiert wird,

- [0014] b) Aufschmelzen des aufbereiteten Materials, zumindest soweit, dass eine Filtration möglich ist,
- [0015] c) Filtration der Schmelze zur Befreiung von Verunreinigungen,
- [0016] d) Homogenisierung der filtrierte Schmelze,
- [0017] e) Entgasung der homogenisierten Schmelze, sowie
- [0018] f) Austragung und/oder Nachfolgebearbeitung der Schmelze, z.B. durch Granulierung, Blasfolienbearbeitung,

[0019] wobei diese Bearbeitungsschritte in der angegebenen Reihenfolge prozessual aufeinanderfolgen.

[0020] Es hat sich gezeigt, dass die Verfahrensführung in genau dieser Reihenfolge der Bearbeitungsschritte eine hohe Produktqualität bei gleichzeitig effizienter Verfahrensführung liefert. Insbesondere wurde als vorteilhaft erkannt, dass der Schritt der Homogenisierung erst nach der Filtration, jedoch vor der Entgasung der Schmelze Vorteile bringt, da auf diese Weise die Homogenisierung nicht durch allfällige grobe Verunreinigungen oder feste Fremdstoffe bzw. nicht aufgeschmolzene Kunststoffnester beeinträchtigt wird und gleichzeitig die anschließende Entgasung wirksam und effizient vollzogen werden kann, wobei die Gasblasen nahezu vollständig aus der Schmelze entfernt werden können. Auf diese Weise lässt sich ein Endmaterial von hoher Qualität erreichen, das für verschiedene Nachfolgebearbeitungen einsetzbar ist.

[0021] In der Praxis können störende Agglomerate beispielsweise durch Verschmutzungen, durch Füllstoffe oder, bei Mischpolymeren, durch andere Polymere gebildet werden. Generell beeinträchtigen diese Agglomerate die Endqualität des Kunststoffes auf verschiedene Weise, insbesondere die mechanischen und optischen Eigenschaften des Endproduktes. So führen beispielsweise Verschmutzungen, wie Papierfasern, Druckfarbenagglomerate, Kleberreste von Etiketten etc., die sich noch nach der Filtration in der Matrix befinden, zu Einbußen bei der Zugfestigkeit des Polymers oder zu optischen Defekten. Störsubstanzen, die trotz Filtration in der Schmelze verbleiben, sollten somit vorteilhafterweise möglichst fein und gleichmäßig verteilt werden. Dies gilt für Verschmutzungen, Polymere und Füllstoffe in gleicher Weise. Je feiner und gleichmäßiger diese Störstoffe in der Matrix verteilt sind, desto weniger negativ sind ihre Auswirkungen im Endprodukt. Diese Verteilung erfolgt erfindungsgemäß durch die nach der Filtration nachfolgende Homogenisierung.

[0022] Zusätzlich wird durch die Homogenisierung auch eine weitere Zerkleinerung der Teilchen erreicht. Diese Verkleinerung der Störteilchen führt ebenfalls zu einer Qualitätssteigerung des Endproduktes, beispielsweise zu besseren mechanischen Werten bei Spritzgussteilen, zu geringeren optischen Beeinträchtigungen bei Folien, oder konkret zur Erreichung einer besseren Schlagzähigkeit bei der feinen Verteilung von Polyolefinen in einer PET-Matrix.

[0023] Allfälliges Restgas würde bei der abschließenden Bearbeitung ebenfalls zu Defiziten, wie beispielsweise Blasenbildungen, Folienrissen etc., führen. Beim erfindungsgemäßen Verfahren fängt somit der Schmelzefilter leicht gasende Stoffe aus der Schmelze auf, der Rest wird in der Homogenisierungsstrecke verteilt und zerkleinert und durch die anfallende Scherbeanspruchung werden temperatursensible Verschmutzungen zum Zersetzen gebracht. In der nachfolgenden Schmelzeentgasung wird dieses Gas beseitigt.

[0024] Auf der einen Seite werden temperatursensible Materialien durch die Homogenisierungsstrecke thermisch beansprucht und zum Abgasen gezwungen. Auf der anderen Seite werden die verbleibenden Teilchen so fein in der Polymermatrix verteilt, dass sie durch weitere thermische Beanspruchungen durch das umgebende Polymer besser geschützt werden und weniger zur Gasproduktion neigen. In den nachfolgenden Verarbeitungsschritten, z.B. in einem Blasfolienturm, wird nun ein gasfreier bzw. bläschenfreier und agglomeratfreier Film erzeugt.

[0025] Wesentlich ist somit die Vorsehung jedes einzelnen der obigen Bearbeitungsschritte sowie die Einhaltung der exakten Reihenfolge bzw. Abfolge der Verfahrenskette.

[0026] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind durch die Merkmale der abhängigen Ansprüche beschrieben:

[0027] Gemäß einer bevorzugten Verfahrensführung ist es vorteilhaft, dass die obigen Bearbeitungsschritte zeitlich und räumlich unmittelbar und direkt ohne Zwischenschritte aufeinanderfolgen. Zwar ist durchaus möglich, dass zwischen den obigen Bearbeitungsschritten auch Zwischenschritte eingefügt werden, beispielsweise dass das Material oder die Schmelze zeitweise zwischengelagert oder über nicht komprimierende Schnecken od. dgl. transportiert werden oder dass noch weitere Bearbeitungsschritte eingeschoben sind. Dennoch hat sich gezeigt, dass eine unmittelbare und direkte Abfolge der obigen Bearbeitungsschritte insbesondere hinsichtlich der Produktivität und der Effizienz des Verfahrens vorteilhaft ist. Auch steigert sich in der Regel die Qualität des Endproduktes, wenn auf Zwischenschritte verzichtet wird und das Material zügig in einer durchgehenden kontinuierlichen Verarbeitungskette verarbeitet wird. Diese Art der Verfahrensführung ist somit aus qualitativer und ökonomischer Hinsicht zu bevorzugen.

