

(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
3. November 2016 (03.11.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/173795 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B01J 6/00 (2006.01) *C04B 7/43* (2006.01)
C04B 20/04 (2006.01)

(74) Anwalt: **THYSSENKRUPP INTELLECTUAL
PROPERTY GMBH**; ThyssenKrupp Allee 1, 45143
Essen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/057073

(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, 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.

(22) Internationales Anmeldedatum:
31. März 2016 (31.03.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 106 417.0
27. April 2015 (27.04.2015) DE

(71) Anmelder: **ThyssenKrupp Industrial Solutions AG**
[DE/DE]; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen (DE).
ThyssenKrupp AG [DE/DE]; ThyssenKrupp Allee 1,
45143 Essen (DE).

(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).

(72) Erfinder: **LEMKE, Jost**; Agnesstr. 7, 59320 Ennigerloh
(DE). **BERGER, Claudia**; Bernhardstr. 8, 59320
Ennigerloh (DE). **ROHLOFF, Kathrin**; Katharinenstraße
12, 20457 Hamburg (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SYSTEM AND METHOD FOR THERMALLY TREATING DISPERSIBLE RAW MATERIAL

(54) Bezeichnung : ANLAGE UND VERFAHREN ZUR THERMISCHEN BEHANDLUNG VON FLUGFÄHIGEM
ROHMATERIAL

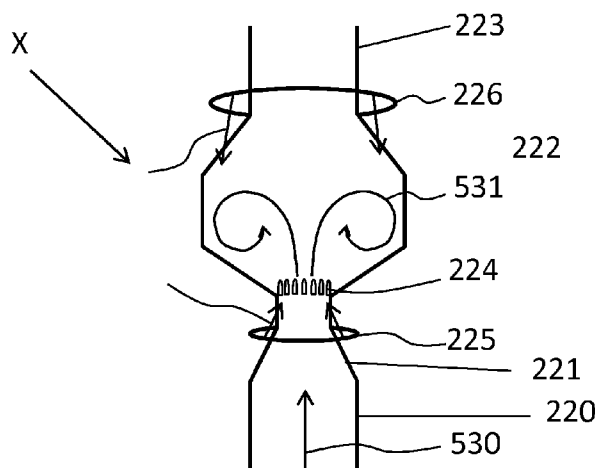


Fig. 2

(57) **Abstract:** The invention relates to a system for
thermally treating dispersible raw material. A rising pipe is
provided through which hot gases flow and which has means
for adding the raw material and means for supplying the hot
gases, and a separator is provided for separating the raw
material from the hot gas. The rising pipe has a first section
that adjoins a constricted section, which has a cross-sectional
area that is narrowed compared to the first section, in the
flow direction of the hot gas, and the constricted section
adjoins a turbulence section, which has a cross-sectional area
that is larger than the first section of the rising pipe, in the
flow direction of the hot gas. One or more first gas supply
means are provided in the region of the constricted section.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Anlage
zur thermischen Behandlung von flugfähigem Rohmaterial,
wobei ein von Heißgasen durchströmtes Steigrohr, das Mittel
zur Zugabe des Rohmaterials und Mittel zur Zuführung der
Heißgase aufweist und ein Abscheider zur Trennung des
Rohmaterials vom Heißgas vorgesehen ist, wobei das
Steigrohr einen ersten Abschnitt aufweist, an dem sich in
Strömungsrichtung des Heißgases ein
Einschnürungsabschnitt mit einer gegenüber dem ersten
Abschnitt verengten Querschnittsfläche anschließt, und dass
sich an den Einschnürungsabschnitt in Strömungsrichtung

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Anlage und Verfahren zur thermischen Behandlung von flugfähigem Rohmaterial

Die Erfindung betrifft eine Anlage und ein Verfahren zur thermischen Behandlung von flugfähigem Rohmaterial, insbesondere zur Wärmebehandlung von natürlichen Tonen und/oder Zeolithen.

5 Vor dem Hintergrund der globalen Minderung der CO₂-Emissionen rücken Stoffe, die zur Festigkeitsentwicklung im Beton beitragen und bei deren Herstellung weniger CO₂ als im Zementklinkerbrennprozess freigesetzt wird, immer mehr in den Fokus. Natürliche Tone und/oder Zeolithe, welche einer thermischen Behandlung (Calcination) unterzogen werden, scheinen hierbei ein vielversprechendes Potenzial
10 zu besitzen.

So ist aus der DE 10 2008 020 600 A1 ein Verfahren zur Calcinierung von Ton oder Gips bekannt, wobei die Feststoffe durch einen Flash-Reaktor hindurch geführt werden, in welchem sie bei einer Temperatur von 450 bis 1500°C mit heißen Gasen in Kontakt gebracht werden. Die Feststoffe werden anschließend bei einer
15 Temperatur von 500 bis 850°C durch einen Verweilzeitreaktor geführt und dann ggf. einer weiteren Behandlungsstufe zugeführt.

Natürlich vorkommende Tone sind meist eisenreich, sodass es bei der herkömmlichen Calcinierung zu einer rötlichen Verfärbung des Produktes kommt. Diese Färbung ist zwar für die Festigkeit nicht relevant, wird aber von
20 Anlagenbetreibern und Baustoffkunden als unerwünscht eingestuft. Nach derzeitigem Stand hängt das Marktpotenzial der calcinierten Tone aber wesentlich von deren Farbe ab.

