(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2016 007 290 A1** 2017.12.21

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 007 290.3**
(22) Anmeldetag: **16.06.2016**
(43) Offenlegungstag: **21.12.2017**

(51) Int Cl.: ***B29C 47/42*** (2006.01)
B29C 47/08 (2006.01)
B29C 47/10 (2006.01)
B29B 17/00 (2006.01)
C08J 11/10 (2006.01)

(71) Anmelder:
Entex Rust & Mitschke GmbH, 44805 Bochum, DE

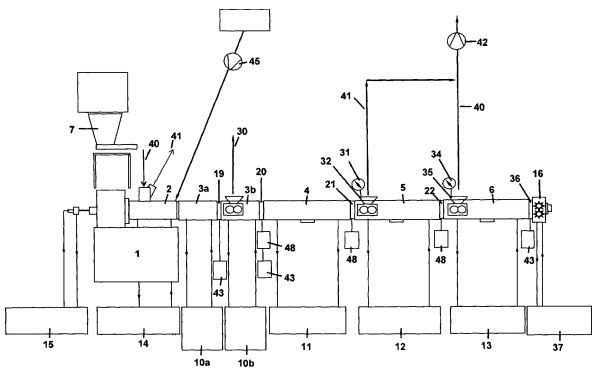
(72) Erfinder:
Rust, Harald, 44805 Bochum, DE

(74) Vertreter:
Kaewert, Klaus, 40593 Düsseldorf, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Starter für das Devulkanisieren von Altgummi**

(57) Zusammenfassung: Nach der Erfindung findet zum Devulkanisieren von Altgummi ein als Planetwalzenextruderabschnitt ausgebildetes Füllteil Anwendung.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft das Devulkanisieren von Altgummi. Gummi besteht aus Naturkautschuk und/oder künstlich hergestellten Elastomeren, deren Moleküle eine Vernetzung erfahren haben. Bekannt sind dabei unter anderem Schwefel-Kohlenstoffverbindungen und Schwefel-Schwefel-Verbindungen zwischen den Molekülen. Dabei wird auch von Querverbindungen gesprochen. Durch das Vernetzen ändern sich die Materialeigeschaften drastisch. Das betrifft insbesondere die Festigkeit, Elastizität und die Wärmebelastungsfähigkeit.

[0002] Überwiegend kommt Gummi in der Fahrzeugindustrie zur Anwendung. Die Belastbarkeit von Fahrzeugreifen ist legendär. Je nach Laufkilometer der Reifen ergibt sich ein Verschleißzustand, der sich daran mißt, wie stark das Profil der Reifen abgefahren ist. Wenn das Profil eine bestimmte Dicke unterschritten hat, muß ein Reifenwechsel vorgenommen werden. Es fallen Altreifen bzw. Altgummi an.

[0003] Es gibt zwar verschiedene Vorschläge zur chemischen Aufbereitung von Altgummi, der Aufwand ist jedoch so hoch, daß bisher davon kaum Gebrauch gemacht wird. Vielmehr wird Altgummi vorzugsweise der Verbrennung zugeführt. Dabei hat sich die Zementindustrie als großer Abnehmer erwiesen. Dort wird der Altgummi in den Drehrohröfen mitverbrannt. Die Zementdrehrohrofen besitzt eine lange Verbrennungsstrecke, so daß unverbrannte Gase nachverbrannt werden. Eine Belastung der Umwelt aus unverbrannten Gasen der Altreifenverbrennung wird damit ausgeschlossen. Die Zementindustrie verlangt für die Altreifenverbrennung jedoch zumeist einen Entsorgungsbeitrag. Die Entsorgung der Altreifen wird außerdem nicht mehr als zeitgemäß angesehen.

[0004] Deshalb bemüht man sich seit langem um das Recycling von Gummi und Elastomeren. Dabei werden verschiedene Wege gegangen. Nach der DE60004885T2 werden zum Devulkanisieren von gehärteten(vernetzten) Elastomeren und Gummi Modifizierungsmittel eingesetzt. Diese Modifizierungsmittel bestehen ganz oder teilweise aus Adipinsäure oder Oxalsäure. Ferner finden Additive Anwendung, die aus Schwefel, Zinkoxid und Stearinsäure bestehen. In der DE 909041 sind als Modifizierungsmittel Edeleanuextrakte vorgesehen, die aus Erdölverarbeitung gewonnen werden. Dabei handelt es sich zum Beispiel um Kerosin, Nitrobenzol, Furfurol, Phenol, Dichlordiäthylenäther, Die DE 60008279T2 sieht Aminverbindungen als Devulkanisierungsmittel/ Modifizierungsmittel vor. Die DE60215210T2 sieht aromatisches Öl, naphthenisches Öl oder paraffinisches Öl als Devulkanisierungsmittel vor. Die 60306089T2 sieht 2-Butanol und Kohlendioxid als Devulkanisierungsmittel vor. Auch die DE60120804T2 sieht Modifizierungsmittel vor. Allerdings wird das Öl aus dem Recyclat selbst gewonnen.

[0005] Die Modifizierungsmittel haben den Nachteil, daß die Modifizierungsmittel ganz oder teilweise in dem Recyclat verbleiben und die Verwendbarkeit des Recyclats ganz stark beschränken.

[0006] Es ist auch ein Devulkanisieren ohne chemische Mittel bekannt. Bevorzugt finden dabei Mikrowellen und Ultraschallwellen Anwendung. Mit den Wellen wird eine starke mechanische Belastung des Gummis und der Elastomere erzeugt, mit denen die Molekülketten aufgebrochen werden sollen. Die mechanische Belastung kann durch Anwendung von Wärme bzw. durch hohen Dampfdruck ergänzt werden. Gleichwohl wird diese Art der Devulkanisation als unzureichend angesehen, vgl. zum Beispiel die DE60120804T2.

[0007] Einen anderen Weg zur Devulkanisation bietet die WO2011/091966. Dabei wird vernetztes Altgummi und vernetzte Elastomere, die mechanisch und/oder thermisch zumindest teilweise zerstörbar ist, mittels Extruder devulkanisiert. Insbesondere soll Altgummi und Elastomere, deren Vernetzung auf einer Schwefelverbindung basiert, devulkanisiert werden. Der Schwefel wird durch mechanische und thermische Belastung frei gesetzt und von dem Gummi bzw. den Elastomeren getrennt. Dabei findet ein Planetwalzenextruder Anwendung. Früher war schon bekannt, mit Einschneckenextrudern und Doppelschneckenextrudern eine mechanische Belastung zu verursachen, durch die Molekülgerüste zerbrechen können. Ein entsprechender Stand der Technik ist in der DE60120804T2 wie auch in der DE69329245T2, wie auch in der DE69724239T2 beschrieben.

[0008] Bei Planetwalzenextrudern wird gegenüber einem Doppelschneckenextruder eine sehr viel geringere mechanische Belastung der Molekülgerüste gesehen. Auch wenn die Planetwalzenextruder in einigen Druckschriften als mögliche Extrudervariante angesprochen werden, hatten Planetwalzenextruder bis dahin in Produktionsanlagen für das Recycling von Gummi und Elastomeren keinen Eingang gefunden. Der geringen Erwartung an die mechanische Belastung von Molekülketten durch Planetwalzenextruder entspricht, daß einige Hinweise auf die Verwendung von Planetwalzenextrudern für das Recyclieren von Gummi zugleich mit dem Hinweis auf die Zugabe von oben beschriebenen Devulkanisationsmitteln verbunden sind.

[0009] Die WO2011/091966 baut gleichwohl mit Dispergierringen eine zum Devulkanisieren ausreichende mechanische Wirkung in Planetwalzenextrudern auf. Mit den Dispergierringen wird der Durchtrittsquerschnitt für das im Extruder behandelte Gummi bzw. Elastomer mehr als durch einen Anlaufring reduziert. Üblicherweise besitzen Anlaufringe einen Innendurchmesser, der in etwa gleich dem Durchmesser ist, welche die Mittelachsen der Planetspindeln bei ihrem Umlauf beschreiben. Diverse Bauarten von Anlaufringen zeigen auch einen größeren Innendurchmesser.

[0010] Der Innendurchmesser des vorgesehenen Dispergierringes ist nach der WO2011/091966 vorzugsweise um mindestens 10%, vorzugsweise mindestens 20% und noch weiter bevorzugt mindestens 30% des Maßes der zugehörigen Planetenspindeln kleiner als der vorstehend beschriebene Durchmesser der Bewegungsbahn der Planetspindelmitten bei deren Umlauf. Die Reduzierung kann dabei so weit gehen, daß die Dispergierringe die Zentralspindel über das notwendige Spiel für die Drehung der Zentralspindel hinaus lediglich mit einem geringen Spalt umgeben.

[0011] Die Reduzierung des Durchtrittsquerschnittes kann sogar so weit gehen, daß der Dispergierring in eine Nut der Zentralspindel eingreift. Dabei kann der Dispergierring zum Beispiel sogar nur noch einen Spalt von wenigen Millimetern, im Extremfall von zum Beispiel einem Millimeter, bis zum Zahngrund für den Durchtritt von Gummi und Elastomeren offen lassen.

[0012] Dabei kann es von Vorteil sein, die Nut um ein geringes Maß, zum Beispiel um das Maß von einem Millimeter, über den Zahngrund der Verzahnung an der Zentralspindel hinaus in die Zentralspindel einzuarbeiten. Solche Ringe sind vorzugsweise mehrteilig ausgeführt, so daß die Ringe um die Zentralspindel herum und in der Nut greifend zusammen gesetzt werden können, wenn der Planetwalzenextruder oder Planetwalzenmodul zur Montage des Dispergierringes vorbereitet ist.

[0013] Vorzugsweise wird das Verfahren zur Aufbereitung von Altgummi eingesetzt, das von metallischen Verstärkungseinlagen befreit ist. Metallische Verstärkungseinlagen kommen insbesondere an Altreifen vor. Es handelt sich um Stahleinlagen, welche die Fahrzeugreifen in der gewünschten Form halten. Für die Trennung von Gummi und Metall eignen sich verschiedene Verfahren.

[0014] Wahlweise wird das Altgummi stark gekühlt und in dem stark gekühlten Zustand in einer Mühle zerkleinert. In gekühltem Zustand wird die Zerkleinerung leichter, weil die Nachgiebigkeit von Gummi abnimmt. Je kälter das Gummi ist, desto leichter wird die Zerkleinerung.

[0015] Nach der WO2011/091966 werden Gummi und Elastomere als Schnitzel in den Extruder eingesetzt. Der mittlere Schnitzeldurchmesser beträgt vorzugsweise 5 bis 40 mm, nach weiter bevorzugt 15 bis 30 mm.

[0016] Im Planetwalzenextruder läßt sich die Temperatur des Behandlungsgutes sehr gut einstellen, weil das Behandlungsgut bzw. Gummi und Elastomere großflächig und dünnschichtig ausgewalzt werden. Dadurch wirkt der Planetwalzenextruder als großflächiger Wärmetauscher. Einschneckenextruder und Doppelschneckenextruder mit vergleichbarer Baugröße besitzen eine vergleichsweise kleine Wärmetauscherfläche.

[0017] Die Planetwalzenextruder besitzen eine mittig angeordnete, angetriebene Zentralspindel. Die Zentralspindel ist außen üblicherweise mit einer Evolventenverzahnung versehen. Es gibt auch andere Verzahnungsarten. Die Evolventenverzahnung besitzt üblicherweise eine 45 Grad-Schrägung der Zähne. Es gibt auch unterschiedliche Zahngrößen. Dabei wird nach Zahnmodulen unterschieden.

[0018] Die Zentralspindel wird von einem Gehäuse umgeben, das eine Innenverzahnung besitzt. Die Innenverzahnung hat den gleichen Zahnmodul wie die Außenverzahnung an der Zentralspindel.

[0019] Zwischen dem Gehäuse und der Zentralspindel sind mehrere Planetenspindel gleichmäßig am Umfang der Zentralspindel verteilt angeordnet. Die Planetspindeln besitzen eine Außenverzahnung mit gleichem Modul wie die Zentralspindel und die Gehäuseverzahnung. Die Planetspindeln kämmen mit der Zentralspindel und der Innenverzahnung des Gehäuses.

[0020] Die umlaufenden Planetspindeln gleiten in Förderrichtung vorn an einem Gleitring bzw. Anlaufring, so daß deren Umlaufbahn in axialer Richtung bestimmt ist. Wegen der weiteren Einzelheiten üblicher Planetwalzenextruder wird zum Beispiel auf folgende Druckschriften Bezug genommen: DE 10 2009 019 846, DE 10 2009 013 839, DE 10 2008 063 036, DE 10 2008 018 686, DE 10 2007 058 174, DE 10 2007 050 466, DE 10 2007 041 486, DE 10 2007 040 645.

[0021] Das Einsatzgut wird im Planetwalzenextruder zwischen den miteinander kämmenden Zähnen dünnschichtig ausgewalzt. Dadurch entsteht eine starke Knetwirkung auf das Altgummi. Durch die Knetwirkung wird Wärme in das Altgummi getragen. Die entstehende Wärme wird nach Bedarf zur Aufwärmung des Einsatzmaterials genutzt oder durch Kühlung aus dem Extruder ausgetragen.

[0022] Die Knetwirkung kann durch unterschiedliche Zahl und/oder unterschiedliche Ausbildung der Planetspindeln beeinflußt werden. Die Zahl der Planetspindeln beträgt vorzugsweise mindestens 5, vorzugsweise mindestens 6. Je größer der Durchmesser der Zentralspindel ist, desto mehr Planetspindeln sind üblicherweise in einem Modul/Abschnitt vorgesehen. So können zum Beispiel bei größeren Baugrößen ohne weiteres 24 und mehr Spindeln zum Einsatz kommen. Die Planetspindeln können zum Beispiel als Normalspindeln, als Igelspindeln oder Noppenspindeln ausgebildet sein, wie sie in der DE 10 2004 048 440 oder in der US 7476416 beschrieben sind. Die Normalspindeln besitzt eine von einem Ende zum anderen Ende durchgehend gleiche Verzahnung. Die Igelspindel baut auf der Normalspindel auf. in Abständen sind bei den Igelspindeln ringförmig umlaufende Ausnehmungen in die Verzahnung eingearbeitet, so daß in einer seitlichen Betrachtung einer Spindel eine meandernde Kontur ersichtlich ist. Die Noppenspindel baut auch auf einer Normalspindel auf. Dabei ist die Spindel allerdings nach der Normalverzahnung mit einer gegenläufigen Verzahnung versehen, welche die Normalverzahnung kreuzt. Das heißt, in die Zähne der Normalverzahnung werden mit der gegenläufigen Verzahnung Lücken von bestimmter Form und Folge geschnitten. Die von der Normalverzahnung bleibenden Zähne zeigen eine Noppenform. Durch die Lücken reduziert sich die Förderwirkung der Planetspindeln, während die Knetwirkung zunimmt. Außerdem unterscheidet sich der Knetvorgang mit den Noppen von dem Knetvorgang mit der Normalspindel und der Igelspindel.