[0028] Eine weitere vorteilhafte Verfahrensführung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Schmelze bei der Homogenisierung geschert und gemischt wird bzw. einer intensiven Scherspannung und Dehnspannung unterworfen und stark beschleunigt wird. Der Vorgang der Homogenisierung ist ein relativ komplexer Vorgang. Hierbei ist es vorteilhaft, wenn das Material sowohl einer Scherung als auch einer Mischung unterzogen wird, wobei gleichzeitig eine Temperaturerhöhung der Schmelze sowie eine Durchmischung der gescherten Teile mit den weniger gescherten Teilen erfolgt. Auf diese Weise lässt sich eine gleichmäßige Schmelze mit fein verteilten und sehr kleinen Störsubstanzen erzielen, die im Anschluss daran optimal und wirksam entgast werden kann.

[0029] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Verfahrensführung ist vorgesehen, dass die Temperatur des Materials bzw. der Schmelze während, zumindest aber am Ende, der Homogenisierung und vor Beginn der Entgasung zumindest gleich hoch wie, vorzugsweise höher als, die Temperaturen bei allen anderen Behandlungsschritten ist. Die Homogenisierung wird dadurch unterstützt, dass die Temperatur während der Homogenisierung höher ist als im restlichen Verfahren. Auf diese Weise kann die Schmelze bestmöglich auf die bevorstehende Entgasung vorbereitet werden. Versuche haben gezeigt, dass die Qualität des Endproduktes überraschenderweise höher ist, wenn die Homogenisierung bei derart erhöhten Temperaturen durchgeführt wird.

[0030] In diesem Zusammenhang ist es besonders vorteilhaft, wenn vorgesehen ist, dass die Temperatur des Materials bzw. der Schmelze bei der Austragung bzw. die Temperatur bei der Nachfolgebearbeitung geringer ist als, oder maximal gleich ist wie, die Temperatur während bzw. am Ende der Homogenisierung. Es hat sich überraschenderweise gezeigt, dass die Qualität des Endproduktes steigt, wenn die Temperatur der Schmelze nach der Homogenisierung wieder verringert wird bzw. wenn die Entgasung und insbesondere die Austragung und eine allfällige Nachfolgebearbeitung bei vergleichsweise geringeren Temperaturen durchgeführt werden.

[0031] Zur vorteilhaften Verbesserung der Entgasungsleistung kann vorgesehen sein, dass während der Homogenisierung oder unmittelbar vor oder nach der Homogenisierung, jedoch nach der Filtration und vor der Entgasung, zur Verbesserung der Entgasungsleistung zellbildende Medien, z.B. Kohlendioxid, Stickstoff oder Wasser, in die Schmelze eingebracht werden.

[0032] Für die Qualität des Endproduktes und die Effizienz des Verfahrens ebenfalls vorteilhaft ist es, wenn vorgesehen ist, dass die Schmelze nach der Entgasung und bei oder vor der Austragung bzw. Nachfolgebearbeitung, insbesondere um bis zu 20%, vorzugsweise um 5 bis 10%, abgekühlt wird.

[0033] Eine erfindungsgemäße Anordnung zur Recyclierung von Kunststoffen zur Durchführung des obigen Verfahrens umfasst:

[0034] a) zumindest eine Aufbereitungseinheit, insbesondere einen an sich bekannten Schneidverdichter bzw. Behälter mit umlaufenden Misch- und Zerkleinerungswerk-

zeugen, wobei das Material, falls erforderlich, zerkleinert und, in eine fluidartige Form gebracht wird und unter Erhaltung seiner Stückigkeit und Rieselfähigkeit, erwärmt und permanent gemischt, und gegebenenfalls entgast erweicht, getrocknet, in seiner Viskosität erhöht und/oder kristallisiert wird,

- [0035] b) zumindest eine Aufschmelzeinheit zum Aufschmelzen des aufbereiteten Materials, zumindest soweit, dass eine Filtration möglich ist, insbesondere einen Extruder,
- [0036] c) zumindest eine Filtrationseinheit zur Filtration der Schmelze,
- [0037] d) zumindest eine Homogenisierungseinheit zur Homogenisierung der filtrierte Schmelze,
- [0038] e) zumindest eine Entgasungseinheit zur Entgasung der homogenisierten Schmelze sowie
- [0039] f) zumindest eine Austragseinheit zum Austrag und/oder zumindest eine Nachfolgebearbeitungseinheit zur Bearbeitung der Schmelze,

[0040] wobei die genannten Einheiten in der angegebenen Reihenfolge jeweils nacheinander geschaltet und prozessual hintereinander gekoppelt sind und das Kunststoffmaterial bzw. die Schmelze diese Einheiten in dieser Reihenfolge durchläuft.

[0041] Durch die prozessuale Aneinanderschaltung dieser Einheiten ist ein definierter Weg des Materials bzw. der Schmelze durch die erfindungsgemäße Vorrichtung bzw. die Verarbeitungskette vorgezeichnet. Auf diese Weise und mit dieser Anordnung lässt sich die Produktivität steigern und die Materialqualität, wie zuvor beschrieben, erhöhen.