In der WO 2012/082683 A1 hat man sich daher zur Aufgabe gestellt, synthetische Puzzolane mit gewünschten Farbeigenschaften, insbesondere einem leichten
25 Grauton, herzustellen. Als Lösung wird angegeben, dass ein Rohmaterial, welches zur Bildung eines amorphen Aluminiumsilikats geeignet ist, bis zu einer Aktivierungstemperatur erwärmt wird, bei der das Rohmaterial in synthetisches

Puzzolan umgewandelt wird. Anschließend wird das synthetische Puzzolan von der Aktivierungstemperatur bis auf einer Temperatur abgekühlt, bei der es farbstabil ist. Dieser Abkühlprozess findet dabei zumindest zu Teilen unter reduzierenden Bedingungen statt. Als Ergebnis erhält man dann ein Puzzolan mit dem gewünschten Grauton.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, eine Anlage und ein Verfahren zur thermischen Behandlung von flugfähigem Rohmaterial anzugeben, insbesondere eine Anlage und ein Verfahren, die zur Wärmebehandlung von natürlichen Tonen und/oder Zeolithen geeignet ist und sich durch einen geringeren Aufwand zur Realisierung eines grauen Farbtons auszeichnet.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch eine Anlage zur thermischen Behandlung von flugfähigem Rohmaterial gelöst, wobei ein von Heißgasen durchströmtes Steigrohr, das Mittel zur Zugabe des Rohmaterials und Mittel zur Zuführung der Heißgase aufweist und einen Abscheider zur Trennung des Rohmaterials vom Heißgas vorgesehen sind, wobei das Steigrohr einen ersten Abschnitt aufweist, an dem sich in Strömungsrichtung des Heißgases ein Einschnürungsabschnitt mit einer gegenüber dem ersten Abschnitt verengten Querschnittsfläche anschließt, und wobei sich an den Einschnürungsabschnitt in Strömungsrichtung des Heißgases ein Verwirbelungsabschnitt mit einer gegenüber dem ersten Abschnitt des Steigrohres größeren Querschnittsfläche anschließt und im Bereich des Einschnürungsabschnitts ein oder mehrere erste Gaszuführungsmittel vorgesehen sind.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren zur thermischen Behandlung von flugfähigem Rohmaterial wird das Rohmaterial einem von Heißgasen durchströmten Steigrohr zugeführt und im Steigrohr durch die Heißgase thermisch behandelt, bevor es in einem Abscheider vom Heißgas getrennt wird. Das Heißgas durchströmt nach einem ersten Abschnitt des Steigrohres einen Einschnürungsabschnitt mit einer gegenüber dem ersten Abschnitt verengten Querschnittsfläche und durchströmt nachfolgend einen Verwirbelungsabschnitt mit einer gegenüber dem ersten Abschnitt des

Steigrohres größeren Querschnittsfläche, wobei im Bereich des Einschnürungsabschnitts ein Gas über ein oder mehrere erste Gaszuführungsmittel zugeführt wird.

Der erste Abschnitt des Steigrohres dient der eigentlichen thermischen Behandlung, insbesondere der Calcinierung des Rohmaterials unter reduzierenden Bedingungen. Der Verwirbelungsabschnitt dient dann vornehmlich dazu, die Gase nachzuverbrennen, damit keine unverbrannten Stoffe (insb. CO) die Anlage verlassen. Für die Materialeigenschaften des Rohmaterials wäre dies ansonsten nicht erforderlich. Bei dieser Nachverbrennung muss dafür Sorge getragen werden, dass diese möglichst nah - stöchiometrisch erfolgt, da an dieser Stelle das Material noch dabei ist und nicht durch ein zu hohes Sauerstoffangebot wieder aufoxidiert und rötlich werden soll. Außerdem darf keine sichtbare Flammen, d.h. es dürfen keine Temperaturspitzen auftreten, da dies das Material nicht verträgt und anbacken könnte. Aus diesem Grund wird der zusätzliche Aufwand mit einem Verwirbelungsabschnitt in Kauf genommen, in dem eine gleichmäßige Verwirbelung erfolgt und mit der Einbringung möglichst sauerstoffabgereicherter „Luft“, welche vorgewärmt, also zäher ist, die Vermischung und Nachverbrennung langsam, aber gleichmäßig über einen größeren Raum verteilt - und nicht punktuell und mit Temperaturspitzen - erfolgt.

Handelt es sich bei dem flugfähigen Rohmaterial um Ton und/oder Zeolith hat die thermische Behandlung (Calcinierung) unter reduzierenden Bedingungen den Vorteil, dass das im natürlich vorkommenden Ton bereits vorhandene zweiwertige Eisen, welches die gewünschte graue Fahrtwirkung hat, nicht erst durch die herkömmliche oxidierende Calcination in dreiwertiges Eisen mit rötlichem Erscheinungsbild umgewandelt wird, um anschließend bei der Kühlung unter reduzierenden Bedingungen wieder in zweiwertiges Eisen zu reduzieren. Es findet somit bereits während der Calcination unter reduzierenden Bedingungen eine Reduktion des rötlichfärbenden dreiwertigen Eisens auf das zweiwertige Eisen statt. Dies verringert die für die Reduktion des dreiwertigen Eisens erforderliche Menge an Reduktionsmittel. Der Verwirbelungsabschnitt ermöglicht zudem eine möglichst

vollständige Umsetzung des in Heißgas mitgeführten Kohlenmonoxids bzw. Wasserstoffs.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

5 Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung schließt sich in Strömungsrichtung des Heißgases an den Verwirbelungsabschnitt ein zweiter Abschnitt des Steigrohres mit einer Querschnittsfläche an, die größer als die verengte Querschnittsfläche des Einschnürungsabschnitts und kleiner oder gleich der Querschnittsfläche des Verwirbelungsabschnittes ist. Weiterhin können im Bereich zwischen dem Einschnürungsabschnitt und dem Verwirbelungsabschnitt
10 Leitelemente zur Beeinflussung des Heißgasstromes oder zur Umlenkung des Heißgasstromes in den Verwirbelungsabschnitt vorgesehen werden. Unter Leitelementen sind dabei insbesondere Einbauten im Steigrohr, wie beispielsweise ein sogenannter Blütenmischer, oder aber auch Ausgestaltungen des Randbereichs des Steigrohres gemeint. Die Leitelemente sind zweckmäßigerweise derart
15 ausgerichtet, dass sie auf dem Heißgasstrom eine in Strömungsrichtung des Heißgasstroms radial nach außen gerichtete Ablenkungskomponente erzeugen.

Die im Bereich des Einschnürungsabschnittes vorgesehenen Gaszuführungsmittel sind entweder im Einschnürungsabschnitt oder vor oder hinter dem Einschnürungsabschnitt angeordnet.

