

(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
02. November 2017 (02.11.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/186778 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F27B 7/20 (2006.01) *C04B 7/36* (2006.01)
B01D 53/56 (2006.01) *F27D 17/00* (2006.01)
B01D 53/86 (2006.01) *F27D 19/00* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/059896

(22) Internationales Anmeldedatum:

26. April 2017 (26.04.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2016 207 313.3

28. April 2016 (28.04.2016) 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: **STENDER, Timo**; Ibbingsen 8, 58730 Fröndenberg (DE). **DINKOVA, Anna Ivanova**; Kapitelwiese 6, 44263 Dortmund (DE). **BORDEL, Valentina**; Weidekampstr. 13, 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, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,

(54) Title: PLANT FOR PRODUCING CEMENT OR PROCESSING ORES AND METHOD FOR OPERATING A PLANT OF THIS TYPE

(54) Bezeichnung: ANLAGE ZUR HERSTELLUNG VON ZEMENT ODER AUFBEREITUNG VON ERZEN UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER SOLCHEN ANLAGE

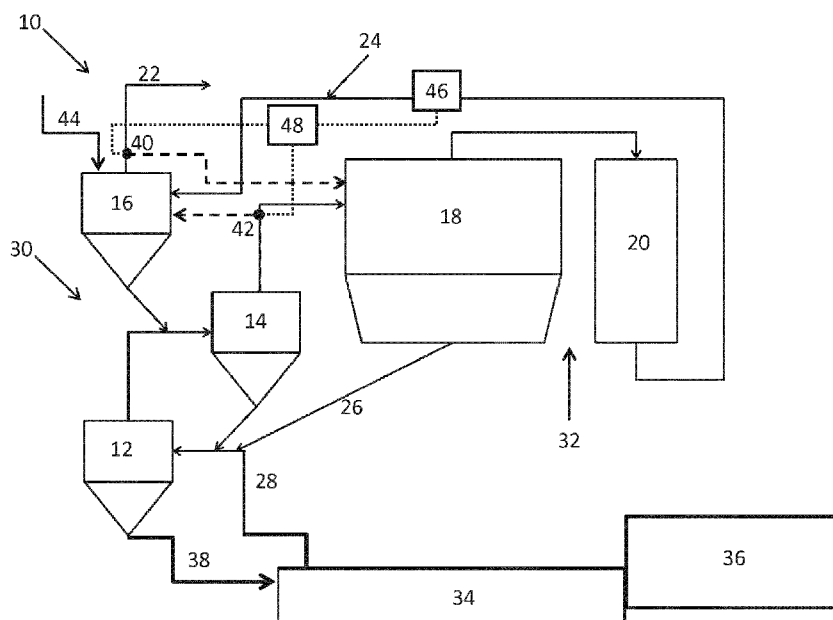


Fig. 1

(57) Abstract: The present invention relates to a plant (10) for producing cement or processing ores, having a processing apparatus (34) for mechanically and/or thermally processing a material and a material preheater (30), arranged upstream of the processing apparatus (34) as seen in the flow direction of the material, in which heat is transferred from the exhaust gas of the processing apparatus (34) to the material, wherein the material preheater (30) comprises at least one heat exchanger stage (12, 14, 16), wherein an exhaust gas treatment apparatus (32) is connected to at least some of the exhaust gas of the processing apparatus (34) upstream of at least one heat exchanger stage (12, 14, 16) of the material preheater (30) as seen in the flow direction of the exhaust gas. The invention also relates to a method for operating a plant (10) for producing cement or processing ores, having a processing apparatus (34) for mechanically



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)

and/or thermally processing a material and a material preheater (30), arranged upstream of the processing apparatus (34) as seen in the flow direction of the material, in which heat is transferred from the exhaust gas of the processing apparatus (34) to the material, wherein the material preheater (30) comprises at least one heat exchanger stage (12, 14, 16), wherein at least some of the exhaust gas of the processing apparatus (34) is conducted to an exhaust gas treatment apparatus (32) upstream of at least one heat exchanger stage (12, 14, 16) as seen in the flow direction.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft Anlage (10) zur Herstellung von Zement oder Aufbereitung von Erzen aufweisend eine Aufbereitungsvorrichtung (34) zur mechanischen und/oder thermischen Aufbereitung eines Materials und einen in Strömungsrichtung des Materials der Aufbereitungsvorrichtung (34) vorgeschalteten Materialvorwärmer (30), in dem ein Wärmeübergang von dem Abgas der Aufbereitungsvorrichtung (34) auf das Material erfolgt, wobei der Materialvorwärmer (30) zumindest eine Wärmetauscherstufe (12, 14, 16) umfasst, wobei eine Abgasbehandlungsvorrichtung (32) mit zumindest einem Teil des Abgases der Aufbereitungsvorrichtung (34) in Strömungsrichtung des Abgases vor zumindest einer Wärmetauscherstufe (12, 14, 16) des Materialvorwärmers (30) verbunden ist. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer Anlage (10) zur Herstellung von Zement oder Aufbereitung von Erzen mit einer Aufbereitungsvorrichtung (34) zur mechanischen und/oder thermischen Aufbereitung eines Materials und einem in Strömungsrichtung des Materials der Aufbereitungsvorrichtung (34) vorgeschalteten Materialvorwärmer (30), in dem ein Wärmeübergang von dem Abgas der Aufbereitungsvorrichtung (34) auf das Material erfolgt, wobei der Materialvorwärmer (30) zumindest eine Wärmetauscherstufe (12, 14, 16) umfasst, wobei zumindest ein Teil des Abgases der Aufbereitungsvorrichtung (34) in Strömungsrichtung vor zumindest einer Wärmetauscherstufe (12, 14, 16) zu einer Abgasbehandlungsvorrichtung (32) geleitet wird.