[0042] Zwar ist es bei vorteilhaften Ausgestaltungen der Anordnung möglich, dass weitere Einheiten zwischengeschaltet werden, doch ist es gemäß einer vorteilhaften Weiterentwicklung der Anordnung auch möglich, dass die Einheiten räumlich unmittelbar und direkt, ohne weitere dazwischengeschaltete Einheiten, nacheinander geschaltet und prozessual hintereinander gekoppelt sind. Auf diese Weise sind die Wege des Materials bzw. der Schmelze kurz und die Vorrichtung kann auf die notwendigsten Einheiten reduziert werden. Dies senkt die unmittelbaren Kosten und beschleunigt auch die Prozessführung und die Durchlaufzeiten bei zumindest gleichwertiger, oft auch erhöhter, Produktqualität.

[0043] Weiters ist es vorteilhaft, wenn eine Steuerung zur jeweils unabhängigen Regulierung der jeweiligen Temperaturen des Materials bzw. der Schmelze in den einzelnen Einheiten vorgesehen ist. Eine unabhängige Regulierung der Temperaturen in jeder einzelnen Einheit und bei jedem einzelnen Bearbeitungsschritt ist vorteilhaft für die Einstellung der Produktqualität.

[0044] So hat es sich in Versuchen überraschenderweise gezeigt, dass es vorteilhaft ist, wenn die Steuerung die Temperaturen so regelt, dass die Temperatur des Materials bzw. der Schmelze während, zumindest aber am Ende, der Homogenisierung in der Homogenisierungseinheit und vor Beginn der Entgasung in der Entgasungseinheit zumindest gleich hoch wie, vorzugsweise höher als, bei allen anderen Behandlungsschritten in den anderen Einheiten ist, insbesondere dass die Temperatur des Materials bzw. der Schmelze bei der Austragung in der Austragungseinheit bzw. die Temperatur während der Nachfolgebearbeitung in der Nachfolgebearbeitungseinheit geringer ist als, oder maximal gleich ist wie, die Temperatur während bzw. am Ende der Homogenisierung in der Homogenisierungseinheit. Die Qualität eines solchen Endproduktes war in mehrfacher Hinsicht verbessert.

[0045] Eine vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Anordnung sieht vor, dass die Homogenisierungseinheit, insbesondere eine Schnecke, derart ausgebildet ist, dass die Schmelze darin geschert und gemischt wird bzw. einer intensiven Scherspannung und Dehnspannung unterworfen und stark beschleunigt wird. Auf diese Weise ist es möglich, die Scherbereiche und die Mischbereiche so anzuordnen, dass die Strömungsverhältnisse in der Schnecke eine gute Homogenisierung erreichen lassen.

[0046] Eine vorteilhafte Anordnung ist dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Bearbei-

tungseinheiten (2) bis (5), vorzugsweise (2) bis (6), insbesondere (2) bis (7), axial hintereinander angeordnet sind bzw. auf einer gemeinsamen Längsachse liegen. Auf diese Weise kann eine räumlich platzsparende Anordnung erhalten werden, bei der das Material bzw. die Schmelze einen klaren vorgegebenen Weg nimmt.

[0047] Um die Entgasungsleistung zu verbessern, kann vorgesehen sein, dass eine Einheit zur Zugabe von zellbildenden Medien, z.B. Kohlendioxid, Stickstoff oder Wasser, in die Schmelze, vorgesehen ist, wobei die Einheit die zellbildenden Medien während der Homogenisierung oder unmittelbar vor oder nach der Homogenisierung, jedoch nach der Filtration und vor der Entgasung, einbringt.

[0048] Ebenfalls vorteilhaft ist es, wenn vorgesehen ist, dass, insbesondere in der Austrageinheit, eine Kühleinrichtung für die aus der Entgasungseinheit austretende Schmelze, beispielsweise ein Zylinder oder eine Schnecke, vorgesehen ist, die geeignet ist, die Schmelze nach der Entgasung und bei oder vor der Austragung bzw. Nachfolgebearbeitung, insbesondere um bis zu 20%, vorzugsweise um 5 bis 10%, abzukühlen.

[0049] Das erfindungsgemäße Verfahren sowie die erfindungsgemäße Vorrichtung werden im Folgenden exemplarisch unter Bezugnahme auf die beiliegenden Figuren beschrieben.

[0050] Fig. 1 zeigt ein skizziertes Schema einer erfindungsgemäßen Anordnung.

[0051] Fig. 2 zeigt eine konkrete Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen Anordnung.

[0052] In Fig. 1 ist eine Vorrichtung bzw. eine Anordnung zur Recyclierung von Kunststoffen schematisch dargestellt. Die Anordnung umfasst von links nach rechts eine Aufbereitungseinheit 1, wobei es sich in der Regel um einen an sich bekannten Schneidverdichter bzw. Aufbereitungsbehälter handelt, in dessen Inneren umlaufende Misch- und Zerkleinerungswerkzeuge das darin vorgelegte Kunststoffmaterial bearbeiten und gegebenenfalls zerkleinern. Das Material ist dabei in einer permanent fluidartigen bzw. freifließenden Form und wird durch die Misch- und Zerkleinerungswerkzeuge trotz erhöhter Temperatur immer stückig und rieselfähig erhalten. In der Aufbereitungseinheit 1 wird das Material noch nicht aufgeschmolzen, sondern bestenfalls auf eine Temperatur knapp unterhalb des Schmelzpunktes erwärmt, insbesondere auf eine Temperatur im Bereich des jeweiligen VICAT-Erweichungspunktes des Materials. In Abhängigkeit des zu behandelnden Polymers wird das Polymer bereits in dieser frühen Verfahrenstufe entgast, erweicht, getrocknet, kristallisiert und/oder in seiner Viskosität erhöht. Gegebenenfalls kann an den Aufbereitungsbehälter 1 auch ein Vakuum angelegt werden. Diverse Ausgestaltungen derartiger Aufbereitungseinheiten 1 sind aus dem Stand der Technik hinlänglich bekannt. Nur exemplarisch wird dabei auf die Druckschriften EP 123 771, EP 390 873, AT 396 900, AT 407 235, AT 407 970, etc. verwiesen.

