



(10) **DE 10 2015 010 460 A1** 2017.03.02

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 010 460.8**

(22) Anmeldetag: **16.08.2015**

(43) Offenlegungstag: **02.03.2017**

(51) Int Cl.: **B29C 47/42 (2006.01)**

B29C 47/78 (2006.01)

B29C 47/76 (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

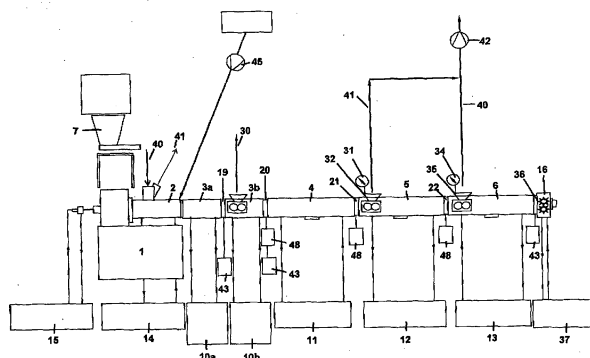
(74) Vertreter:
Kaewert, Klaus, 40593 Düsseldorf, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Der Inhalt dieser Schrift weicht von den am Anmeldetag eingereichten Unterlagen ab.

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

(57) Zusammenfassung: Nach der Erfindung findet eine Devulkanisierung von Altgummi im Planetwalzenextruder statt.



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 Materialeigenschaften 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 Zementdrehrohröfen 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 Altgummi und Elastomere mit Vernetzung, 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, daß Einschnellenextrudern und Doppelschnellenextrudern eine mechanische Belastung 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 Doppelschnellenextruder 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 die Regenerierung 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 Planetenspindeln bei ihrem Umlauf beschreiben. Diverse Bauarten von Anlaufringen zeigen auch einen größeren Innendurchmesser.

[0010] Der Innendurchmesser des vorgesehenen Dispergierendes 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 Planetenspindelmitten bei deren Umlauf. Die Reduzierung kann dabei so weit gehen, daß die Dispergierringe die Zentralspindel lediglich mit ausreichendem Bewegungsspindel für die Drehung der Zentralspindel 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 Dispersionsringes 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 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 dünn-schichtig ausgewalzt wird. Dadurch wirkt der Planetwalzenextruder als großflächiger Wärmetauscher. Einschnuckenextruder und Doppelschnuckenextruder 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. Die Verzahnung wird nach Zahnmodulen unterschieden. Die Zentralspindel wird von einem Gehäuse umgeben, das eine Innenverzahnung besitzt. Die Innenverzahnung hat den gleichen Zahnmodul wie die Außenverzahnung an der Zentralspindel. Zwischen dem Gehäuse und der Zentralspindel sind mehrere Planetenspindel gleichmäßig am Umfang der Zentralspindel angeordnet. Die Planetenspindeln besitzen eine Außenverzahnung mit gleichem Modul wie die Zentralspindel und die Gehäuseverzahnung. Die Planetenspindeln kämmen mit der Zentralspindel und der Innenverzahnung des Gehäuses.

[0018] Die umlaufenden Planetenspindeln 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.

[0019] Das Einsatzgut wird im Planetwalzenextruder zwischen den miteinander kämmenden Zähnen dünn-schichtig ausgewalzt. Dadurch entsteht eine starke Knetwirkung auf das Altgummi. Durch die Knetwirkung wird Wärme in das Altgummi getragen.

[0020] Die Knetwirkung kann durch unterschiedliche Zahl und/oder unterschiedliche Ausbildung der Planetenspindeln beeinflusst werden. Die Zahl der Planetenspindeln beträgt vorzugsweise mindestens 5, vorzugsweise mindestens 6. Je größer der Durchmesser der Zentralspindel ist, desto mehr Planetenspindeln sind üblicherweise in einem Modul/Abschnitt vorgesehen. So können zum Beispiel bei größeren Baugrößen ohne weiteres 24 und mehr Spindeln zum Einsatz kommen. Die Planetenspindeln 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 Planetenspindeln, während die Knetwirkung zunimmt. Außerdem unterscheidet sich der Knetvorgang mit den Noppen von dem Knetvorgang mit der Normalspindel und der Igelspindel.

[0021] Die zu den Igelspindeln und Noppenspindeln genannten Druckschriften beschreiben weitere nützliche Einzelheiten von Planetwalzenextrudern, die für eine Devulkanisierung geeignet sind.