Anlage zur Herstellung von Zement oder Aufbereitung von Erzen und Verfahren zum Betreiben einer solchen Anlage

Die Erfindung betrifft eine Anlage zur Herstellung von Zement oder Aufbereitung von Erzen mit einer Abgasbehandlungsvorrichtung, sowie ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Anlage.

Eine solche Anlage kommt beispielsweise bei der Herstellung von Zementklinker zum Einsatz. Dabei wird das Rohmehl vor dem Einbringen in einen Drehrohrofen in einem in der Regel vier- bis sechsstufigen Zyklonvorwärmer im Gegenstrom zu dem aus dem Drehrohrofen austretenden Abgas vorgewärmt. Dabei wird das Abgas in der Regel auf einen Temperaturbereich in einer Größenordnung von zwischen 250°C und 450°C heruntergekühlt.

In den Verlauf des Abgasstrangs können weitere Vorrichtungen integriert sein, die bevorzugt bei höheren als diesen üblichen Abgastemperaturen (nach Materialvorwärmer) betrieben werden. Bei diesen Vorrichtungen kann es sich insbesondere um solche zur Abgasbehandlung mittels katalytischer und/oder (regenerativer) oxidativer Minderung von Schadstoffen handeln.

Um die für die Schadstoffreduzierung in dem Oxidationskatalysator optimale Temperatur des Abgases zu erzeugen, ist es häufig notwendig, das Abgas nach dem Austritt aus dem Materialvorwärmer zu erwärmen. Dies ist beispielsweise in der WO 2015/189103 A1 gezeigt.

Das Erwärmen erfolgt beispielsweise mittels eines Zuheizers z.B. in Form von Brennern oder einer Brennkammer. Dies ist jedoch mit einem erheblichen zusätzlichen baulichen Aufwand verbunden. Zudem sind in entsprechenden Zuheizern regelmäßig nur schnell und leicht ausbrennbare Brennstoffe, wie insbesondere Erdgas oder Öl und unter bestimmten Voraussetzungen auch Kohle, einsetzbar, was mit hohen Kosten für die Brennstoffe einhergeht.

Davon ausgehend ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Anlage zur Herstellung von Zement oder Aufbereitung von Erzen bereitzustellen, die einen einfachen und kostengünstigeren Aufbau aufweist, wobei die Reduzierung von Schadstoffen in dem Abgas zuverlässig erfolgt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des unabhängigen Vorrichtungsanspruchs 1 und durch ein Verfahren mit den Merkmalen des

unabhängigen Verfahrensanspruchs 12 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Eine Anlage zur Herstellung von Zement oder Aufbereitung von Erzen weist nach einem ersten Aspekt eine Aufbereitungsvorrichtung zur mechanischen und/oder thermischen Aufbereitung eines Materials und einen in Strömungsrichtung des Materials der Aufbereitungsvorrichtung vorgeschalteten Materialvorwärmer auf, in dem ein Wärmeübergang von dem Abgas der Aufbereitungsvorrichtung auf das Material erfolgt, wobei der Materialvorwärmer zumindest eine Wärmetauscherstufe umfasst. Die Anlage umfasst eine Abgasbehandlungsvorrichtung, die mit zumindest einem Teil des Abgases der Aufbereitungsvorrichtung in Strömungsrichtung des Abgases vor zumindest einer Wärmetauscherstufe des Materialvorwärmers verbunden ist.

Eine Aufbereitungsvorrichtung zur mechanischen und/ oder thermischen Aufbereitung eines Materials umfasst insbesondere einen Ofen, beispielsweise zum Brennen von Zementklinker. Die Aufbereitungsvorrichtung umfasst beispielsweise auch - neben einem solchen Ofen, eine Vorrichtung zur Kalzination (Kalzinator) und/oder zur Zugabe von zusätzlichem Brennstoff. Auch Anlagen aus dem Bereich der Mineralindustrie nach ähnlichem Prinzip sind von der Aufbereitungsvorrichtung umfasst. Dabei kann es sich beispielsweise um die Aufbereitung von Erzen im Drehrohrofen mit vorgeschaltetem Wärmetauscher, wie beispielsweise Vanadiumerze oder auch um Kalk- oder Dolomitöfen handeln. Bei dem Material handelt es sich beispielsweise um ein zu bearbeitendes Rohmaterial, wie Zementrohmehl oder zerkleinerte Erze.