[0023] Die zu den Igelspindeln und Noppenspindeln genannten Druckschriften beschreiben weitere nützliche Einzelheiten von Planetwalzenextrudern, die für eine Devulkanisierung geeignet sind.

[0024] Die Temperatur des Behandlungsgutes wird im Planetwalzenextruder durch Zuführung von Wärme bzw. durch Kühlung auf ein für die Devulkanisierung gewünschtes Niveau gebracht. Dieses Niveau liegt nach der WO2011/091966 zwischen 250 und 350 Grad Celsius, vorzugsweise zwischen 250 und 300 Grad Celsius. Die Knetwirkung und Wärmewirkung wird für die Dauer von 1 bis 4 min, vorzugsweise 1,5 bis 3 min aufrecht erhalten. Diese Dauer entspricht der Aufenthaltsdauer in dem Planetwalzenextruder. Bei der Knetung und Erwärmung des Altgummis im Planetwalzenextruder wird die Schwefel-Verbindung gesprengt. Der Schwefel geht in einen gasförmigen Zustand über. Das Gas wird abgesaugt. Am Extruder wird das als Entgasung bezeichnet.

[0025] Die genaue Bestimmung der materialabhängigen jeweils richtigen Knetwirkung und Temperatur läßt sich durch Änderung der Durchlaufzeit und Änderung der Temperatur in wenigen Versuchen anhand der Versuchsergebnisse erreichen. Bei richtiger Devulkanisierung entsteht nach entsprechender Behandlungsdauer/ Aufenthaltsdauer von Gummi und Elastomeren ein flockiges Material ohne nennenswerte Festigkeit. Bei zu hoher Temperatur zeigt das Behandlungsgut/Einsatzmaterial die Überhitzung optisch, zum Beispiel als Verbacken. Bei zu geringer Temperatur wird die Vernetzung nicht ausreichend aufgehoben, das ausgetragene Material ist zwar flexibel, zeigt zumindest aber teilweise seine Festigkeit.

[0026] Der Planetwalzenextruder ist für die gewünschte Temperierung von Altgummi besonders geeignet, wenn das Gehäuse innenseitig in bekannter Weise eine Buchse besitzt, die zentralspindelseitig mit der beschriebenen Innenverzahnung versehen ist und außenseitig mit einer gleichen Normalverzahnung oder anderen Normalverzahnung versehen ist. Die Buchse wird vorzugsweise in das Gehäuse geschrumpft. Dazu wird die Buchse gekühlt, so daß sich der Durchmesser ausreichend verringert, um in das Gehäuse geschoben zu werden. Bei der Wiedererwärmung dehnt sich die die Buchse und sitzt die Buchse fest in dem Gehäuse. Das Gehäuse kann auch auf die Buchse geschrumpft werden. Dann wird das Gehäuse erwärmt und dehnt sich das Gehäuse, so daß die Buchse in das Gehäuse geschoben werden kann. Nach Abkühlung umschließt das Gehäuse die Buchse fest. Sowohl beim einen Schrumpfvorgang wie auch beim anderen Schrumpfvorgang verschließt das Gehäuse die Gänge der außenseitigen Verzahnung an der Buchse. Dadurch können diese Gänge als Kanäle für die Durchleitung von Temperierungsmittel genutzt werden. Die Kanäle werden vorzugsweise durch einen Ringkanal an den Gehäuseenden miteinander verbunden. Der eine Ringkanal ist zulaufseitig vorgesehen und mit einer Zulaufleitung verbunden. Der andere Kanal ist ablaufseitig vorgesehen und mit einer Ablaufleitung verbunden. Beide Leitungen sind Bestandteil einer Temperierung. Als Temperierungsmittel dient beim Devulkanisieren Öl. Das Öl wird durch die Kanäle gepumpt. Je nach Öltemperatur bewirkt das eine Kühlung oder Beheizung.

[0027] Je nach Materialbeschaffenheit des Altgummis kann ein Extruder verwendet werden, dessen Länge ausreicht, um die gesamte Devulkanisierung in einem Extruder vorzunehmen. Das heißt, der Extruder hat dann

eine Länge, in der sich die gesamte gewünschte Verweilzeit darstellen läßt. Vorzugsweise finden jedoch Extruder Anwendung, die aus miteinander fluchtenden Modulen/Abschnitten zusammengesetzt sind. Jeder Modul besitzt ein eigenes Gehäuse und eigene Planetspindeln und einen eigenen Anlaufring. Vorzugsweise ist für alle miteinander fluchtenden Module/Abschnitte eine gemeinsame Zentralspindel vorgesehen. Die Module/Abschnitte besitzen wahlweise insgesamt oder teilweise eine Länge von kleiner/gleich 800 mm, vorzugsweise von kleiner/gleich 600 mm und noch weiter bevorzugt von kleiner/gleich 500 mm. Durch kleinere Längen einzelner oder aller Module/Abschnitte kann eine Anpassung an unterschiedliche Temperaturanforderung erfolgen. Darüber hinaus kann die Temperierung an einem längeren Extrudermodul/Extruderabschnitt auch in verschiedene Abschnitte unterteilt werden, die in axialer Richtung hintereinander liegen. Es können aber auch Modullängen von mehr als 1000 mm, zum Beispiel 1400 mm Anwendung finden. Je größer der Extruderdurchmesser ist, desto größer wird in der Regel der Durchsatz. Mit der Erhöhung des Durchsatzes kann sich die Verweildauer von Gummi und Elastomeren in dem Extruder verlängern und eine größere Extruderlänge ergeben.

[0028] Mit der Modulbauweise/Abschnittsbauweise eröffnet sich am Planetwalzenextruder auch die Möglichkeit zur Änderung der Knetwirkung durch Änderung der Verzahnung bzw. durch Einbau von Modulen mit unterschiedlicher Verzahnung.

[0029] Soweit gleiche Module bereits vorgesehen sind, kann im Nachhinein noch eine Änderung der Knetwirkung und Durchlaufzeit durch Auswechselung der Plenetspindeln bzw. durch Reduzierung der Planetspindelzahl erreicht werden. Dies beinhaltet bei einem Wechsel des Einsatzgutes einen gravierenden praktischen Vorteil. In dem Sinne können Noppenspindeln mit Normalspindeln und/oder mit Igelspindeln kombiniert werden. Die Noppenspindeln stellen das eine Extrem für die Bearbeitung von Gummi im Extruder dar, die Wirkung von Igelspindeln und Normalspindeln weicht davon ab. Wenn sich zeigt, daß die Durchlaufzeit in obigem Sinne zu lang ist, können einzelne oder mehrere Noppenspindeln gegen Igelspindeln oder Normalspindeln ausgewechselt werden. Wahlweise finden auch zur Verkürzung der Durchgangszeit Transportspindeln Anwendung, wie sie in der EP702739 beschrieben sind. Das heißt, es werden einzelne oder mehrere Noppenspindeln gegen Transportspindeln ausgewechselt. Die Transportspindeln bauen gleichfalls auf den Normalspindeln auf. Dabei werden nach der Normalverzahnung einer Spindel einzelne oder mehrere Zähne aus der Spindel herausgearbeitet.

[0030] Günstig ist bei der Verarbeitung von Gummi oder dergleichen auch eine unterschiedliche Länge der Planetspindeln, so daß das in einen Planetwalzenmodul eingespeiste Material schonend und nicht schlagartig insgesamt von der Verzahnung ergriffen wird.

[0031] Die Anwendung des nach der WO2011/091966 vorgesehenen Verfahrens hat zu einer erfolgreichen Devulkanisierung von Altgummi geführt. Dabei setzt sich die verwendete Anlage aus einem Füllteil und verschiedenen Planetwalzenmoduln zusammen.

[0032] Die DE 10 2015 010 460 geht von der Überlegung aus, die nach Verlassen des Füllteiles vorgesehene Aufwärmung des Einsatzmaterials auf Starttemperatur für die Devulkanisierung von der Devulkanisierung zu trennen. Bereits für die Aufwärmzone ist die Verwendung eines Dispergierringes von Vorteil. Dieser Ring trägt zur mechanischen Bearbeitung des Einsatzmaterials bei. Außerdem vergleichmäßigt der Dispergierring den Materialfluß in die Aufwärmzone. Das erleichtert die Steuerung der Aufwärmung.

[0033] Nach der DE 10 2015 010 460 ist die Devulkanisierungszone die Zone, in der
- nach Passieren eines Dispergierringes
- unter gleichzeitiger mechanischer Bearbeitung des Altgummis im Planetwalzenextruder
- eine Entgasung des Materials stattfindet.

[0034] Außerdem ist günstig, die Devulkanisierungszone in eine Startphase und in die Phase weiterer Devulkanisierung zu unterteilen.

[0035] Aus Sicht der DE 10 2015 010 460 muß der durch Aufbrechen der molekularen Vernetzung frei werdende Schwefel zumindest weitgehend aus dem Extruder ausgetragen werden, um zu einem Rohstoff mit ausreichender Qualität zu kommen.

[0036] Die Trennung der Aufwärmzone von der Devulkanisierungszone wird durch modularen Aufbau des Planetwalzenextruders erreicht, wobei der Aufwärmzone ein eigener Planetwalzenmodul mit separater Temperierung (Kühlung/Beheizung) zugeordnet wird. Im Extremfall kann die Devulkanisierung in einem einzigen Planetwalzenmodul stattfinden. Vorzugsweise sind jedoch mehrere Planetwalzenmodule mit jeweils separater

Temperierung (Kühlung/Beheizung) erfolgen. Außerdem ist günstig, für die Startphase wie für die Aufwärmzone einen separaten Planetwalzenmodul mit eigener/separater Temperierung (Kühlung/Beheizung) vorzusehen. Der Dispergierring am Anfang der Devulkanisierungszone befindet sich vorzugsweise zwischen dem Modul für die Aufwärmung und dem ersten Modul der Devulkanisierungszone.

[0037] Wahlweise kann noch mindestens ein weiterer Dispergierring im Abstand von dem ersten Dispergierring in der Devulkanisierungszone Anwendung finden, um eine zusätzliche mechanische Belastung aufzubauen. Wie am ersten Dispergierring wird die mechanische Belastung des Einsatzgutes am zweiten Dispergierring auch dadurch erreicht, daß das Einsatzgut durch einen engen Durchtrittsspalt am Dispergierring gezwungen wird.

[0038] Nach der DE 10 2015 010 460 wird der Durchtrittsspalt an einem Dispergierring in Abhängigkeit von der jeweiligen Beschaffenheit des Einsatzgutes gewählt. Für pulverförmiges Einsatzgut wird ein sehr enger Spalt und langer Spalt gewählt, der zwingend zu der gewünschten Verformung und damit verbundenen mechanischen Belastung führt. Entsprechendes gilt für feinkörniges Einsatzmaterial. Bei grobem Material führt auch ein relativ großer und kurzer Spalt zu der gewünschten Verformung und damit verbundenen mechanischen Belastung. Angestrebt wird die Verarbeitung möglichst groben Materials. Das entlastet die Aufbereitung von Altgummi für die Verarbeitung im Planetwalzenextruder. Das heißt, das Altgummi wird durch das zum Beispiel vorgesehene Schreddern und/oder Mahlen nur in eine grobe Körnung gebracht. Das ist mit weniger Arbeit, Aufwand und Kosten als das Schreddern und Mahlen in eine feine Körnung verbunden. Extrem wird die Ersparnis gegenüber einer Pulverform.

[0039] Nach Passieren des ersten Dispergierringes und Bearbeitung in dem zugehörigen Planetwalzenextruderabschnitt ändert sich die Beschaffenheit des Einsatzmaterials. Gummi und Elastomere werden nachgiebiger. Das wird bei der Wahl des nächsten Dispergierringes berücksichtigt. Im Folgenden wird von einer Spaltweite und Spaltlänge der Dispergierringe gesprochen. Damit ist jeweils die Öffnung zwischen Dispergierring und Zentralspindel gemeint. Bei gleichbleibender Temperatur werden vorzugsweise Dispergierringe gewählt, deren Spaltweite mit größer werdender Verarbeitungsstrecke abnimmt und/oder deren Spaltlänge mit größer werdender Verarbeitungsstrecke zunimmt. Die Verarbeitungsstrecke ist die Strecke, auf der das Einsatzmaterial/Behandlungsgut bearbeitet wird. Die Verarbeitungsstrecke wird umso größer, je mehr Planetwalzenextruder zu einer Extruderanlage kombiniert/aneinander gesetzt werden.

[0040] Beispielsweise können sich Extruderanlagen ergeben, in denen die Öffnungsweite

– des zweiten Dispergierringes gegenüber der Öffnungsweite des ersten Dispergierringes um mindestens 5%, vorzugsweise um mindestens 10%, noch weiter bevorzugt um mindestens 15% geringer ist,
– des dritten Dispiergierringes gegenüber der Öffnungsweite des zweiten Dispergierringes um mindestens 5%, vorzugsweise um mindestens 10%, noch weiter bevorzugt um mindestens 15% und höchst bevorzugt um mindestens 20% kleiner ist.
– des dritten Dispiergierringes gegenüber der Öffnungsweite des zweiten Dispergierringes um mindestens 5%, vorzugsweise um mindestens 10%, noch weiter bevorzugt um mindestens 15% und höchst bevorzugt um mindestens 20% kleiner ist.
– des vierten Dispiergierringes gegenüber der Öffnungsweite des dritten Dispergierringes um mindestens 5%, vorzugsweise um mindestens 10%, noch weiter bevorzugt um mindestens 15% und höchst bevorzugt um mindestens 20% kleiner ist.

[0041] Dabei können sich, bezogen auf die Baugröße, für den ersten Dispergierring zum Beispiel folgende Spaltweiten ergeben:

Baugröße	Spaltweite
50 mm	4,5 mm
70 mm	4,5 mm
100 mm	7 mm
150 mm	7 mm
180 mm	9 mm
200 mm	8,5 mm
250 mm	8 mm
280 mm	13 mm

300 mm	16 mm
350 mm	16 mm
400 mm	17 mm

[0042] Die Spaltweite/Öffnungsweite des Spaltes am Dispergierring bezeichnet den Abstand zwischen der Außenfläche der Zentralspindel und der gegenüberliegenden Innenfläche des Dispergierringes an der betreffenden Stelle.

[0043] Die Länge des Spaltes der Dispergierringe ist von deren Dicke abhängig. Die Dicke kann zum Beispiel 1 bis 25 mm, vorzugsweise 3 bis 20 mm betragen.

[0044] Günstig ist eine Veränderbarkeit der Spaltlänge. Im Zweifel erfolgt die Veränderung der Spaltlänge durch Auswechselung eines Dispiergierringes gegen einen anderen Dispiergierring mit größerer oder kleinerer Dicke. Das kann jedoch gleichzeitig zu einer Auswechselung der Zentralspindel zwingen. Vor Vorteil ist, die Zentralspindel unverändert zu lassen. Dazu können die auswechselbaren Dispergierringe gehäuseseitig mit einem gleichbleibend dicken Bund und zentralspindelseitig mit einem Kragen versehen sein, der nach Wahl dicker oder dünner ist.

