

(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
26. April 2018 (26.04.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/073239 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B01D 53/86 (2006.01) **C04B 7/36** (2006.01)
B01D 53/64 (2006.01) **F27D 17/00** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/076463

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. Oktober 2017 (17.10.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 119 695.9
17. Oktober 2016 (17.10.2016) 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).

(72) Erfinder: **DINKOVA, Anna Ivanova**; Kapitelwiese 6, 44263 Dortmund (DE). **BORDEI, Valentina**; Weidekampstr. 13, 59063 Hamm (DE). **STENDER, Timo**; Ib-bingsen 8, 58730 Fröndenberg (DE). **ASSMANN, Björn Olaf, Dr.**; Kletterrosenweg 1, 59063 Hamm (DE).

(74) Anwalt: **THYSSENKRUPP INTELLECTUAL PROPERTY GMBH**; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP,

(54) Title: METHOD AND INSTALLATION FOR CLEANING PRE-HEATER EXHAUST GASES OF AN INSTALLATION FOR THE CEMENT AND/OR MINERAL INDUSTRY

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND ANLAGE ZUR REINIGUNG VON VORWÄRMERABGASEN EINER ANLAGE DER ZEMENT- UND/ODER MINERALINDUSTRIE

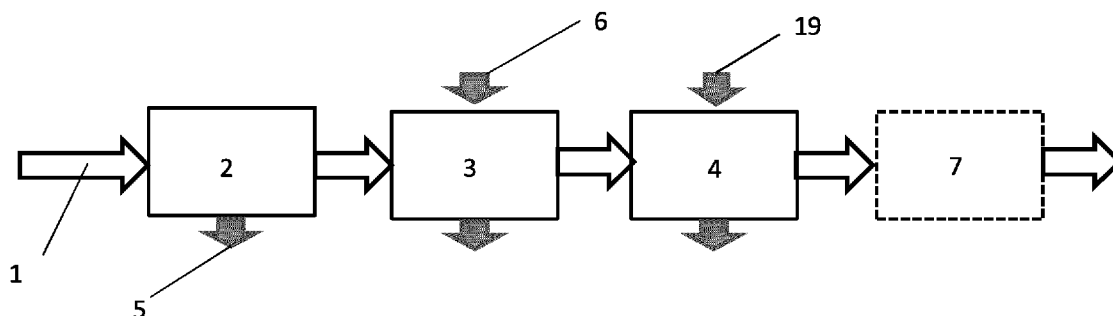


Fig. 1

(57) Abstract: In the method according to the invention for cleaning pre-heater exhaust gases of an installation for the cement and/or mineral industry by reducing the concentration of gaseous pollutants, the pre-heater exhaust gases first undergo high-temperature filtration for reducing the dust content, followed by a first exhaust gas treatment by selective catalytic reduction and a subsequent second exhaust gas treatment by regenerative catalytic oxidation. The installation according to the invention for cleaning pre-heater exhaust gases (1) for the cement and mineral industry by reducing the concentration of gaseous pollutants contains a high-temperature filter (2) for reducing the dust content of the pre-heater exhaust gases, an SCR catalytic converter (3) for selective catalytic reduction of the pre-heater exhaust gases, and arranged downstream of the SCR catalytic converter a regenerative oxidation catalytic converter installation (4) for regenerative catalytic oxidation of the pre-heater exhaust gases.

(57) Zusammenfassung: Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Reinigung von Vorwärmerabgasen einer Anlage der Zement- und/oder Mineralsindustrie durch Reduktion der Konzentration von gasförmigen Schadstoffen, werden die Vorwärmerabgase zunächst einer Hochtemperaturfiltration zur Reduzierung des Staubgehalts unterzogen, wobei anschließend eine erste Abgasbehandlung durch selektive katalytische Reduktion und eine nachfolgende zweite Abgasbehandlung durch regenerative katalytische Oxidation folgen. Die erfindungsgemäße Anlage zur Reinigung von Vorwärmerabgasen (1) der Zement- und Mineralsindustrie durch Reduktion der Konzentration von gasförmigen Schadstoffen beinhaltet einen Hochtemperaturfilter (2) zur Reduzierung des Staubgehalts der Vorwärmer-

KR, KW, 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)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

abgase, einen SCR-Katalysator (3) zur selektiven katalytischen Reduktion der Vorwärmerabgase und eine nach dem SCR-Katalysator angeordnete regenerative Oxidationskatalysator-Anlage (4) zur regenerativen katalytischen Oxidation der Vorwärmerabgase.

Verfahren und Anlage zur Reinigung von Vorwärmerabgasen einer Anlage der Zement- und/oder Mineralsindustrie

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage zur Reinigung von Vorwärmerabgasen aus der Zement- und Mineralsindustrie durch Reduktion der Konzentration von gasförmigen Schadstoffen.

In Anlagen der Zement- und Mineralsindustrie werden anorganische Materialien, wie Zementrohmehl, Kalkstein, Magnesit und Dolomit einer thermischen Wärmebehandlung unterzogen, wobei insbesondere ein Vorwärmer zum Einsatz kommt. Im Vorwärmer wird das zu behandelnde Material durch einen Wärmetausch mit Abgasen vorgewärmt. Die den Vorwärmer verlassenden Abgase enthalten neben einem hohen Staubgehalt im Bereich von üblicherweise 50 bis 120 g/Nm³ auch einen hohen Anteil an Stickoxiden und Kohlenstoffmonoxid sowie gasförmigen organischen Stoffen, die nach heutigen Luftreinhaltungsvorschriften nicht ohne Reinigung der Abgase in die Atmosphäre geblasen werden dürfen.

