

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
23. Februar 2017 (23.02.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/028936 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
B29C 47/42 (2006.01) **C08J 11/10** (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/001015
- (22) Internationales Anmeldedatum:
16. Juni 2016 (16.06.2016)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2015 010 460.8
16. August 2015 (16.08.2015) DE
- (71) Anmelder: **ENTEX RUST & MITSCHKE GMBH**
[DE/DE]; Heinrichstr. 67a, 44805 Bochum (DE).
- (72) Erfinder: **RUST, Harald**; Heinrichstr. 67a, 44805 Bochum (DE).
- (74) Anwalt: **KAEWERT, Klaus**; Rechtsanwalt, Gänsestrasse 4, 40593 Düsseldorf (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,

BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

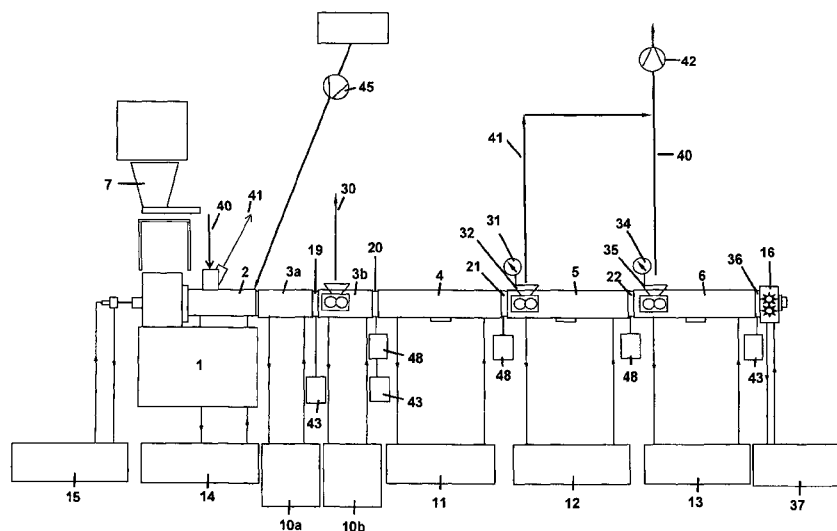
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: DEVULCANIZATION OF WASTE RUBBER IN A PLANET ROLLER EXTRUDER

(54) Bezeichnung : DEVULKANISIEREN VON ALTGUMMI IN EINEM PLANETWALZENEXTRUDER



(57) Abstract: The invention relates to the devulcanization of waste rubber in a planet roller extruder wherein a separate heating zone is provided with its own planet roller module and its own temperature control and/or a start phase with its own planet roller extruder and its own temperature control is provided at the beginning of the devulcanization area .

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



WO 2017/028936 A1

DEVULKANISIEREN VON ALTGUMMI IN EINEM PLANETWALZENEXTRUDER

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.

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.

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.

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.

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

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.

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.

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 die Regenerierung von Gummi zugleich mit dem Hinweis auf die Zugabe von oben beschriebenen Devulkanisationsmitteln verbunden sind.

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.

Der Innendurchmesser des vorgesehenen Dispergieringes 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 über das notwendige Spiel für die Drehung der Zentralspindel hinaus lediglich mit einem geringen Spalt umgeben.

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.

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.

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.

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.

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

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

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 45Grad-Schrägung der Zähne. Es gibt auch unterschiedliche Zahngrößen. Dabei 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.

Die umlaufenden Planetenspindeln gleiten in Förderrichtung vorn an einem Gleitring bzw. Anlauftring, so daß deren Umlaufbahn in axialer Richtung bestimmt ist. Wegen der weiteren Einzelheiten üblicher Planetwalzenextruder wird zum Beispiel auf folgende Druckschriften Bezug genommen:

DE 102009019846, DE 102009013839, DE102008063036, DE 102008018686, DE 102007058174, DE102007050466, DE 102007041486, DE 102007040645.

Das Einsatzgut wird im Planetwalzenextruder zwischen den miteinander kämmenden Zähnen dünnsschichtig ausgewalzt. Dadurch entsteht eine starke Knetwirkung auf das Altgummi. Durch die Knetwirkung wird Wärme in das Altgummi getragen.

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.

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

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.

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.

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.

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 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 800mm, vorzugsweise von kleiner/gleich 600mm und noch weiter bevorzugt von kleiner/gleich 500mm.

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.

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.

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.

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.