20 Des Weiteren hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn der Einschnürungsabschnitt und der Verwirbelungsabschnitt weitgehend rotationssymmetrisch um eine gemeinsame Mittelachse ausgerichtet sind. Im Bereich des Einschnürungsabschnittes sind wenigstens 2, vorzugsweise 3, höchstvorzugsweise 5, und idealerweise mehr als 5 einzelne Gaszuführungsmittel
25 angebracht. Diese Gaszuführungsmittel sind vorzugsweise über den Umfang des Steigrohres verteilt angeordnet, um eine möglichst gleichmäßige Zuführung des Gases zu ermöglichen.

Im Verwirbelungsabschnitts können zur Unterstützung der Verwirbelung zweite Gaszuführungsmittel vorgesehen werden, die derart ausgerichtet sind, dass ein über die zweiten Zuführungsmittel zugeführtes Gas eine der Strömungsrichtung des Heißgases weitgehend entgegengesetzte Richtungskomponente aufweist. Auf diese Weise kann die Verwirbelung des Heißgasstromes in diesem Bereich weiter verstärkt werden. Des Weiteren können im Bereich des Verwirbelungsabschnittes Gasstoßzuführungen vorgesehen werden, die mit einer Gasstoßerzeugungseinrichtung in Verbindung stehen und zur weiteren Unterstützung der Verwirbelung Gasstöße zuführen. Bei den zugeführten Gasstößen kann es sich beispielsweise um Luft oder um rezirkulierte Gase, CO₂-, N₂haltige Gase und dergleichen handeln.

Das über die ersten Gaszuführungsmittel im Bereich des Einschnürungsabschnitts zugeführte Gas ist vorzugsweise ein sauerstoffhaltiges Gas, das eine Sauerstoffkonzentration (bezogen auf feuchtes Gas) von weniger als 17%, vorzugsweise weniger als 13%, höchstvorzugsweise weniger als 10% aufweist. Auf diese Weise lassen sich die reduzierenden Bedingungen im Steigrohr leichter kontrollieren. Die Temperatur der sauerstoffhaltigen Gase sollte wenigstens 120 °C betragen, um eine unnötige Abkühlung der Heißgase zu vermeiden und eine gedämpfte Umsetzung zu bewirken. Auch bei dem im Verwirbelungsabschnitt über die zweiten Gaszuführungsmittel zugeführten Gas handelt es sich vorzugsweise um Verbrennungsluft oder ein anderes sauerstoffhaltiges Gas, dass mit einer Richtungskomponente zugeführt wird, die der Strömungsrichtung des Heißgases weitgehend entgegengesetzt ist.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung, insbesondere bei der Wärmebehandlung von Tonen und/oder Zeolithen wird das Heißgas als reduzierendes Heißgas dem Steigrohr zugeführt, das im weiteren Verlauf bei einer Temperatur unter 1150°C ohne sichtbare Flamme umgesetzt wird. Dabei sollte die Gesamtkonzentration von Kohlenstoffmonoxid (CO) und Wasserstoff (H₂) im Heißgas in Strömungsrichtung vor den ersten Gaszuführungsmitteln mehr als 2%, vorzugsweise mehr als 5%, höchstvorzugsweise mehr als 8% getragen. Des Weiteren kann im Bereich des

Verwirbelungsabschnittes ein ammoniakhaltiges Reduktionsmittel für die Stickoxidminderung zugegeben werden.

Weiterhin werden unter Verwirbelungen nicht nur ein Makrowirbel, sondern auch lokale kleine Verwirbelungen verstanden. Um die für die thermische Behandlung des Rohmaterials erforderliche Wärme zu erzeugen, kann dem Steigrohr an geeigneten Stellen Verbrennungsluft und/oder Brennstoff und/oder weiteres Heißgas zugeführt werden, wobei die jeweiligen Mengen über ein Signal einer extraktiven und/oder In-situ-Gasanalyse, welche sich am Ende der Anlage oder im weiteren Verlauf des Abgasstroms der Anlage befindet, geregelt werden. Auch die Menge an sauerstoffhaltigen Gas, welches über die ersten Gaszuführungsmittel im Bereich des Einschnürungsabschnitts zugeführt wird, wird über ein Signal einer extraktiven und/oder In-situ- Gasanalyse, welche sich am Ende der Anlage oder im weiteren Verlauf des Abgasstroms der Anlage befindet, geregelt.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung werden im Folgenden anhand der Zeichnungen näher erläutert.

In den Zeichnungen zeigen

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Anlage zur thermischen Behandlung von flugfähigem Rohmaterial,

Fig. 2 eine vergrößerte Darstellung des Details X gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel mit Einschnürungsabschnitt und Verwirbelungsabschnitt,

Fig. 3 eine vergrößerte Darstellung des Details X gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel mit Einschnürungsabschnitt und Verwirbelungsabschnitt,

Fig. 3 eine vergrößerte Darstellung des Details X gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel und

Fig. 4 eine vergrößerte Darstellung des Details X gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel.

Die in Fig. 1 dargestellte Anlage zur thermischen Behandlung von flugfähigem Rohmaterial stellt eine Anlage zur Wärmebehandlung von natürlichen Tonen und/oder Zeolithen dar und besteht im Wesentlichen aus einem Vorwärmer 1, einem Calcinations- und Reduktionsreaktor 2 und einem Kühler 3. Der Vorwärmer 1 ist hier als zweistufiger Zyklonvorwärmer mit einem ersten und einem zweiten Zyklon 10, 11 ausgebildet. Ein zu behandelndes, flugfähiges Rohmaterial 4, bei dem es sich beispielsweise um eisenhaltigen Ton handelt, wird in das vom zweiten Zyklon 11 zum ersten Zyklon 10 strömende Abgas 12 eingeführt. Im ersten Zyklon 10 wird das Material vom Gas getrennt und einem vom Calcinations- und Reduktionsreaktor 2 zum zweiten Zyklon 11 geführten Abgas 21 zugegeben. Im zweiten Zyklon 11 findet wiederum eine Trennung in Abgas 12 und vorgewärmtes Rohmaterial 40 statt. Das Rohmaterial 4 wird somit im Vorwärmer 1 mit den Abgasen des Calcinations- und Reduktionsreaktors 2 vorgewärmt, um dann als vorgewärmtes Rohmaterial 40 dem Calcinations- und Reduktionsreaktor 2 zugeführt zu werden. Der Calcinations- und Reduktionsreaktor 2 ist als Flugstromcalcinator mit einem Steigrohr 22 und einem sich daran anschließendem Abscheider 23 ausgebildet.