[0045] Die Ausbildung mit dickerem Bund und dünnerem Kragen erlaubt auch eine Zusammensetzung des Dispergierringes aus zwei Hälften oder mehr Segmenten, die um die Zentralspindel herum zusammengesetzt werden und dabei mit dem Kragen in eine Nut bzw. Eindrehung der Zentralspindel greifen.

[0046] Die Dispergierringe können im Spaltbereich genau zylindrisch sein. Vorzugsweise sind die Dispergierringe an der spaltbildenden Fläche an den Kanten gerundet und zwischen den Kanten mit einer strömungsgünstigen Konizität versehen, so daß keine Toträume im Spalt entstehen. Wahlweise gibt es einen Eintrittskonus und einen Austrittskonus an den Dispierringen. Der Austrittskonus kann länger als der Eintrittskonus sein. Die konischen Flächen der Dispergierringe haben dabei vorzugsweise eine Neigung von 1 Grad bis 45 Grad, noch weiter bevorzugt eine Neigung zwischen 10 Grad bis 35 Grad und höchst bevorzugt eine Neigung von 15 Grad bis 30 Grad zur Mittelachse der Dispergierringe.

[0047] Zu den spaltbildenden Flächen gehören auch die Flächen der Eindrehung. Vorzugsweis sind die Kanten und Ecken der Eindrehung zur Vermeidung von Toträumen auch gerundet. Toträume sind Räume, in denen sich Material absetzen kann, ohne von nachströmendem Material weggeschoben zu werden. Nach der DE 10 2015 010 460 bleibt die Eindrehung in der Zentralspindel vorzugsweise unverändert und erfolgen Änderungen des Spaltes, insbesondere dessen Erweiterung oder Reduzierung und sonstige Formgebung durch Änderung des Dispergierringes.

[0048] Vorteilhafterweise kann durch Temperierung des Extruders auf die Verformungsfähigkeit des Einsatzmaterials Einfluß genommen werden. Durch Erwärmung nimmt die Verformungsfähigkeit zu, durch Kühlung nimmt die Verformungsfähigkeit ab. Das kann auch genutzt werden, um Dispergierringe mit einer Spaltweite bzw. Spaltlänge einsetzen zu können, die bei anderer Temperatur des Einsatzmaterials nur zu einer unzureichenden Bearbeitung des Einsatzmaterials führen.

[0049] Bei modularem Aufbau der Extruderanlage können die Dispergierringe jeweils zwischen zwei Planetwalzenmodulen und/oder einem das Füllteil bildenden und nach Art einer Einschnecke ausgebildeten Modul und einem sich anschließenden Planetwalzenmodul angeordnet werden. Das erleichtert die Montage der Dispergierringe und deren Auswechselung, so daß die Dispergierringe dem jeweiligen Einsatzgut und dem jeweiligen Verarbeitungszustand in der Anlage angepaßt werden können. Das gilt insbesondere für Dispergierringe, die nicht in eine Nut der Zentralspindel greifen.

[0050] Aber auch bei Dispergierringen, welche in eine Nut der Zentralspindel greifen, ist eine Auswechselung der Dispergierringe mit abweichender Spaltlänge möglich, ohne daß die Zentralspindel ausgewechselt werden muß, solange die Nut beibehalten werden kann.

[0051] Die Anordnung zwischen zwei Modulen erlaubt es, die Dispergierringe beim Verspannen der zugehörigen Modulgehäuse-Enden mit zu verspannen. Dieser Vorteil wird üblicherweise auch zur Montage der zu einem Planetwalzenmodul gehörigen Anlaufringe genutzt. Vorzugsweise werden die Anlaufringe und die Dispergierringe in einer gemeinsamen Konstruktion zusammen gefaßt, wenn die Dispergierringe zum Beispiel zwischen zwei Planetwalzenmodulen eingesetzt werden. Die gemeinsame Konstruktion kann ein Zentrierring

sein, in den die Anlaufringe und die Dispergierringe eingelegt werden. Dabei kann beim Verspannen der Gehäuse zum Beispiel das Gehäuse des in Förderrichtung hinteren Moduls gegen den Dispergierring drücken, der Dispergierring gegen den Anlaufring und der Anlaufring gegen das Gehäuse des in Förderrichtung vorderen Moduls. Zugleich wird eine Zentrierung dieser Maschinenteile dadurch bewirkt, daß der Zentrierring in dem Gehäuse des vorderen Moduls zentriert ist, der Anlaufring und der Dispiergierring in dem Zentrierring zentriert ist, und das Gehäuse des in Förderrichtung hinteren Moduls an dem Dispiergierring, weil der Dispergierring gegenüber dem Zentrierring etwas vorsteht und das vorstehende Ende von dem Gehäuse des hinteren Moduls umfaßt wird.

[0052] Der Vorteil der Anordnung der Dispergierringe zwischen zwei benachbarten Planetwalzenmodulen bzw. zwischen einem nach Art einer Einschnecke ausgebildeten Füllteilmodul und einem Planetwalzenmodul kann so groß sein, daß die Modullänge auf die gewünschte Position der Dispergierringe abgestellt wird.

[0053] Im Übrigen kann durch Verwendung von Zentralspindeln, welche gleichfalls modular aufgebaut sind, eine Teilauswechselung der Zentralspindel bei größer werdender Spaltlänge stattfinden. Dann beschränkt sich die Auswechselung auf die betreffenden Spindelteile oder die mit der Auswechselung der betreffenden Spindelteile verbundene Spaltänderung ergänzt die mit einer Auswechselung des Dispergierringes verbundene Spaltbildung.

[0054] Bei modularem Aufbau besteht eine Zentralspindel häufig aus einem mittigen Anker, auf dem verzahnte Hülsen ihrerseits als Module der Zentralspindel aufgeschoben werden. Die Hülsen werden mit dem Anker gegeneinander verspannt. Außerdem kann eine Nut-Feder-Verbindung zwischen dem Anker und den Hülsen vorgesehen sein. Über den Anker wird das zum Bewegen der Zentralspindel notwendige Drehmoment auf die Hülsen übertragen. Üblicherweise wird das Drehmoment mit einem Antriebsmotor erzeugt und über ein Getriebe auf die Zentralspindel übertragen. Darüber hinaus ist es möglich, die verschiedenen Hülsen nach Art von Zahnkupplungen miteinander zu verzahnen, so daß das notwendige Drehmoment auch unmittelbar vom Getriebe auf die Hülsen übertragen werden kann. Dabei gibt eine Hülse das Drehmoment an die andere Hülse weiter. Die Hülsen tragen am äußeren Umfang die notwendige Verzahnung für das Zusammenwirken mit den Planetspindeln in einem Planetwalzenextruder bzw. Planetwalzenmodul. Soweit in der Zentralspindel eine Nut für einen Dispergierring vorgesehen ist, kann die Nut durch ein außen ganz oder teilweise glattes Hülsen/Zentralspindelmodul gebildet werden. Für eine Änderung der mit einem Dispergierring korrespondierenden Nut kann eine Auswechselung eines vorhandenen Zentralspindelmoduls gegen ein passendes anderes Modul erfolgen.

[0055] Die Entgasung erfolgt wie nach der WO2011/091966 vorzugsweise mittels eines Seitenarmextruders, wobei der zur Entgasung genutzte Seitenarmextruder noch weiter bevorzugt senkrecht auf dem Planetwalzenextruder bzw. auf seinem zugehörigen Planetwalzenmodul sitzt. Zur Fortsetzung der Devulkanisation ist von Vorteil, wenn nach jedem weiteren Dispergierring eine weitere Entgasung vorgesehen. Noch weiter bevorzugt erfolgt die weitere Entgasung auch wieder über Seitenarmextruder. Zusätzlich kann eine Entgasung am Extruderaustritt erfolgen. Dann sind am Extruderaustritt ein weiterer Dispergierring und eine Gasabsaugung vorgesehen. Die Gasabsaugung am Extruderaustritt ist sehr wirkungsvoll, weil das Gas aufgrund seiner Wärme expandiert, sich aus dem Einsatzmaterial löst und aufsteigt.

[0056] Bei Verwendung von Seitenarmextrudern zur Entgasung kann das Gas kann dann sehr gut abgesaugt werden. Das geschieht in geringem Abstand von dem Dispergierring, der dem betreffenden Modul vorgeschaltet ist. Dort bildet sich der größte Hohlraum bei der vorgesehenen Teilfüllung des Moduls.

[0057] Wenn eine Anlage nach der WO2011/091966 vier Planetwalzenmodule besitzt, ergibt sich nach der DE 10 2015 010 460 mit der separaten Aufwärmphase und der separaten Startphase eine Zahl von 5 Planetwalzenmodulen. Dabei kann sich zwar eine größere Gesamtlänge ergeben, die Gesamtlänge der Anlage unterscheidet sich jedoch vorzugsweise nicht wesentlich von der Länge einer Anlage nach der WO2011/091966. Die Module für die Aufwärmzone und für die Startphase müssen nach der DE 10 2015 010 460 zusammen nicht länger als ein nach der WO2011/091966 vorgesehener Planetwalzenmodul sein. Die DE 10 2015 010 460 schließt allerdings auch eine größere Gesamtlänge oder eine kleinere Gesamtlänge ein. Wahlweise können die Module für die Aufwärmzone und die Startphase dabei gleiche Länge aufweisen. Je nach Baugrößen der Planetwalzenextruder/Module ergeben sich folgende bevorzugte Längen

Baugröße	Modullänge Aufwärmzone	Modullänge Startphase
50iger bis 70iger	100 bis 300 mm	100 bis 300 mm
100er bis 150iger	250 bis 600 mm	250 bis 650 mm
170iger bis 250iger	300 bis 650 mm	300 bis 650 mm
280iger bis 300er (schwere Ausführung)	320 bis 800 mm	320 bis 800 mm
350iger	300 bis 650 mm	300 bis 650 mm
400er (schwere Ausführung)	320 bis 800 mm	120 bis 800 mm
400er	320 bis 800 mm	320 bis 800 mm
500er bis 1000er	350 bis 1000 mm	350 bis 1000 mm
500er bis 1000er Schwere Ausführung	350 bis 1000 mm	350 bis 1000 mm

[0058] Die Baugröße entspricht dem Teilkreisdurchmesser der Innenverzahnung im Gehäuse bzw. in der Gehäusebuchse.

[0059] In der Aufwärmzone wird die für den Start der Devulkanisation notwendige Energie zugeführt. Das erfolgt durch die mechanische Bearbeitung in der Aufwärmzone und durch eine Beheizung der Aufwärmzone. Je stärker Energie durch mechanische Bearbeitung in das Einsatzmaterial eingetragen wird, desto weniger Energiezufuhr durch Beheizung ist erforderlich und umgekehrt. Je stärker beheizt wird, desto geringer kann die mechanische Bearbeitung sein. Die hat erkannt, daß eine starke Beheizung mit einer Temperatur des Temperierungsmittels von mehr als 300 Grad Celsius bei geringer Drehzahl der Zentralspindel in der Aufwärmzone von Vorteil ist.

[0060] Vorzugsweise ist dort eine Temperatur von mehr als 320 Grad Celsius, noch weiter bevorzugt von mehr als 340 Grad Celsius vorgesehen. Die Temperatur des Beheizungsmittels kann auch zwischen 350 und 400 Grad Celsius liegen. Infolge der kurzen Verweildauer des Einsatzmaterials in der Aufwärmzone und infolge der intensiven Materialmischung in der Aufwärmzone und des damit verbundenen Energieeintrages erfährt das Einsatzmaterial dadurch eine sehr schnelle Aufwärmung auf Starttemperatur für die Devulkanisierung. Die Starttemperatur ist materialabhängig und wird zweckmäßigerweise im Labor bestimmt. Die Starttemperatur kann auch in der Anlage ermittelt wird, indem

– eine Temperatur eingestellt wird, die mit Sicherheit im Startbereich liegt und
– die Temperatur anschließend heruntergefahren wird, bis das ausgetragene devulkanisierte Material eine gewünschte Qualität erreicht hat

[0061] Vorzugsweise liegt die Starttemperatur unter 300 Grad Celsius und wird die Temperatur in weiteren Teilen der Devulkanisierungszone nicht über die Starttemperatur erhöht. Noch weiter bevorzugt wird die Temperatur in den weiteren Teilen der Devulkanisierungszone niedriger als die Starttemperatur gehalten. Dabei kann es zweckmäßig sein, die Temperatur von Planetwalzenmodul zu Planetwalzenmodul zu verringern, um Viskosität des Einsatzmaterials während der Devulkanisation auf einem gleichen Niveau zu halten. Es kann auch die Viskosität durch Änderung der Kühlung und gegebenenfalls durch Beheizung verändert werden. Bei gleichbleibender Viskosität des Einsatzmaterials können in allen dafür vorgesehenen Planetwalzenmodulen der Devulkanisationszone gleiche Dispergierringe Anwendung finden. Das erleichtert die Vorratshaltung für die Dispergierringe. Bei gewünschter Änderung der Viskosität finden für weitere Verformungsarbeit in der Devulkanisationszone finden vorzugsweise unterschiedliche Dispergierringe Anwendung.

[0062] Die zugehörige Temperatur des Temperierungsmittels liegt in entsprechender Höhe zur Temperatur des Einsatzmaterials/Behandlungsgutes. Entsprechend heißt bei Kühlung: die Temperatur des Temperierungsmittels ist geringer als die des Einsatzmaterials, um das notwendige Temperaturgefälle zur Erzeugung des gewünschten Wärmeflusses vom Einsatzmaterial zum Temperierungsmittel zu bewirken. Entsprechend heißt bei Beheizung: die Temperatur des Temperierungsmittels ist höher als die des Einsatzmaterials, um das notwendige Temperaturgefälle zur Erzeugung des gewünschten Wärmeflusses von dem Temperierungsmittel zum Einsatzmaterial zu erzeugen.

[0063] Das Einstellen einer Temperatur, welche unter dem Startbereich liegt, und ein anschließendes Hochfahren der Temperatur sind nicht empfehlenswert, weil das leicht zu einem Betriebsstillstand führen kann.

[0064] Bis zu einer Temperatur von 350 Grad Celsius kann mit handelsüblichen Ölen als Temperierungsmittel gearbeitet werden. Über 350 Grad Celsius kann zwar auch mit Öl als Temperierungsmittel gearbeitet werden. Das Öl soll nach der Erfindung jedoch unter Stickstoff oder einem anderen inerten Mittel stehen, um einer Entzündung des Öls entgegen zu wirken.

[0065] Für die Temperierung des Einsatzmaterials ist von Vorteil, wenn die Anlaufringe und/oder alle Zwischenringe und/oder alle Dispergierringe mit einer Temperierung versehen sind. Dazu sind dann in den Ringen entsprechende Kanäle vorgesehen, die mit Temperierungsmittel beaufschlagt werden. Wenn die Ringe entweder dicht am Spalt oder sogar im Spalt zwischen den Planetwalzenmodulen angeordnet sind, kann das Temperierungsmittel mit einer Leitung durch den Spalt zu den Ringen geführt bzw. durch den Spalt von den Ringen wieder abgeführt werden.