[0022] Die Temperatur des Behandlungsgutes wird im Planetwalzenextruder zur 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.

[0023] 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. Die Schwefelverbindung geht in einen gasförmigen Zustand über. Das Gas wird abgesaugt. Am Extruder wird das als Entgasung bezeichnet.

[0024] 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.

[0025] Der Planetwalzenextruder ist für die gewünschte Temperierung von Altgummi besonders geeignet, wenn das Gehäuse innenseitig in bekannter Weise eine Buchse besitzt, die zentralspindel-seitig mit der beschriebenen Innenverzahnung versehen ist und außenseitig mit einer gleichen oder anderen Verzahnung versehen ist. Die Buchse wird vorzugsweise in das Gehäuse geschrumpft. Dabei verschließt das Gehäuse die Gänge der außenseitigen Verzahnung. Dadurch können diese Gänge als Kanäle 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 Öl. Das Öl wird durch die Kanäle gepumpt. Je nach Öltemperatur bewirkt das eine Kühlung oder Beheizung.

[0026] 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 Planetenspindeln und einen eigenen Anlauftring. 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 Extrudermodule/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.

[0027] 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. Soweit gleiche Module bereits vorgesehen sind, kann im nachhinein noch eine Änderung der Knetwirkung und Durchlaufzeit durch Auswechselung der Planetenspindeln bzw. durch Reduzierung der Planetenspindelzahl 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.

[0028] Günstig ist bei der Verarbeitung von Gummi oder dergleichen auch eine unterschiedliche Länge der Planetenspindeln, so daß das in einen Planetwalzenmodul eingespeiste Material schonend und nicht schlagartig insgesamt von der Verzahnung ergriffen wird.

[0029] 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.

[0030] Die Erfindung hat sich die Aufgabe gestellt, das Devulkanisieren zu verbessern, insbesondere die Wirtschaftlichkeit der Devulkanisierung mit einem Planetwalzenextruder zu steigern. Dabei geht die Erfindung 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 Dispergierrings 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.

[0031] Nach der Erfindung ist die Devulkanisierungszone die Zone, in der

- nach Passieren eines Dispergierrings
- unter gleichzeitiger mechanischer Bearbeitung des Altgummis im Planetwalzenextruder
- eine Entgasung des Materials stattfindet.

[0032] Außerdem ist günstig, die Devulkanisierungszone in eine Startphase und in die Phase weiterer Devulkanisierung zu unterteilen.

[0033] Aus Sicht der Erfindung 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. Die erfindungsgemäße 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) vorgesehen. Außerdem ist günstig, für die Startphase wie für die Aufwärmzone einen separaten Planetwalzenmodul mit eigener/separater Temperierung (Kühlung/Beheizung) vorzusehen.

[0034] Der Dispergierring am Anfang der Devulkanisierungszone befindet sich vorzugsweise zwischen dem Modul für die Aufwärmung und dem ersten Modul der Devulkanisierungszone.

[0035] Wahlweise kann noch mindestens ein weiterer 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.

[0036] Nach der Erfindung 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 muß durch das zum Beispiel vorgesehene Schreddern und/oder Mahlen nur in eine grobe Körnung gebracht werden. Das ist mit weniger Arbeit, Aufwand und Kosten als das Schreddern und Mahlen in eine feine Körnung oder sogar in eine Pulverform verbunden.

[0037] 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.

[0038] Beispielsweise können sich Extruderanlagen ergeben, in denen die Öffnungsweite

- des zweiten Dispergierringes gegenüber der Öffnungsweite des ersten Dispergierringes um mindestens 4, vorzugsweise um mindestens 6, noch weiter bevorzugt um mindestens 8 mm geringer ist,
- des dritten Dispergierringes gegenüber der Öffnungsweite des zweiten Dispergierringes um mindestens 0,5 mm, vorzugsweise um mindestens 1 mm, noch weiter bevorzugt um mindestens 1,5 mm und höchst bevorzugt um mindestens 2 mm kleiner ist.
- des dritten Dispergierringes gegenüber der Öffnungsweite des zweiten Dispergierringes um mindestens 0,5 mm, vorzugsweise um mindestens 1 mm, noch weiter bevorzugt um mindestens 1,5 mm und höchst bevorzugt um mindestens 2 mm kleiner ist.
- des vierten Dispergierringes gegenüber der Öffnungsweite des dritten Dispergierringes um mindestens 0,5 mm, vorzugsweise um mindestens 1 mm, noch weiter bevorzugt um mindestens 1,5 mm und höchst bevorzugt um mindestens 2 mm kleiner ist.

