(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 20 2016 101 935 U1** 2016.06.02

(12) # Gebrauchsmusterschrift

(21) Aktenzeichen: **20 2016 101 935.4**
(22) Anmeldetag: **13.04.2016**
(47) Eintragungstag: **27.04.2016**
(45) Bekanntmachungstag im Patentblatt: **02.06.2016**

(51) Int Cl.: ***B29C 47/92*** (2006.01)
B29C 47/10 (2006.01)
B29C 47/40 (2006.01)

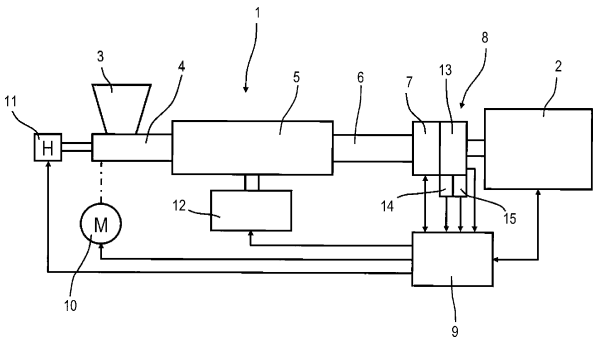
(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:
Gneuß GmbH, 32549 Bad Oeynhausen, DE

(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:
Gihske Grosse Klüppel Kross Bürogemeinschaft von Patentanwälten, 57072 Siegen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Extrusionsanlage zur Herstellung von Formstücken aus Kunststoffen**

(57) Hauptanspruch: Extrusionsanlage zur Herstellung von Formstücken aus Kunststoffen mit einem Extruder (1) zur Gewinnung von Kunststoffschmelzen, der ein Eingangsextruderteil (4) zur Aufnahme, Erschmelzung und Durchwalkung von Kunststoffmaterial, ein mit dem Eingangsextruderteil (4) verbundenen Mehrschneckenextruderteil (5) und ein Ausgangsextruderteil (6) zur Ausgabe der Schmelze aufweist, mit einer dem Eingangsextruderteil (4) zugeordneten Materialzuführung (3) für feste, flüssige und/oder gasförmige Roh- oder Zuschlagstoffe, mit einem Motor (10) zum Drehantrieb des Extruders (1), mit einer Heizvorrichtung (11) und mit einem, zumindest dem Mehrschneckenextruder (5) zugeordneten Vakuumsystem (12),
dadurch gekennzeichnet,
dass an dem Ausgangsextruderteil (6) eine Messvorrichtung (8) und ein Extrusionsnachfolgewerkzeug (2) angeordnet sind,
dass eine Anlagen-Steuereinheit (9) zum Empfang von Messsignalen der Messvorrichtung (8) und Steuerung der einzelnen Komponenten der Extrusionsanlage (1 bis 15) vorgesehen und derart ausgebildet ist, dass Dosierung und/oder Füllgrad und/oder Verweilzeit und/oder Extruderdrehzahl, und/oder Vakuum mittels Materialzuführung (3) und/oder über den Motor (10) und/oder über das Vakuumsystem (12) derart regelbar und einstellbar sind, dass die jeweiligen zu erstellenden Formstücke optimale Eigenschaften in Bezug auf ihre an sie gestellten Anforderungen aufweisen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Extrusionsanlage zur Herstellung von Formstücken aus Kunststoffen mit einem Extruder zur Gewinnung von Kunststoffschmelzen, der ein Eingangsextruderteil zur Aufnahme, Erschmelzung und Durchwalkung von Kunststoffrohlingen, einen mit dem Eingangsextruderteil verbundenen Mehrschneckenextruderteil und einen Ausgangsextruderteil zur Ausgabe der Schmelze aufweist, mit einer dem Eingangsextruderteil zugeordneten Materialzuführung für feste, flüssige und/oder gasförmige Roh- oder Zuschlagstoffe, mit einem Motor zum Drehantrieb des Extruders, mit einer Heizvorrichtung und mit einem Vakuumsystem.

[0002] Mittels eines derartigen Extruders lassen sich beliebige, auch verunreinigte feste, flüssige und/oder gasförmige Roh- oder Zuschlagstoffe wie Produktionsabfälle, beispielsweise Stanzabfälle, Randbeschnitte, Faserabfälle und Recycling-PET, z. B. PET-Bottle-Flakes, zu hochwertigen, sogar lebensmitteltauglichen Verpackungsfolien oder -bändern, Granulaten und Fasern aus Polyester verarbeiten.

[0003] Ein Extruder zur Gewinnung von Kunststoffschmelzen zum Einsatz in einer Extrusionsanlage der eingangs genannten Art zur Herstellung von Formstücken aus Kunststoffen ist aus der EP 1 434 680 B1 und in einer Weiterentwickelung aus der DE 10 2014 203 654 B4 bekannt. Der Extruder besteht im Wesentlichen aus einer zentralen Schnecke und teilweise innenliegenden Satellitenschnecken, welche im Mehrschneckenextruderteil durch ein Getriebe entgegengesetzt zur Rotation der zentralen Schnecke in Rotation versetzt werden. Eine derartige bekannte Extrusionsanlage mit einem Mehrschneckenextruderteil wird auch Multi-Rotationssystem genannt.

[0004] Je nach Anwendungsbereich und notwendiger Verfahrensaufgabe ist es erforderlich, die Einstellungsparameter der einzelnen Komponenten der Extrusionsanlage aufeinander abzustimmen. Dies ist nach dem Stand der Technik sehr aufwändig, da die Komponenten aufeinander abgestimmt werden müssen. So sind zum einen das Vakuum, der Füllgrad, die Temperatur und die Verweilzeit am Extruder festzulegen. Auch ist für eine Entfernung von unerwünschten Stoffen aus der Schmelze die Anlage entsprechend den gewünschten Eigenschaften in der Schmelze einzustellen.

[0005] Die Erfindung geht von der Aufgabe aus, eine Extrusionsanlage zur Herstellung von Formstücken aus Kunststoffen der eingangs genannten Art derart auszubilden, dass sie in einem großen und vielfältigen Anwendungsbereich einsetzbar ist und herausragende Eigenschaften zum Homogenisieren sowie zum Ent- oder Begasen von Schmelzen aufweist.