Aus der DE 20 2010 018 000 U1 ist eine Vorrichtung zur Entstickung von Rauchgasen mit wenigstens einem Katalysator zur katalytischen Reduktion der Stickoxide bekannt, wobei die Abgase in einem Wärmetauscher auf ein erstes Temperaturniveau angehoben werden. Um das für die Entstickung noch fehlende Temperaturniveau zu erreichen, ist weiterhin eine Stufe zur regenerativen Nachverbrennung des Kohlenstoffmonoxids vorgesehen, wobei zusätzliche externe Energie zum Einsatz kommt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Reduktion der Konzentration von gasförmigen Schadstoffen mit einem reduzierten Energiebedarf durchzuführen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 9 gelöst.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Reinigung von Vorwärmerabgasen einer Anlage der Zement- und/oder Mineralsindustrie durch Reduktion der Konzentration

von gasförmigen Schadstoffen, werden die Vorwärmerabgase zunächst einer Hochtemperaturfiltration zur Reduzierung des Staubgehalts unterzogen, wobei anschließend eine erste Abgasbehandlung durch selektive katalytische Reduktion und eine nachfolgende zweite Abgasbehandlung durch regenerative katalytische Oxidation folgen.

Die erfindungsgemäße Anlage zur Reinigung von Vorwärmerabgasen der Zement- und Mineralsindustrie durch Reduktion der Konzentration von gasförmigen Schadstoffen beinhaltet einen Hochtemperaturfilter zur Reduzierung des Staubgehalts der Vorwärmerabgase, einen SCR-Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion der Vorwärmerabgase und eine nach dem SCR-Katalysator angeordnete regenerative Oxidationskatalysator-Anlage zur regenerativen katalytischen Oxidation der Vorwärmerabgase.

Die Vorwärmerabgase weisen bei der Hochtemperaturfiltration zweckmäßigerweise noch eine Temperatur im Bereich von 200°C und 400°C, vorzugsweise von 250°C und 350°C auf. Der Hochtemperaturfilter kann dabei insbesondere einen Elektrofilter oder Filterkerzen aufweisen. Der Staubgehalt der Vorwärmerabgase beträgt vor der Hochtemperaturfiltration üblicherweise 120 bis 50 g/Nm³ (Gramm pro Normkubikmeter) auf und wird bei der Hochtemperaturfiltration vorzugsweise auf weniger als 3 g/Nm³, vorzugsweise weniger als 2 g/Nm³, höchstvorzugsweise weniger als 1 g/Nm³ reduziert. Je geringer die Staubbeladung des in den SCR-Katalysator eintretenden Abgases ist, umso geringer ist die dort auftretende Verstopfungsgefahr durch sich ablagernden Staub. Zur Verbesserung der selektiven katalytischen Reduktion kann dem Abgas vor dem SCR-Katalysator ein Reduktionsmittel, insbesondere ein ammoniakhaltiges Reduktionsmittel zugegeben werden. Die Ausbildung des SCR-Katalysators erfolgt beispielsweise mit Vanadium als aktive Komponente. Gemäß einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung kann der Hochtemperaturfilter zur Staubreduzierung mit Filterkerzen ausgestattet sein, die gleichzeitig auch den SCR-Katalysator bilden. Dabei kann das katalytische Material direkt im Grundmaterial der Filterkerze verarbeitet sein, sodass das Vorwärmerabgas

bei Durchströmung der Filterkerze auf die katalytischen Materialien trifft. Alternativ kann die Filterkerze aber auch mit katalytischem Material beschichtet sein.

Für die sich anschließende katalytische Oxidation kommt beispielsweise ein mit Edelmetallen als aktive Komponente dotierter Oxidationskatalysator zur Anwendung. Insbesondere für die Oxidation von Methan sind jedoch vergleichsweise hohe Temperaturen von größer 400°C erforderlich. Die Temperaturen nach Vorwärmer weisen dieses Temperaturniveau jedoch in der Regel nicht auf. Erfindungsgemäß erfolgt daher zunächst die Entstickung im SCR-Katalysator, die vorzugsweise in einem Temperaturfenster von 250°C bis 350°C durchgeführt wird. Durch die Verwendung der Hochtemperaturfiltration müssen die Vorwärmerabgase vor der Entstaubung nicht erst abgekühlt und anschließend wieder auf das für die Entstickung erforderliche Temperaturniveau angehoben werden.

Es ist daher erst für katalytische Oxidation zweckmäßig, die Temperatur der Vorwärmerabgase anzuheben und zwar auf einen Temperaturbereich von 350°C bis 780°C, vorzugsweise 400°C bis 700°C, höchstvorzugsweise 500°C bis 600°C.

Die Anhebung der Temperatur der Vorwärmerabgase erfolgt dabei insbesondere mittels Wärmeverschiebung in wenigstens einem Wärmespeichermodule, wobei in Strömungsrichtung der Vorwärmerabgase vorzugsweise jeweils wenigstens ein vor- und ein nachgeordnetes Wärmespeichermodule vorgesehen sind. Der Oxidationskatalysator kann ein- oder mehrlagig ausgebildet sein und ist beispielsweise mit Edelmetallen als aktive Komponente ausgestattet.

Den Vorwärmerabgasen kann gewünschtenfalls nach der regenerativen katalytischen Oxidation Aktivkohle zur Quecksilberabscheidung zugegeben wird. Des Weiteren liegt der Sauerstoffgehalt der Vorwärmerabgase bei der ersten und zweiten Abgasbehandlung im Bereich von 2 bis 10%, vorzugsweise 3 bis 8%, höchstvorzugsweise 4 bis 6%.

Zur Nutzung von im Vorwärmerabgas noch enthaltender Restwärme kann sich an die regenerative Oxidationskatalysator-Anlage eine Wärmerückgewinnungsstufe (beispielsweise zur Abgasverstromung oder Wassererwärmung) anschließen.

Der SCR-Katalysator, der Oxidationskatalysator und die Wärmespeichermodule können insbesondere mit Wabenkörpern ausgebildet sein, wobei vorzugsweise alle Wabenkörper eine identische Wabenstruktur aufweisen. Die Wabenkörper haben den Vorteil, dass sie gut durchströmt werden können und gleichzeitig eine große Oberfläche für die katalytischen Reaktionen bieten.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung werden im Folgenden anhand der weiteren Beschreibung und der Zeichnung näher erläutert.