[0066] Vorzugsweise wird zumindest die Temperatur des Einsatzmaterials bzw. des bearbeiteten Materials an allen Anlaufringen und/oder Zwischenringen und/oder Dispergierringen kontrolliert. Noch weiter bevorzugt wird auch der Druck an den Dispergierringen, noch weiter bevorzugt vor und/oder hinter den Dispergierringen kontrolliert.

[0067] Für die Aufwärmung des Einsatzmaterials ist eine mehrschalige Gehäuseausbildung der Planetwalzenmodule mit einer dünnen, innen verzahnten Gehäusebuchse von Vorteil. Je dünner die Gehäusebuchse ist, desto besser ist der Wärmeübergang vom Temperierungsmittel zum Einsatzmaterial. Die Dickenreduzierung ist durch die notwendige Stabilität der Gehäusebuchse begrenzt. Günstig ist für eine geringe Dicke ist, wenn das Gehäuse mit der Gehäusebuchse eine Schrumpfverbindung hat.

[0068] In der Startphase der Devulkanisierung ist eine intensive Entgasung vorgesehen. Dazu wird nach der DE 10 2015 010 460 vorzugsweise eine kurze Bearbeitungsstrecke bzw. Entgasungsstrecke gewählt.

[0069] Es ist für die Entgasung günstig, wenn die Planetwalzenmodulen einen Füllgrad kleiner 90%, vorzugsweise kleiner 80%, noch weiter bevorzugt kleiner 70% aufweisen. Es können auch Füllgrade kleiner 60% und sogar kleiner 50% zweckmäßig sein. Der Füllgrad wird mit Erhöhung der Drehzahl kleiner.

[0070] Die Entgasungsvorrichtungen sind jeweils dort an den Planetwalzenmodulen angeflanscht, wo aufgrund des Füllgrades kleiner 100% sich ein Hohlraumvolumen bildet.

[0071] Alle Entgasungsvorrichtungen können an eine gemeinsame Saugleitung angeschlossen sein. Die abgesaugten Gase werden gereinigt, bevor sie in die Umgebungsluft abgelassen werden. Als einfacher und wirkungsvoller Reinigungsfilter kann ein Aktivkohlefilter Verwendung finden.

[0072] Die Ergebnisse der Trennung zwischen Aufwärmzone und Devulkanisationszone sind verblüffend. In der Aufwärmzone kann das Einsatzmaterial bestens auf den Beginn der Devulkanisierung vorbereitet werden. In der Startphase können unabhängig von der nachfolgenden Bearbeitung ideale Startbedingungen geschaffen werden. Während bei einer Arbeitsweise nach der WO2011/091966 in größeren Anlagen mit Betriebsstörungen gerechnet werden kann, entwickelt sich bei Anwendung der Lehre aus der DE 10 2015 010 460 ein stabiler Prozess mit gut devulkanisiertem Austrittsmaterial.

[0073] Dabei lassen sich Mooney-Zahlen von 20 bis über 60, vorzugsweise 30 bis 50, noch weiter bevorzugt 35 bis 45, erreichen. Mit einem Mooney-Viskosimeter wird die Viskosität des austretenden Materials gemessen. Das Mooney-Viskosimeter besitzt eine Spindel, die bei einer bestimmten Materialprobentemperatur in der Materialprobe gedreht wird. Dann gibt das zur Spindeldrehung notwendige Drehmoment Aufschluß über die Viskosität des Probenmaterials. Die angegebenen Mooney-Zahlen beziehen sich auf eine Temperatur von 100 Grad Celsius. Im Vergleich zu den nach der WO2011/091966 bei gleicher Temperatur erzielbaren Mooney-Zahlen liegen die nach der DE 10 2015 010 460 erzielbaren Mooney-Zahlen deutlich höher. Der Prozess ist nach Anspringen der Devulkanisierung vorteilhafterweise so stabil, daß die Drehzahl der Zentralspindel erhöht werden kann. Das ist bei entsprechendem Nachfüttern von Einsatzmaterial gleichbedeutend mit einer Leistungserhöhung der Anlage. Mit vergleichbaren Anlagen und mit vergleichbarem Einsatzmaterial konnte die Leistung bei einem Verfahren nach der DE 10 2015 010 460 in Versuchen ohne weiteres bis zum 3fachen gegenüber einer Anlage und einem Anlagenbetrieb nach der WO2011/091966 gesteigert werden. Hinzu kommt, daß nach der DE 10 2015 010 460 eine Verstellung des Anlagenbetriebes in größeren Schritten möglich war.

Das ist von großer Wichtigkeit für die Frage zulässiger Schwankungen beim Einsatzmaterial. Ferner hat sich ergeben, daß sich die Devulkanisation teilweise ohne weitere Extruderarbeit und unter Reduzierung der Beheizung fortsetzt. Das wird beim Materialaustritt aus dem Extruder deutlich. Dort ist je nach Länge des Extruders bzw. je nach Länge der vorhergehenden Entgasungsstrecke noch ein deutlicher Gasaustritt zu verzeichnen, dem mit einer Absaugung Rechnung getragen werden sollte, um ein Entweichen ungefilterten Gases in die Umgebung zu verhindern.

[0074] Die Erfindung knüpft an die Verbesserungen beim Devulkanisieren an, die in der DE 10 2015 010 460 beschrieben sind. Ein noch ungelöstes Problem bei der Devulkanisation mit Planetwalzenextrudern ist der Materialeinzug. Bei üblichem Einzug mit einem nach Art eines Einschneckenextruders ausgebildeten Füllteil zeigen sich am Übergang von dem Füllteil in den Planetwalzenextruder bzw. in den Planetwalzenextrudermodul schon nach geringer Betriebsdauer Störungen. Insbesondere bei Füllteilen, welche für Planetwalzenabschnitte mit einer Baugröße größer 150 bestimmt sind, kommt es zu leicht zu wiederkehrenden Störungen. Extrem belastend werden die Störungen bei Füllteilen, welche für Planetwalzenextruderabschnitten mit einer Baugröße von größer gleich 350 bestimmt sind. Die Baugrößenangaben entsprechend dem Teilkreisdurchmesser der Innenverzahnung an Gehäusen eines Planetwalzenextruderabschnittes.

[0075] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Betriebsstörungen zu beseitigen. Das wird mit den Merkmalen des Hauptanspruches erreicht. Die Unteransprüche beinhalten bevorzugte Ausführungsbeispiele.

[0076] Dabei geht die Erfindung von der Erkenntnis aus, daß die Störungen beim Materialeinzug von geringer werdender Reibung zwischen dem Material und den Planetspindeln verursacht werden. Die Planetspindeln werden immer glatter. Nach der Erfindung werden diese Schwierigkeiten dadurch gelöst, daß ein Planetwalzenextrudermodul als Füllteil verwendet wird. Der Planetwalzenextruder besitzt an sich als Füllteil einen schwächeren Einzug als ein Füllteil, welches nach Art einer Einschnecke ausgebildet ist. Mit der Einschnecke kann ein sehr viel höherer Druck als mit einem Planetwalzenextruder aufgebaut werden. Der höhere Druck ist günstiger, um das Material vom Füllteil an einen nachfolgenden Extruderabschnitt zu übergeben. Der Planetwalzenextrudermodul nimmt als Füllteil das zu verarbeitende Material sehr viel schlechter als ein Füllteil auf, welches nach Art eines Einschneckenextruders ausgebildet ist. Das wird darauf zurückgeführt, daß die Planetspindeln eines als Planetwalzenextruderabschnitt ausgebildeten Füllteils durch den Materialstrom bewegt werden. Zugleich drehen sich die Planetspindeln, so daß die Partikel in dem Materialstrom einen mehr oder weniger heftigen Stoß entgegen der vorgesehenen Strömungsrichtung erfahren. Umso mehr überrascht es, daß die geringer werdenden Reibungswerte zwischen den Planetspindeln und den Altgummipartikeln bei der Anwendung der Planetwalzenextruderabschnitte als Füllteile haben.

[0077] Vorzugsweise werden die zu devulkanisierenden Partikel

a) exzentrisch zur Mitte des Planetwalzenextrudermoduls zwischen die Planetspindeln aufgegeben und/oder

b) mit einem Stopfwerk zwangsweise zwischen die Planetspindeln gedrückt.

[0078] Bei exzentrischer Materialzuführung werden die zu devulkanisierenden Partikel an der Mitte des Planetwalzenextruders/Moduls vorbeigeleitet. Der Abstand der Partikelströmungsmitte von der Mitte des Moduls kann als Versatz bezeichnet werden. Der Versatz erfolgt in Drehrichtung der Zentralspindel des Planetwalzenextruders. Dabei verläuft die Mittelachse der Materialzuführung im Abstand an der Mittelachse des Planetwalzenextruders vorbei. Vorzugweise ist der Abstand/Versatz größer als ein Viertel des Teilkreisdurchmessers der Verzahnung in dem Extrudergehäuse bzw. der Verzahnung in der innen verzahnten Buchse des Gehäuses. Noch weiter bevorzugt ist der Abstand/Versatz größer als der halbe Fußkreisdurchmesser der Zentralspindelverzahnung. Höchst bevorzugt ist der Abstand (Versatz kleiner als der halbe Fußkreis der Verzahnung in dem Extrudergehäuse bzw. der Verzahnung in der innen verzahnten Buchse des Gehäuses. Von Vorteil ist, wenn der Durchmesser der Materialzuführung kleiner als der Durchmesser des Fußkreises der Innenverzahnung des Extrudergehäuses bzw. der Innenverzahnung der Buchse in dem Gehäuse. Soweit die Materialzuführung bei erfindungsgemäßer Exzentrizität seitlich über den Raum hinausragt, in dem das Material im Planetwalzenextruder bearbeitet wird, ist in dem Übergang von der Materialzuführung zum Gehäuse des Planetwalzenextruders eine Abschrägung vorgesehen. Durch die Abschrägung verjüngt sich die Materialzuführung am Übergang von der Materialzuführung auf das Extrudergehäuse. Günstige Verhältnisse ergeben sich dabei, wenn die Schräge im Querschnitt des Extrudergehäuses in etwa auf einer Tangente an den Teilkreisdurchmesser der Innenverzahnung des Extrudergehäuses bzw. der innen verzahnten Buchse des Gehäuses liegt. In etwa heißt, daß die Schräge maximal um ein Maß von der Tangente abweicht, das gleich dem Durchmesser der zu dem Planetwalzenextruder gehörenden Planetspindeln ist, vorzugweise maximal gleich dem halben Durch-

messer der zugehörigen Planetspindeln ist und höchst bevorzugt gleich einem Viertel des Durchmessers der zugehörigen Planetspindeln ist.

[0079] Die Schräge schließt bei vertikaler Partikelaufgabe in den Planetwalzenenextruder/Modul mit der Horizontalen durch die Planetwalzenmittelachse vorzugsweise einen Winkel von mindestens 30 Grad, noch weiter bevorzugt einen Winkel von mindestens 45 Grad und höchst bevorzugt einen Winkel von mindestens 60 Grad ein. Auf dem Wege wird die Materialzuführung in den Planetwalzenextruder verbessert. Ähnliche Ergebnisse lassen sich erzielen, wenn anstelle einer gerade verlaufenden Schräge eine auf einer Kurvenbahn verlaufende Schräge vorgesehen ist.

[0080] Während bei herkömmlichem drucklosen Materialeintrag die Gefahr besteht, daß die auf die rotierenden Planetspindeln fallenden Partikel zurückgestoßen werden, bevor sie von den Planetspindeln erfaßt werden.

[0081] Mit der exzentrischen Materialzuführung können die Partikel sogar drucklos in die Eintrittsöffnung des Extrudergehäuses geführt werden. Das ist besonders wirtschaftlich.

[0082] Wahlweise ist zusätzlich ein Stopfwerk vorgesehen, das die zum Devulkanisieren vorgesehenen Partikel zwischen die Planetspindeln des Planetwalzenextruders/Moduls drückt.

[0083] Das Stopfwerk kann ein herkömmliches Stopfwerk sein, Solche herkömmlichen Stopfwerke besitzen wahlweise eine vertikal stehende Achse mit daran montierten Paddeln, die so gestellt sind, daß eine Förderwirkung auf die einzuführenden Partikel entsteht. Das Stopfwerk kann auch nach Art einer Extruderschnecke ausgebildet sein und eine Schnecke mit deutlich größerer Förderwirkung als herkömmliche Stopfwerke besitzen.

[0084] Noch wesentlich größer ist die Förderwirkung eines als Doppelschneckenextruder ausgebildeten Stopfwerkes. Zumindest mit einem Doppelschneckenextruder kann auch ohne exzentrischen Materialeintrag ein störungsfreier Materialeintrag bewirkt werden.

[0085] Im Falle der Verwendung eines Stopfwerkes günstig, wenn der Materialeintrag bei Benutzung eines Stopfwerkes so angeordnet ist, daß die Planetspindeln entgegen der Förderrichtung des Extruders über die Eintragöffnung hinausragen. Noch günstiger ist, wenn die darüber hinausragenden Enden der Planetspindeln unabhängig von deren sonstiger Verzahnung eine Normalverzahnung tragen. Die Normalverzahnung gibt den Planetspindeln den größten Halt zwischen der Zentralspindel und dem Gehäuse.

[0086] Es kann von Vorteil sein, die zu devulkanisierenden Partikel schrittweise aufzugeben. Zum Beispiel kann in einem ersten Schritt eine Teilmenge desgewünschten Durchsatzes (in kg pro Stunde) aufgegeben, mit der der Devulkanisierungsprozess leichter zu starten ist als mit der Gesamtmenge. Vorzugsweise ist die Teilmenge für den Start der Devulkanisation höchsten 60 Gew%, bezogen auf die Gesamtmenge; noch weiter bevorzugt höchstens 50 Gew% und höchst bevorzugt höchstens 40 Gew%. Die Startmenge kann auch 30 Gew % oder noch weniger betragen. Bei einer angestrebten Herstellung von 2.000 kg devulkanisiertem Altgummi ergibt sich dabei eine Startmenge von höchstens 1.200 kg pro Stunde bzw. höchstens 800 kg pro Stunde bzw. 600 kg pro Stunde.

[0087] Nach dem Start des Devulkanisierungsprozesses verhält sich der Prozess überraschend stabil. Es kann die Restmenge insgesamt oder in weiteren Teilschritten zugegeben werden, ohne den Prozess zu unterbrechen. Dieses Verfahren empfiehlt sich, wenn das Anspringen des Devulkanisationsverfahrens mit der Gesamtmenge zögerlich erfolgt. Für eine schrittweise Aufgabe des zu devulkanisierenden Materials sind modulweise aufgebaute Planetwalzenextuder. Dann kann ein Planetwalzenextrudermodul mit der Materialzuführung an jeder gewünschten Stelle angeordnet werden. Dabei muß die gewünschte Stelle bzw. die weiteren Stellen für die Materialzuführung nicht vorausberechnet werden. Es ist auch möglich auf empirischem Wege durch Anordnung der Materialzuführung im zweiten oder dritten Planetwalzenextrudermodul die richtige Stelle zu finden. Das geschieht dann durch Anordnung des mit der weiteren Materialzuführung versehenen Planetwalzenextrudermoduls als zweiter und/oder dritter und/oder vierter Modul.