[0053] Im unteren Bereich der Aufbereitungseinheit 1 ist eine Aufschmelzeinheit 2, insbesondere ein verdichtender Extruder, angeschlossen. Die Aufschmelzeinheit 2 dient zum Aufschmelzen des aufbereiteten Materials und zwar zumindest soweit, dass eine Filtration des Materials möglich ist. In der Anordnung gemäß Fig. 1 ist die Aufschmelzeinheit 2 unmittelbar und direkt an die Aufbereitungseinheit 1 angeschlossen, wobei aus dem Stand der Technik diverse Anschlussmöglichkeiten, z.B. radial oder tangential, bekannt sind. Dies hat den Vorteil, dass die Misch- und Rührwerkzeuge der Aufbereitungseinheit 1 das erweichte Kunststoffmaterial gewissermaßen in den Einzugsbereich der Aufschmelzeinheit 2 stopfen bzw. bringen.

[0054] Alternativ kann das Material auch über eine Zwischeneinheit an die Aufschmelzeinheit 2 überführt werden, beispielsweise über eine nicht komprimierende Übergangsvorrichtung, beispielsweise eine Stopfschnecke, insbesondere eine Schnecke mit gleichbleibender Gangtiefe, die die Aufbereitungseinheit 1 mit der Aufschmelzeinheit 2 gewissermaßen indirekt bzw. mittelbar verbindet, aber dennoch einen kontinuierlichen Materialstrom in die Aufschmelzeinheit 2 gewährleistet.

[0055] An die Aufschmelzeinheit 2 anschließend ist eine Filtrationseinheit 3 zur Filtration der Schmelze angeordnet. Derartige Schmelzefilter sind ebenfalls aus dem Stand der Technik in verschiedenen Ausführungsformen bekannt. Auf diese Weise werden z.B. feste Fremdstoffe,

Fremdpolymere und/oder nicht aufgeschmolzene Polymernester entfernt.

[0056] Im Anschluss daran gelangt die Schmelze in eine Homogenisierungseinheit 4. Dabei handelt es sich in der Regel um einen Drehkörper, z.B. eine Schnecke, dessen Design eine gewisse Abfolge von Scherbereichen und Mischbereichen aufweist. Die innige Vermischung zur Homogenisierung des Polymers wird durch komplexe Strömungsverhältnisse im Inneren des Drehkörpers bzw. der Schnecke bzw. den entsprechenden Schneckenabschnitten bewerkstelligt. Neben Axialströmungen in Förderrichtung treten auch Radialströmungen und Axialströmungen gegen die Förderrichtung, sogenannte Leckströmungen auf. In den Scherbereichen erfolgt eine Temperaturerhöhung der Schmelze, wobei in den Mischbereichen eine Durchmischung der gescherten Teile mit den weniger gescherten Teilen und dadurch ein gewisser Temperatenausgleich erfolgt. Auf diese Weise werden die Störteilchen zerkleinert, verteilt und wird die Schmelze effektiv homogenisiert und für die Entgasung vorbereitet.

[0057] Direkt daran anschließend ist eine Entgasungseinheit 5 vorgesehen, um allfällige Gasblasen und Gaseinschlüsse aus der homogenisierten Schmelze zu entfernen. Aus dem Stand der Technik sind ebenfalls diverse Vorrichtungen bekannt, um Gas effektiv aus der Schmelze auszubringen. So kann beispielsweise die Schnecke sehr lang ausgebildet sein, es kann eine Druckloszone vorgesehen sein, oder das Kunststoffmaterial kann über einen dünnen Film oder Schlauch entgast werden.

[0058] Ganz rechts im Schema von Fig. 1 sind eine Austrageinheit 6 sowie eine Nachfolgebearbeitungseinheit 7 vorgesehen. Die Austrageinheit 6 dient zur Überführung der entgasten Schmelze in die Nachfolgebearbeitungseinheit 7. Bei letzterer handelt es sich beispielsweise um eine Granulierungseinheit, eine Blasfolienanlage oder eine Spritzgussanlage, die die Schmelze wieder in eine feste Form, beispielsweise in ein Granulat oder eine Folie bringen.

[0059] In dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel sind die Einheiten 1 bis 7 hintereinander geschaltet und das Kunststoffmaterial bzw. die Schmelze durchläuft die Einheiten 1 bis 7 in der vorgegebenen Reihenfolge kontinuierlich von links nach rechts. Zudem sind bei der Anordnung gemäß Fig. 1 die einzelnen Einheiten räumlich unmittelbar und direkt aneinandergeschaltet und das Material gelangt von jeder Einheit direkt und unmittelbar und ohne Zwischenschritte zur nächsten Einheit. Weitere Einheiten, insbesondere etwaige Zwischenlager, Überführungsschnecken od. dgl., sind zwar möglich, in Fig. 1 allerdings nicht vorgesehen. Dadurch wird die Vorrichtung gemäß Fig. 1 auch relativ kurz und kompakt.