In der Zeichnung zeigen

Fig. 1 ein Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Anlage zur Reinigung von Vorwärmerabgasen,

Fig. 2 ein Blockschaltbild einer Anlage der Zement- und Mineralsindustrie mit einer erfindungsgemäßen Anlage zur Reinigung der Vorwärmerabgase mit einem dem Hochtemperaturfilter nachgeordneten SCR-Katalysator,

Fig. 3 ein Blockschaltbild einer Anlage der Zement- und Mineralsindustrie mit einer erfindungsgemäßen Anlage zur Reinigung der Vorwärmerabgase mit einem im Hochtemperaturfilter integrierten SCR-Katalysator,

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer regenerativen Oxidationskatalysator-Anlage gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,

Fig. 5 eine schematische Darstellung einer regenerativen Oxidationskatalysator-Anlage gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel und

Fig. 6 eine schematische Darstellung einer regenerativen Oxidationskatalysator-Anlage gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel.

Die in Fig. 1 dargestellte Anlage zur Reinigung von Vorwärmerabgasen 1 der Zement- und Mineralsindustrie besteht aus einem Hochtemperaturfilter 2 zur Reduzierung des Staubgehalts der Vorwärmerabgase, einem SCR-Katalysator 3 zur selektiven katalytischen Reduktion der Vorwärmerabgase und einer nach dem SCR-Katalysator 3 angeordneten regenerativen Oxidationskatalysator-Anlage 4 zur regenerativen katalytischen Oxidation der Vorwärmerabgase.

Der Hochtemperaturfilter 2 ist insbesondere als Elektrofilter ausgebildet oder weist eine Vielzahl von Filterkerzen auf. Die Vorwärmerabgase 1 durchströmen den Hochtemperaturfilter 2 mit einer Temperatur im Bereich von 200°C bis 400°C, vorzugsweise von 250°C bis 350°C. Diese Temperatur entspricht im Wesentlichen der Temperatur der Vorwärmerabgase beim Verlassen des Vorwärmers. Es findet somit vorzugsweise keine vorhergehende aktive Abkühlung durch Luft- oder Wasserquenchung statt. Der Staubgehalt der Vorwärmerabgase 1 wird bei der Hochtemperaturfiltration von üblicherweise 50 bis 120 g/Nm³ auf weniger als 3 g/Nm³, vorzugsweise weniger als 2 g/Nm³, höchstvorzugsweise weniger als 1 g/Nm³ reduziert. Der abgeschiedene Staub 5 kann wieder dem eigentlichen Herstellungsprozess zurückgeführt werden.

Anschließend durchströmen die entstaubten Vorwärmerabgase den beispielsweise mit Vanadium dotierten SCR-Katalysator 2, wobei ein Reduktionsmittel 6, insbesondere ein ammoniakhaltiges Reduktionsmittel zugegeben wird. Anschließend findet in der regenerativen Oxidationskatalysator-Anlage 4 eine katalytische Oxidation von Kohlenmonoxid und gasförmigen organischen Schadstoffen statt. Die im Vorwärmerabgas nach der regenerativen Oxidationskatalysator-Anlage 4 noch enthaltene Restwärme kann in einer sich an die regenerative Oxidationskatalysator-Anlage 4 anschließenden optionalen Wärmerückgewinnungsstufe 7, beispielsweise zur Abgasverstromung oder Wassererwärmung, genutzt werden.

Fig. 2 zeigt ein Blockschaltbild einer Anlage der Zement- und Mineralsindustrie, bei der die oben beschriebene Anlage zur Reinigung der Vorwärmerabgase integriert ist. Die Anlage umfasst einen Vorwärmer 8, einen Ofen 9 und einen Kühler 10, wobei

die Abgase des Ofens 9 den Vorwärmer 8 zum Vorwärmen von Rohmehl 11 durchströmen und den Vorwärmer als Vorwärmerabgase 1 mit einem Temperaturniveau von typischerweise 200°C bis 400°C verlassen. Das für den SCR-Katalysator erforderliche Reduktionsmittel 6 kann am oder unmittelbar vor dem

5 SCR-Katalysator dem Vorwärmerabgas zugegeben werden. Es besteht aber auch die Möglichkeit das Reduktionsmittel 6 am oberen Ende des Vorwärmers 8 einzubringen.

Nach der optionalen Wärmerückgewinnungsstufe 7 werden die Vorwärmerabgase in einer Rohmaterialmühle 12 genutzt, in der Rohmaterial 13 zu dem Rohmehl 11

10 zerkleinert und gleichzeitig getrocknet wird. Dabei reduziert sich die Temperatur der Vorwärmerabgase auf etwa 80 bis 120 °C. Steht die Rohmaterialmühle nicht zur Verfügung wird das Vorwärmerabgas über einen Kühlturm 14 geleitet, wobei vorher Aktivkohle 15 zur Quecksilberreduzierung zugegeben werden kann.

Das in der Rohmaterialmühle bzw. im Kühlturm 14 abgekühlte Abgas wird

15 anschließend in einem Entstaubungsfilter 16 vom Staub 17 (+ ggf. Aktivkohle) befreit, bevor es über einen Kamin in die Atmosphäre gelangt.

Fig. 3 zeigt ein Blockschaltbild einer Anlage der Zement- und Mineralsindustrie, welches sich von dem Ausführungsbeispiel der Fig. 2 nur dadurch unterscheidet, dass der Hochtemperaturfilter und der SCR-Katalysator durch eine katalytische

20 Hochtemperatur-Entstaubungsanlage 20 gebildet werden. Die katalytische Hochtemperatur-Entstaubungsanlage 20 kann dabei zur Staubreduzierung mit Filterkerzen ausgestattet sein, die gleichzeitig auch den SCR-Katalysator bilden. Dabei kann das katalytische Material direkt im Grundmaterial der Filterkerze verarbeitet sein, sodass das Vorwärmerabgas bei Durchströmung der Filterkerze auf

25 die katalytischen Materialien trifft. Alternativ kann die Filterkerze aber auch mit katalytischem Material beschichtet sein.

Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung der regenerativen Oxidationskatalysator-Anlage 4 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel. Sie weist einen beispielsweise mit Edelmetallen dotierten Oxidationskatalysator 21 auf, wobei in

Strömungsrichtung 22 der Vorwärmerabgase 1 jeweils wenigstens ein vor- und ein nachgeordnetes Wärmespeichermodule 23, 24 vorgesehen sind, welche ein- oder mehrlagig ausgebildet sein können. Die Vorwärmerabgase sollen sich durch das in Strömungsrichtung vorgelagerte Wärmespeichermodule 23 erwärmen und zwar auf die für die katalytische Oxidation erforderliche Temperatur im Bereich von 400°C bis 750°C. Sollte die Wärme des Wärmespeichermoduls 23 hierfür nicht ausreichen, kann über die Brenngasaufgabe 19 eine weitere Erwärmung erfolgen. Die Oxidation am Oxidationskatalysator 21 setzt darüber hinaus zusätzliche Wärme frei, so dass die Temperatur der Vorwärmerabgase nach dem Oxidationskatalysator sogar noch höher ist (beispielsweise um 200 bis 250°C höher). Die Vorwärmerabgase erwärmen im Folgenden das Wärmespeichermodule 24. Sobald die Wärme des Wärmespeichermoduls 23 nicht mehr ausreichende ist oder nach einer vorgegebenen Zeit, wird die Strömungsrichtung der Vorwärmerabgase durch die regenerative Oxidationskatalysator-Anlage umgekehrt, sodass die Abgase im Folgenden zunächst das aufgeheizte Wärmespeichermodule 24 durchströmen, bevor sie zum Oxidationskatalysator 21 gelangen.

Fig. 5 zeigt eine Variante der regenerativen Oxidationskatalysator-Anlage mit drei Kanälen, die jeweils ein Wärmetauschermodul 23.1, 23.2 bzw. 23.3 sowie jeweils einen Oxidationskatalysator 21.1, 21.2 bzw. 21.3 aufweisen. Über ein nicht näher dargestelltes Klappensystem können die Vorwärmerabgase immer durch zwei der drei Kanäle entsprechend dem zu Fig. 4 erläuterten Prinzip strömen. Der dritte Kanal soll vorrangig verhindern, dass beim Umschalten der Klappen Emissionsspitzen entstehen.

Fig. 6 zeigt schließlich eine Variante zur Fig. 5 bei der die drei Kanäle mit jeweils einem Wärmetauschermodul 23.1, 23.2 bzw. 23.3 bestückt sind, welche über Klappen 25.1, 25.2, 25.3, 25.4 und 25.5 mit einem gemeinsamen Oxidationskatalysator 21.4. verschaltbar sind.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Reinigung von Vorwärmerabgasen (1) einer Anlage der Zement- und/oder Mineralsindustrie durch Reduktion der Konzentration von gasförmigen Schadstoffen, wobei die Vorwärmerabgase zunächst einer
5 Hochtemperaturfiltration zur Reduzierung des Staubgehalts unterzogen werden und anschließend eine erste Abgasbehandlung durch selektive katalytische Reduktion und eine nachfolgende zweite Abgasbehandlung durch regenerative katalytische Oxidation folgen, wobei die Vorwärmerabgase (1) bei der Hochtemperaturfiltration eine Temperatur im Bereich von 200°C und 450°C
10 aufweisen.
.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Staubgehalt der Vorwärmerabgase (1) bei der Hochtemperaturfiltration auf weniger als 3 g/Nm³ reduziert wird.
- 15 3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Vorwärmerabgas (1) vor der selektiven katalytischen Reduktion ein Reduktionsmittel zugegeben wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur der Vorwärmerabgase (1) bei der regenerativen katalytischen Oxidation auf einen
20 Temperaturbereich von 350°C bis 780°C angehoben wird.
5. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anhebung der Temperatur der Vorwärmerabgase (1) mittels Wärmeverschiebung in wenigstens einem Wärmespeichermodul (23, 24) und optional durch externen Brennstoff erfolgt.

6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sauerstoffgehalt der Vorwärmerabgase (1) bei der ersten und zweiten Abgasbehandlung im Bereich von 2 bis 10% liegt.
- 5 7. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Vorwärmerabgas (1) nach der regenerativen katalytischen Oxidation Aktivkohle (15) zur Quecksilberabscheidung zugegeben wird.
8. Anlage zur Reinigung von Vorwärmerabgasen (1) einer Anlage der Zement- und Mineralsindustrie durch Reduktion der Konzentration von gasförmigen Schadstoffen mit
- 10 - einem Hochtemperaturfilter (2) zur Reduzierung des Staubgehalts der Vorwärmerabgase *im Temperaturbereich von 200°C und 450°C*,
- einem SCR-Katalysator (3) zur selektiven katalytischen Reduktion der Vorwärmerabgase und
- 15 - einer nach dem SCR-Katalysator (3) angeordneten regenerativen Oxidationskatalysator-Anlage (4) zur regenerativen katalytischen Oxidation der Vorwärmerabgase.
9. Anlage nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hochtemperaturfilter (2) einen Elektrofilter oder Filterkerzen aufweist.
10. Anlage nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die regenerative Oxidationskatalysator-Anlage (4) einen Oxidationskatalysator (21) sowie in Strömungsrichtung der Vorwärmerabgase (1) jeweils wenigstens ein vor- und ein nachgeordnetes Wärmespeichermodule (23, 24) umfasst.
- 20 11. Anlage nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste und das zweite Wärmespeichermodule (23, 24) ein oder mehrlagig ausgebildet sind.
- 25 12. Anlage nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich an die regenerative Oxidationskatalysator-Anlage (4) eine Wärmerückgewinnungsstufe

(7) zur Nutzung von im Vorwärmerabgas noch enthaltender Restwärme anschließt.