[0006] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß für eine Extrusionsanlage der eingangs genannten Art durch die im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst. Vorteilhafte Ausbildungen sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

[0007] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass an dem Ausgangsextruderteil eine Messvorrichtung und ein Extrusionsnachfolgewerkzeug angeordnet sind, dass eine Anlagen-Steuereinheit zum Empfang von Messsignalen der Messvorrichtung und Steuerung der einzelnen Komponenten der Extrusionsanlage vorgesehen und derart ausgebildet ist, dass Dosierung und/oder Füllgrad und/oder Verweilzeit und/oder Extruderdrehzahl, und/oder Vakuum mittels Materialzuführung und/oder über den Motor und/oder über das Vakuumsystem derart regelbar und einstellbar sind, dass die jeweiligen zu erstellenden Formstücke optimale Eigenschaften in Bezug auf ihre an sie gestellten Anforderungen aufweisen.

[0008] Durch diese erfindungsgemäße Extrusionsanlage erhält man eine universell nutzbare Vorrichtung zur Konditionierung von Rohstoffen, insbesondere recyceltem Material, für Extrusionsnachfolgewerkzeuge, bei der die Einstellungsparameter der einzelnen Komponenten wie Vakuum, Füllgrad, Temperatur und Verweilzeit der Extrusionsanlage je nach Anwendungsbereich und notwendiger Verfahrensaufgabe aufeinander abstimmbar sind, so dass neben der Bereitstellung einer Schmelze für die Rohstoffherstellung diese Eigenschaften insbesondere in der Herstellung von Endprodukten vorteilhaft nutzbar sind. Die erfindungsgemäße Extrusionsanlage mit dem Multi-Rotationssystem eröffnet neue Möglichkeiten zur effizienten Entgasung und Extrusion von Kunststoffschmelzen. Begleitend oder alternativ hierzu können Gase oder Füllstoffe homogen in die Schmelze eingebracht werden.

[0009] Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die Messvorrichtung ein Online-Viscometer zur Online-Messung der Schmelzeviskosität aufweist.

[0010] Es hat sich bewährt, wenn die Messvorrichtung Schmelzedruckaufnehmer zur Steuerung des Vakuums im Extruder mittels der Anlagen-Steuereinheit zur Einstellung der Schmelzeviskosität aufweist.

[0011] Nachahmenswert ist, dass die Anlagen-Steuereinheit derart ausgebildet ist, dass aus den Extrusionsnachfolgewerkzeugen abgeleitete Eigenschaften Messwerte zur Steuerung der einzelnen Komponenten der Extrusionsanlage ermittelt werden. Dazu können der Anlagen-Steuereinheit die Betriebsparameter der Extrusionsnachfolgewerkzeugen als Messwerte zur Steuerung der einzelnen Komponenten der Extrusionsanlage zugeführt werden, wobei die der Anlagen-Steuereinheit zugeführten Betriebsparame-

ter der Extrusionsnachfolgewerkzeugen die Lastaufnahme von Reckwerken zum Längen von Folienbahnen entlang ihrer Längsrichtung zur Steuerung der Schmelzeviskosität und/oder die Motorlast von Antriebsaggregaten sein können.

[0012] Vorteilhaft ist, wenn die Messvorrichtung derart ausgebildet ist, dass der Gelbwert der Schmelze online erfasst und mittels der Anlagen-Steuereinheit eine ggf. erforderliche Lösungsmittelzugabe steuert.

[0013] In vorteilhafter Weise kann das dem Extruder zur Entfernung von Gasen oder Stoffen aus der Schmelze zugeordnete Vakuumsystem gesteuert von der Anlagen-Steuereinheit aufgrund der Messwerte der Messvorrichtung die Schmelze mit einem erforderlichen Druck beaufschlagen.

[0014] Bemerkenswert ist, dass die Anlagen-Steuereinheit derart ausgebildet ist, dass sie die am Extruder einzustellenden Parameter, wie beispielsweise Drücke, Füllgrad, Verweilzeit und Temperatur, entsprechend der geometrischen Parameter der spezifischen Oberfläche aus schon bekannten Einstellungen bekannter Anlagen errechnet.

[0015] Es empfiehlt sich, die Anlagen-Steuereinheit derart auszubilden, dass durch Steuerung des Vakuums insbesondere die im laufenden Betrieb gemessenen Eigenschaften der Schmelze, des extrudierten Formkörpers und/oder des Endprodukts geregelt werden.

[0016] Es ist vorteilhaft, wenn das Eingangsextruderteil und/oder das Ausgangsextruderteil eine zentrale Schnecke oder eine Doppelschnecke aufweisen.

[0017] Es hat sich bewährt, dass das Mehrschneckenextruderteil innenliegende Satellitenschnecken aufweist, welche durch ein Getriebe entgegengesetzt zur Rotation der zentralen Schnecken in Rotation versetzt werden.

[0018] Nachahmenswert ist, dass der Extruder mit Polymer aus einer Polymerisationsanlage oder anderen Extrusionsanlagen beschickbar ist, da man hierdurch z. B. den im Material bereits vorhandenen thermischen Energiegehalt besser nutzen kann, die Zeit zwischen den Stufen reduziert und/oder aber den Prozess durch eine kontinuierliche Betriebsweise besonders kostengünstig und effizient gestalten kann.

[0019] Vorteilhaft ist, dass die Formstücke aus Polymer oder Polymermischungen bestehen, denen weitere Bestandteile, Additive oder Füllstoffe zur Herstellung der gewünschten Produkteigenschaften beigemischt sein können, so dass je nach verwendeten Aggregaten und Materialzuführungen insbesondere auch die Herstellung von geschäumten Formstücken möglich ist.

[0020] In vorteilhafter Weise können dem Extruder weitere Aggregate wie beispielsweise Plastifizierextruder, Schmelzeextruder, Schmelzepumpen, statischen und dynamische Mischer, Mischblöcke, Siebwechsler, Schmelzeventile, Schmelzekühler, Sekundärextruder, Gasinjektoren, Flüssigdosierungen, kontinuierlich arbeitenden Reaktoren, Schneidverdichter und/oder Agglomeratoren zugeordnet sein.

[0021] Es empfiehlt sich, bei einer erfindungsgemäßen Extrusionsanlage an dem Ausgangsextruderteil einen Schmelzefilter anzuordnen.

[0022] Bemerkenswert ist, dass die Kunststoffrohlinge Kunststoffgranulat, PET-Bottle-Flakes oder Fasermaterialien sein können.