[0039] 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. Die Dispergierringe können einen genau zylindrischen Spalt formen. 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 Dispergierringen. 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.

[0040] 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.

[0041] Bei modularem Aufbau der Extruderanlage können die Dispergierringe jeweils zwischen zwei Planetwalzenmodulen angeordnet werden. Das erleichtert die Montage der Dispergierringe und deren Auswechslung, 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. Aber auch bei Dispergierringen, welche in eine Nut der Zentralspindel greifen, ist eine Auswechslung der Dispergierringe mit abweichender Spaltlänge möglich, ohne daß die Zentralspindel ausgewechselt werden muß, solange die Nut beibehalten werden kann. Durch Verwendung von Zentralspindeln, welche gleichfalls modular aufgebaut sind, kann eine Teilauswechslung der Zentralspindel bei größer werdender Spaltlänge stattfinden. Dann beschränkt sich die Auswechslung auf die betreffenden Spindelteile. Bei modularem Aufbau besteht eine Zentralspindel aus einem mittigen Anker, auf dem verzahnte Hülsen 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 Hülzen übertragen. Üblicherweise wird das Drehmoment mit einem Antriebsmotor über ein Getriebe auf die Zentralspindel übertragen. Darüber hinaus ist es möglich, die verschiedenen Hülzen nach Art von Zahnkupplungen miteinander zu verzahnen, so daß das notwendige Drehmoment auch unmittelbar vom Getriebe auf die Hülzen übertragen werden kann. Dabei gibt eine Hülse das Drehmoment an die andere Hülse weiter.

[0042] Die Hülzen tragen am äußeren Umfang die notwendige Verzahnung für das Zusammenwirken mit den Planetenspindeln 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 Hülzen/Zentralspindelmodul gebildet werden. Für eine Änderung der mit einem Dispergierring korrespondierenden Nut kann eine Auswechselung eines vorhandenen Zentralspindelmoduls gegen ein passendes anderes Modul erfolgen.

[0043] 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. Das Gas kann dann sehr gut über den senkrecht auf dem Planetwalzenmodul stehenden Seitenarmextruder 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.

[0044] Wenn eine Anlage nach der WO2011/091966 vier Planetwalzenmodule besitzt, ergibt sich nach der Erfindung mit der separaten Aufwärmphase und der separaten Startphase eine Zahl von 5 Planetwalzenmodulen. Dabei kann sich zwar eine größere Gesamtlänge ergeben, die Gesamtlänge der erfindungsgemäßen 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 Erfindung zusammen nicht länger als ein nach der WO2011/091966 vorgesehener Planetwalzenmodul sein. Die Erfindung 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

[0045] Die Baugröße entspricht dem Teilkreisdurchmesser der Innenverzahnung im Gehäuse bzw. in der Gehäusebuchse.

[0046] 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 durch mechanische Bearbeitung Energie 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 Erfindung 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. 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 werden, 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

[0047] 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 vorzugsweise unterschiedliche Dispergierringe Anwendung.

[0048] 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 Wärmefflusses 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 Temperaturgefälles von dem Temperierungsmittel zum Einsatzmaterial zu erzeugen.

[0049] 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.

[0050] Bei Temperaturen bis zum Beispiel 220 Grad Celsius kann Wasser als Temperierungsmittel genutzt werden, 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.

[0051] 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 durch den Spalt zu den Ringen bzw. durch den Spalt von den Ringen wieder abgeführt werden.

[0052] Vorzugsweise wird zumindest die Temperatur des Einsatzmaterials bzw. des bearbeiteten Materials an allen Anlaufingen 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.

[0053] Für die erfindungsgemäße 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 zur Montage der Buchse erwärmt, die Buchse dann eingeschoben wird und das Gehäuse anschließend auf die Buchse aufschumpft.

[0054] In der Startphase der Devulkanisierung ist eine intensive Entgasung vorgesehen. Dazu wird nach der Erfindung vorzugsweise eine kurze Bearbeitungsstrecke bzw. Entgasungsstrecke gewählt.

[0055] 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.

[0056] Die Entgasungsvorrichtungen sind jeweils dort an den Planetwalzenmodulen angeflanscht, wo aufgrund des Füllgrades kleiner 100% sich ein Hohlraumvolumen bildet.

[0057] 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.