13. Anlage nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hochtemperaturfilter (2) zur Staubreduzierung mit Filterkerzen ausgestattet ist und der SCR-Katalysator (3) durch katalytische Filterkerzen gebildet wird.

14. Anlage nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der SCR-Katalysator (3), der Oxidationskatalysator (21) und die Wärmespeichermodule (23, 24) mit Wabenkörpern ausgebildet sind, wobei vorzugsweise alle Wabenkörper eine identische Wabenstruktur aufweisen.

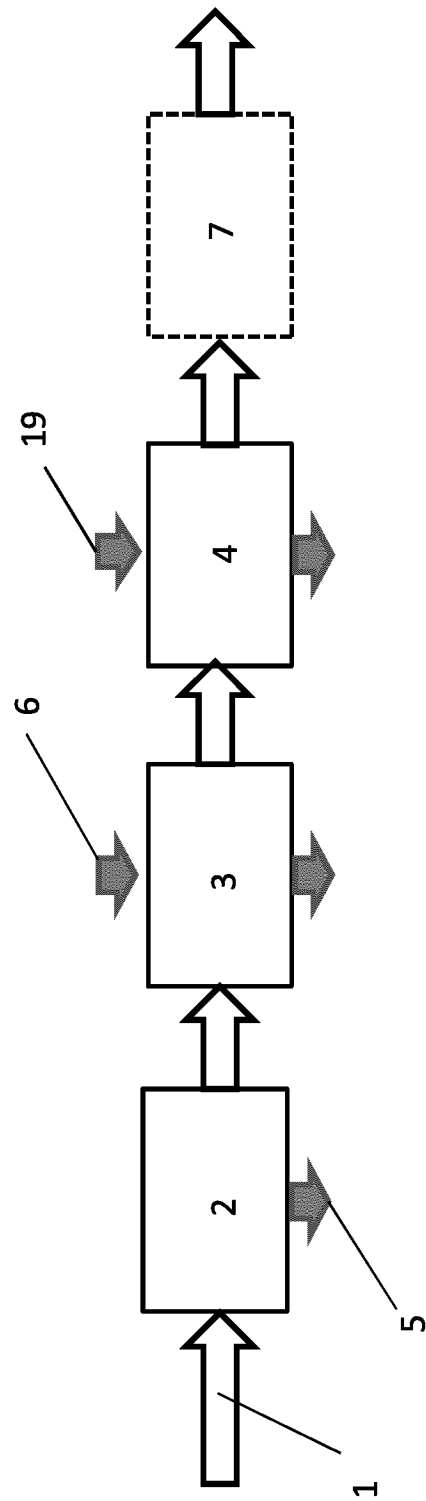


Fig. 1

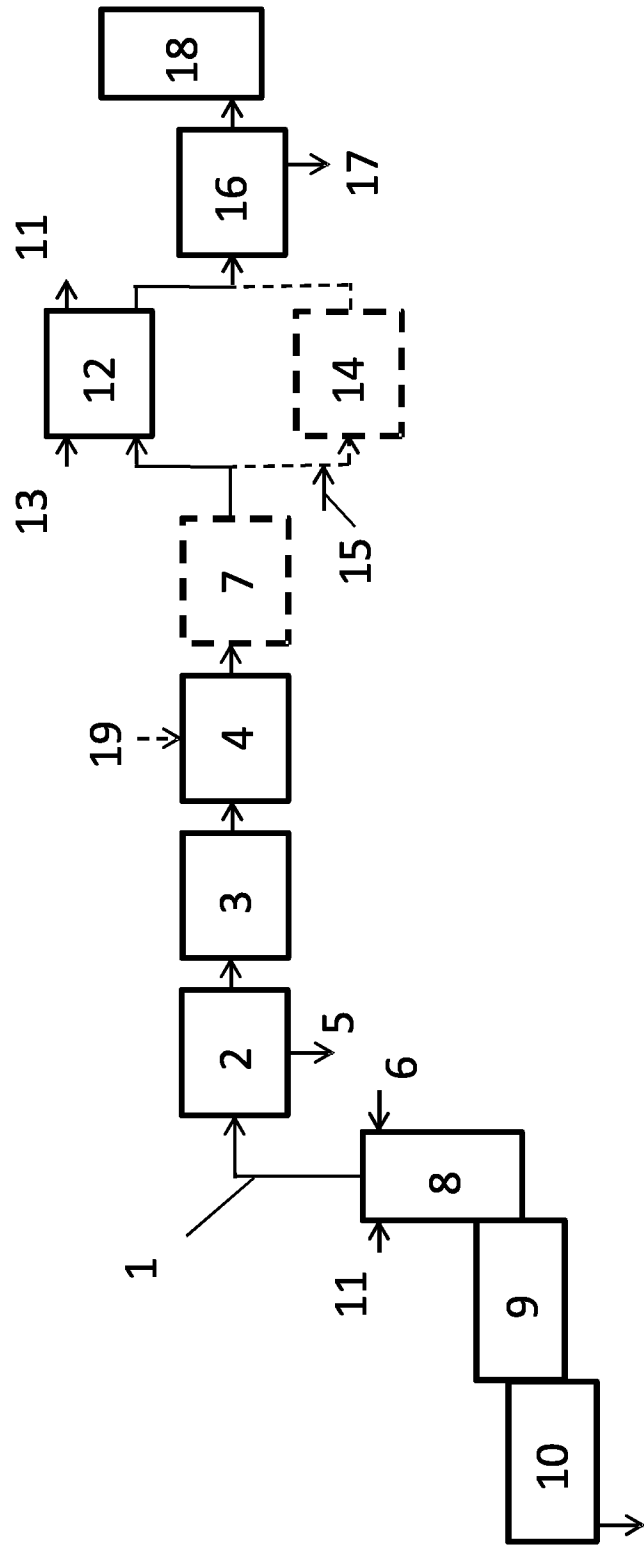


Fig. 2

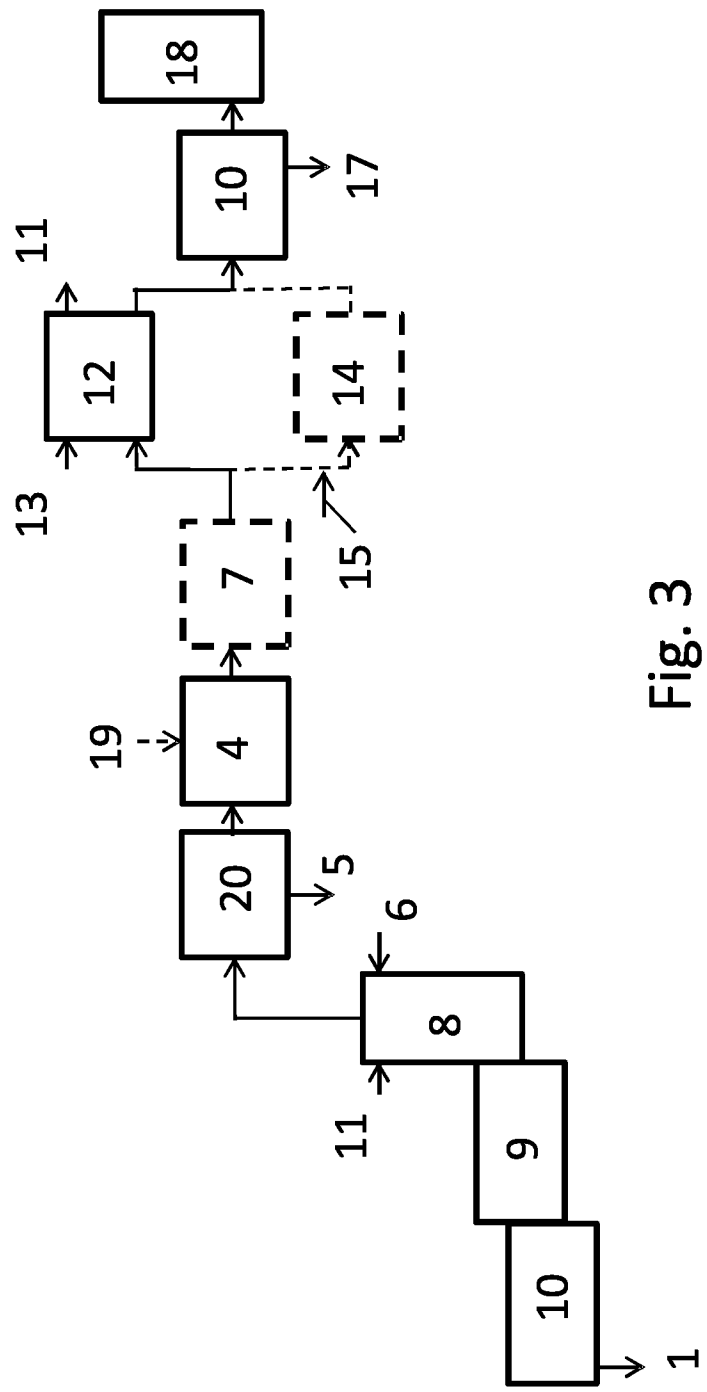


Fig. 3

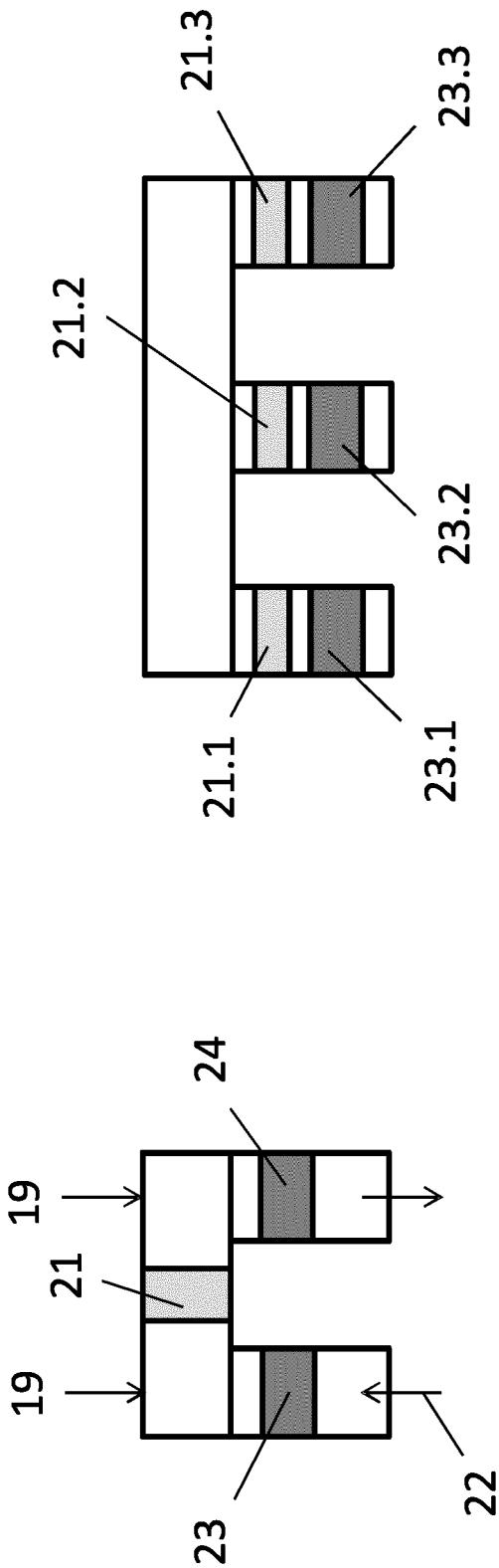


Fig. 5

Fig. 4

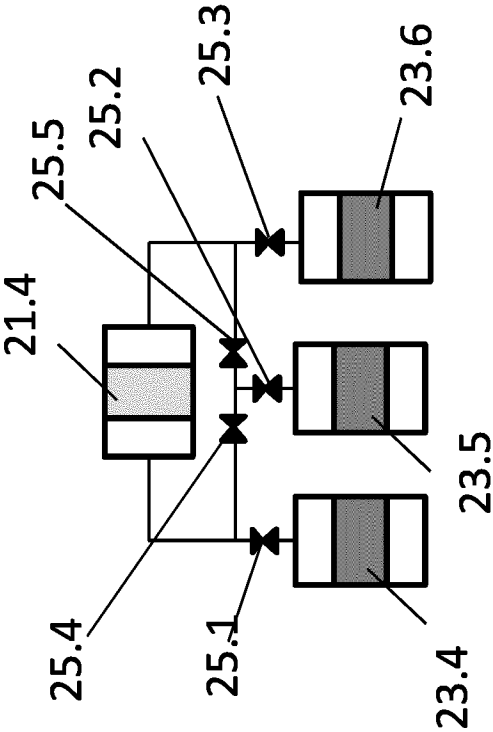


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2017/076463

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. B01D53/86 B01D53/64 C04B7/36 F27D17/00
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)

B01D C04B F27D

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 2009/089559 A1 (SCHEUCH GMBH [AT]; SECKLEHNER ANTON [AT]) 23 July 2009 (2009-07-23)	1-4,6,8, 9
Y	page 5, line 16 - page 10, line 11; figure page 1, lines 3-9	5,7, 10-12,14
X	WO 2016/150464 A1 (HALDOR TOPSØE AS [DK]) 29 September 2016 (2016-09-29) page 1, lines 9-13 page 6, line 13 - page 8, line 14; claims 1-3, 7; examples 1, 2	8,9,13