[0023] Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn das Extrusionsnachfolgewerkzeug Formstücke aus der Gruppe der Garne wie Filamente, Stapelfasern, POY-Fasern oder -Filamente (partially oriented yarn), FDY-Fasern oder -Filamente (Fully Drawn Yarn), Fasern und/oder Bauschgarn (BCF, Bulked Continuous Filament) sowie Platten, axial oder biaxial verstreckte Folien, Bänder und/oder Bändchen oder Granulat, Rohre, Profile, Netze, Spinnvliese, Meltblown-Vliesstoffe und/oder Spritzgussformkörper erstellt.

[0024] Die Erfindung ist nachfolgend anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Die Figur zeigt eine erfindungsgemäße Extrusionsanlage.

[0025] In der Figur ist eine Extrusionsanlage zur Herstellung von Formstücken aus Kunststoffen mit einem Extruder **1** dargestellt, an dessen Ausgang ein Extrusionsnachfolgewerkzeug **2** angeordnet ist.

[0026] Über eine Materialzuführung **3** können einem Eingangsextruderteil **4** des Extruders **1** feste, flüssige und/oder gasförmige Roh- oder Zuschlagstoffe, beispielsweise Kunststoffrohlinge, zugegeben werden. Dem Schmelzestrom weiter folgend weist der Extruder **1** ein Mehrschneckenextruderteil **5** und ein Ausgangsextruderteil **6** auf, das über einen Schmelzefilter **7** und einer Messvorrichtung **8** mit dem Extrusionsnachfolgewerkzeug **2** verbunden ist. Die Messsignale der Messvorrichtung **8** werden über Schnittstellen und Bussysteme einer Anlagen-Steuereinheit **9** zugeführt und von ihr ausgewertet.

[0027] Der Extruder **1** kann von einer, mittels eines Motors **10** angetriebenen Welle durchzogen sein, wobei im Eingangsextruderteil **4** und/oder im Ausgangsextruderteil **6** die Welle als zentrale Schnecke ausgebildet sein kann.

[0028] Der Extruder **1** ist mit einer Heizvorrichtung **11** versehen, damit sämtliche die Schmelze berührenden Flächen auf die für die jeweilige Schmelze erforderliche Temperatur gebracht werden können. Diese gezielt kontrollierte Temperaturführung der Schmelze kann dadurch erreichen werden, dass die den Extruder **1** durchziehende, mittels des Motors **10** angetriebene Welle mit einer Bohrung für den Temperiermitteltransport versehen ist.

[0029] Zur Entgasung kann ein Vakuumsystem **12** dem Extruder **1** zugeordnet sein, welches den Gesamtdruck in der Verfahrenseinheit, bzw. den Partialdruck bestimmter gasförmiger Bestandteile mittels der Anlagen-Steuereinheit **9** einstellt.

[0030] Die am Ausgang des Extruders **1** angeordnete Messvorrichtung **8** kann aus einem Online-Viscometer **13**, Schmelzetemperatursensoren **14** und/oder Schmelzedruckaufnehmern **15** bestehen, die ihre Messwerte an die Anlagen-Steuereinheit **9** übermitteln.

[0031] Das Eingangsextruderteil **4** sowie das Ausgangsextruderteil **6** können in bekannter Weise jeweils mit einer zentralen Schnecke oder aber auch einer Doppelschnecke versehen sein. Das Mehrschneckenextruderteil **5** kann mehrere teilweise innenliegende Förder- oder Satellitenschnecken aufweisen, wie dies beispielsweise in der EP 1 434 680 B1 oder in der DE 10 2014 203 654 B4 beschrieben ist.

[0032] Bei diesem erfindungsgemäßen Extruder **1** wird das Eingangsmaterial von der Materialzuführung **3** auf eine rotierende Schneckentrommel des Eingangsextruderteils **4** geleitet und hier plastifiziert. In der Trommel des Mehrschneckenextruderteils **5** befinden sich längs der Drehachse beispielsweise acht Zylinderbohrungen mit eingelassenen Förder- oder Satellitenschnecken. Diese Förder- oder Satellitenschnecken werden über einen Zahnkranz angetrieben, so dass sie sich auf ihrer rotierenden Kreisbahn entgegengesetzt zur Schneckentrommel des Eingangsextruderteils **4** drehen. Dadurch verstärkt sich der Effekt des Oberflächenaustauschs der Schmelze überproportional.

[0033] Mit dem Extrusionsnachfolgewerkzeug **2** können Formstücke beliebiger Art erstellt werden. Dies können beispielsweise Granulat, Rohre, Profile, Netze, Spinnvliese, Meltblown-Vliesstoffe, Folien, Platten, axial oder biaxial verstreckte Folien, Bänder, Bändchen, Filamente, Stapelfasern, POY-Fasern/Filamente (Partially Oriented Yarn), FDY Fasern/Filamente (FDY, Fully Drawn Yarn), Fasern, Bauschgarn (BCF, Bulked Continuous Filament) oder Spritzgussformkörper sein.

[0034] Dem Extruder **1** der Extrusionsanlage zur Herstellung von Formstücken aus Kunststoffen können weiterhin folgende in technisch sinnvoller Weise angeordnete Aggregate wie Plastifizierextruder (Ein oder Mehrwellensystem), Schmelzeextruder (Ein oder Mehrwellensystem), Schmelzepumpen, statische und dynamische Mischer, Mischblöcke, Schmelzefilter, Siebwechsler, Schmelzeventile, Schmelzekühler, Sekundärextruder, Gasinjektoren, Flüssigdosierungen, kontinuierlich arbeitende Reaktoren, Schneidverdichter und/oder Agglomeratoren zugeordnet sein.

[0035] Die mit der Extrusionsanlage hergestellten Formstücke bestehen je nach verwendeten Aggregaten und Materialzuführungen entweder aus Polymer oder Polymermischungen. Auch weitere andere feste, flüssige oder gasförmige Bestandteile, Additive oder Füllstoffe können zur Herstellung der gewünschten Produkteigenschaften enthalten sein. Insbesondere können auch geschäumte Formstücke hergestellt werden.

[0036] Die Anlagen-Steuereinheit **9** bewirkt mittels ggf. mehrerer Schnittstellen und Bussysteme die Ansteuerung und Regelung des Motors **10** zum Antrieb des Extruders **1**, der Heizvorrichtung **11** für den gesamten Extruder **1**, des Antriebs des Vakuumsystems **12** zur Druckeinstellung, der Druckmessungen der kompletten Anlage mittels Schmelzedruckaufnehmer **15**, des Online-Viscometers **13**, des Schmelzefilters **7**, der Dosierung und Granulierung durch die Materialzuführung **3**, sowie ggf. des Extrusionsnachfolgewerkzeugs **2**.