[0058] Die Ergebnisse der erfindungsgemäßen Trennung zwischen Aufwärmzone und Devulkanisationszone sind verblüffend. In der erfindungsgemäßen 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 erfindungsgemäßen Lehre ein stabiler Prozess mit gut devulkanisiertem Austrittsmaterial. Dabei lassen Mooney-Zahlen von 40 bis über 60 leicht 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.

[0059] Im Vergleich zu den nach der WO2011/091966 bei gleicher Temperatur erzielbaren Mooney-Zahlen liegen die nach der Erfindung 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 Erfindung in Versuchen ohne weiteres bis zum 3fachen gegenüber einer Anlage und einem Anlagenbetrieb nach der WO2011/091966 gesteigert werden. Hinzu kommt, daß nach der Erfindung 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 muß.

[0060] In der Zeichnung ist eine Extrusionsanlage für ein erfindungsgemäßes Verfahren für die Anwendung auf Altgummi dargestellt.

[0061] Bei der Extrusionsanlage handelt es sich um eine 70iger Baugröße. Die erfindungsgemäße Anlage ist entsprechend bestehend aus verschiedenen Abschnitten **2**, **3a**, **3b**, **4**, **5**, **6**. Der Abschnitt **2** ist ein Füllteil und nach Art eines Einschnuckenextruders 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 Planetwalzenmodulen **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 Planetwalzenmodulen. 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 Planetwalzenmodulen **3a** und **3b** besitzen mehr Planetspindeln als die anderen Planet-

walzenmoduln, nämlich sechs. Außerdem sind die Planetenspindeln der Moduln **3a** und **3b** mit einer Standardverzahnung versehen. Die Standardverzahnung verursacht eine starke mechanische Belastung des Altgummis als die in den anderen Moduln vorgesehenen Planetenspindeln, 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.

[0062] Von Planetenspindeln in den Planetwalzenmodulen **4, 5, 6** besitzen jeweils drei Noppenspindeln die gleiche Länge von 373 mm. Die Übrigen Planetenspindeln sind dagegen länger. Sie besitzen eine Länge von 399 mm. Die unterschiedlich langen Planetenspindeln sind für das Einziehen des Altgummis in den Wirkungsbereich aller Spindeln von Vorteil. Planetwalzenmodul **3a** und **3b** sind dagegen drei Planetenspindeln mit dieser Länge vorgesehen. Die übrigen drei Planetenspindeln besitzen eine kürzere Länge von 373 mm.

[0063] Alle Planetenspindeln 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.

[0064] Im Ausführungsbeispiel sind die Dispergierringe in Förderrichtung des Altgummis durch die Anlage hinter den nicht dargestellten Anlaufringen angeordnet. Der Dispergierring **19** umgibt die Zentralspindel mit geringem Spiel. Zu dem Spalt des Dispergierrings gehören der Spalt und die Öffnungen zwischen den Zähnen der Zentralspindel. Die Dispergierringe **20, 21, 22** unterscheiden sich davon. 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 Zahnücken zwischen den Zähnen der Zentralspindel bis auf einen engen Spalt am Zahngrund geschlossen sind. Alle Dispergierringe **19, 20, 21, 22** sind im Übrigen zwischen den korrespondierenden 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 Einspannung der Dispergierringe **19, 20, 21, 22** erfolgt beim Verspannen der zylindrischen Gehäuse der Planetwalzenmodule **3a, 3b, 4, 5, 6**. Die Planetwalzenmodule **3a, 3b, 4, 5, 6** besitzen dazu an ihren Enden übliche Flansche, die mit Spannschrauben gegeneinander gezogen werden. 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 **3a**.

[0065] 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.

[0066] An den Dispergierringen wird zum Teil Druck und Temperatur des Einsatzmaterials/Behandlungsgutes gemessen, zum Teil nur Druck und zum Teil nur Temperatur. Die Druckmessung ist mit **43** bezeichnet, die Temperaturmessung mit **48**.

[0067] 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 Moduln 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 Seitenarmextrudern 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.

[0068] Das Altgummi wird im Ausführungsbeispiel feinkörnig in das Füllteil **2** eindosiert. Die Dosierung ist mit **7** bezeichnet, der Materialeintritt mit **40**.

[0069] Am Materialeintritt ist darüber hinaus eine Öffnung **41** vorgesehen, durch die bei Betriebsstillstand verbliebenes Material ausgeblasen werden kann.

[0070] 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

[0071] 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.

[0072] Nach dem Eintragen des Altgummis in das Füllteil **2** erfährt das Altgummi durch die Schnecke des Füllteiles komprimiert. 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 Aufwärmzone 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.