[0060] Die Einheiten 2 bis 7, das heißt, die Aufschmelzeinheit 2 bis zur Nachfolgebearbeitungseinheit 7, liegen auf einer gemeinsamen Längsachse bzw. sind axial hintereinander angeordnet. Dadurch wird die gesamte Vorrichtung sehr schmal und platzsparend.

[0061] Weiters ist eine Steuerung vorgesehen, die die Temperaturen in jeder einzelnen der Einheiten unabhängig voneinander steuern kann. Auf diese Weise kann jeder beliebige Temperaturverlauf in der Verarbeitungskette eingestellt werden.

[0062] Vorteilhafterweise ist die Temperatur so gesteuert, dass die Temperatur T4 in der Homogenisierungseinheit 4 bzw. die Temperatur T4 des Materials bzw. der Schmelze während der Homogenisierung, zumindest aber am Ende der Homogenisierung, jedoch auf jeden Fall vor Beginn der Entgasung in der Entgasungseinheit 5, gleich hoch oder höher ist, als in jedem einzelnen der anderen Behandlungsschritte bzw. in jeder anderen Einheit der Anordnung. So sind beispielsweise die Temperatur T2 in der Aufschmelzeinheit 2, die Temperatur T3 der Filtrationseinheit 3, die Temperatur T5 in der Entgasungseinheit 5, die Temperatur T6 in der Austrageinheit 6 sowie die Temperatur T7 in der Nachfolgebearbeitungseinheit 7, jeweils geringer bzw. maximal gleich hoch, wie die Temperatur T4 in der Homogenisierungseinheit 4.

[0063] Zudem ist eine Einheit 8 zur Zugabe von zellbildenden Medien vorgesehen, über die beispielsweise Kohlendioxid, Stickstoff oder Wasser in die Schmelze eingebracht werden kann. Auf diese Weise wird die Entgasungsleistung verbessert. Die Zugabe dieser zellbildenden Medien erfolgt insbesondere in die Homogenisierungseinheit 4 bzw. knapp vor oder nach der Homogenisierung, in jedem Fall jedoch nach der Filtration oder auch vor der Entgasung.

[0064] In der Austragseinheit 6 ist weiters eine Schmelzekühleinrichtung 9 angeordnet, um die aus der Entgasungseinheit 5 austretende Schmelze abzukühlen. Dabei handelt es sich beispielsweise um einen Zylinder oder eine Schnecke. Die Temperatur der Schmelze reduziert sich dabei um bis zu 20%, vorzugsweise um 5 bis 10%.

[0065] In Fig. 2 ist, in Erweiterung und unter Zugrundelegung der Ausführungen zu Fig. 1, eine konkrete Ausführungsform einer vorteilhaften Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens im Detail dargestellt.

[0066] Diese Vorrichtung umfasst als Aufbereitungseinheit 1 einen topfförmigen Behälter bzw. Schneidverdichter 1, in den das zu behandelnde Kunststoffgut oben eingefüllt wird. Im Bereich des Bodens 33 des Behälters 1 ist ein Werkzeug 34 in bekannter Weise um eine vertikale, mittig im Behälter 1 angeordnete Achse drehbar gelagert und zur Rotation über eine den Boden 33 durchsetzende Welle 35 von einem Motor 36 angetrieben. Das Werkzeug 34 hat zumindest zwei radiale Arme 37, die mit zweckmäßig als Schneidkanten ausgebildeten Arbeitskanten 38 für das Kunststoffmaterial versehen sind. Diese Arbeitskanten 38 vermischen das zugeführte Kunststoffmaterial und führen gegebenenfalls auch eine Zerkleinerung desselben durch.

[0067] Das so bearbeitete Kunststoffmaterial gelangt in eine Aufschmelzeinheit 2 und zwar in ein Gehäuse 10 eines ersten Schneckenabschnittes 11. Dieser Schneckenabschnitt 11 ragt in eine vom Gehäuse 10 gebildete Öffnung 12 hinein. Bei der Drehung der Werkzeuge 34 um die Achse der Welle 35 steigt das im Behälter 1 umlaufende Kunststoffmaterial in Form einer Mischthrombe entlang den Behälterwänden hoch, was durch die Pfeile 13 angedeutet ist. Die auf das umlaufende Kunststoffmaterial ausgeübte Fliehkraft unterstützt den Einzug des Kunststoffmaterials durch die Öffnung 12 in das tangential an den Behälter 1 angeschlossene Gehäuse 10 der Schnecke 11. Alternativ kann das Schneckengehäuse 10 auch etwa annähernd radial an den Behälter 1 angeschlossen sein. Der Kerndurchmesser des ersten Schneckenabschnittes 11 vergrößert sich in Richtung von der Öffnung 12 weg, wodurch das vom Schneckenabschnitt 11 eingezogene Kunststoffmaterial komprimiert und plastifiziert wird.

[0068] Das plastifizierte Material tritt aus dem Gehäuse 10 des ersten Schneckenabschnittes 11 durch Öffnungen 14 in eine Filtrationseinheit 3 ein und strömt über Verbindungskanäle 15 zu zumindest einem Filter 16, der die in der Kunststoffschmelze enthaltenen groben Verunreinigungen herausfiltert.