Die Energiezufuhr für den Calcinations- und Reduktionsreaktor 2 erfolgt im dargestellten Ausführungsbeispiel im Wesentlichen über ein Verbrennungsaggregat 5 zur Erzeugung eines Heißgases 53 durch eine unterstöchiometrische Verbrennung von Brennstoff 51 und vorgewärmter Verbrennungsluft 52. Weiterhin kann dem Calcinations- und Reduktionsreaktor 2 in ein oder mehreren Ebenen Brennstoff oder reduzierendes Heißgases über Aufgabenstellen 24, 25 zugegeben werden. In entsprechender Weise können auch Aufgabestellen 26, 27 für zusätzliche Verbrennungsluft vorgesehen werden. Der Calcinations- und Reduktionsreaktor 2 wird zumindest so betrieben, dass sich reduzierende Bedingungen einstellen. Dabei ist es insbesondere vorteilhaft, wenn der Restsauerstoffgehalt des Heißgases 53 in der Gasphase weniger als 17%, vorzugsweise weniger als 13%, höchstvorzugsweise weniger als 10% beträgt und die Konzentration reduktionsfähiger Gase (wie CO

bzw. H₂) im Bereich von mehr als 2% vorzugsweise mehr als 5%, höchstvorzugsweise mehr als 8% liegt.

Im anschließenden Abscheider 23 wird das Abgas 21 vom calcinierten Material 41 getrennt, wobei das calcinierte Material 41 mit einer Temperatur im Bereich von 600 bis < 900°C in den Kühler 3 gelangt, der ebenfalls reduzierend oder wenigstens inert betrieben wird. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Kühler 3 als Fließbettkühler mit indirekter Wasserkühlung ausgebildet, der einen Kühlwassereintritt 31 und einen Kühlwasseraustritt 32 umfasst. Über einen nicht näher dargestellten Wärmetauscher kann für das verwendete Kühlwasser eine Kreislaufführung vorgesehen werden. Weiterhin wird dem Kühler ein kaltes Fließbettfluidisierungsgas 33 zugeführt, wobei das erwärmte Fließbettfluidisierungsgas 34 zweckmäßigerweise über einen Wärmetauscher 6 geführt wird, um es nach Abkühlung wieder als kaltes Fließbettfluidisierungsgas 33 der Kühlzone zuzuführen. Das Fließbettfluidisierungsgas 33 kann teilweise auch durch einen Teil der reduzierenden Heißgase 53 des Verbrennungsaggregates 5 gebildet werden. Der Wärmetauscher 6 wird mit kalter Luft 61 betrieben, die dann nach Erwärmung als vorgewärmte Verbrennungsluft 52 im Verbrennungsaggregat 5 eingesetzt wird.

Wird das Fließbettfluidisierungsgas mit einem Teil der Heißgase 53 des Verbrennungsaggregates 5 ergänzt, kann zum Ausgleich ein Teil des erwärmten Fließbettfluidisierungsgases 34 auch in den Calcinations- und Reduktionsreaktor 2 eingeführt werden. Am Ende des Kühlers 3 wird das auf unter 250 °C abgekühlte Fertigprodukt 42 abgeführt.

Das Steigrohr 22 ist im Bereich X in besonderer Weise ausgestaltet, um einerseits einer möglichst vollständige thermische Umsetzung des Heißgases zu bewirken und andererseits eine effiziente thermische Behandlung des flugfähigen Rohmaterials unter reduzierenden Bedingungen zu ermöglichen. In den Figuren 2 bis 5 werden verschiedene Ausführungsbeispiele für diesen Bereich X des Steigrohres angegeben.

Im Ausführungsbeispiel der Fig. 2 weist das Steigrohr 22 im Bereich X einen ersten Abschnitt 220 auf, an den sich in Strömungsrichtung 530 des Heißgases 53 ein Einschnürungsabschnitt 221 mit einer gegenüber dem ersten Abschnitt 220 verengten Querschnittsfläche anschließt. Im weiteren Verlauf folgt ein Verwirbelungsabschnitt 222 mit einer gegenüber dem ersten Abschnitt 220 des Steigrohres 22 größeren Querschnittsfläche. Des Weiteren schließt sich an den Verwirbelungsabschnitt 222 ein zweiter Abschnitt 223 des Steigrohres 22 mit einer Querschnittsfläche an, die größer als die verengte Querschnittsfläche des Einschnürungsabschnitts 221 und kleiner oder gleich der Querschnittsfläche des Verwirbelungsabschnittes 222 ist.

Im Bereich zwischen dem Einschnürungsabschnitt 221 und dem Verwirbelungsabschnitt 222 sind Leitelemente 224 vorgesehen, die beispielsweise durch einen sogenannten Blütenmischer gebildet werden können. Diese Leitelemente sollen auf das von unten nach oben strömende Heißgas eine radial nach außen gerichtete Ablenkungskomponente erzeugen, sodass es zu den in der Verwirbelungskammer 222 eingezeichneten Verwirbelungen 531 kommt. Wie sich aus der Zeichnung erkennen lässt, sind der Einschnürungsabschnitt 221 und der Verwirbelungsabschnitt 222 weitgehend rotationssymmetrisch um eine gemeinsame Mittelachse ausgerichtet.

Im Bereich des Einschnürungsabschnitts 221 sind außerdem erste Gaszuführungsmittel 225 vorgesehen, die beispielsweise als Ringleitung ausgebildet sind und ein Gas, insbesondere Nachverbrennungsluft mit einer Sauerstoffkonzentration von weniger als 17%, vorzugsweise weniger als 13%, höchstvorzugsweise weniger als 10% über separate Zuführöffnungen zuführt. Die ersten Gaszuführungsmittel 225 weisen wenigstens 2, vorzugsweise 3, höchstvorzugsweise 5, idealerweise mehr als fünf einzelne Zuführöffnungen auf, um das Gas möglichst gleichmäßig über den Umfang verteilt einführen zu können.