[0073] Nach der Aufwärmung des Altgummis auf Starttemperatur wird das Altgummi durch den Spalt des Dispergierungsringes **19** gedrückt. Nach Passieren des Dispergierungsringes **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 Schwefel über die Entgasung **30** abgesaugt. In dem Modul **3b** wird die Devulkanisation des Einsatzmaterials gestartet. Um eine ausreichende Devulkanisation zu erreichen, muß die Bearbeitung weiter fortgesetzt werden. Das geschieht mit den weiteren Modulen/Dispergierringen und Entgasungen. Dabei kann die Temperatur des Einsatzmaterials/Behandlungsgutes unter die Starttemperatur absinken, ohne daß die Devulkanisation gestört wird.

[0074] Aus dem Modul **3b** wird das Einsatzmaterial/Behandlungsgut in den Modul **4** gedrückt. Dabei passiert das Einsatzmaterial/Behandlungsgut den Dispergierungsring **20**. In dem Modul **4** wird das Einsatzmaterial/Behandlungsgut weiter aufgeschlossen und durch einen weiteren Dispergierring **21** gedrückt. Die Temperatur des Einsatzmaterials/Behandlungsgutes kann im Modul **4** bereits unter die Starttemperatur sind. Dementsprechend ist die Temperierung **11** auf eine maximale Temperatur von 300 Grad Celsius ausgelegt.

[0075] so bearbeitete Material wird in dem Modul **5** weiter aufgeschlossen und entgast.

[0076] Aus dem Modul **5** strömt das Einsatzmaterial/Behandlungsgut durch den weiteren Dispergierring **22** hindurch in den Modul **6**. Dort setzt sich die Entgasung fort und wird Gas über die Engasung **35** abgezogen. Im Beispiel liegt die Temperatur des Einsatzmaterials/Behandlungsgutes im Modul **5** und **6** unter 220 Grad Celsius. Entsprechend ist die Temperierung **12** auf maximal 220 Grad Celsius ausgelegt.

[0077] Die Entgasungen **32** und **35** besitzen Saugleitungen **40** und **41**, die an eine gemeinsame Vakuumpumpe angeschlossen sind. Überdies wird der Entgasungsdruck mit Manometer **31** und **34** an den Entgasungen **32** und **35** gemessen.

[0078] Nach dem Austritt aus dem Planetwalzenmodul **6** strömt das Einsatzgut/Behandlungsgut durch einen Dispergierring **36** in eine Zahnradpumpe **16** mit nachgeordneter Düse, die das Einsatzmaterial/Behandlungsgut zu einem Strang formt, der auf einem Transportband abgelegt wird. Der austretende Strang erfährt noch eine letzte Entgasung an der Umgebungsluft.

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, 0022, 0029, 0043, 0044, 0044, 0044, 0058, 0059, 0059]
- DE 69329245 T2 [0007]
- DE 69724239 T2 [0007]
- DE 102009019846 [0018]
- DE 102009013839 [0018]
- DE 102008063036 [0018]
- DE 102008018686 [0018]
- DE 102007058174 [0018]
- DE 102007050466 [0018]
- DE 102007041486 [0018]
- DE 102007040645 [0018]
- DE 102004048440 [0020]
- US 7476416 [0020]
- EP 702739 [0027]

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 die mechanische und thermische Belastung in einem Planetwalzenwextruder erzeugt wird, 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 Anlauftring dieses Extruderabschnittes gleiten, wobei in dem Planetwalzenextruder ein Dispergierring vorgesehen ist, der den Strömungsquerschnitt für Gummi und Elastomere mehr reduziert als ein Anlauftring,

dadurch gekennzeichnet,

daß zwischen dem Füllteil und der Devulkanisierungszone eine separate Aufwärmzone mit eigenem Planetwalzenmodul und eigener Temperierung vorgesehen ist und/oder am Anfang der Devulkanisierungszone eine Startphase mit eigenem Planetwalzenmodul und eigener Temperierung vorgesehen ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch Verwendung von modular aufgebauten Planetwalzenextruder mit folgenden Modullängen

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

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** daß das Temperierungsmittel in der Aufwärmzone eine Temperatur von mindestens 300 Grad Celsius, vorzugsweise mindestens 320 Grad Celsius und noch weiter bevorzugt mindestens 340 Grad Celsius aufweist, so daß das Einsatzmaterial sehr schnell auf Startertemperatur für die Devulkanisation gebracht wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet,** daß das Einsatzmaterial in der Starterphase der Devulkanisierungszone die notwendige Startertemperatur aufweist und nach Verlassen der Starterphase eine geringere Temperatur aufweist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet,** daß