Y	WO 2011/120059 A2 (SCHEUCH GMBH [AT]; LISBERGER MANFRED [AT]) 6 October 2011 (2011-10-06) page 8 - page 9; figures 2, 5 page 1, lines 16-37	5,10-12, 14
	----- -/--	



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

31 January 2018

Date of mailing of the international search report

15/02/2018

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

Focante, Francesca

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2017/076463

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 10 2010 004011 B3 (POLYSIUS AG [DE]) 30 June 2011 (2011-06-30) paragraphs [0021], [0037], [0043], [0044]; figures 1, 2 -----	7
Y	US 2013/312640 A1 (ZURHOVE FRANZ-JOSEF [DE]) 28 November 2013 (2013-11-28) paragraph [0055]; figures 1, 2 -----	7
A	EP 2 444 145 A1 (ELEX CEMCAT AG [CH]) 25 April 2012 (2012-04-25) paragraphs [0022] - [0032]; figures 1, 2 -----	1-14
A	DE 20 2010 018000 U1 (SCHEUCH GMBH [AT]) 8 July 2013 (2013-07-08) cited in the application paragraphs [0010], [0029]; figures 2, 3 -----	1-14
A	DE 10 2013 016701 A1 (KHD HUMBOLDT WEDAG GMBH [DE]) 9 April 2015 (2015-04-09) paragraph [0019]; figures 2, 3 -----	1-14
A	DE 10 2014 108152 A1 (THYSSENKRUPP AG [DE]; THYSSENKRUPP IND SOLUTIONS AG [DE]) 17 December 2015 (2015-12-17) paragraphs [0021] - [0027], [0039]; figures 1, 2 -----	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/076463

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2009089559 A1	23-07-2009	AT 10369 U1 BR PI0907170 A2 CN 101977668 A EP 2237861 A1 RU 2010134000 A US 2010307388 A1 WO 2009089559 A1	15-02-2009 06-06-2017 16-02-2011 13-10-2010 27-02-2012 09-12-2010 23-07-2009