[0037] Das Vakuumsystem **12** kann den Gesamtdruck in dem Extruder **1**, bzw. den Partialdruck bestimmter gasförmiger Bestandteile mittels der Anlagen-Steuereinheit **9** je nach Anwendung und gewünschten Eigenschaften in den Bereichen > 100 bar oder 1 bis 100 bar Überdruck oder Vakuum von 100 mbar bis 1 bar, 10 bis 100 mbar, 1 bis 10 mbar, 0,1 bis 1 mbar oder < 0,1 mbar einstellen. Dabei gilt, dass für das Begasen ein höherer absoluter Druck und für das Entgasen ein kleinerer absoluter Druck einzustellen ist. Für spezielle Anwendungen können Drücke bereitgestellt werden, welche bis in den Hochvakuumbereich hineinreichen.

[0038] Hierbei ist nicht nur die Erzeugung des Unterdrucks selber, sondern auch die Abscheidung von Fremdstoffen aus den entgasten Dämpfen wichtig. Eine besondere Anwendung ist die Entfernung von Stoffen aus der Schmelze, beispielsweise Lösungsmitteln oder Wasser, welche vorher entweder als Trägermaterial von Additiven oder Füllstoffen (z. B. Suspension) oder zur Erzielung bestimmter Schmelzeeigenschaften zugesetzt wurden, aber in der weiteren Verarbeitung im Rahmen der Extrusion oder im Endprodukt schädlich oder störend sind oder aus Kostengründen wiedergewonnen werden müssen. Diese Lösungsmittel oder Wasser können effizient und kos-

tengünstig entfernt werden, nachdem die gewünschten Eigenschaften in der Schmelze eingestellt wurden, während Additive und Füllstoffe in der Polymerschmelze verbleiben.

[0039] Neben der Einstellung des Drucks bestimmen auch Füllgrad, Verweilzeit und Temperatur die Prozesseigenschaften im Extruder **1**. Daher können auch diese prozessbestimmenden Parameter durch die Anlagen-Steuereinheit **9** geregelt werden. Dazu werden die produktionsrelevanten Messwerte der am Ausgang des Extruders **1** angeordneten Messvorrichtung **8**, des Online-Viscometers **13**, der Schmelzetemperatursensoren **14** und/oder der Schmelzedruckaufnehmern **15**, an die Anlagen-Steuereinheit **9** übermittelt. Diese steuert das Vakuum über das Vakuumsystem **12**, den Füllgrad über die Dosierung durch die Materialzuführung **3** und die Verweilzeit über die Extruderdrehzahl durch den Motor **10**, so dass sich durch Entfernung störender Bestandteile möglichst vorteilhafte Bedingungen für das Endprodukt oder zur Durchführung eines anschließenden Extrusions-Produktionsschritts oder in der Weiterbehandlung des extrudierten Formkörpers ergeben.

[0040] Zur Einstellung des Vakuums, des Füllgrad und/oder der Verweilzeit können insbesondere die im laufenden Betrieb gemessenen Eigenschaften der Schmelze, des extrudierten Formkörpers und/oder des Endprodukts genutzt werden, in dem eine Regelung auf diese Eigenschaften durch die Anlagen-Steuereinheit **9** erfolgt. Es können aber auch abgeleitete Eigenschaften, wie die Betriebsparameter der nachfolgenden Aggregate oder anderer Anlagenkomponenten genutzt werden, indem beispielsweise die Motorlast von Antriebsaggregaten oder Temperaturen herangezogen werden.

[0041] Die im Extruders **1** einzustellenden Betriebsparameter wie Drücke, Füllgrad, Verweilzeit und Temperatur können auch entsprechend der geometrischen Parameter der spezifischen Oberfläche aus schon bekannten Einstellungen bekannter Anlagen errechnet werden.

[0042] Die Messvorrichtung **8** kann auch online den Gelbwert der Schmelze messen. Die Anlagen-Steuereinheit **9** wertet diese Messwerte aus und ermittelt, ob ein unerwünschter Gelbwert insbesondere nach DIN 6167 festzustellen ist. In diesem Falle löst die Anlagen-Steuereinheit **9** eine entsprechend erforderliche Lösungsmittelzugabe aus.

[0043] Die Anlagen-Steuereinheit **9** des Multi-Rotationssystems weist eine zentrale Benutzeroberfläche auf, die einen Zugriff auf alle Anlagenkomponenten zur effizienten Nutzung der Vielzahl von produktionsrelevanten Messdaten und Sollwerte ermöglicht. Dadurch lassen sich Veränderungen im Prozess schnell erkennen und ggf. korrigieren. Die Produktionsdaten werden zur späteren Diagnose gespeichert und von der Software als Trend mit Historisierung aufgearbeitet.

[0044] Das Online-Viscometer **13** ermöglicht eine zuverlässige Messung von Polymereigenschaften, die einen wesentlichen Einfluss auf die Produktqualität haben. Die gemessene Viskosität steht in direktem Zusammenhang mit der Molekülkettenlänge, von der wiederum mechanische Eigenschaften wie Zugfestigkeit und Steifigkeit abhängen. Diese gemessenen Daten können zur Qualitätssicherung erfasst und gespeichert werden. Mittels einer hochpräzisen, fördersteifen Zahnradpumpe wird ein kleiner Teilstrom der Polymerschmelze aus dem Hauptschmelzekanal abgezweigt und durch eine sehr exakt gefertigte Schlitzkapillare gedrückt.

[0045] Sowohl die Schmelzetemperatur als auch der an zwei Orten gemessene Schmelzedruck werden von den Schmelzetemperatursensoren **14** und Schmelzedruckaufnehmern **15** erfasst. Aufgrund dieser Messwerte berechnet das Online-Viscometer **13** einen Wert für die repräsentative Schergeschwindigkeit und die entsprechende repräsentative Viskosität. Die Einstellung der Prozessparameter, die Auswertung und die Anzeige sind in die Anlagen-Steuereinheit **9** integriert. So regelt die Anlagen-Steuereinheit **9** u. a. über das Vakuumsystem **12** das Vakuum zur Einstellung der gewünschten, erforderlichen Schmelzeviskosität. Es kann aber auch die Lastaufnahme von Reckwerken zum Längen von Folienbahnen entlang ihrer Längsrichtung zur Steuerung der Schmelzeviskosität durch die Anlagen-Steuereinheit **9** herangezogen werden. Darüber hinaus ist eine von der Anlagen-Steuereinheit **9** gezielt kontrollierte Temperaturführung der Schmelze möglich, da sämtliche die Schmelze berührenden Flächen durch die Heizvorrichtung **11** gut temperierbar sind.