- beim Anfahren des Extruders zunächst eine Starttemperatur gewählt wird, die sicher im Startbereich liegt und
- die Temperatur schrittbeweise gesenkt wird, bis die optimale Starttemperatur erreicht ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch die Verwendung mehrerer Dispergierringe, wobei jeder Dispergierring einem Planetwalzenmodul zugeordnet ist.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Öffnungsweite

- des zweiten Dispergierrings gegenüber der Öffnungsweite des ersten Dispergierrings um mindestens 4, vorzugsweise um mindestens 6, noch weiter bevorzugt um mindestens 8 mm geringer ist,

- des dritten Dispergierringes gegenüber der Öffnungsweite des zweiten Dispergierringes um mindestens 0,5 mm, vorzugsweise um mindestens 1 mm, noch weiter bevorzugt um mindestens 1,5 mm und höchst bevorzugt um mindestens 2 mm kleiner ist.
- des dritten Dispergierringes gegenüber der Öffnungsweite des zweiten Dispergierringes um mindestens 0,5 mm, vorzugsweise um mindestens 1 mm, noch weiter bevorzugt um mindestens 1,5 mm und höchst bevorzugt um mindestens 2 mm kleiner ist.
- des vierten Dispergierringes gegenüber der Öffnungsweite des dritten Dispergierringes um mindestens 0,5 mm, vorzugsweise um mindestens 1 mm, noch weiter bevorzugt um mindestens 1,5 mm und höchst bevorzugt um mindestens 2 mm kleiner ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch die Verwendung von Dispergierringen, deren Spaltlänge durch die Dicke der Dispergierringe bestimmt wird und vorzugsweise 1 bis 25 mm, noch weiter bevorzugt 3 bis 20 mm beträgt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, gekennzeichnet durch die Verwendung von Dispergierringen mit einem konischen Spalt, vorzugsweise mit einem Eintrittskonus und/oder einem Austrittskonus und/oder mit gerundeten Kanten und/oder mit einer Neigung der konischen Flächen von 1 bis 45 Grad, noch weiter bevorzugt 10 bis 35 Grad und höchst bevorzugt 15 bis 30 Grad zur Mittelachse der Dispergierringe.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, gekennzeichnet durch die Verwendung von Dispergierringen, wobei alle Dispergierringe der Devulkanisationszone in eine Nut der Zentralspindel greifen.

11. Verfahren nach Anspruch 10, gekennzeichnet durch die Verwendung einer modular aufgebauten Zentralspindel, wobei die Zentralspindel aus einem Anker besteht, auf den verschiedene Hülsen aufgeschoben sind und im Kraftschluß miteinander oder im Kraftschluß zum Anker stehen, wobei die Hülsen in dem eine Nut bildenden Bereich einen glatten Grund aufweisen und im Übrigen eine Verzahnung tragen, mit der sie mit den Planetenspindeln kämmen, und wobei die Hülse mit dem eine Nut bildenden Bereich auswechselbar ist.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, gekennzeichnet durch die Verwendung eines Dispergierringes, der vor dem Planetwalzenmodul der Aufwärmzone angeordnet ist und die Zentralspindel im Abstand umgibt, wobei der Abstand gleich dem notwendigen Spiel für eine Drehung der Zentralspindel in dem Dispergierring ist oder größer ist.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, gekennzeichnet durch Öl als Temperierungsmittel, das für Temperaturen über 350 Grad Celsius unter Stickstoff gesetzt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, gekennzeichnet durch temperierte Dispergierringe.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, gekennzeichnet durch ein Füllgrad von weniger als 80%, vorzugsweise weniger als 70%, noch weiter bevorzugt weniger als 50%.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, gekennzeichnet durch eine zusätzliche Entgasung des Einsatzmaterials nach Verlassen des Extruders, wobei das Einsatzmaterial am Extruderende durch einen weiteren Dispergierring mechanisch belastet wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, gekennzeichnet durch die Verwendung von Planetwalzenmodulen mit Standardspindeln für die Aufwärmzone und/oder für die Startphase beim Devulkanisieren und durch die Verwendung von Noppenspindel zum Entgasen in der Devulkanisierungszone.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, gekennzeichnet durch Herstellung eines Produktes mit einer Mooneyzahl von größer/gleich 40, gemessen bei einer Temperatur von 100 Grad Celsius.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