[0088] Wahlweise wird der erfindungsgemäße Planetwalzenextrudermodul in mehrfacher Ausführung oder in Kombination mit einer oder mehreren nach Art eines Doppelschneckenextruders ausgebildeten Fülleinrichtung oder mit einer herkömmlichen Fülleinrichtungen eingesetzt, das einem Einschneckenextruder nachgebildet ist und zum Beispiel mit einem Einfülltrichter versehen ist Auf dem Wege können auch Materialien verarbeitet werden, die nicht gemeinsam in Mischung gebracht werden dürfen bzw. nacheinander und ggfs. in zeitlichem

Abstand in Mischung gebracht werden müssen. Außerdem können schwierig zu verarbeitende Materialien, zum Beispiel Feststoffe mit einer Neigung zum Kleben und Anbacken oder Feststoffe, die zur Entmischung neigen, spätest möglich in die Mischung gebracht werden.

[0089] Auf dem erfindungsgemäßen Wege können Feststoffe miteinander und wahlweise auch mit Flüssigkeiten oder mit Schmelzen in Mischung gebracht werden. Zumeist ist dabei eine genaue Dosierung von Vorteil. Die Dosierung kann volumetrisch oder gravimetrisch erfolgen. Die Feststoffe können drucklos oder mit einem Stopfwerk zwangsweise in den Extruder getragen werden. Die Planetspindeln können unter obigen Voraussetzungen ganz oder teilweise mit einer von der Normalverzahnung gebildet werden bzw. mit anders ausgebildeten Planetspindeln kombiniert werden. Für temperaturempfindliche Materialien kann eine Temperierung des Anschlusses und/oder anderer Zuführungsteile wie des Einlauftrichters vorgesehen sein. Die erfindungsgemäße Technik kann zum Beispiel Vorteil haben beim Einsatz des Extruders in chemischen Prozessen, in der Lebensmittelindustrie oder Kunststoffindustrie.

[0090] In der Zeichnung ist eine Extrusionsanlage für ein Verfahren für die Anwendung auf Altgummi dargestellt.

[0091] Bei der Extrusionsanlage handelt es sich nach **Fig.** 1 um eine 70iger Baugröße. Die in der DE 10 2015 010 460 beschriebene Anlage besteht aus verschiedenen Abschnitten **2**, **3a**, **3b**, **4**, **5**, **6**. Der Abschnitt **2** ist ein Füllteil und nach Art eines Einschneckenextruders ausgebildet. Die Abschnitte **3a**, **3b**, **4**, **5**, **6** sind Planetwalzenmodule. Zu den verschiedenen Planetwalzenmodulen gehören innen verzahnte zylindrische Gehäuse, nicht dargestellte Planetspindeln und eine nicht dargestellte Zentralspindel. Hier ist für alle Planetwalzenmodule und für das Füllteil eine gemeinsame Zentralspindel vorgesehen. Das heißt, die Zentralspindel erstreckt sich durch alle Planetwalzenmodule und durch das Füllteil **2** zum Getriebe **1** hin. Das Getriebe wird durch einen Antriebsmotor bewegt. Infolgedessen dreht sich die Zentralspindel in dem Extruder. Die mit der Zentralspindel kämmenden Planetspindeln laufen dabei um die Zentralspindel herum und kämmen mit dem innen verzahnten Gehäuse der Planetwalzenmodulen. Die Planetwalzenmodulen **4**, **5** und **6** haben eine Länge von jeweils 400 mm. Die Planetwlazenmodulen **3a** und **3b** besitzen eine Länge von jeweils 200 mm. In allen Planetwalzenmodulen sind jeweils fünf Planetspindeln vorgesehen. Die Zahl der Planetspindeln hat Einfluß auf den Füllungsgrad der Planetwalzenmoduln. Je geringer die Zahl der Planetspindeln ist, desto größere Hohlräume können erzeugt werden. Die Planetspindeln der Module **4** und **5** sind als Noppenspindeln ausgebildet und gleichmäßig verteilt am Umfang der Zentralspindel angeordnet. Von den Planetspindeln des Moduls **6** sind drei Planetspindeln gleichfalls als Noppenspindeln ausgebildet. Die übrigen Planetspindeln des Moduls **6** sind als Transportspindeln ausgebildet. Die Planetwalzenmoduln **3a** und **3b** besitzen mehr Planetspindeln als die anderen Planetwalzenmoduln, nämlich sechs. Außerdem sind die Planetspindeln der Moduln **3a** und **3b** mit einer Standardverzahnung versehen. Die Standardverzahnung verursacht eine stärke mechanische Belastung des Altgummis als die in den anderen Moduln vorgesehenen Planetspindeln, deren Noppenspindeln dem Entgasen sehr förderlich sind und deren Transportspindeln sowohl dem Entgasen förderlich sind, als auch eine erhebliche Förderwirkung entfalten. Bei der Standardverzahnung findet ein sehr starkes Auswalzen des Altgummis zu dünnen Schichten statt. Das intensiviert den Wärmefluß.

[0092] Von Planetspindeln in den Planetwalzenmodulen **4**, **5**, **6** besitzen jeweils drei Noppenspindeln die gleiche Länge von 373 mm. Die übrigen Planetspindeln sind dagegen länger. Sie besitzen eine Länge von 399 mm. Die unterschiedlich langen Planetspindeln sind für das Einziehen des Altgummis in den Wirkungsbereich aller Spindeln von Vorteil. Planetwalzenmodul **3a** und **3b** sind dagegen drei Planetspindeln mit dieser Länge vorgesehen. Die übrigen drei Planetspindeln besitzen eine kürzere Länge von 373 mm.

[0093] Alle Planetspindeln gleiten in nicht dargestellter Weise an üblichen Anlaufringen. Die Anlaufringe sind im Ausführungsbeispiel in nicht dargestellter Weise mit Dispergierringen verbunden.
Der Dispergierring für den Modul **3a** ist mit **19** bezeichnet,
der Dispergierring für den Modul **3b** mit **20**,
der Dispergierring für den Modul **4** mit **21**,
der Dispergierring für den Modul **5** mit **22**.
Außerdem ist auch am letzten Modul **6** noch ein Dispergierring **36** vorgesehen.

[0094] Die Module **3b**, **5**,**6** sind mit einer Entgasung **30**, **32**, **35** versehen. Die Entgasung wird durch Seitenarmextruder gebildet, die entgegen der Darstellung der Zeichnung senkrecht auf den zugehörigen Modulen stehen.
Dabei hat
der Seitenarmextruder **30** geringen Abstand vom Dispergierring **19**,

der Seitenarmextruder **32** geringen Abstand vom Dispergierring **21**,
der Seitenarmextruder **35** geringen Abstand vom Dispergierring **22**.
An den Seitenarmtextrudern liegt jeweils Unterdruck an. Während der Entgasung werden die Seitenarmextruder leer gefahren, so daß Einsatzmaterial/Behandlungsgut, welches im Extruder unter Druck steht bzw. geneigt ist, mit abgezogenem Gas auszutreten, wieder in den Extruder zurückgedrängt.

[0095] Das Altgummi wird im Ausführungsbeispiel feinkörnig in das Füllteil **2** eindosiert. Die Dosierung ist mit **7** bezeichnet, der Materialeintritt mit **40**. Am Materialeintritt ist darüber hinaus eine Öffnung **41** vorgesehen, durch die bei Betriebsstillstand verbliebenes Material ausgeblasen werden kann.

[0096] Die Planetwalzenmodule **3**, **4**, **5** werden mit Ölkühlern **10a**, **10b**, **11**,**12**, **13** während des Devulkanisierungsbetriebes temperiert. Das Füllteil besitzt eine Temperierung **14**. Ferner ist eine Temperierung **15** für die nicht dargestellte Zentralspindel vorgesehen

[0097] Beim Anfahren wird zunächst Öl über eine Pumpe **45** in das Füllteil eingetragen, bevor das Füllteil mit Altgummi beschickt wird. Das verhindert ein Trockenlaufen der bewegten Extruderteile.

[0098] Nach dem Eintragen des Altgummis in das Füllteil **2** erfährt das Altgummi durch die Schnecke des Füllteiles eine mechanische Verformung und Belastung. Zugleich erfährt das Altgummi eine Erwärmung. Dazu ist das Temperierungsmittel der Temperierung **15** zum Beispiel auf eine Temperatur von 120 Grad Celsius eingestellt. In anderen Beispielen wird mit geringerer oder höherer Temperatur gearbeitet. Vorzugsweise ist die Temperierung **15** bis auf 140 Grad Celsius einstellbar. Das Altgummi wird aus dem Füllteil **2** in den Modul **3a** gedrückt, der eine Aufwärmzone bildet. In der Aufwärmezone findet eine Aufwärmung des Altgummis auf eine materialabhängige Starttemperatur für eine Devulkanisierung statt. Die Starttemperatur beträgt im Beispiel 310 Grad Celsius. Dazu ist die Temperierung **10a** des Moduls **3a** im Beispiel auf 330 Grad Celsius eingestellt. Zugleich findet eine intensive Mischung und Auswalzung des Altgummis im Modul **3a** statt.

[0099] Nach der Aufwärmung des Altgummis auf Starttemperatur wird das Altgummi durch den Spalt am Dispergierungsring **19** gedrückt. Nach Passieren des Dispierungsringes **19** sind die Molekülketten des Altgummis soweit aufgebrochen, daß Schwefel aus dem Einsatzmaterial/Behandlungsgut entweichen kann. Das Entweichen des Schwefels wird dadurch gefördert, daß das Einsatzmaterial/Behandlungsgut in dem Modul **3b** intensiv gemischt und ausgewalzt wird. Zugleich wird frei werdender, gasförmiger Schwefel über die Entgasung **30** abgesaugt. In dem Modul **3b** wird die Devulkanisation des Einsatzmaterials gestartet.

[0100] Um eine ausreichende Devulkanisation zu erreichen, muß die Bearbeitung noch weiter fortgesetzt werden.

[0101] Aus dem Modul **3b** wird das Einsatzmaterial/Behandlungsgut in den Modul **4** gedrückt. Dabei passiert das Einsazmaterial/Behandlungsgut den Dispergierungsring **20**. In dem Modul **4** wird das Einsatzmaterial/Behandlungsgut weiter behandelt und durch einen weiteren Dispiergierring **21** gedrückt. Das so bearbeitete Material wird in dem Modul **5** weiter bearbeitet und entgast.

[0102] Nach dem Austritt aus dem Planetwalzenmodul **5** wird das devulkanisierte Altgummi in dem Planetwalzenmodul **6** auf 220 Grad Celsius gekühlt, bevor es in krümeliger Form aus der Extrusionsanlage austritt und in einer Wasserkühlung **16** auf Raumtemperatur abgekühlt wird. Für die Kühlung ist ein Wasserkühler **13** an dem Planetwalzenmodul **6** vorgesehen. Auch das Füllteil **2** ist mit einem Wasserkühler **14** versehen. Auch die Kühltemperaturen am Füllteil und nach der Devulkanisierung sind materialabhängig.

[0103] Im Ausführungsbeispiel ist überdies eine Innenkühlung der Zentralspindel vorgesehen. Der zugehörige Kühler **15** ist wie die Kühler **10**, **11**, **12** ein Ölkühler und auf eine Temperatur von 300 Grad Celsius eingestellt.

[0104] Die Devulkanisierung wird durch die mechanische und die thermische Belastung des Altgummis in der Extrusionsanlage bewirkt.

[0105] Zur mechanischen Belastung in den Planetwalzenmodulen **3**, **4**, **5** tragen auch die Dispergierringe **20**, **21**, **22** bei. Im Ausführungsbeispiel sind die Dispergierringe in Förderrichtung des Altgummis durch die Anlage hinter den nicht dargestellten Anlaufringen angeordnet. Dabei ist der Innendurchmesser der Dispergierringe **20**, **21**, **22** kleiner als der Außendurchmesser der Zentralspindel. Die Dispergierringe **20**, **21**, **22** greifen in nicht dargestellte Nuten in der Zentralspindel, so daß die Zahnlücken zwischen den Zähnen der Zentralspindel bis auf einen engen Spalt am Zahngrund geschlossen sind. Die Dispergierringe **20**, **21**, **22** sind im Übrigen

zwischen den korrespondierden Enden der Planetwalzenmodule gehalten, so daß auch der die Zentralspindel umgebende Gehäuseraum geschlossen ist und das Altgummi gezwungen ist, durch den engen Spalt zu dringen. Die Verengung des Spaltes ist materialabhängig und bewirkt eine extreme Verformung und extreme mechanische Belastung des Einsatzmaterials.

[0106] Im einzelnen ist der Dispergierring **20** zwischen den Planetwalzenmoduln **3** und **4**, der Dispergierring **21** zwischen den Planetwalzenmodulen **4** und **5** und der Dispergierring **22** zwischen den Planetwalzenmodulen **5** und **6** vorgesehen.

[0107] Die Einspannung der Dispergierringe **20**, **21**, **22** erfolgt beim Verspannen der zylindrischen Gehäuse der Planetwalzenmodule **3**, **4**, **5**, **6**. Die Planetwalzenmodule **3**, **4**, **5**, **6** besitzen dazu an ihren Enden übliche Flansche, die mit Spannschrauben gegeneinander gezogen werden.

[0108] Auch das Füllteil **2** besitzt übliche Flansche, Mit diesen Flanschen ist das Füllteil einerseits an dem Gehäuse des Antriebs **1** verspannt und andererseits mit dem Planetwalzenmodul **3**.

[0109] Für die im Ausführungsbeispiel in Nuten der Zentralspindel greifenden Dispergierringen **20**, **21**, **22** ist vorgesehen, daß diese Ringe sich aus zwei Hälften zusammensetzen, um die Montage zu erleichtern. Die Montage ist nachfolgend am Dispergierring **20** erläutert. Die Montage der übrigen Dispergierringe **20**, **21**, **22** erfolgt entsprechend.