[0069] Nach Passieren der Filtrationseinheit 3 gelangt das plastifizierte Kunststoffmaterial über Verbindungskanäle 15 und über Einstromöffnungen 17 in eine Homogenisierungseinheit 4, die sich im Inneren eines weiteren Gehäuses 18 befindet. In der Homogenisierungseinheit 4 ist ein koaxial mit der Schnecke 11 ausgerichteter Homogenisator 40 in Form eines zylindrischen Drehkörpers angeordnet, wobei sich der Homogenisator 40 im Gehäuse 18 dreht und dadurch auf den ihn umströmenden Polymerfilm bzw. -schlauch eine scherende und mischende Wirkung ausübt. Um die Mischwirkung und auch die Schereffekte zu erhöhen, ist auf der Außenfläche des Homogenisators 40 eine größere Anzahl von Erhebungen 41 angeordnet. Bereits in diesem Abschnitt können sich allfällig bildende Gase entweichen.

[0070] Im Gehäuse 18 ist weiters ein zweiter Schneckenabschnitt 19 drehbar gelagert, der koaxial an den Homogenisator 40 anschließt. Dieser zweite Schneckenabschnitt 19 fördert das plastifizierte Kunststoffmaterial in einen Entgasungsbereich bzw. eine Entgasungseinheit 5, vorbei an Entgasungsöffnungen 20, durch welche die aus dem Kunststoffmaterial ausgetretenen Gase abgeführt, gesammelt und gegebenenfalls einer weiteren Verwendung zugeführt werden können.

[0071] Nach Passieren dieser Entgasungsöffnungen 20 gelangt das Kunststoffmaterial über eine Austragseinheit 6 in Form einer Austragsschnecke mit geringer Scherleistung, zu einem Auslaß 21, an den Werkzeuge bzw. Nachfolgebearbeitungseinheiten 7, z.B. Granuliereinrichtungen, angeschlossen sein können.

[0072] Zweckmäßig sind die beiden Schneckenabschnitte 11, 19 in Bohrungen 40 bzw. 41 der beiden Gehäuse 10 bzw. 18 gelagert, welche Bohrungen relativ zueinander koaxial angeordnet

sind und jeweils gleichen Durchmesser aufweisen. Die koaxiale Anordnung der beiden Schneckenabschnitte 11, 19 und des Homogenisators 40 ermöglicht es in einfacher Weise, diese beiden Schneckenabschnitte 11, 19 zu einem einzigen Baukörper mit gemeinsamen Kern zu vereinigen und die beiden Schneckenabschnitte 11, 19 von einer Seite her gemeinsam anzutreiben, also von der in Fig. 2 linken Seite her. Die Umlaufrichtung der beiden Schneckenabschnitte 11, 19 ist durch einen Pfeil 23 angedeutet.

[0073] Um die Entgasung des bearbeiteten Kunststoffmaterials im Gehäuse 18 zu begünstigen, hat die Entgasungseinheit 5 im Bereich der Einströmöffnung 17 und der Entgasungsöffnung 20 eine Druckloszone 27, die von einem verringerten Kerndurchmesser des Schneckenabschnittes 19 gebildet ist. Nach der Entgasungsöffnung 20 geht dieser verringerte Kerndurchmesser wieder in den vollen Kerndurchmesser der Austrageinheit 6 über, um das Kunststoffmaterial wieder unter Druck und damit genügend plastifiziert zu halten.

[0074] Auch in dem in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel sind die Einheiten 1 bis 7 hintereinander geschaltet und das Kunststoffmaterial bzw. die Schmelze durchläuft die Einheiten 1 bis 7 kontinuierlich in der vorgegebenen Reihenfolge. Zudem sind die einzelnen Einheiten räumlich unmittelbar und direkt aneinandergeschaltet und das Material gelangt von jeder einzelnen Einheit direkt und unmittelbar und ohne Zwischenschritte zur nächsten stromabwärts benachbarten Einheit. Die Einheiten 2 bis 6, das heißt, die Aufschmelzeinheit 2 bis zur Austrageinheit 6, liegen zudem auf einer gemeinsamen Längsachse bzw. deren Schnecken sind axial hintereinander angeordnet, wodurch die gesamte Vorrichtung sehr schmal und platzsparend wird.

[0075] Ohne vom Kern der Erfindung abzuweichen, sind verschiedene vorrichtungsmäßige Ausgestaltungen der Anordnung möglich. So ist in den entsprechenden Einheiten beispielsweise der Einsatz von Einfachschnecken, Doppelschnecken oder auch Mehrfachschnecken möglich. Außerdem können die einzelnen Verfahrensschritte unter Atmosphärenbedingungen oder mit Vakuumunterstützung ablaufen.

[0076] Für jede einzelne Einheit sind zahlreiche konstruktive Ausgestaltungen möglich, die der Fachmann dem Stand der Technik entnehmen kann.

[0077] Die Temperaturen, die Verweilzeiten und die weiteren Parameter sind in erster Linie von dem zu bearbeitenden bzw. recycelnden Material abhängig und können vom Fachmann angepasst werden.