[0046] Mit dem Extruder **1** der erfindungsgemäßen Extrusionsanlage mit Multi-Rotationssystem lassen sich auch aus 100% Recyclingware, beispielsweise stark verunreinigtes Recycling-PET (Polyethylenterephthalat), z. B. PET-Bottle-Flakes, mit einer einstufigen Schmelzefiltration ohne jegliche Vorbehandlung wie die kostspielige und aufwendige Vortrockung und Kristallisation der PET-Flakes hochwertige, lebensmitteltaugliche PET-Verpackungsfolien oder -bänder mittels der speziellen Entgasungszone des Extruders des Multi-Rotationssystems herstellen. Wird anstelle der einstufigen Filtration eine mehrstufige Filtration mittels Multi-Rotationssystemen angewandt, kann der Reinheitsgrad nochmals erhöht werden.

[0047] Die Entgasung des Extruders **1** der erfindungsgemäßen Extrusionsanlage mittels des Vakuumsystems **12** dient dabei nicht nur der Entfernung von Wasser, sondern auch der Dekontamination des

Aufgabematerials, z. B. für einen FDA-geprüften Lebensmittelkontakt.

[0048] In dem Extruder **1** der Extrusionsanlage kann auch eine reaktive Extrusion, ein Verfahren zur Herstellung oder Modifikation von Polymeren, durchgeführt werden, bei denen im Extruder chemische Reaktionen im Extruder **1** stattfinden.

[0049] Diese Polymerisation, eine Überführung niedermolekularer Verbindungen, beispielsweise Monomere oder Oligomere, in hochmolekulare Verbindungen, z. B. Polymere, Makromoleküle oder Polymerisate, oder genauer Kettenpolymerisation, Reaktionen zum Aufbau hochmolekularer Verbindungen nach einem Kettenwachstumsmechanismus, sowie die Polykondensation, eine stufenweise ablaufende Kondensationsreaktion, die Monomere in Polymere (Kunststoffe) überführt, wobei in der Regel verschiedene Monomere miteinander umgesetzt werden, kann durch entsprechende Einstellung der Betriebsparameter der Extrusionsanlage in dem Extruder **1** ablaufen.

[0050] Der Extruder **1** mit Mehrschneckenextruderteil **5** verarbeitet ungetrocknetes, unbehandeltes Polyester-Flaschenmahlgut direkt zu Granulat. Die Oberfläche der Schmelze wird im Mehrschneckenextruderteil **5** im Inneren des Extruders **1** sehr intensiv ausgetauscht und aufgerissen, so dass schon mit einem leichten Vakuum von beispielsweise 25 bis 40 mbar eine große Dekontamination mit einer Zulassung der Food and Drug Administration (FDA, Nahrungs-und-Medizin-Verwaltung) und nur ein schwacher, kontrollierter Viskositätsabbau stattfindet. Durch die schonende Verarbeitung des Materials weist das Endprodukt eine hohe Qualität insbesondere bezüglich seines Gelbwertes nach DIN 6167 und seiner Transparenz auf.

[0051] In der Textilindustrie lassen sich mittels des Extruders **1** mit Mehrschneckenextruderteil **5** auch nicht vorgetrocknete PET-Bottle-Flakes oder Produktionsabfälle mit unterschiedlichsten Viskositäten zu hochwertigen Fasern verarbeiten. Es können Stapelfasern wie Hohlfasern und Bi-Komponenten-Fasern produziert werden, wobei bei letzterem die Möglichkeit besteht, aus einem Einsatzmaterial durch Anlegen verschiedener Vakua an zwei Extrudern **1** verschiedene Viskositäten herzustellen. Weiterhin lässt sich der Extruder **1** bei der Verarbeitung von Bottle-Flakes oder Produktionsabfällen zur Herstellung von Teppichfasern sowie die Produktion von Nonwoven, hier auch als Bikomponenten einsetzen. Der Einsatz von 100% Flaschenmahlgut spart dabei deutlich Materialeinsatzkosten. Die Anlagen können mit allen gängigen Extrusionsnachfolgewerkzeugen **2** zur Faserherstellung kombiniert werden.

[0052] Zum Recycling von Industrieabfällen können je nach Qualität der eingesetzten Rohstoffe entweder Schredder oder Schneidmühlen zur Vorzerkleinerung eingesetzt werden, damit das der Materialzuführung **3** bereitgestellte Ausgabegut dosierfähig wird. Dieses sehr leichte Material wird dann entweder mittels Zuführaggregaten wie Stopfschnecken direkt dem Extruder **1** zugeführt oder aber durch einen weiteren Prozessschritt, beispielsweise Pelletieren, kompaktiert und dann anschließend dem Extruder **1** zugeführt.

[0053] Selbst stark mit Ölen und anderen Verunreinigungen behaftete Faserabfälle mit hohem Feuchtegehalt können hierbei ohne Vorbehandlung direkt dem Extruder **1** zugeführt werden. Im Extruder **1** wird das Material aufgeschmolzen, entgast und dekontaminiert. Flüchtige Fremdstoffe wie Wasser oder Spinnöle können im Extruder **1** auf einfache Weise entfernt werden, so dass sich eine umweltfreundliche und ökonomische Extrusionsanlage mit Multi-Rotationssystem ergibt.

[0054] Mit dem Extruder **1** der erfindungsgemäßen Extrusionsanlage mit Multi-Rotationssystem lassen sich aufgrund der erzeugten homogenen Schmelze PET-Bänder hoher Zugfestigkeit mit einem Anteil von 100% Recyclingware herstellen. Trotz des Verzichts auf die zeit- und energieintensive Vortrockung und Kristallisation der PET-Flakes werden im Vergleich zu den konventionellen Einschnecken- und Doppelschneckenverfahren analoge Qualitäten in Bezug auf Reißfestigkeit, Dehnbarkeit und Spleißverhalten erzielt. Zudem ermöglicht die hocheffiziente Entgasung eine hohe Schmelzereinheit mit wesentlich geringeren Monomer- und Oligomeranteilen als bei herkömmlichen Verfahren, so dass die Gefahr von Bandabrissen und Sollbruchstellen bei der Produktion reduziert wird.