[0110] Nach der Montage des Füllteilgehäuses wird zunächst die Zentralspindel mit ihrem als Einschnecke ausgebildeten Ende in das Füllteilgehäuse geschoben und mit dem Antrieb gekoppelt. Anschließend wird das Gehäuse des Planetwalzenmoduls **3** über die Zentralspindel geschoben und mit dem Füllteilgehäuse verspannt. Es folgt die Positionierung der Planetspindeln des Planetwalzenmoduls **3**. Dazu werden die Planetspindeln drehend in ihre vorgesehene Position zwischen Gehäuse und Zentralspindel geschoben. Die Position der Planetspindeln ist durch gleichmäßige Verteilung am Umfang der Zentralspindel und den schon beschriebenen Verzahnungseingriff der Planetspindeln mit der Innenverzahnung des Gehäuses und der Außerverzahnung der Zentralspindel gekennzeichnet. Nach der Positionierung der Planetspindeln wird der Anlaufring für die Planetspindeln über die Zentralspindel und in eine zentrische Öffnung des Gehäuseendes des Planetwalzenmoduls geschoben. Der Anlaufring trägt im Berührungsbereich mit den Planetspindeln eine Hartmetallschicht als Verschleißschutz.

[0111] Nach Positionierung des Anlaufringes wird der aus zwei Hälften bestehende Dispergierring **20** an dem Anlaufring zur Anlage gebracht. Dabei werden die Hälften zugleich in eine Nut der Zentralspindel geschoben. Die Zentrierung des Dispergierringes erfolgt dann mit Hilfe eines einteiligen Stützringes, der über die Zentralspindel geschoben werden kann und seinerseits in der gleichen Gehäuseöffnung wie der Anlaufring eine Zentrierung im Planetwalzenmodul **3** findet. Der Stützring ist zugleich so bemessen, daß er aus dem Ende der Gehäuseöffnung des Planetwalzenmoduls **3** herausragt und eine Zentrierung für das nachfolgend zu montierende Gehäuse des Planetwalzenmoduls **4** bildet. Das Gehäuse des Planetwalzenmoduls **4** wird dabei mit dem Gehäuse des Planetwalzenmoduls **3** in der oben beschriebenen Form verspannt. Diese Verspannung bewirkt zugleich eine Verspannung des Anlaufringes, des Dispergierringes und des Stützringes.

[0112] Nach **Fig.** 2 und **Fig.** 3 ist der Einzug **2** als Planetwalzenextrudermodul ausgebildet. Zu dem Planetwalzenextrudermodul gehört ein Gehäuse **100**, welches an jedem Ende mit einem Flansch **101** versehen ist. Außerdem besitzt das Gehäuse eine Buchse **109**, welche mit einer Innenverzahnung **110** versehen ist. Außen sind die Buchse Kühl/Heizkanäle **108** eingearbeitet. In dem montierten Zustand sind die Heiz/Kühlkanäle **108** außen durch das Gehäuse geschlossen. An den Enden der Heiz/Kühlkanäle **108** sind Zuleitungen/Ableitungen für ein Temperierungsmittel vorgesehen. In **Fig.** 3 ist von den beiden Zuleitungen/Ableitungen ein Anschluß **103** dargestellt.

[0113] Mittig in dem Gehäuse **100** ist eine Zentralspindel **107** angeordnet. Antriebsseitig ist die Zentralspindel **107** als Vielkeilwelle **105** ausgebildet, um mit einem Getriebemotor zu korrespondieren.

[0114] Zwischen der Innenverzahnung **110** und der Zentralspindel **107** sind Planetspindeln **106** vorgesehen. Die Planetspindeln **106** kämmen mit der Verzahnung der Zentralspindel **107** und der Innenverzahnung **110**. Im Ausführungsbeispiel ist ein Teil der Planetspindeln mit einer Normal/Standardverzahnung wie die Zentralspindel und die Buchse **109** versehen. Der übrigen Planetspindeln sind als Transportspindel ausgebildet, wobei die Transportspindeln entgegen der Förderrichtung des Füllteiles über dessen Einlauföffnung **104** hinausragen

und wobei jede Transportspindel an beiden Enden mit einer Normalverzahnung versehen ist, die den Halt der Transportspindeln in der Verzahnung der Zentralspindel und in der Innenverzahnung des Gehäuses erhöht.

[0115] Überdies ist oben auf dem Gehäuse **100** ein Flansch **102** mit einer Einlauföffnung **104** für den zur Devulkanisation bestimmten Altgummi vorgesehen. An dem Flansch **102** wird nicht dargestelltes Stopfwerk befestigt, welches nach Art eines Doppelschneckenextruders ausgebildet ist und die zu devulkanisierenden Partikel in das Füllteil drückt. Im Ausführungsbeispiel ist keine zusätzliche Temperierung des Flansches vorgesehen. In anderen Ausführungsbeispielen ist eine nicht dargestellte zusätzliche Temperierung des Flansches vorgesehen.

[0116] **Fig.** 4 zeigt den Einzug mit einem geöffneten Mantel **100**, so daß der Blick auf die Planetspindeln **106** frei ist.

[0117] Das Altgummi tritt zwischen die Transportspindeln **106** und wird von den Transportspindeln erfaßt und extrem schonend in Mischung gebracht und in Richtung der anderen Planetwalzenextruderabschnitte/Module gefördert, um dort weiter bearbeitet zu werden.

[0118] **Fig.** 5 und **Fig.** 6 zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel. Das weitere Ausführungsbeispiel unterscheidet sich durch einen anderen Gehäusemantel **119**. Der Gehäusemantel **119** besitzt auch eine Einlauföffnung **120** für Einsatzmaterial. Darüber hinaus ist der Gehäusemantel **119** mit einer Innenverzahnung **121** versehen, die wie die Innenverzahnung mit den Planetspindeln **106** zusammen zu wirken. Im Unterschied zur Gehäuseinnenverzahnung nach **Fig.** 2 bis **Fig.** 4 ist die Verzahnung i aber in dem sich an die Einlauföffnung **120** anschließenden und in Umlaufrichtung der Zentralspindel erstreckenden Bereich **122** abgeflacht. Die Umlaufrichtung der Zentralspindel verläuft in der Darstellung im Uhrzeigersinn. An dem der Einlauföffnung benachbarten Ende sind die Zähne um ¾ ihrer Höhe durch die Abflachung verringert. Diese Abflachung **133** nimmt im Ausführungsbeispiel in Umlaufrichtung der Zentralspindel ab. Dabei erstreckt sich die Abflachung **133** im Ausführungsbeispiel über 1/10 des Umfanges des zu der Gehäuseinnenverzahnung gehörenden Teilkreises. In anderen Ausführungsbeispielen kann sich der Bereich über mindestens ¼ des Umfanges des Teilkreises oder mindestens V2 des Umfanges des Teilkreises oder mindestens ¾ des Umfanges des Teilkreises erstrecken. Dabei wird das Erstreckungsmaß des Bereiches **122** von dem Punkt aus bestimmt, in dem sich der Bereich **122** mit einem Schnitt durch die Mitte der im Querschnitt kreisförmigen Einlauföffnung an die Einlauföffnung anschließt.

[0119] Die Erstreckungsrichtung des Bereiches **122** verläuft allein in Umfangsrichtung. In anderen Ausführungsbeispielen kann die dargestellte Erstreckungsrichtung auch in Umfangsrichtung und zugleich geneigt zur Längsrichtung des Gehäuses verlaufen.

[0120] Die Abflachung **133** kann sich im Ausführungsbeispiel über die gesamte Öffnungsweite der Einlauföffnung erstreckt. In anderen Ausführungsbeispielen erstreckt sich die Abflachung **133** über höchstens 90% der Öffnungsweite der Einlauföffnung, in noch weiteren Ausführungsbeispielen über höchstens 80% der Öffnungsweite der Einlauföffnung und noch anderen Ausführungsbeispielen über höchstens 70% der Öffnungsweite der Einlauföffnung. Die Abflachung **133** kann sich bei Bedarf in der in **Fig.** 5 dargestellten Breite in noch weiteren Ausführungen auch über die Öffnungsweite der Einlauföffnung hinaus erstrecken, zum Beispiel um höchstens weitere 10% der Öffnungsweite oder um höchstens weitere 20% der Öffnungsweite oder um höchstens 30% der Öffnungsweite.

[0121] Die in **Fig.** 5 und **Fig.** 6 gezeigte Abflachung bildet einen Einlauftrichter, der den Einzug des Einsatzmaterials in die Extrusionsanlage erleichtert.

[0122] **Fig.** 7 zeigt einen ursprünglichen Zahn **136** zwischen Zahnlücken **135**. Die Darstellung beinhaltet einen Ausschnitt einer Gehäuseinnenverzahnung. Dabei ist ein strich-punktiert dargestellter Zahn **137** mit geringerer Höhe, rundem Kopf und Zahnflanken gezeigt, die zum Teilkreisdurchmesser der Gehäuseinnenverzahnung eine geringere Neigung aufweisen als die Zahnflanken des ursprünglichen Zahnes **136**. Diese Kontur ist im Ausführungsbeispiel durch Funkenerosion hergestellt worden. In anderen Ausführungsbeispielen ist die Kontur durch Fräsen hergestellt worden.

[0123] Der Einlauftrichter ist im Ausführungsbeispiel mit einer zentrischen Materialzuführung nach **Fig.** 2 bis **Fig.** 4 kombiniert. In anderen Ausführungsbeispielen ist der Einlauftrichter mit einer exzentrischen Materialzuführung kombiniert.

[0124] **Fig.** 8 zeigt einen Querschnitt durch einen Planetwalzenextruderabschnitt mit einer exzentrischen Feststoffzuführung **202**. Der Querschnitt zeigt ein Gehäuse **201** mit einer Innenverzahnung **205**. In dem Gehäuse **201** laufen eine Zentralspindel **204** und Planetspindeln **203** um. Die Partikel/Materialzuführung **202** besitzt einen nicht dargestellten Trichter mit einem zylindrischen Einlauf, der an das Gehäuse **201** angeflanscht ist. Der Trichter mit dem zylindrischen Einlauf ist in Bezug auf die Mitte der Zentralspindel **204** exzentrisch angeordnet. Das heißt, die Mittelachse **208** der Zuführung **202** verläuft im Abstand an der Mittelachse der Zentralspindel vorbei. Der Abstand beider Achsen ist im Ausführungsbeispiel etwas größer als ein Viertel des Teilkreisdurchmessers der Gehäuseinnenverzahnung **205**, aber wesentlich kleiner als der halbe Teilkreisdurchmesser der Gehäuseinnenverzahnung **205**. Infolgedessen weist die Mittelachse **208** der Zuführung **202** in einen Bereich der Bewegungsbahn der Planetspindeln **203**, in dem die Planetspindeln **203** sich nach Erreichen der Höchststellung in der Ansicht nach **Fig.** 8 deutlich abwärts bewegen. Auf dem Wege wird das Material sehr viel besser in den Planetwalzenextrudermodul eingezogen als bei der herkömmlicher Anordnung der Materialzuführung über dem Planetwalzenextrudermodul, bei der die Mittelachse der Zuführung senkrecht auf der Mittelachse des Planetwalzenextrudermoduls steht. Das Material ist in der Ansicht nach **Fig.** 8 schematisch mit Partikeln **206** dargestellt.

[0125] Infolge entsprechend großen Durchmessers steht die Zuführung **202** bei der erfindungsgemäßen exzentrischen Anordnung in der senkrechten Projektion auf eine horizontale Ebene, in der die Mittelachse des Planetwalzenextrudermoduls liegt, deutlich vor. Um gleichwohl die Altgummipartikel **206** gut in den Planetwalzenextrudermodul zu lenken, ist ein sich verjüngender Übergang **207** von der Materialzuführung in den Planetwalzenextrudermodul vorgesehen. Im Ausführungsbeispiel bildet der Übergang eine Schräge. Die Schräge verläuft unter einem Winkel von 60 Grad zur Horizontalen.

[0126] Vorteilhafterweise arbeitet der exzentrische Einlauf nach **Fig.** 8 so gut, daß auch ein druckloser Eintrag von Altgummipartikel in das Füllteil möglich ist. Drucklos heißt, daß die Partikel nur aufgrund ihres Gewichtes aus einem über der Einlauföffnung angeordneten Trichter in den Einlauf gelangen.

[0127] In anderen Ausführungsbeispielen ist der exzentrische Einlauf mit einem Stopfwerk kombiniert, um einen größeren Altgummipartikel-Eintrag zu sichern.

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

- DE 60004885 T2 [0004]
- DE 909041 [0004]
- DE 60008279 T2 [0004]
- DE 60215210 T2 [0004]
- DE 60120804 T2 [0004, 0006, 0007]
- WO 2011/091966 [0007, 0009, 0010, 0015, 0024, 0031, 0055, 0057, 0057, 0057, 0072, 0073, 0073]
- DE 69329245 T2 [0007]
- DE 69724239 T2 [0007]
- DE 102009019846 [0020]
- DE 102009013839 [0020]
- DE 102008063036 [0020]
- DE 102008018686 [0020]
- DE 102007058174 [0020]
- DE 102007050466 [0020]
- DE 102007041486 [0020]
- DE 102007040645 [0020]
- DE 102004048440 [0022]
- US 7476416 [0022]
- EP 702739 [0029]
- DE 102015010460 [0032, 0033, 0035, 0038, 0047, 0057, 0057, 0057, 0068, 0072, 0073, 0073, 0073, 0074, 0091]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Devulkanisieren von vernetzten Gummi und vernetzten Elastomeren, deren Molekülketten durch mechanische und thermische Belastung bis auf die Kohlenwasserstoffmoleküle zerstörbar sind, wobei das zu devulkanisierende Material als Partikel über ein Füllteil in einen Extruder gedrückt werden und unter Erwärmung solange und so intensiv verformt werden, bis eine gewünschte Zerkleinerung der Molekülketten entstanden ist,
wobei die mechanische und thermische Bearbeitung in einem Planetwalzenwextruder erfolgt,
wobei der Planetwalzenextruder aus einem Gehäuse, Planetspindeln und einer Zentralspindel besteht und die Zentralspindel mit den Planetspindeln kämmt und die Planetspindeln mit einer Innenverzahnung des Gehäuses oder der Innenverzahnung einer im Gehäuse vorgesehenen Buchse kämmt, so daß eine Drehung der Zentralspindel ein Umlaufen der Planetspindeln um die Zentralspindel im Gehäuse bewirkt, wobei die Planetspindeln eines Extruderabschnittes mit einer Stirnfläche an einem Anlaufring dieses Extruderabschnittes gleiten,
dadurch gekennzeichnet,
daß als Füllteil ein Planetwalzenextruderabschnitt verwendet wird,
wobei die zu devulkanisierenden Partikel
a) exzentrisch zur Mitte des Planetwalzenextrudermoduls zwischen die Planetspindeln aufgegeben werden und/oder
b) mit einem Stopfwerk zwangsweise zwischen die Planetspindeln gedrückt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß die zu devulkanisierenden Partikel
a) exzentrisch zur Mitte des Planetwalzenextrudermoduls zwischen die Planetspindeln aufgegeben werden und/oder
b) mit einem Stopfwerk zwangsweise zwischen die Planetspindeln gedrückt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch die Verwendung eines Füllteils mit einer Einfüllöffnung, deren Mitten von der Mittelachse des als Planetwalzenextruderabschnitt ausgebildeten Füllteiles einen Abstand aufweist, der mindestens gleich einem Viertel des Teilkreisdurchmessers der Innenverzahnung des Extrudergehäuses oder einer innen verzahnten Buchse des Gehäuses ist.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, gekennzeichnet durch Verwendung eines Extruders mit einem Abstand, der kleiner als halbe Teilkreisdurchmesser der Innenverzahnung des Extrudergehäuses oder einer innen verzahnten Buchse des Gehäuses ist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, gekennzeichnet durch die Verwendung eines Extruders mit einem Abstand, der größer als der halbe Durchmesser des Fußkreises der Zentralspindelverzahnung und kleiner als der halbe Fußkreis der Innenverzahnung des Extrudergehäuses oder einer innen verzahnten Buchse des Gehäuse ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, gekennzeichnet durch die Verwendung eines Extruders mit einer Materialzuführung, die am Übergang zu dem Planetwalzenextrudergehäuse eine Abschrägung aufweist, soweit die Materialzuführung gegenüber dem Extrudergehäuse vorragt.