[0078] Die erfindungsgemäßen Vorteile können jedoch nur dann erreicht werden, wenn der Fachmann das Verfahren und/oder die Vorrichtung der vorliegenden Erfindung verwendet.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Recyclierung von Kunststoffen umfassend die folgenden Bearbeitungsschritte:
 - a) Aufbereitung des Rohmaterials, wobei das Material, falls erforderlich zerkleinert und, in eine fluidartige Form gebracht wird und unter Erhaltung seiner Stückigkeit und Rieselfähigkeit, erwärmt und permanent gemischt, und gegebenenfalls entgast, erweicht, getrocknet, in seiner Viskosität erhöht und/oder kristallisiert wird,
 - b) Aufschmelzen des aufbereiteten Materials, zumindest soweit, dass eine Filtration möglich ist,
 - c) Filtration der Schmelze zur Befreiung von Verunreinigungen,
 - d) Homogenisierung der filtrierte Schmelze,
 - e) Entgasung der homogenisierten Schmelze, sowie
 - f) Austragung und/oder Nachfolgebearbeitung der Schmelze, z.B. durch Granulierung, Blasfolienbearbeitung,wobei diese Bearbeitungsschritte in der angegebenen Reihenfolge aufeinanderfolgen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bearbeitungsschritte a) bis f) zeitlich und örtlich unmittelbar und direkt ohne Zwischenschritte aufeinanderfolgen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schmelze bei der Homogenisierung geschert und gemischt wird bzw. einer intensiven Scherspannung und Dehnspannung unterworfen und stark beschleunigt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Temperatur (T4) des Materials bzw. der Schmelze während, zumindest aber am Ende, der Homogenisierung gemäß Bearbeitungsschritt d) und vor Beginn der Entgasung zumindest gleich hoch wie, vorzugsweise höher als, die Temperaturen bei allen anderen Behandlungsschritten a) bis f) ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Temperatur (T6) des Materials bzw. der Schmelze bei der Austragung bzw. die Temperatur (T7) bei der Nachfolgebearbeitung geringer ist als, oder maximal gleich ist wie, die Temperatur (T4) während bzw. am Ende der Homogenisierung.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass während der Homogenisierung oder unmittelbar vor oder nach der Homogenisierung, jedoch nach der Filtration und vor der Entgasung, zur Verbesserung der Entgasungsleistung zellbildende Medien, z.B. Kohlendioxid, Stickstoff oder Wasser, in die Schmelze eingebracht werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schmelze nach der Entgasung und bei oder vor der Austragung bzw. Nachfolgebearbeitung, insbesondere um bis zu 20%, vorzugsweise um 5 bis 10%, abgekühlt wird.
8. Anordnung zur Recyclierung von Kunststoffen zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, umfassend:
 - a) zumindest eine Aufbereitungseinheit (1), insbesondere einen an sich bekannten Schneidverdichter bzw. Behälter mit umlaufenden Misch- und Zerkleinerungswerkzeugen, wobei das Material, falls erforderlich, zerkleinert und, in eine fluidartige Form gebracht wird und unter Erhaltung seiner Stückigkeit und Rieselfähigkeit, erwärmt und permanent gemischt, und gegebenenfalls entgast erweicht, getrocknet, in seiner Viskosität erhöht und/oder kristallisiert wird,
 - b) zumindest eine Aufschmelzeinheit (2) zum Aufschmelzen des aufbereiteten Materials, zumindest soweit, dass eine Filtration möglich ist, insbesondere einen Extruder,
 - c) zumindest eine Filtrationseinheit (3) zur Filtration der Schmelze,
 - d) zumindest eine Homogenisierungseinheit (4) zur Homogenisierung der filtrierte Schmelze,
 - e) zumindest eine Entgasungseinheit (5) zur Entgasung der homogenisierten Schmelze sowie
 - f) zumindest eine Austrageinheit (6) zum Austrag und/oder zumindest eine Nachfolgebearbeitungseinheit (7) zur Bearbeitung der Schmelze,wobei die genannten Einheiten (1) bis (6) bzw. (7) in der angegebenen Reihenfolge jeweils nacheinander geschaltet und hintereinander bzw. aneinander gekoppelt sind und das Kunststoffmaterial bzw. die Schmelze diese Einheiten (1) bis (6) bzw. (7) in dieser Reihenfolge durchläuft.
9. Anordnung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einheiten (1) bis (6) bzw. (7) räumlich unmittelbar und direkt, ohne weitere dazwischengeschaltete Einheiten, nacheinander geschaltet und prozessual hintereinander gekoppelt sind.
10. Anordnung nach einem der Ansprüche 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Steuerung zur Regulierung der jeweiligen Temperaturen des Materials bzw. der Schmelze in den Einheiten (1) bis (6) bzw. (7) vorgesehen ist.
11. Anordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuerung die Temperaturen so regelt, dass die Temperatur (T4) des Materials bzw. der Schmelze während, zumindest aber am Ende, der Homogenisierung in der Homogenisierungseinheit (4) und vor Beginn der Entgasung in der Entgasungseinheit (5) zumindest

gleich hoch wie, vorzugsweise höher als, bei allen anderen Behandlungsschritten in den anderen Einheiten ist, insbesondere dass die Temperatur (T6) des Materials bzw. der Schmelze bei der Austragung in der Austragungseinheit (6) bzw. die Temperatur (T7) während der Nachfolgebearbeitung in der Nachfolgebearbeitungseinheit (7) geringer ist als, oder maximal gleich ist wie, die Temperatur (T4) während bzw. am Ende der Homogenisierung in der Homogenisierungseinheit (4).

12. Anordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Homogenisierungseinheit (4), insbesondere eine Schnecke, derart ausgebildet ist, dass die Schmelze darin geschert und gemischt wird bzw. einer intensiven Scherspannung und Dehnspannung unterworfen und stark beschleunigt wird.
13. Anordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einheiten (2) bis (5), vorzugsweise (2) bis (6), insbesondere (2) bis (7), axial hintereinander angeordnet sind bzw. auf einer gemeinsamen Längsachse liegen.
14. Anordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Einheit (8) zur Zugabe von zellbildenden Medien, z.B. Kohlendioxid, Stickstoff oder Wasser, in die Schmelze, vorgesehen ist, wobei die Einheit (8) die zellbildenden Medien während der Homogenisierung oder unmittelbar vor oder nach der Homogenisierung, jedoch nach der Filtration und vor der Entgasung, einbringt.
15. Anordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass, insbesondere in der Austragungseinheit (6), eine Kühleinrichtung (9) für die aus der Entgasungseinheit (5) austretende Schmelze, beispielsweise ein Zylinder oder eine Schnecke, vorgesehen ist, die geeignet ist, die Schmelze nach der Entgasung und bei oder vor der Austragung bzw. Nachfolgebearbeitung, insbesondere um bis zu 20%, vorzugsweise um 5 bis 10%, abzukühlen.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