WO 2016150464 A1	29-09-2016	AR 103897 A1 CA 2976140 A1 CN 107427770 A EP 3271049 A1 KR 20170128219 A US 2018008963 A1 WO 2016150464 A1	14-06-2017 29-09-2016 01-12-2017 24-01-2018 22-11-2017 11-01-2018 29-09-2016
WO 2011120059 A2	06-10-2011	AT 508921 A4 WO 2011120059 A2	15-05-2011 06-10-2011
DE 102010004011 B3	30-06-2011	NONE	
US 2013312640 A1	28-11-2013	CN 103459963 A DE 102011000564 A1 EP 2673583 A1 US 2013312640 A1 WO 2012107404 A1	18-12-2013 09-08-2012 18-12-2013 28-11-2013 16-08-2012
EP 2444145 A1	25-04-2012	CN 102580524 A DE 102010060104 A1 EP 2444145 A1 US 2012121472 A1	18-07-2012 26-04-2012 25-04-2012 17-05-2012
DE 202010018000 U1	08-07-2013	AT 507773 A4 AU 2010273179 A1 CA 2767341 A1 CN 102470320 A CO 6491036 A2 DE 202010018000 U1 DK 2454008 T3 EG 26752 A EP 2454008 A1 EP 2628528 A1 ES 2409706 T3 HR P20130736 T1 JP 5695042 B2 JP 2012532750 A KR 20120049263 A MA 33524 B1 PT 2454008 E RS 52803 B SI 2454008 T1 TN 2011000650 A1 UA 103403 C2 US 2012183463 A1 WO 2011006175 A1 ZA 201109520 B	15-08-2010 02-02-2012 20-01-2011 23-05-2012 31-07-2012 08-07-2013 12-08-2013 27-07-2014 23-05-2012 21-08-2013 27-06-2013 25-10-2013 01-04-2015 20-12-2012 16-05-2012 01-08-2012 04-06-2013 31-10-2013 30-08-2013 24-05-2013 10-10-2013 19-07-2012 20-01-2011 26-09-2012
DE 102013016701 A1	09-04-2015	CN 105829261 A	03-08-2016