7. Verfahren nach Anspruch 6, gekennzeichnet durch die Verwendung eines Extruders, dessen Schräge an der Materialzuführung in etwa auf einer Tangente an den Teilkreisdurchmesser der Innenverzahnung des Gehäuses oder einer innen verzahnten Buchse des Gehäuses liegt, wobei das Maß „in etwa” eine maximale Abweichung von der Tangente beinhaltet, die gleich dem Durchmesser der Planetspindeln, vorzugsweise gleich dem halben Durchmesser der Planetspindeln und höchst bevorzugt gleich einem Viertel Durchmesser der Planetspindeln ist, wobei die Schräge mit der Horizontalen durch die Extrudermitte einen Winkel von mindestens 30 Grad, vorzugsweise einen Winkel von mindestens 45 Grad und höchst bevorzugt von mindestens 60 Grad einschließt

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch die Verwendung eines Extruders, dessen Planetspindeln im Einlaufbereich des Materials aus der Materialzuführung zumindest für drucklosen Materialeinzug zumindest teilweise als Transportspindeln ausgebildet sind und/oder dessen Gehäuseinnenverzahnung zur Bildung eines Einlauftrichters in der Verzahnung zumindest in dem Bereich abgeflacht ist, der sich an die Einlauföffnung des Gehäusemantels anschließt und sich in Umlaufrichtung der Zentralspindel erstreckt.

9. Verfahren nach Anspruch 8, gekennzeichnet durch die Verwendung eines Extruders, dessen Einlaufbereich die Ringfläche am Gehäusemantel ist, in der die Öffnung für den Materialeinlauf liegt, plus/minus einer Ringflächenbreitenabweichung von 50%, vorzugsweise von plus/minus 30% und noch weiter bevorzugt von plus/minus 10% einer Ringflächenbreitenabweichung.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, gekennzeichnet durch die Verwendung eines Extruders mit Planetspindeln, die außerhalb des Bereiches der Verzahnungsabflachung mit einer Normalverzahnung und/oder einer Igelverzahnung und/oder einer Noppenverzahnung versehen sind.

11. Verfahren nach Anspruch 10, gekennzeichnet durch die Verwendung eines Extruders, wobei die mit einer Transportspindelverzahnung versehenen Planetspindeln des Füllteiles zumindest an den Enden mit einer Normalverzahnung versehen sind.

12. Extruder nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet,** daß die mit einer Transportspindelverzahnung im Füllteil mit anders verzahnten Planetspindeln kombiniert sind.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 12, gekennzeichnet durch die Verwendung eines Extruders, wobei der Anteil der Planetspindeln mit Transportspindelverzahnung mindestens 50%, vorzugsweise mindestens 70% und noch weiter bevorzugt mindestens 70% am Planetspindelbesatz des den Einzug bildenden Planetwalzenextruderabschnitts beträgt und/oder die Planetspindeln mit Transportspindelverzahnung gleichmäßig im Planetspindelbesatz verteilt sind.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13, gekennzeichnet durch die Verwendung eines Extruders mit einer Zahnabflachung im Einlaufbereich, wobei die Zähne der Gehäuseinnenverzahnung maximal bis in den Zahngrund abgeflacht sind, vorzugsweise um maximal 90% der ursprünglichen Zahnhöhe abgeflacht worden sind, noch weiter bevorzugt um maximal 80% der ursprünglichen Zahnhöhe abgeflacht worden ist, wobei die Abflachung mit zunehmendem Abstand von der Einlauföffnung abnimmt.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 14, gekennzeichnet durch die Verwendung eines Extruders, wobei die Abflachung im Einlaufbereich sich mindestens über 1/10, vorzugsweise über mindestens 1/5, nach weiter bevorzugt über mindestens ½ und höchst bevorzugt über mindestens ¾ des Umfanges des Teilkreises der Gehäuseinnenverzahnung erstreckt.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 15, gekennzeichnet durch die Verwendung eines Extruders, wobei die abgeflachten Zähne mit Zahnflanken versehen sind, deren Neigung geringer ist, als die Zahnflanken der Zähne im nicht abgeflachten Bereich und/oder die abgeflachten Zähne oben mit einer Rundung versehen sind.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, gekennzeichnet durch die Verwendung eines Extruders, wobei die Mittelachse der Einlauföffnung den Teilkreisdurchmesser der Gehäuseinnenverzahnung als Sekante schneidet oder als Tangente an dem Teilkreis der Gehäuseinnenverzahnung verläuft oder im Abstand von dem Teilkreis der Gehäuseinnenverzahnung verläuft, wobei der Abstand höchstens gleich der Dicke des Gehäusemantels ist.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, gekennzeichnet durch die Verwendung eines Extruders mit einer Einlauföffnung, die infolge des Versatzes gegenüber dem Innenraum des Füllteiles vorragt und mit einer Schräge in die Wandung des Füllteiles übergeht, wobei die Schräge vorzugsweise einen Winkel bis 30 Grad, noch weiter bevorzugt einen Winkel bis 45 Grad und höchst bevorzugt einen Winkel bis 60 Grad zwischen sich und der Horizontalen einschließt.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet,** daß zur Erleichterung des Devulkanisierungsstartes zunächst nur eine Teilmenge des gewünschten Durchsatzes in den Extruder aufgegeben wird und nach Stabilisierung des Devulkanisierungsprozesses die Zugabemenge erhöht wird.

20. Verfahren nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet,** daß die schrittweise Zugabe der Partikel über in Abständen angeordnete Einfüllöffnungen erfolgt.

21. Verfahren nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet,** daß an mindestens einer nachgeordneten Einfüllöffnung eine zwangsweise Paritkelzuführung mittels eines Stopfwerkes erfolgt.

22. Verfahren nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet,** daß ein Doppelschneckenextruder als Stopfwerk verwendet wird.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

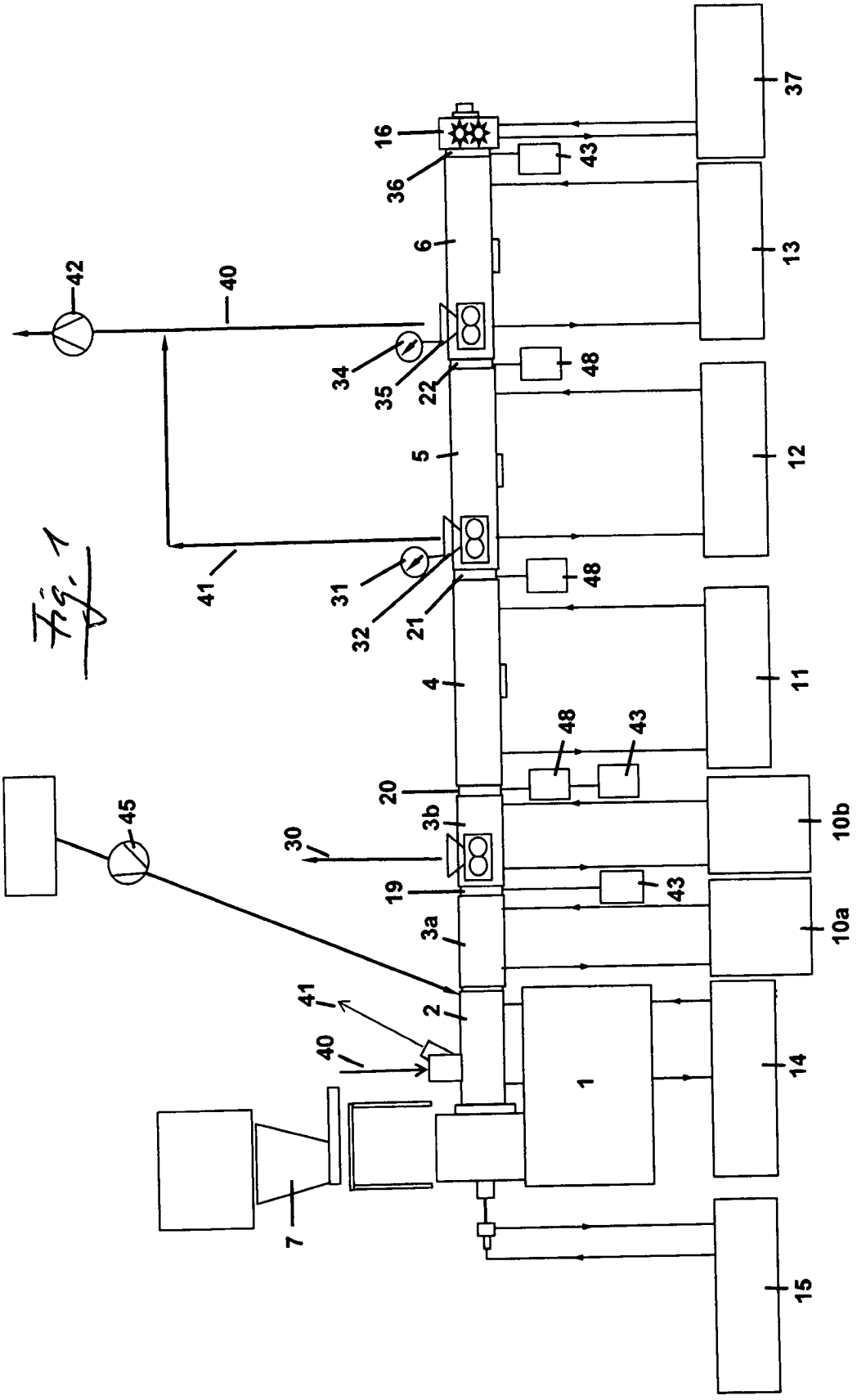


Fig. 2

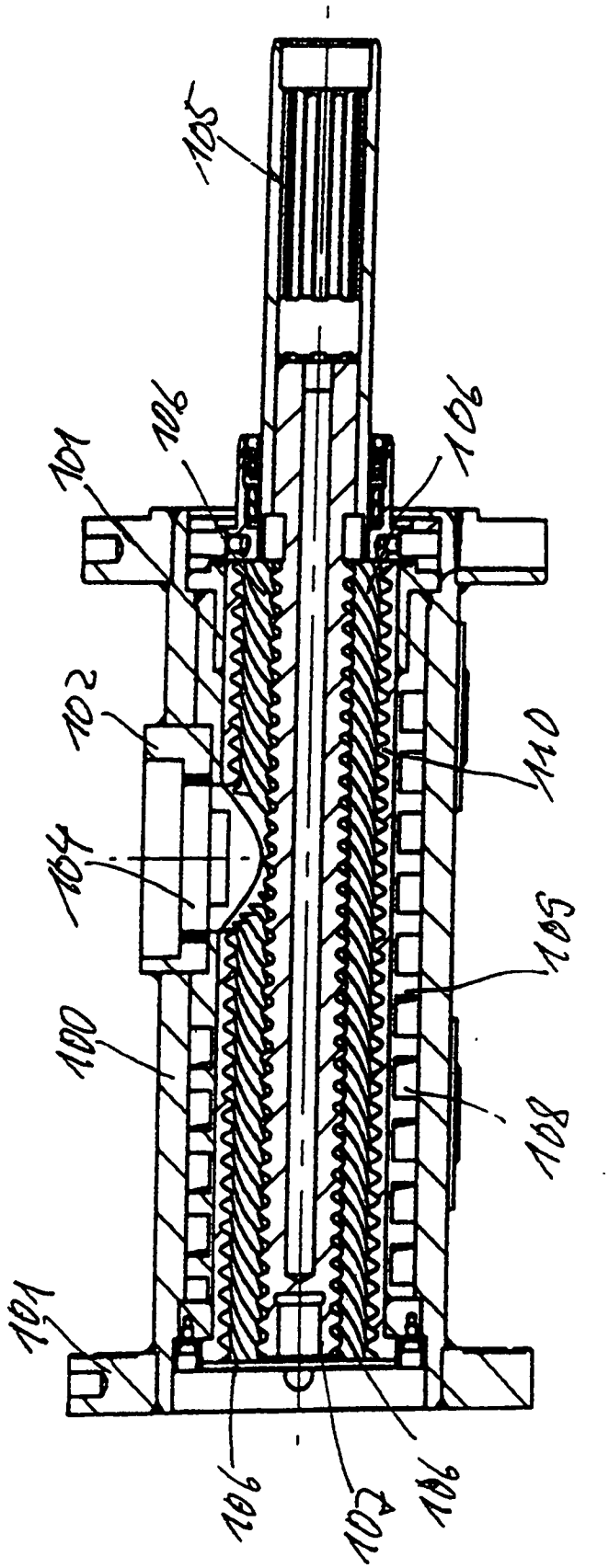
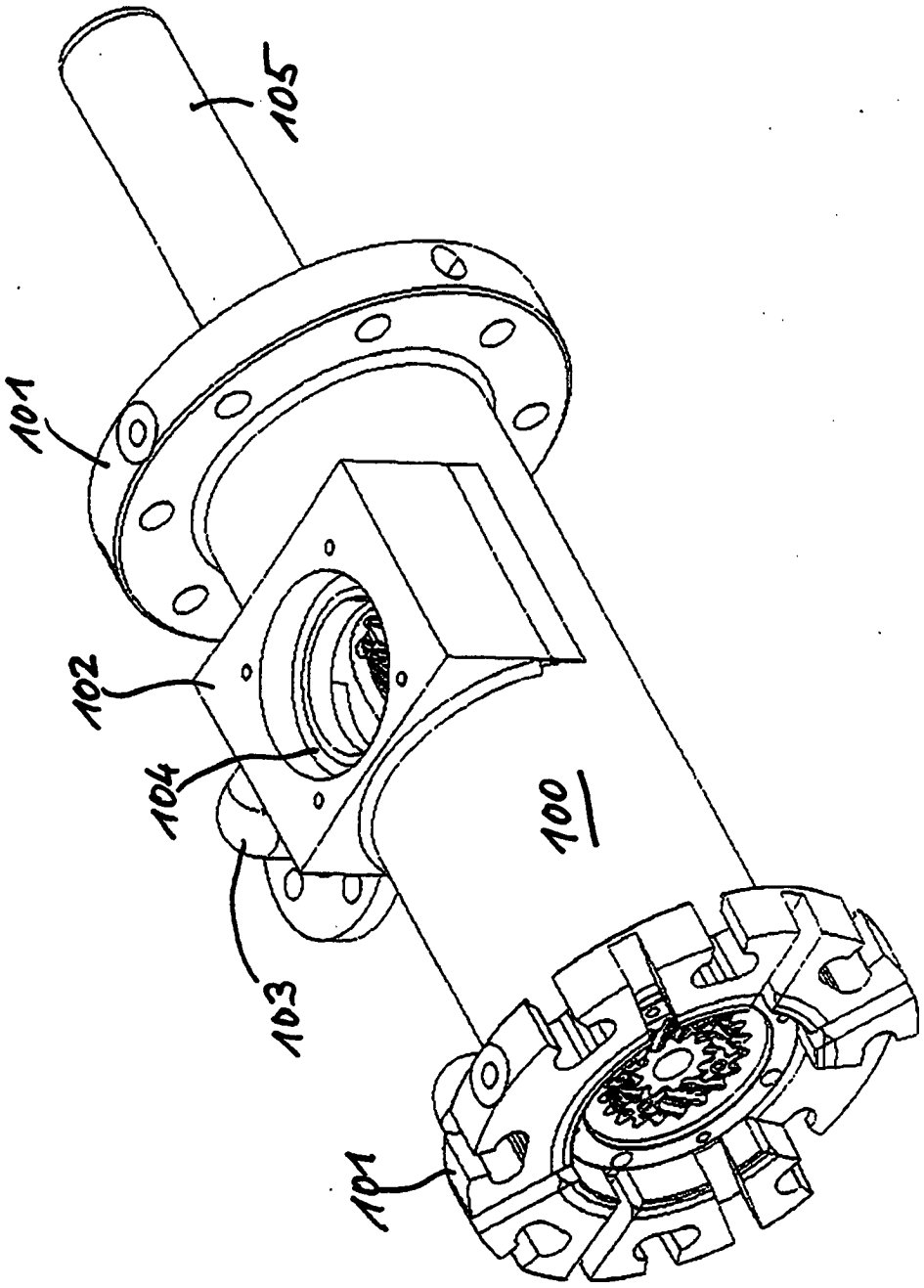