Die Erfindung hat sich die Aufgabe gestellt, das Devulkanisieren zu verbessern, insbesondere die Wirtschaftlichkeit der Devulkanisierung mit einem Planetwalzenextruder zu steigern.

Das wird mit den Merkmalen des Hauptanspruches erreicht. Die Unteransprüche beschreiben bevorzugte Ausführungsformen.

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 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.

Nach der Erfindung ist die Devulkanisierungszone die Zone, in der

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

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

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) 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.

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.

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 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.

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.

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 Dispergierringes 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 Dispergierringes 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 Dispergierringes 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.

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

Baugröße	Spaltweite
50mm	4,5mm
70mm	4,5mm
100mm	7mm

150mm	7mm
180mm	9mm
200mm	8,5mm
250mm	8mm
280mm	13mm
300mm	16mm
350mm	16mm
400mm	17mm

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.

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

Günstig ist eine Veränderbarkeit der Spaltlänge. Im Zweifel erfolgt die Veränderung der Spaltlänge durch Auswechselung eines Dispergierringes gegen einen anderen Dispergierring 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.

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.

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 45Grad, noch weiter bevorzugt eine Neigung zwischen 10Grad bis 35Grad und höchst bevorzugt eine Neigung von 15Grad bis 30Grad zur Mittelachse der Dispergierringe.

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 Erfindung 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.

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.

Bei modularem Aufbau der Extruderanlage können die Dispergierringe jeweils zwischen zwei Planetwalzenmodulen und/oder einem das Füllteil bildenden und nach Art einer Einschncke 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.

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.

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 Anlauftringe 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 Dispergierring in dem Zentrierring zentriert ist, und das Gehäuse des in Förderrichtung hinteren Moduls an dem Dispergierring, weil der Dispergierring gegenüber dem Zentrierring etwas vorsteht und das vorstehende Ende von dem Gehäuse des hinteren Moduls umfaßt wird.

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

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 Auswechslung des Dispergierringes verbundene Spaltbildung.

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 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 Hülsen/Zentralspindelmodul gebildet werden. Für eine Änderung der mit einem Dispergierring korrespondierenden Nut kann eine Auswechslung eines vorhandenen Zentralspindelmoduls gegen ein passendes anderes Modul erfolgen.

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.

Bei Verwendung von Seitenarmextrudern zur Entgasung kann das Gas 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.

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

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

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 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

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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 mit der Gehäusebuchse eine Schrumpfverbindung hat.

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

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.

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

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.

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 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 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 sollte, um ein Entweichen ungefilterten Gases in die Umgebung zu verhindern.

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

Bei der Extrusionsanlage handelt es sich um eine 70iger Baugröße. Die erfindungsgemäße 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 Planetenspindeln 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 200mm.

In allen Planetwalzenmodulen sind jeweils fünf Planetenspindeln vorgesehen. Die Zahl der Planetenspindeln hat Einfluß auf den Füllungsgrad der Planetwalzenmoduln. Je geringer die Zahl der Planetenspindeln ist, desto größere Hohlräume können erzeugt werden. Die Planetenspindeln der Module 4 und 5 sind als Noppenspindeln ausgebildet und gleichmäßig verteilt am Umfang der Zentralspindel angeordnet. Von den Planetenspindeln des Moduls 6 sind drei Planetenspindeln gleichfalls als Noppenspindeln ausgebildet. Die übrigen Planetenspindeln des Moduls 6 sind als Transportspindeln ausgebildet. Die Planetwalzenmoduln 3a und 3b besitzen mehr Planetenspindeln als die anderen Planetwalzenmoduln, 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.

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 399mm. 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.

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.

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 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.

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.

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

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.

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 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.

Nach der Aufwärmung des Altgummis auf Starttemperatur wird das Altgummi durch den Spalt am Dispergierungsring 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, gasförmiger 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 noch weiter fortgesetzt werden.

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 behandelt und durch einen weiteren Dispergierring 21 gedrückt. Das so bearbeitete Material wird in dem Modul 5 weiter bearbeitet und entgast.

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.

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.

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

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 Anlaufingen 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 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 Verengung des Spaltes ist materialabhängig und bewirkt eine extreme Verformung und extreme mechanische Belastung des Einsatzmaterials.

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.

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. 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.

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.

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.

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.