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/076463

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
		DE 102013016701 A1	09-04-2015
		EP 3055266 A1	17-08-2016
		RU 2016115625 A	14-11-2017
		US 2016347657 A1	01-12-2016
		WO 2015052123 A1	16-04-2015

DE 102014108152 A1	17-12-2015	DE 102014108152 A1	17-12-2015
		EP 3155322 A1	19-04-2017
		US 2017146238 A1	25-05-2017
		WO 2015189103 A1	17-12-2015

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B01D53/86 B01D53/64 C04B7/36 F27D17/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B01D C04B F27D		
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 2009/089559 A1 (SCHEUCH GMBH [AT]; SECKLEHNER ANTON [AT]) 23. Juli 2009 (2009-07-23)	1-4,6,8,9
Y	Seite 5, Zeile 16 - Seite 10, Zeile 11; Abbildung Seite 1, Zeilen 3-9	5,7, 10-12,14
X	WO 2016/150464 A1 (HALDOR TOPSØE AS [DK]) 29. September 2016 (2016-09-29) Seite 1, Zeilen 9-13 Seite 6, Zeile 13 - Seite 8, Zeile 14; Ansprüche 1-3, 7; Beispiele 1, 2	8,9,13
Y	WO 2011/120059 A2 (SCHEUCH GMBH [AT]; LISBERGER MANFRED [AT]) 6. Oktober 2011 (2011-10-06) Seite 8 - Seite 9; Abbildungen 2, 5 Seite 1, Zeilen 16-37	5,10-12, 14
	----- -/-	
☒ 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
31. Januar 2018		15/02/2018
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 Focante, Francesca

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 10 2010 004011 B3 (POLYSIUS AG [DE]) 30. Juni 2011 (2011-06-30) Absätze [0021], [0037], [0043], [0044]; Abbildungen 1, 2 -----	7
Y	US 2013/312640 A1 (ZURHOVE FRANZ-JOSEF [DE]) 28. November 2013 (2013-11-28) Absatz [0055]; Abbildungen 1, 2 -----	7
A	EP 2 444 145 A1 (ELEX CEMCAT AG [CH]) 25. April 2012 (2012-04-25) Absätze [0022] - [0032]; Abbildungen 1, 2 -----	1-14
A	DE 20 2010 018000 U1 (SCHEUCH GMBH [AT]) 8. Juli 2013 (2013-07-08) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0010], [0029]; Abbildungen 2, 3 -----	1-14
A	DE 10 2013 016701 A1 (KHD HUMBOLDT WEDAG GMBH [DE]) 9. April 2015 (2015-04-09) Absatz [0019]; Abbildungen 2, 3 -----	1-14
A	DE 10 2014 108152 A1 (THYSSENKRUPP AG [DE]; THYSSENKRUPP IND SOLUTIONS AG [DE]) 17. Dezember 2015 (2015-12-17) Absätze [0021] - [0027], [0039]; Abbildungen 1, 2 -----	1-14

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/076463

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2009089559 A1	23-07-2009	AT 10369 U1	15-02-2009
		BR PI0907170 A2	06-06-2017
		CN 101977668 A	16-02-2011
		EP 2237861 A1	13-10-2010
		RU 2010134000 A	27-02-2012
		US 2010307388 A1	09-12-2010
		WO 2009089559 A1	23-07-2009
WO 2016150464 A1	29-09-2016	AR 103897 A1	14-06-2017
		CA 2976140 A1	29-09-2016
		CN 107427770 A	01-12-2017
		EP 3271049 A1	24-01-2018
		KR 20170128219 A	22-11-2017
		US 2018008963 A1	11-01-2018
		WO 2016150464 A1	29-09-2016
WO 2011120059 A2	06-10-2011	AT 508921 A4	15-05-2011
		WO 2011120059 A2	06-10-2011
DE 102010004011 B3	30-06-2011	KEINE	
US 2013312640 A1	28-11-2013	CN 103459963 A	18-12-2013
		DE 102011000564 A1	09-08-2012
		EP 2673583 A1	18-12-2013
		US 2013312640 A1	28-11-2013
		WO 2012107404 A1	16-08-2012
EP 2444145 A1	25-04-2012	CN 102580524 A	18-07-2012
		DE 102010060104 A1	26-04-2012
		EP 2444145 A1	25-04-2012
		US 2012121472 A1	17-05-2012
DE 202010018000 U1	08-07-2013	AT 507773 A4	15-08-2010
		AU 2010273179 A1	02-02-2012
		CA 2767341 A1	20-01-2011
		CN 102470320 A	23-05-2012
		CO 6491036 A2	31-07-2012
		DE 202010018000 U1	08-07-2013
		DK 2454008 T3	12-08-2013
		EG 26752 A	27-07-2014
		EP 2454008 A1	23-05-2012
		EP 2628528 A1	21-08-2013
		ES 2409706 T3	27-06-2013
		HR P20130736 T1	25-10-2013
		JP 5695042 B2	01-04-2015
		JP 2012532750 A	20-12-2012
		KR 20120049263 A	16-05-2012
		MA 33524 B1	01-08-2012
		PT 2454008 E	04-06-2013
		RS 52803 B	31-10-2013
		SI 2454008 T1	30-08-2013
		TN 2011000650 A1	24-05-2013
		UA 103403 C2	10-10-2013
		US 2012183463 A1	19-07-2012
		WO 2011006175 A1	20-01-2011
		ZA 201109520 B	26-09-2012
DE 102013016701 A1	09-04-2015	CN 105829261 A	03-08-2016

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/076463

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
		DE 102013016701 A1	09-04-2015
		EP 3055266 A1	17-08-2016
		RU 2016115625 A	14-11-2017
		US 2016347657 A1	01-12-2016
		WO 2015052123 A1	16-04-2015

DE 102014108152 A1	17-12-2015	DE 102014108152 A1	17-12-2015
		EP 3155322 A1	19-04-2017
		US 2017146238 A1	25-05-2017
		WO 2015189103 A1	17-12-2015