Fig. 3



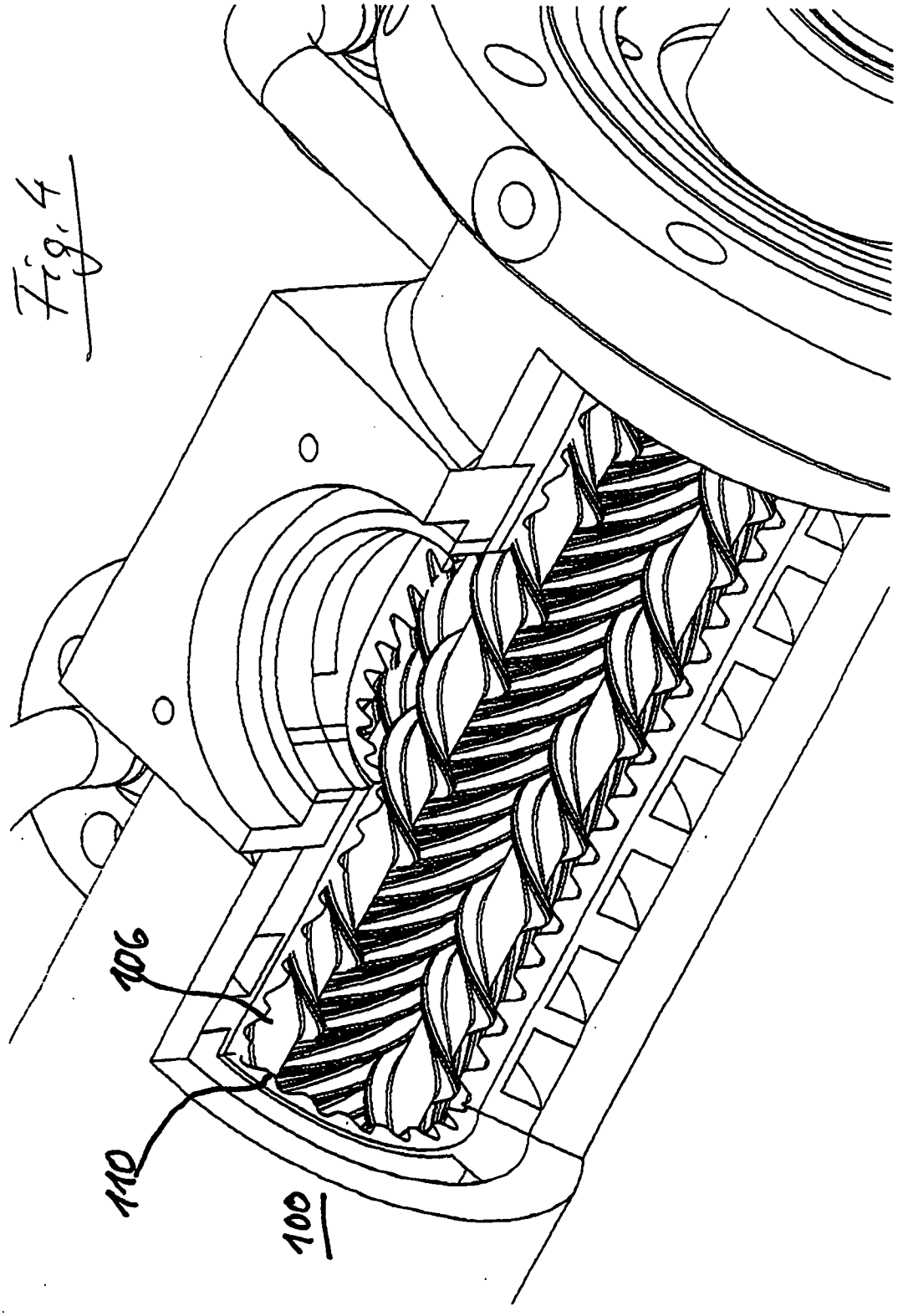


Fig. 4

Fig. 5

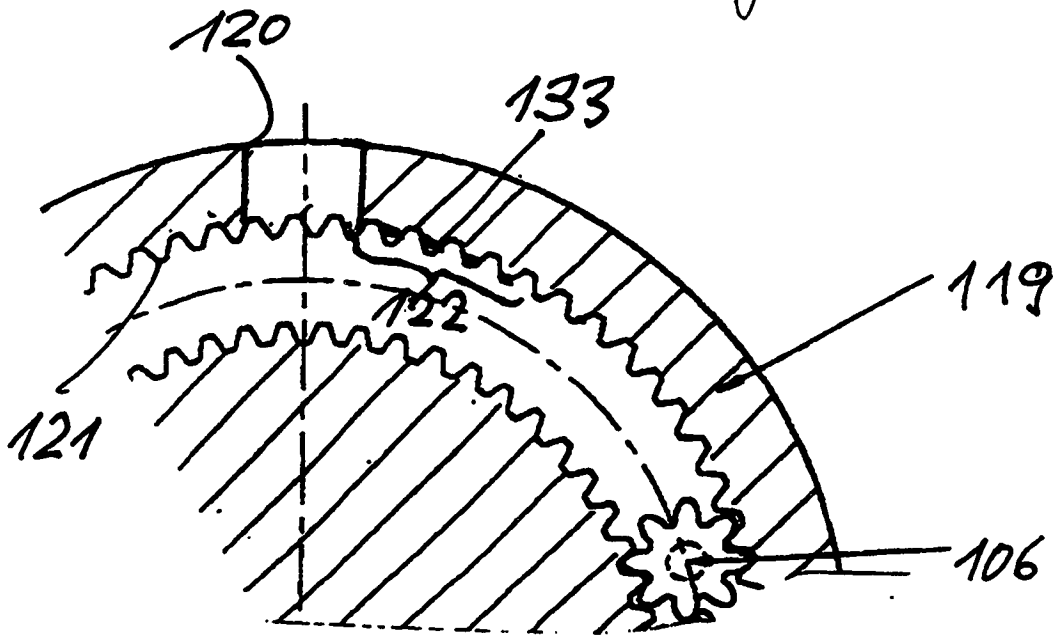
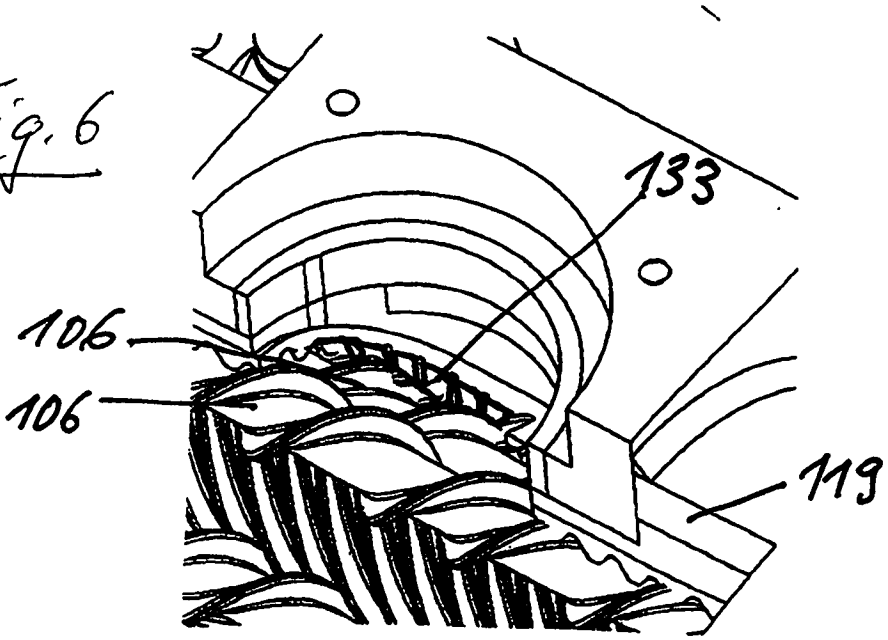


Fig. 6



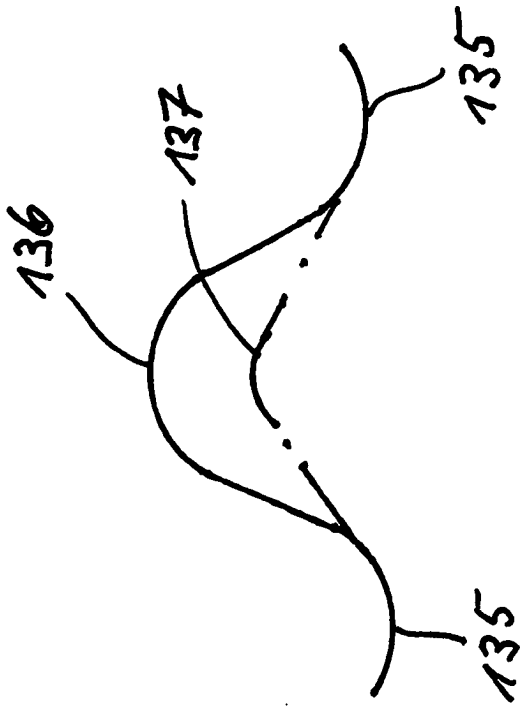


Fig. 7

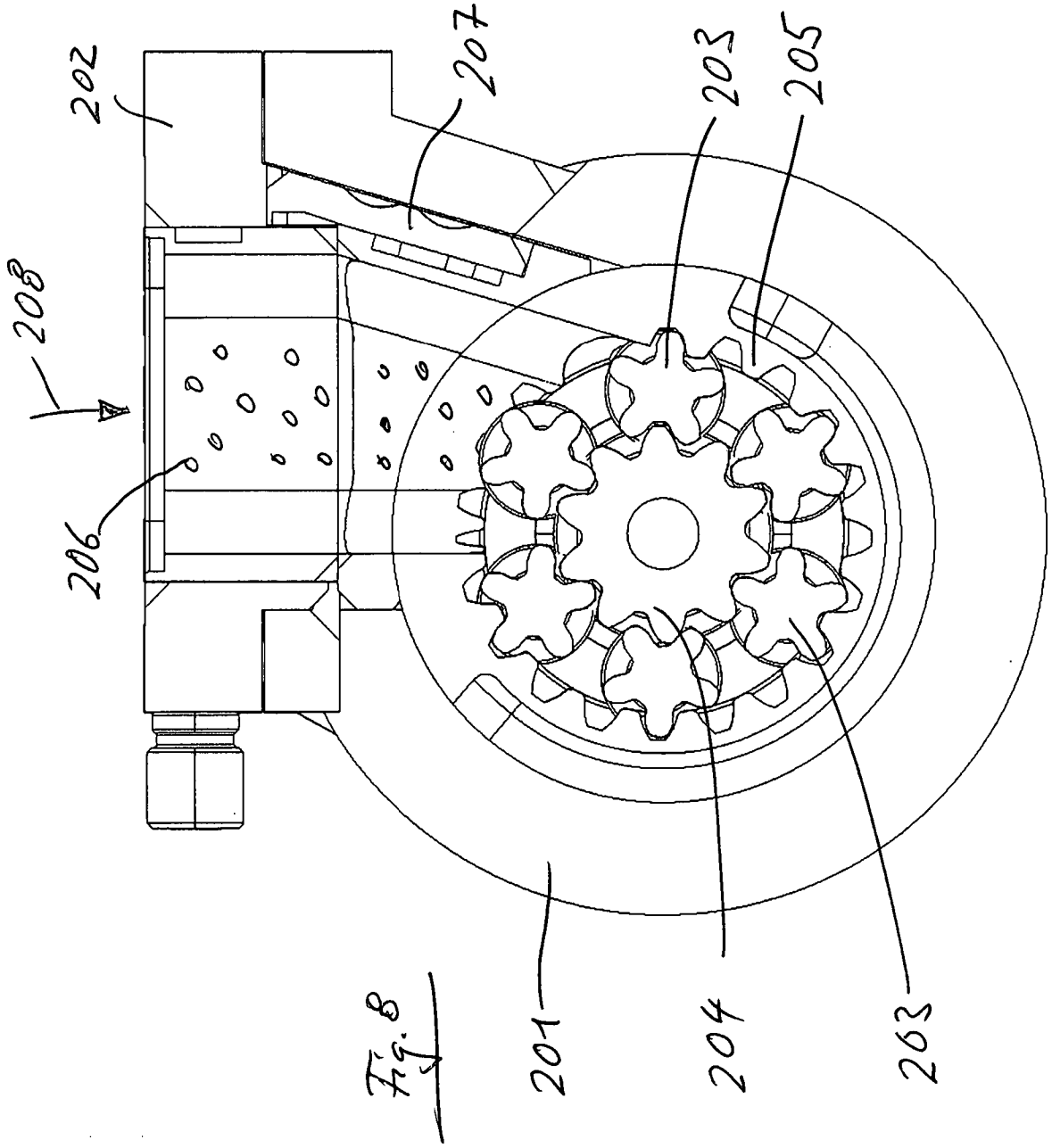


Fig. 8