Im Bereich des Verwirbelungsabschnitts 222 sind zweite Gaszuführungsmittel 226 zur Unterstützung der Verwirbelungen 531 vorgesehen und derart ausgerichtet, dass ein über die zweiten Gaszuführungsmittel 226 zurückgeführtes Gas eine der

Strömungsrichtung des Heißgases 530 im Steigrohr weitgehend entgegengesetzte Richtungskomponente aufweist. Das hierüber zugeführte Gas dient zum einen zur Unterstützung der Verwirbelung und zum anderen als Nachverbrennungsgas.

Fig. 3 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel, wobei für gleiche Bauteile dieselben Bezugszeichen verwendet wurden. Ein Unterschied besteht darin, dass der Verwirbelungsabschnitt des Steigrohrs 22 fassartig mit gekrümmten Außenflächen ausgebildet ist, während im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 für den Verwirbelungsabschnitt eine kantigere Ausführung gewählt wurde. Ansonsten sind aber auch hier erste und zweite Gaszuführungsmittel 225 und 226 vorgesehen. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit im Bereich des Verwirbelungsabschnittes 222 ein ammoniakhaltiges Reduktionsmittel 62 zuzugeben. Des Weiteren können im Verwirbelungsabschnitt 222 Gasstoßzuführungen 227 vorgesehen werden, die mit einer entsprechenden Gasstoßerzeugungseinrichtung in Verbindung stehen und zur Unterstützung der Verwirbelung Gasstöße, beispielweise Luftstöße, zuführen.

Fig. 4 zeigt eine Ausführungsform, die im Wesentlichen dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 entspricht, wobei nach dem zweiten Abschnitt 223 ein zweiter Einschnürungsabschnitt 221' und ein zweiter Verwirbelungsabschnitt 222' folgen. Durch diese doppelte Ausführung von Einschnürungs- und Verwirbelungsabschnitt kann eine noch bessere thermische Umsetzung der Heißgase bewirkt werden. Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 5 ist wiederum eine Verdoppelung von Einschnürungs- und Verwirbelungsabschnitt gemäß Fig. 3.

Durch die sich aufgrund der körperlichen Struktur des Bereichs X ergebenden Verwirbelungen bzw. Turbulenzen kommt es zu einem ständigen Abriss der sich eventuell bildenden Flammen, sodass im Bereich der Verwirbelungszone 222 bzw. 222' eine flammenlose Nachverbrennung des Heißgasstromes stattfinden kann.

Patentansprüche:

1. Anlage zur thermischen Behandlung von flugfähigem Rohmaterial (4) mit
- a. einem von Heißgasen (53) durchströmten Steigrohr (22), das Mittel zur Zugabe des Rohmaterials und Mittel zur Zuführung der Heißgase aufweist und
- b. einem Abscheider (23) zur Trennung des Rohmaterials vom Heißgas,
- c. wobei das Steigrohr (22) einen ersten Abschnitt (220) aufweist, an den sich in Strömungsrichtung (530) des Heißgases (53) ein Einschnürungsabschnitt mit einer gegenüber dem ersten Abschnitt (220) verengten Querschnittsfläche anschließt,
- dadurch gekennzeichnet, dass** sich an den Einschnürungsabschnitt (221) in Strömungsrichtung des Heißgases ein Verwirbelungsabschnitt (222) mit einer gegenüber dem ersten Abschnitt (220) des Steigrohres (22) größeren Querschnittsfläche anschließt und im Bereich des Einschnürungsabschnitts (221) ein oder mehrere erste Gaszuführungsmittel (225) vorgesehen sind.
2. Anlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich in Strömungsrichtung (530) des Heißgases (53) an den Verwirbelungsabschnitt (222) ein zweiter Abschnitt (223) des Steigrohres (22) mit einer Querschnittsfläche anschließt, die größer als die verengte Querschnittsfläche des Einschnürungsabschnitts (221) und gleich oder kleiner als die Querschnittsfläche des Verwirbelungsabschnitts (222) ist.
3. Anlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Bereich zwischen dem Einschnürungsabschnitt (221) und dem Verwirbelungsabschnitt (222) Leitelemente zur Beeinflussung des Heißgasstromes (53) oder zur Umlenkung des Heißgasstroms (53) in den Verwirbelungsabschnitt (222) vorgesehen sind.

4. Anlage nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leitelemente (224) derart ausgerichtet sind, dass sie auf den Heißgasstrom (53) eine in Strömungsrichtung des Heißgasstroms (53) radial nach außen gerichtete Ablenkungskomponente erzeugen.
5. Anlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einschnürungsabschnitt (221) und der Verwirbelungsabschnitt (222) weitgehend rotationssymmetrisch um eine gemeinsame Mittelachse ausgerichtet sind.
6. Anlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Bereich des Einschnürungsabschnitts (221) wenigstens zwei, vorzugsweise drei, höchstvorzugsweise fünf, idealerweise mehr als fünf einzelne erste Gaszuführungsmittel (225) angebracht sind.
7. Anlage nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Verwirbelungsabschnitt (222) zweite Gaszuführungsmittel (226) zur Unterstützung der Verwirbelung derart ausgerichtet sind, dass ein über die zweiten Gaszuführungsmittel (226) zugeführtes Gas eine der Strömungsrichtung des Heißgases im Steigrohr weitgehend entgegengesetzte Richtungskomponente (227) aufweist.
8. Anlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Bereich des Verwirbelungsabschnitts (222) Gasstoßzuführungen (227) vorgesehen sind, die mit einer Gasstoßerzeugungseinrichtung in Verbindung stehen.
9. Verfahren zur thermischen Behandlung von flugfähigem Rohmaterial (4), wobei das Rohmaterial einem von Heißgasen (53) durchströmten Steigrohr (22) zugeführt und im Steigrohr durch die Heißgase thermisch behandelt wird, bevor es in einem Abscheider (23) vom Heißgas getrennt wird, und wobei das Heißgas nach einem ersten Abschnitt (220) des Steigrohres (22) einen Einschnürungsabschnitt (221) mit einer gegenüber dem ersten Abschnitt (220) verengten Querschnittsfläche durchströmt,

dadurch gekennzeichnet, dass das Heißgas nach dem Einschnürungsabschnitt (221) einen sich anschließenden Verwirbelungsabschnitt (222) mit einer gegenüber dem ersten Abschnitt (220) des Steigrohres größeren Querschnittsfläche durchströmt, wobei im Bereich des Einschnürungsabschnitts (221) ein Gas über ein oder mehrere erste Gaszuführungsmittel (225) zugeführt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Heißgasstrom (53) im Bereich des Verwirbelungsabschnittes (222) unter Ausbildung von Verwirbelungen(531) beeinflusst wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei dem im Bereich des Einschnürungsabschnitts (221) zugeführten Gas um ein sauerstoffhaltiges Gas handelt.

12. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gesamtkonzentration von Kohlenstoffmonoxid und Wasserstoff im Heißgas in Strömungsrichtung vor den ersten Gaszuführungsmitteln mehr als 2 % beträgt.

13. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sauerstoffkonzentration des sauerstoffhaltigen Gases weniger als 17 % beträgt.

14. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur der sauerstoffhaltigen Gase wenigstens 120 °C beträgt.

15. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Verwirbelungsabschnitt (222) Verbrennungsluft oder ein anderes sauerstoffhaltiges Gas mit einer Richtungskomponente zugeführt wird, die der Strömungsrichtung (530) des Heißgases (53) weitgehend entgegengesetzt ist.

16. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das dem Steigrohr (22) zugeführte Heißgas (53) ein reduzierendes Heißgas ist, das im weiteren Verlauf bei einer Temperatur von unter 1150 °C ohne sichtbare Flamme umgesetzt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Bereich des Verwirbelungsabschnitts (222) ein ammoniakhaltiges Reduktionsmittel (62) zugegeben wird.
- 5 18. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Bereich des Verwirbelungsabschnitts (222) Gasstöße zur Unterstützung der Verwirbelung zugegeben werden.
- 10 19. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Steigrohr (22) Verbrennungsluft und/oder Brennstoff zugeführt wird, wobei die jeweiligen Mengen über ein Signal einer extraktiven und/oder in-situ Gasanalyse geregelt werden.
20. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Menge an sauerstoffhaltigem Gas im Bereich des Einschnürungsabschnitts (221) über ein Signal einer extraktiven und/oder in-situ Gasanalyse geregelt wird.