[0055] Besonders effizient kann man die Herstellungsprozesse gestalten, wenn man den Extruder nicht mit festem Rohmaterial beschickt, sondern diesen (zumindest teilweise) direkt mit Polymer aus einer Polymerisationsanlage oder anderen Extrusionsanlage beschickt, da man hierdurch z. B. den im Material bereits vorhandenen thermischen Energiegehalt besser nutzen kann, durch beispielsweise Einsparen des erneuten Aufschmelzens, und/oder die Zeit zwischen den Stufen reduziert (z. B. Chemischer Zerfall von Verbindungen, chemische Reaktionen im Polymer) und/oder aber den Prozess durch eine kontinuierliche Betriebsweise besonders kostengünstig und effizient gestalten kann.

[0056] Somit erhält man durch die erfindungsgemäße Ausbildung des Multi-Rotationssystem eine Extrusionsanlage zur Herstellung von Formstücken aus Kunststoffen bestehend aus mindestens einer Materialzuführung für feste, flüssige und/oder gasförmige

Roh- oder Zuschlagstoffe, mindestens einem Verfahrensteil des Multi-Rotationssystems und einem oder mehreren Extrusionsnachfolgewerkzeugen und weiteren in technisch sinnvoller Weise angeordneten Aggregaten wie beispielsweise Plastifizierextrudern (Ein oder Mehrwellensystem), Schmelzeextrudern (Ein- oder Mehrwellensystem), Schmelzepumpen, statischen und dynamischen Mischern, Mischblöcken, Schmelzefiltern, Siebwechslern, Schmelzeventilen, Schmelzekühlern, Sekundärextrudern, Gasinjektionen, Flüssigdosierungen, kontinuierlich arbeitenden Reaktoren, Schneidverdichtern und/oder Agglomeratoren.

[0057] Darüber hinaus kann im dem Multi-Rotationssystem in Baueinheit mit Extruderschnecken (Eintrag und/oder Austrag) jeden anderen Prozess bedienen, in dem sonst Ein- oder Mehrwellenextruder eingesetzt werden. Die im Verfahrensteil einzustellenden Betriebsparameter wie Drücke, Füllgrad, Verweilzeit und Temperatur können entsprechend der geometrischen Parameter der spezifischen Oberfläche aus schon bekannten Einstellungen bekannter Anlagen errechnet werden. Hierbei gilt im Regelfall, dass man bei gleichem Konzentrationsgefälle zwischen Schmelze und Gasraum eine höhere Diffusionsrate erhält (und damit die Produkteigenschaften stärker oder effizienter beeinflusst) oder umgekehrt zum Erhalt gleicher Produkt- oder Schmelzeeigenschaften mit einem niedrigeren Konzentrationsgefälle arbeiten kann.

[0058] In jedem beliebigen bekannten Prozess, in dem eine Plastifizier und/oder Förderschnecke eingesetzt ist, kann der Extruder eingesetzt werden. Dabei werden im Allgemeinen durch die Mischwirkung des Extruders im MRS die Materialeigenschaften positiv beeinflusst. Hinzu kommt die Möglichkeit, mit dem Extruder das verarbeitetes Polymer oder Polymergemisch gezielt zu ent- oder begasen. Dies kann dazu genutzt werden, um die Materialeigenschaften des Endprodukts zu verbessern, z. B. beim Entgasen durch Entfernung störender flüchtiger Bestandteile oder reaktiver Inhaltsstoffe, beim Begasen entsprechend Hinzufügen nützlicher Bestandteile oder reaktiver Komponenten.

[0059] Da dieser Prozess im Vergleich zu herkömmlichen Extrusions und Fördersystemen deutlich effizienter abläuft, kann sich je nach gewünschter Materialeigenschaft des Endprodukts die Möglichkeit ergeben, andere Prozessschritte in der Verarbeitungskette einzusparen, z. B. Verzicht auf Vortrockung und Kristallisation, oder aber diese in Ihrer Prozessführung so zu verändern, dass diese deutlich kostengünstiger arbeiten.

[0060] Wann immer ein monoton steigender/fallender Verlauf der quantifizierten Materialeigenschaft, z. B. Zugfestigkeit des Endprodukts, Schmelzeviskosität, Gelbwert, Molekülkettenlänge, Additivgehalt, Störstoffgehalt, Dichte usw. mit dem Druck im MRS-Teil, bzw. des Partialdrucks einer spezifischen Substanz besteht kann diese Eigenschaft entsprechend durch Erhöhung oder Erniedrigung des Drucks im MRS-teil einfach beeinflusst werden.

[0061] Solche monotonen Zusammenhänge sind Beispielsweise:

– Verarbeitung von PET: Erhöhung Molekulargewicht, iV-Wert, Schmelzeviskosität, Zugfestigkeit des Endprodukts usw. durch Erniedrigung des Partialdrucks von Wasser;

– Erniedrigung der Konzentration einer beliebigen volatilen Substanz im Endprodukt-Erniedrigung des Partialdrucks, Entfernen von Monomeren, Dekontamination flüchtiger Subsatnzen;

– Erniedrigung der Dichte eines geschäumten Produkts-Erhöhung des Partialdrucks des Treibmittels im MRS.

[0062] So kann z. B. bei der Verarbeitung von Polyester- zur Erzielung einer vorgegebenen Produktqualität – hier Schmelzeviskostät – durch die effiziente Möglichkeit der Entfernung von Wasser, im Vorverarbeitungsschritt der Kristallisation und Trocknung die einzustellende Restfeuchte höher gewählt werden, was für die Vortrocknung einer Reduktion der Prozesstemperatur und/oder einer Reduktion der Prozesszeit und/oder einer Erhöhung des Taupunkts entspricht. Im Grenzfall kann der Vorverarbeitungsschritt-Vortrocknung auch ganz entfallen.

[0063] Zur Ermittlung des notwendigen Partialdrucks von Wasser im Prozessteil des MRS wählt man die Parameter der Vorbehandlung vor und ermittelt anhand der Materialeigenschaften der verarbeiteten Schmelze oder des Endprodukts den notwendigen Partialdruck des Wassers im MRS.

[0064] Ausgehend von diesem Prozesspunkt kann nun die Produktqualität – hier Schmelzeviskosität – durch weitere Reduktion des Drucks gesteigert werden.