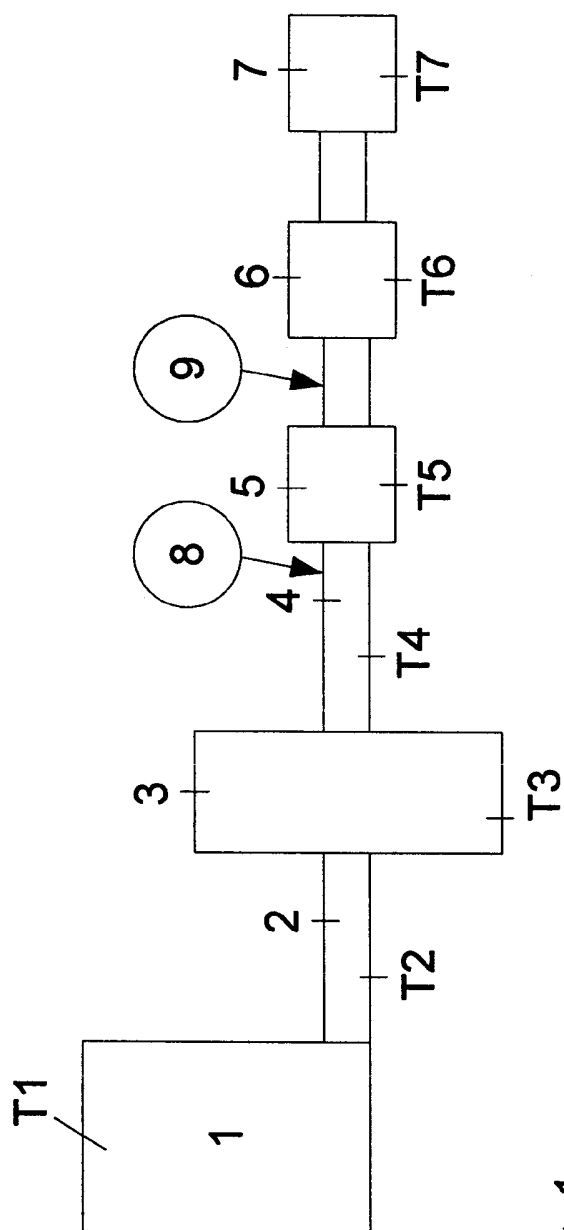


Fig. 1

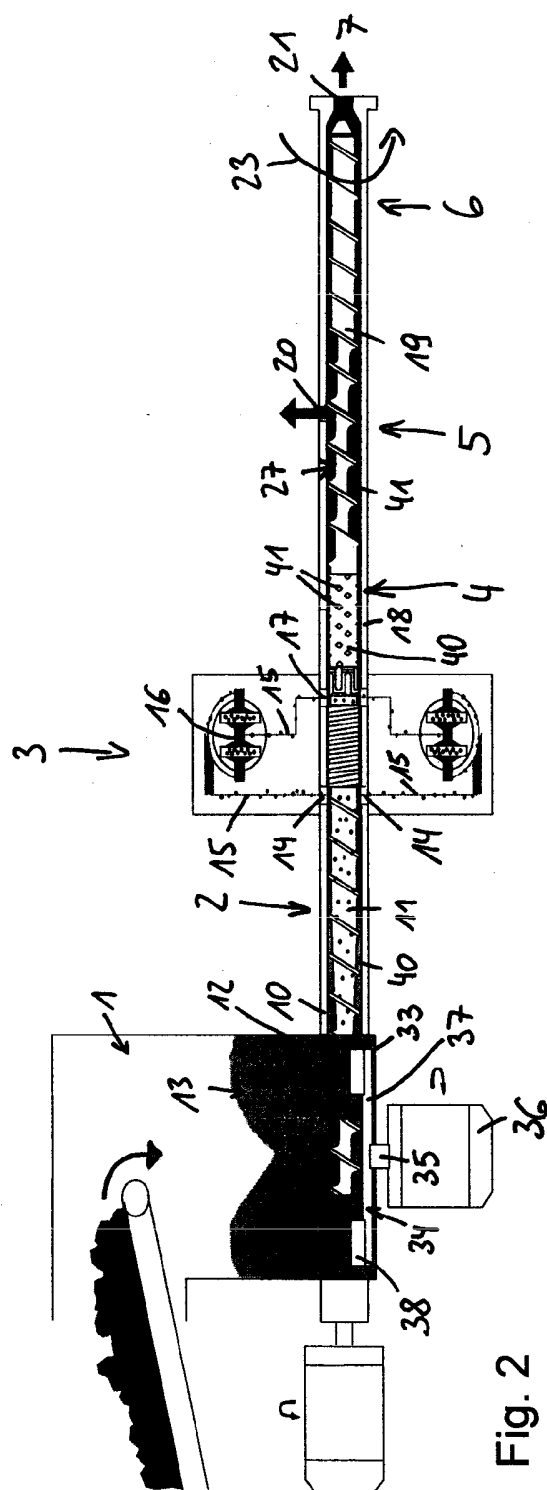


Fig. 2