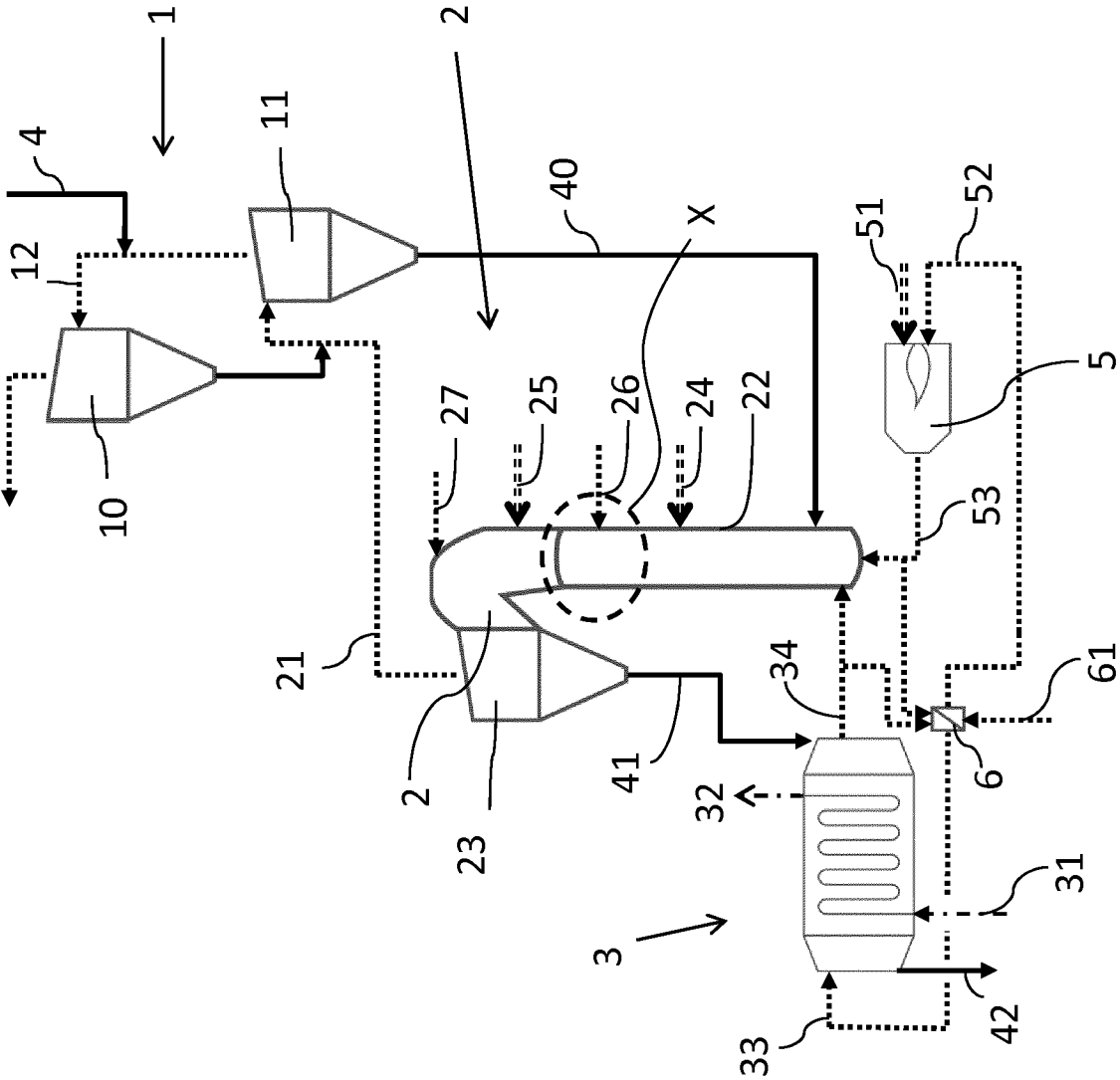


Fig. 1

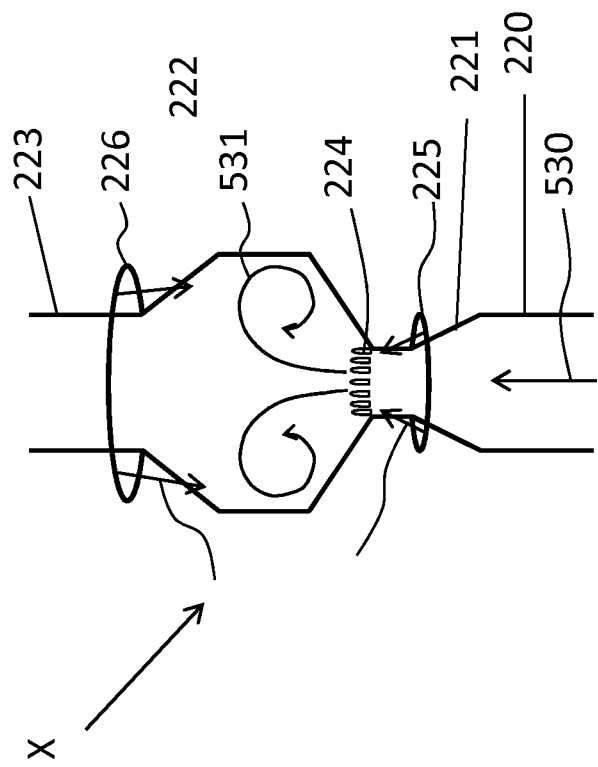


Fig. 2

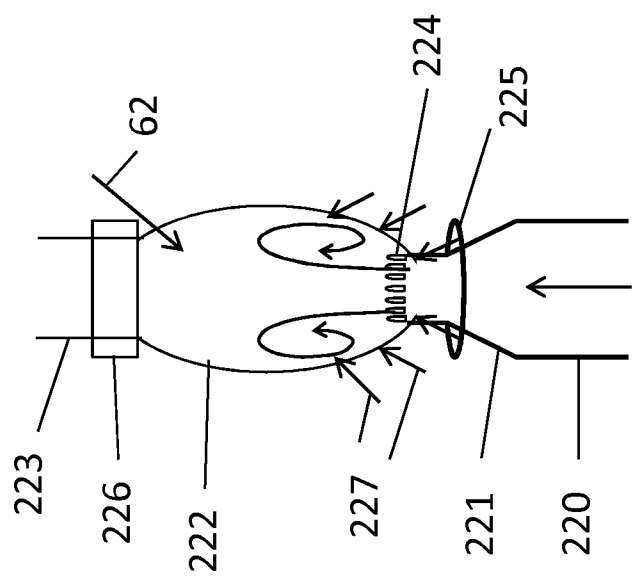


Fig. 3

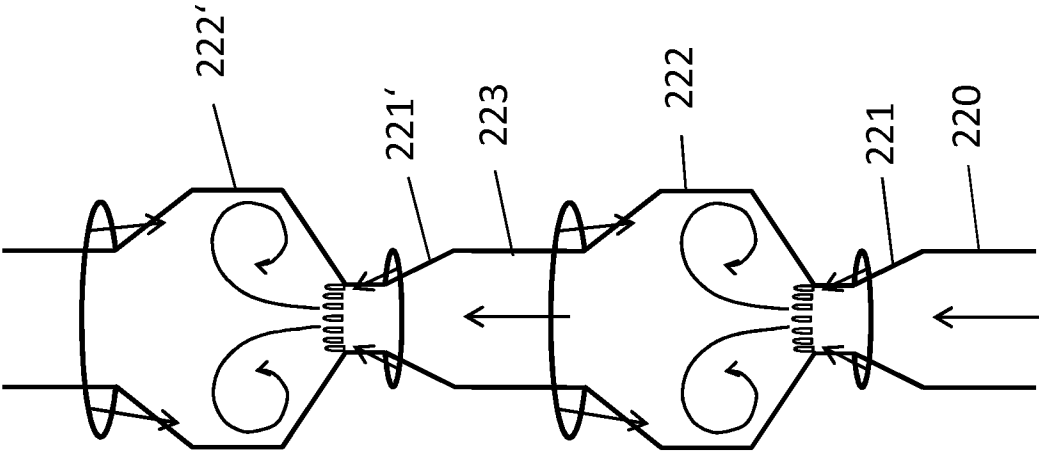


Fig. 4

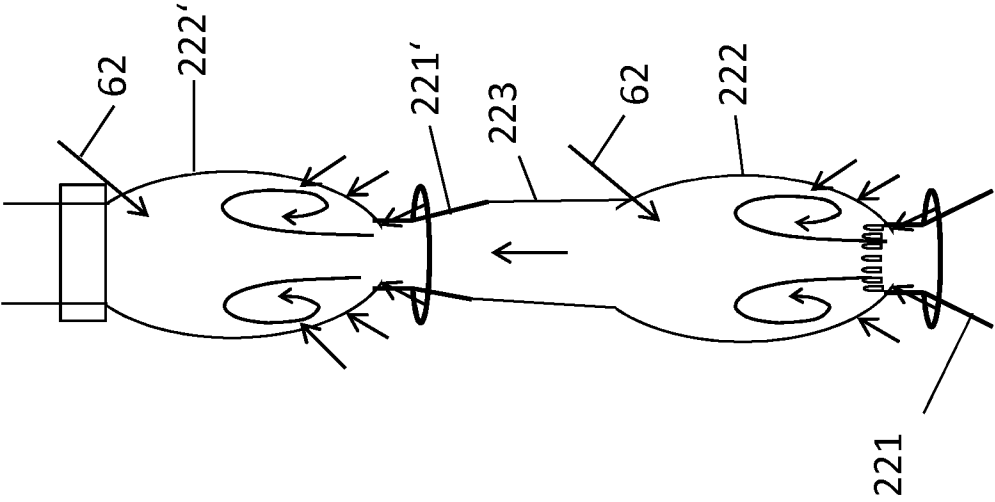


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/057073

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. B01J6/00 C04B20/04 C04B7/43
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)