[0065] Der Extruder kann auch genutzt werden, um geschäumte Kunststoffe, insbesondere Schaumprodukte aus PE, PP, PS und PET wiederzuverwerten. Die effiziente Entgasung erlaubt es die geschäumten Kunststoffe kostengünstig zu kompaktieren.

[0066] Die Mischwirkung des Extruders kann zudem genutzt werden, um aus sehr unterschiedlichen Polymeren eine homogene Schmelze herzustellen. Hierbei hat sich insbesondere die Verarbeitung aus Folienmahlgütern aus Mehrschichtfolien oder laminierten Folien, z. B. PET + PE oder PET + PETG bewährt. Diese Folienmahlgüter können nicht mit herkömmlichen Trocknungsverfahren getrocknet werden, da die Trocknungstemperatur der einen Komponente

oberhalb der Erweichungstemperatur der anderen Komponente liegt. Da mit dem Extruder, wegen der effizienten Entgasung auch ungetrocknete Rohstoffe verarbeitet werden können ergibt sich hier eine besonders große Vereinfachung des Verarbeitungsverfahrens.

Bezugszeichenliste

1 Extruder
2 Extrusionsnachfolgewerkzeug
3 Materialzuführung
4 Eingangsextruderteil
5 Mehrschneckenextruderteil
6 Ausgangsextruderteil
7 Schmelzefilter
8 Messvorrichtung
9 Anlagen-Steuereinheit
10 Motor
11 Heizvorrichtung
12 Vakuumsystem
13 Online-Viscometer
14 Schmelzetemperatursensoren
15 Schmelzedruckaufnehmer

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 1434680 B1 [0003, 0031]
- DE 102014203654 B4 [0003, 0031]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- DIN 6167 [0042]
- DIN 6167 [0050]

Schutzansprüche

1. Extrusionsanlage zur Herstellung von Formstücken aus Kunststoffen mit einem Extruder (**1**) zur Gewinnung von Kunststoffschmelzen, der ein Eingangsextruderteil (**4**) zur Aufnahme, Erschmelzung und Durchwalkung von Kunststoffmaterial, ein mit dem Eingangsextruderteil (**4**) verbundenen Mehrschneckenextruderteil (**5**) und ein Ausgangsextruderteil (**6**) zur Ausgabe der Schmelze aufweist, mit einer dem Eingangsextruderteil (**4**) zugeordneten Materialzuführung (**3**) für feste, flüssige und/oder gasförmige Roh- oder Zuschlagstoffe, mit einem Motor (**10**) zum Drehantrieb des Extruders (**1**), mit einer Heizvorrichtung (**11**) und mit einem, zumindest dem Mehrschneckenextruder (**5**) zugeordneten Vakuumsystem (**12**), **dadurch gekennzeichnet,**
dass an dem Ausgangsextruderteil (**6**) eine Messvorrichtung (**8**) und ein Extrusionsnachfolgewerkzeug (**2**) angeordnet sind,
dass eine Anlagen-Steuereinheit (**9**) zum Empfang von Messsignalen der Messvorrichtung (**8**) und Steuerung der einzelnen Komponenten der Extrusionsanlage (**1** bis **15**) vorgesehen und derart ausgebildet ist, dass Dosierung und/oder Füllgrad und/oder Verweilzeit und/oder Extruderdrehzahl, und/oder Vakuum mittels Materialzuführung (**3**) und/oder über den Motor (**10**) und/oder über das Vakuumsystem (**12**) derart regelbar und einstellbar sind, dass die jeweiligen zu erstellenden Formstücke optimale Eigenschaften in Bezug auf ihre an sie gestellten Anforderungen aufweisen.

2. Extrusionsanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Messvorrichtung (**8**) ein Online-Viscometer (**13**) zur Online-Messung der Schmelzeviskosität aufweist.

3. Extrusionsanlage nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Messvorrichtung (**8**) Schmelzedruckaufnehmer (**15**) zur Steuerung des Vakuums im Extruder (**1**) mittels der Anlagen-Steuereinheit (**9**) zur Einstellung der Schmelzeviskosität aufweist.

4. Extrusionsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Anlagen-Steuereinheit (**9**) derart ausgebildet ist, dass aus den Extrusionsnachfolgewerkzeugen (**2**) abgeleitete Eigenschaften Messwerte zur Steuerung der einzelnen Komponenten der Extrusionsanlage (**1** bis **15**) ermittelt werden.

5. Extrusionsanlage nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Anlagen-Steuereinheit (**9**) die Betriebsparameter der Extrusionsnachfolgewerkzeugen (**2**) als Messwerte zur Steuerung der einzelnen Komponenten der Extrusionsanlage (**1** bis **15**) zugeführt werden.

6. Extrusionsanlage nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Anlagen-Steuereinheit (**9**) als Betriebsparameter der Extrusionsnachfolgewerkzeuge (**2**) die Lastaufnahme von Reckwerken zum Längen von Folienbahnen entlang ihrer Längsrichtung zur Steuerung der Schmelzeviskosität und/oder die Motorlast von Antriebsaggregaten zugeführt werden.

7. Extrusionsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Messvorrichtung (**8**) derart ausgebildet ist, dass der Gelbwert der Schmelze online erfasst und mittels der Anlagen-Steuereinheit (**9**) eine ggf. erforderliche Lösungsmittelzugabe steuert.

8. Extrusionsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet,** dass das dem Extruder (**1**) zur Entfernung von Gasen oder Stoffen aus der Schmelze zugeordnete Vakuumsystem (**12**) gesteuert von der Anlagen-Steuereinheit (**9**) aufgrund der Messwerte der Messvorrichtung (**8**) die Schmelze mit einem erforderlichen Druck beaufschlagt.

9. Extrusionsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Anlagen-Steuereinheit (**9**) derart ausgebildet ist, dass sie die am Extruder (**1**) einzustellenden Parameter, wie beispielsweise Drücke, Füllgrad, Verweilzeit und Temperatur, entsprechend der geometrischen Parameter der spezifischen Oberfläche aus schon bekannten Einstellungen bekannter Anlagen errechnet.

10. Extrusionsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Anlagen-Steuereinheit (**9**) derart ausgebildet ist, dass durch Steuerung des Vakuums insbesondere die im laufenden Betrieb gemessenen Eigenschaften der Schmelze, des extrudierten Formkörpers und/oder des Endprodukts geregelt werden.

11. Extrusionsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet,** dass das Eingangsextruderteil (**4**) und/oder das Ausgangsextruderteil (**6**) eine zentrale Schnecke oder eine Doppelschnecke aufweisen.

12. Extrusionsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet,** dass das Mehrschneckenextruderteil (**5**) innenliegende Satellitenschnecken aufweist, welche durch ein Getriebe entgegengesetzt zur Rotation der zentralen Schnecken in Rotation versetzt werden.

13. Extrusionsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Extruder (**1**) mit Polymer aus einer Polymerisationsanlage oder anderen Extrusionsanlage beschickbar ist.

14. Extrusionsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Formstücke aus Polymer oder Polymermischungen bestehen, denen weitere Bestandteile, Additive oder Füllstoffe zur Herstellung der gewünschten Produkteigenschaften beigemischt sein können.

15. Extrusionsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet,** dass dem Extruder (**1**) weitere Aggregate wie beispielsweise Plastifizierextruder, Schmelzeextruder, Schmelzepumpen, statische und/oder dynamische Mischer, Mischblöcke, Siebwechsler, Schmelzeventile, Schmelzekühler, Sekundärextruder, Gasinjektoren, Flüssigdosierungen, kontinuierlich arbeitende Reaktoren, Schneidverdichter und/oder Agglomeratoren zugeordnet sind.

16. Extrusionsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet,** dass an dem Ausgangsextruderteil (**6**) ein Schmelzefilter (**7**) angeordnet ist.

17. Extrusionsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Kunststoffrohlinge Kunststoffgranulat, PET-Bottle-Flakes oder Fasermaterialien sind.

18. Extrusionsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet,** dass das Extrusionsnachfolgewerkzeug (**2**) Formstücke aus der Gruppe der Garne wie Filamente, Stapelfasern, POY-Fasern oder -Filamente (partially oriented yarn), FDY-Fasern oder -Filamente (Fully Drawn Yarn), Fasern und/oder Bauschgarn (BCF, Bulked Continuous Filament) erstellt.

19. Extrusionsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet,** dass das Extrusionsnachfolgewerkzeug (**2**) Formstücke wie Platten, axial oder biaxial verstreckte Folien, Bänder und/oder Bändchen erstellt.

20. Extrusionsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 19, **dadurch gekennzeichnet,** dass das Extrusionsnachfolgewerkzeug (**2**) Formstücke wie Granulat, Rohre, Profile, Netze, Spinnvliese, Meltblown-Vliesstoffe und/oder Spritzgussformkörper erstellt.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

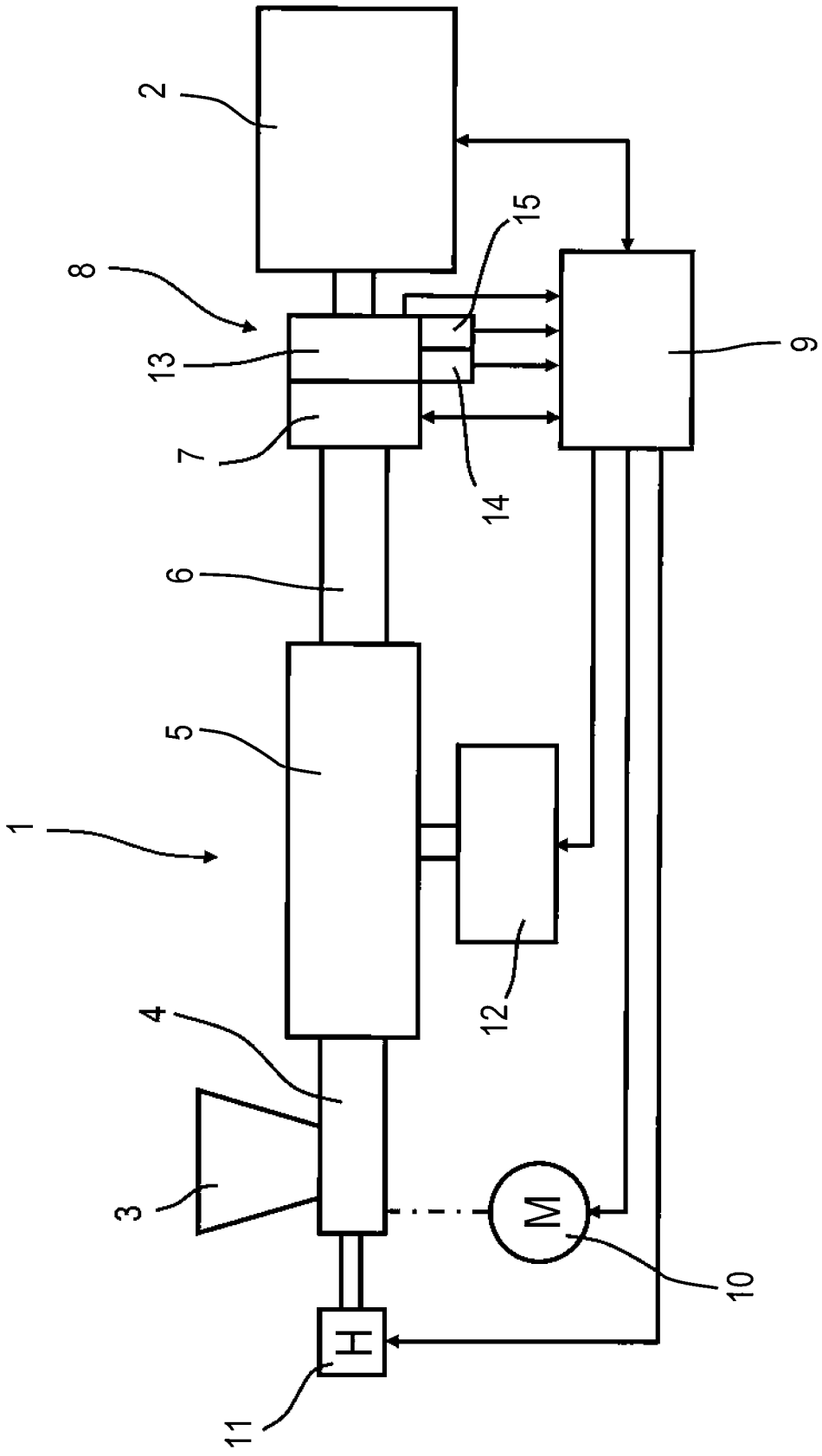


FIG 1