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 Anlaufring dieses Extruderabschnittes gleiten, wobei in dem Planetwalzenextruder mindestens ein Dispergierring vorgesehen ist, der den Strömungsquerschnitt für Gummi und Elastomere mehr reduziert als ein Anlaufring, 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 300mm	100 bis 300mm
100er bis 150iger	250 bis 600mm	250 bis 650mm
170iger bis 250iger	300 bis 650mm	300 bis 650mm
280iger bis 300er (schwere Ausführung)	320 bis 800mm	320 bis 800mm
350iger	300 bis 650mm	300 bis 650mm
400er (schwere Ausführung)	320 bis 800mm	120 bis 800mm
400er	320 bis 800mm	320 bis 800mm
500er bis 1000er	350 bis 1000mm	350 bis 1000mm
500er bis 1000er Schwere Ausführung	350 bis 1000mm	350 bis 1000mm

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 5, 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, so daß die mit den Dispergierringen verbundene Bearbeitung des Einsatzmaterials in mehreren Schritten erfolgt.

7.

Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungsweite des Spaltes an den Dispergierringen mit jedem Bearbeitungsschritt reduziert wird, wobei vorzugsweise die Öffnungsweite an dem

- zweiten Dispergierring gegenüber der Öffnungsweite am ersten Dispergierring um mindestens 5%, vorzugsweise um mindestens 10%, noch weiter bevorzugt um mindestens 15% geringer ist,
- dritten Dispergierring gegenüber der Öffnungsweite am zweiten Dispergierring um mindestens 5%, vorzugsweise um

mindestens 10%, noch weiter bevorzugt um mindestens 15% und höchst bevorzugt um mindestens 20% kleiner ist.

-dritten Dispergierring gegenüber der Öffnungsweite an dem zweiten Dispergierring um mindestens 5%, vorzugsweise um mindestens 10%, noch weiter bevorzugt um mindestens 15% und höchst bevorzugt um mindestens 20% kleiner ist.

-vierten Dispergierring gegenüber der Öffnungsweite am dritten Dispergierring um mindestens 5%, vorzugsweise um mindestens 10%, noch weiter bevorzugt um mindestens 15% und höchst bevorzugt um mindestens 20% kleiner ist

wobei die Dispergierringe zur Änderung der Spaltweite auswechselbar sind.

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 25mm, noch weiter bevorzugt 3 bis 20 mm beträgt, wobei die Dispergierringe vorzugsweise zur Änderung der Spaltlänge auswechselbar sind.

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 Dispergierringe, wobei alle Dispergierringe der Devulkanisationszone in eine Nut der Zentralspindel greifen, wobei die Dispergierringe aus Hälften oder mehr Segmenten zusammen gesetzt sind, wobei die im Querschnitt der Nut ersichtlichen Ecken und Kanten vorzugsweise gerundet sind und/oder wobei vorzugsweise die Nut im Falle einer Auswechselung eines Dispergierringes unverändert bleibt.

11.

Verfahren nach Anspruch 10, gekennzeichnet durch die Verwendung von unterschiedlichen Dispergierringen, welche gehäuseseitig einen gleich dicken Bund aufweisen und zentralspindelseitig mit einem Kragen in die Nut der Zentralspindel greifen und Kragen unterschiedlicher Dicke aufweisen können.

12.

Verfahren nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch die Verwendung von Dispergierringen, welche bei modulweiser Zusammensetzung einer Extrusionsanlage zwischen zwei Modulen angeordnet werden können.

13.

Verfahren nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch die Verwendung von Dispergierringen, die in einer gemeinsamen Konstruktion mit den Anlaufingen von Planetwalzenmodulen angeordnet werden können,

vorzugsweise in einer gemeinsamen Zentrierung und/oder mit einem gemeinsamen Stützring montiert werden.

14.

Verfahren nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch die Verwendung von Modulen mit einer der gewünschten Position der Dispergierringe angepaßten Länge.

15.

Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, gekennzeichnet durch die Verwendung einer modular aufgebauten Zentralspindel, wobei die Zentralspindel aus einem Anker besteht, auf den verschiedene Hülsen aufgeschoben sind und wobei die Hülsen mit dem Anker gegeneinander verspannt werden, vorzugsweise mit Hülsen, die an ihren Berührungsflächen mit Zähnen ineinander greifen, wobei die Hülsen im Bereich eines Dispergierringes eine Nut aufweisen, so daß der Dispergierring in die Nut greifen kann, wobei die Hülsen am Umfang eine Verzahnung tragen, mit der sie mit den Planetenspindeln kämmen, und wobei die Hülse mit dem eine Nut bildenden Bereich auswechselbar ist.