B01J C04B

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	DE 30 37 929 A1 (VOEST ALPINE AG [AT]) 27 May 1981 (1981-05-27) page 9 - page 12; figures 1,2 -----	1,2,4-6, 9-11
X	DE 28 01 161 A1 (BABCOCK KRAUSS MAFFEI IND) 19 July 1979 (1979-07-19) page 11; figure 1 -----	1,2,5-7, 9,10
A	DE 26 01 776 A1 (POLYSIUS AG) 21 July 1977 (1977-07-21) page 7 - page 8; figure 1 -----	1-20
A	DD 227 337 A1 (DESSAU ZEMENTANLAGENBAU VEB [DD]) 18 September 1985 (1985-09-18) page 5; figure 1 ----- -/-	1-20



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

8 June 2016

Date of mailing of the international search report

21/06/2016

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

Veronesi, Sergio

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/057073

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 12 82 232 B (ROHRBACH RUDOLF) 7 November 1968 (1968-11-07) figure 3 -----	1-20
A	DE 25 27 149 A1 (SMIDTH & CO AS F L) 8 January 1976 (1976-01-08) figure 7 -----	1-20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/057073

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3037929	A1	27-05-1981	AT 365160 B 28-12-1981
		DE 3037929 A1	27-05-1981
		DK 422580 A	22-05-1981
		FR 2470348 A1	29-05-1981
		IT 1133543 B	09-07-1986
DE 2801161	A1	19-07-1979	DD 138308 A5 24-10-1979
		DE 2801161 A1	19-07-1979
		DK 8579 A	13-07-1979
		EP 0003123 A1	25-07-1979
		JP S54101830 A	10-08-1979
		US 4248639 A	03-02-1981
DE 2601776	A1	21-07-1977	DE 2601776 A1 21-07-1977
		US 4096642 A	27-06-1978
DD 227337	A1	18-09-1985	NONE
DE 1282232	B	07-11-1968	NONE
DE 2527149	A1	08-01-1976	AR 212430 A1 14-07-1978
		AT 371085 B	25-05-1983
		AU 8214375 A	16-12-1976
		BE 830325 A4	16-10-1975
		BR 7503827 A	06-07-1976
		CA 1057492 A	03-07-1979
		CH 611584 A5	15-06-1979
		CS 212298 B2	26-03-1982
		DD 120277 A6	05-06-1976
		DE 2527149 A1	08-01-1976
		DK 271875 A	19-12-1975
		ES 438665 A2	01-07-1977
		ES 455916 A2	16-02-1978
		FI 751771 A	19-12-1975
		FR 2275418 A2	16-01-1976
		GB 1463124 A	02-02-1977
		IE 43056 B1	17-12-1980
		IN 143479 B	03-12-1977
		IT 1046416 B	30-06-1980
		JP S602265 B2	21-01-1985
		JP S5113828 A	03-02-1976
		NL 7507279 A	22-12-1975
		RO 64724 A7	15-06-1979
		SU 923378 A3	23-04-1982
		US 4025295 A	24-05-1977
		YU 146780 A	31-10-1983
		YU 155775 A	28-02-1982
		ZA 7503804 A	30-06-1976

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B01J6/00 C04B20/04 C04B7/43 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B01J C04B		
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	DE 30 37 929 A1 (VOEST ALPINE AG [AT]) 27. Mai 1981 (1981-05-27) Seite 9 - Seite 12; Abbildungen 1,2 -----	1,2,4-6, 9-11
X	DE 28 01 161 A1 (BABCOCK KRAUSS MAFFEI IND) 19. Juli 1979 (1979-07-19) Seite 11; Abbildung 1 -----	1,2,5-7, 9,10
A	DE 26 01 776 A1 (POLYSIUS AG) 21. Juli 1977 (1977-07-21) Seite 7 - Seite 8; Abbildung 1 -----	1-20
A	DD 227 337 A1 (DESSAU ZEMENTANLAGENBAU VEB [DD]) 18. September 1985 (1985-09-18) Seite 5; Abbildung 1 ----- -/-	1-20
☒ 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		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
8. Juni 2016		21/06/2016
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 Veronesi, Sergio

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 12 82 232 B (ROHRBACH RUDOLF) 7. November 1968 (1968-11-07) Abbildung 3 -----	1-20
A	DE 25 27 149 A1 (SMIDTH & CO AS F L) 8. Januar 1976 (1976-01-08) Abbildung 7 -----	1-20

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/057073

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 3037929	A1	27-05-1981	AT 365160 B 28-12-1981
		DE 3037929 A1	27-05-1981
		DK 422580 A	22-05-1981
		FR 2470348 A1	29-05-1981
		IT 1133543 B	09-07-1986
DE 2801161	A1	19-07-1979	DD 138308 A5 24-10-1979
		DE 2801161 A1	19-07-1979
		DK 8579 A	13-07-1979
		EP 0003123 A1	25-07-1979
		JP S54101830 A	10-08-1979
		US 4248639 A	03-02-1981
DE 2601776	A1	21-07-1977	DE 2601776 A1 21-07-1977
		US 4096642 A	27-06-1978
DD 227337	A1	18-09-1985	KEINE
DE 1282232	B	07-11-1968	KEINE
DE 2527149	A1	08-01-1976	AR 212430 A1 14-07-1978
		AT 371085 B	25-05-1983
		AU 8214375 A	16-12-1976
		BE 830325 A4	16-10-1975
		BR 7503827 A	06-07-1976
		CA 1057492 A	03-07-1979
		CH 611584 A5	15-06-1979
		CS 212298 B2	26-03-1982
		DD 120277 A6	05-06-1976
		DE 2527149 A1	08-01-1976
		DK 271875 A	19-12-1975
		ES 438665 A2	01-07-1977
		ES 455916 A2	16-02-1978
		FI 751771 A	19-12-1975
		FR 2275418 A2	16-01-1976
		GB 1463124 A	02-02-1977
		IE 43056 B1	17-12-1980
		IN 143479 B	03-12-1977
		IT 1046416 B	30-06-1980
		JP S602265 B2	21-01-1985
		JP S5113828 A	03-02-1976
		NL 7507279 A	22-12-1975
		RO 64724 A7	15-06-1979
		SU 923378 A3	23-04-1982
		US 4025295 A	24-05-1977
		YU 146780 A	31-10-1983
		YU 155775 A	28-02-1982
		ZA 7503804 A	30-06-1976