16.

Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, gekennzeichnet durch die Verwendung eines Dispergierringes, der vor dem Planetwalzenmodul der Aufwärmzone angeordnet ist und die Zentralspindel im Abstand umgibt, wobei der Abstand groß genug ist, um das zu devulkanisierenden Material durchdrücken zu können und zugleich klein

genug ist, um das zu devulkanisierende Material beim Durchtritt durch den Spalt stark zu verformen.

17.

Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, gekennzeichnet durch Öl als Temperierungsmittel, das für Temperaturen über 350 Grad Celsius unter Stickstoff gesetzt wird.

18.

Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, gekennzeichnet durch temperierte Dispergierringe.

19.

Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, gekennzeichnet durch einen Füllgrad des Extruders von weniger als 80%, vorzugsweise weniger als 70%, noch weiter bevorzugt weniger als 50%.

20.

Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, gekennzeichnet durch eine zusätzliche Entgasung des Einsatzmaterials nach Verlassen des Extruders, wobei das Einsatzmaterial am Extruderende durch einen weiteren Dispergierring mechanisch belastet wird.

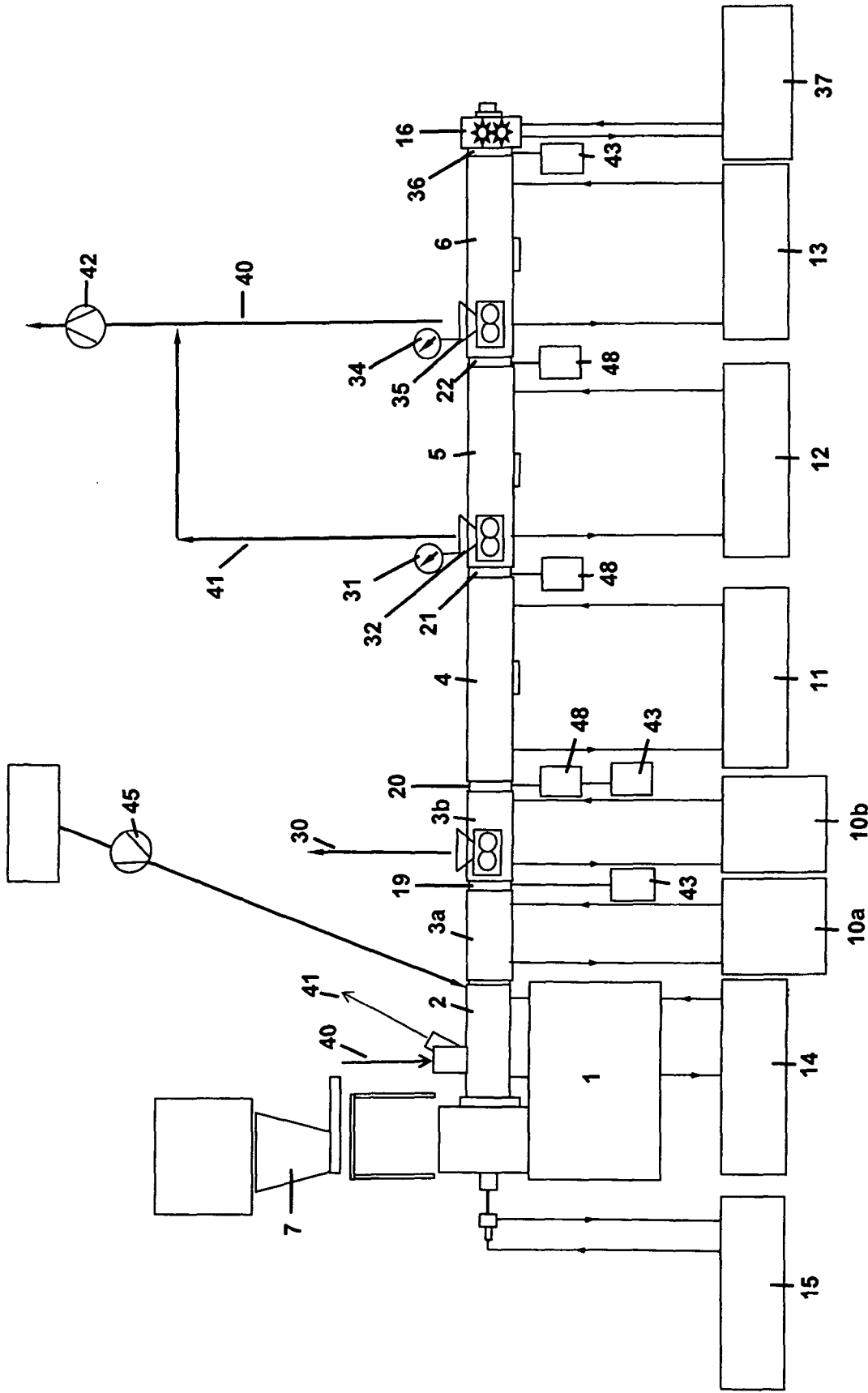
21.

Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20, gekennzeichnet durch die Verwendung von Planetwalzenmoduln mit Standardspindeln für die Aufwärmzone und/oder für die Startphase beim Devulkanisieren und

durch die Verwendung von Noppenspindeln und/oder Transportspindeln und/oder Igelspindeln zum Entgasen in der Devulkanisierungszone.

22.

Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21, gekennzeichnet durch Herstellung eines Produktes mit einer Mooneyzahl von 20 bis 60, vorzugsweise 30 bis 50, noch weiter bevorzugt 35 bis 45, gemessen bei einer Temperatur von 100 Grad Celsius.



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/001015

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B29C47/42 C08J11/10
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B29C C08J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2011/091966 A1 (RUST & MITSCHKE ENTEX [DE]; RUST HARALD [DE]) 4 August 2011 (2011-08-04) cited in the application page 9, lines 17-19 page 9, lines 25-26 page 12, lines 9-13 ----- -/--	1-22



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

2 August 2016

Date of mailing of the international search report

16/08/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kujat, Christian

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/001015

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Michael W. Batton, Thomas J. Malzahn, Michael Gerdon, Ralf Quack: "An introduction of the planetary roller extruder and areas of applications rubber devulcanisation" In: "Proceedings of Antec 2015", 25 March 2015 (2015-03-25), SPE - Society of Plastics Engineers, XP009191170, pages 1-4, page 2, left-hand column, paragraph 4; figure 1	1-22
A	----- EP 2 164 895 A1 (RHEIN CHEMIE RHEINAU GMBH [DE]) 24 March 2010 (2010-03-24) paragraphs [0029], [0030] -----	1-22

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/001015

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2011091966	A1	04-08-2011	CN 102753328 A 24-10-2012
			DE 102010006476 A1 04-08-2011
			DK 2528724 T3 06-07-2015
			EP 2528724 A1 05-12-2012
			US 2013023639 A1 24-01-2013
			WO 2011091966 A1 04-08-2011

EP 2164895	A1	24-03-2010	CN 101688014 A 31-03-2010
			EG 26656 A 04-05-2014
			EP 2164895 A1 24-03-2010
			WO 2008148706 A1 11-12-2008

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. B29C47/42 C08J11/10
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 B29C C08J

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2011/091966 A1 (RUST & MITSCHKE ENTEX [DE]; RUST HARALD [DE]) 4. August 2011 (2011-08-04) in der Anmeldung erwähnt Seite 9, Zeilen 17-19 Seite 9, Zeilen 25-26 Seite 12, Zeilen 9-13 ----- -/--	1-22



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

2. August 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

16/08/2016

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kujat, Christian

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	Michael W. Batton, Thomas J. Malzahn, Michael Gerdon, Ralf Quack: "An introduction of the planetary roller extruder and areas of applications rubber devulcanisation" In: "Proceedings of Antec 2015", 25. März 2015 (2015-03-25), SPE - Society of Plastics Engineers, XP009191170, Seiten 1-4, Seite 2, linke Spalte, Absatz 4; Abbildung 1 -----	1-22
A	EP 2 164 895 A1 (RHEIN CHEMIE RHEINAU GMBH [DE]) 24. März 2010 (2010-03-24) Absätze [0029], [0030] -----	1-22

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/001015

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 2011091966	A1	04-08-2011	CN	102753328 A	24-10-2012
			DE	102010006476 A1	04-08-2011
			DK	2528724 T3	06-07-2015
			EP	2528724 A1	05-12-2012
			US	2013023639 A1	24-01-2013
			WO	2011091966 A1	04-08-2011

EP 2164895	A1	24-03-2010	CN	101688014 A	31-03-2010
			EG	26656 A	04-05-2014
			EP	2164895 A1	24-03-2010
			WO	2008148706 A1	11-12-2008