Ein Materialvorwärmer umfasst vorzugsweise eine Mehrzahl von Wärmetauscherstufen, insbesondere Zyklonvorwärmer. Die Wärmetauscherstufen sind vorzugsweise auf unterschiedlichen Höhengniveaus angeordnet, sodass ein an der obersten Wärmetauscherstufe in den Materialvorwärmer aufgegebenes Material schwerkraftbedingt in die darunter angeordneten Wärmetauscherstufen gelangt. Vorzugsweise umfasst der Materialvorwärmer fünf bis sechs Wärmetauscherstufen. Das Material wird in den miteinander verbundenen Wärmetauscherstufen durch das im Gegenstrom durch den Materialvorwärmer strömende Abgas der Aufbereitungsvorrichtung erwärmt und beispielsweise entsäuert. Das erwärmte Material gelangt im Anschluss an den Vorwärmer in die Aufbereitungsvorrichtung.

Durch den Wärmetausch zwischen dem Material und dem Abgas der Aufbereitungsvorrichtung verringert sich die Temperatur des Abgases in Strömungseinrichtung des Abgases durch den Materialvorwärmer. Eine Abgasbehandlungsvorrichtung, die mit zumindest einem Teil des Abgases der Aufbereitungsvorrichtung in Strömungsrichtung des Abgases vor zumindest einer Wärmetauscherstufe des Materialvorwärmers verbunden ist, bietet den Vorteil, dass der Abgasbehandlungsvorrichtung zumindest ein Teil eines Abgases zugeleitet wird, das eine höhere Temperatur als das aus dem Materialvorwärmer austretende Abgas aufweist. Eine Erhöhung der Abgastemperatur nach dem Materialvorwärmer ist daher nicht notwendig. Auch ein erhöhter Brennstoffumsatz in der Aufbereitungsvorrichtung zur Erhöhung der Temperatur ist mit einer solchen Anordnung der Abgasbehandlungsvorrichtung und insbesondere bei einer Zuleitung des gesamten Abgases vor zumindest einer Wärmetauscherstufe zu der Abgasbehandlungsvorrichtung nicht notwendig. Durch einen erhöhten Brennstoffumsatz in der Aufbereitungsvorrichtung wird nicht nur die Temperatur des die Aufbereitungsvorrichtung verlassenden Abgases sondern auch die Temperaturen in der Aufbereitungsvorrichtung selbst erhöht. Dies kann unerwünscht bzw. nicht möglich sein, da sich beispielsweise das Material bei höheren Temperaturen in seinen Eigenschaften bezüglich der Handhabung z.B. hinsichtlich der Ansatzbildung oder der Qualität verschlechtert.

Grundgedanke der Erfindung ist daher, die Temperatur des der Abgasbehandlungsvorrichtung zuzuführenden Abgases durch eine Zuführung von Abgasen des Materialvorwärmers in Strömungsrichtung vor zumindest einer Wärmetauscherstufe zu erhöhen, ohne dabei verfahrenstechnisch begründete Begrenzungen der Materialtemperaturen in der Aufbereitungsvorrichtung zu verletzen.

Die Abgasbehandlungsvorrichtung ist vorzugsweise in dem Materialvorwärmer angeordnet. Insbesondere wird das gesamte Abgas der Aufbereitungsvorrichtung in Strömungsrichtung des Abgases vor zumindest einer Wärmetauscherstufe des Materialvorwärmers der Abgasbehandlungsvorrichtung zugeführt. Vorzugsweise ist die Abgasbehandlungsvorrichtung zusätzlich mit zumindest einem Teil des Abgases des Materialvorwärmers verbunden, sodass beispielsweise 100% des Abgases des Materialvorwärmers und etwa 0%-50%, vorzugsweise 10%-40%, höchstvorzugsweise 20%-30% des Abgases der Aufbereitungsvorrichtung in Strömungsrichtung vor zumindest einer Wärmetauscherstufe der Abgasbehandlungsvorrichtung zugeführt werden.

Insbesondere ist die Abgasbehandlungsvorrichtung mit dem Abgas der Aufbereitungsvorrichtung in Strömungsrichtung vor der ersten Wärmetauscherstufe verbunden, wobei die erste Wärmetauscherstufe, die Wärmetauscherstufe an dem Materialeintritt in den Materialvorwärmer ist.

Gemäß einer ersten Ausführungsform ist die Abgasbehandlungsvorrichtung über eine Steuerungs-/ Regelungseinrichtung mit dem Abgas der Aufbereitungsvorrichtung in Strömungsrichtung des Abgases vor zumindest einer Wärmetauscherstufe verbunden, wobei die Steuerungs-/ Regelungseinrichtung zur Steuerung/ Regelung der Menge des Abgases der Aufbereitungsvorrichtung vor zumindest einer Wärmetauscherstufe zu der Abgasbehandlungsvorrichtung ausgebildet ist. Die Steuerungs-/ Regelungseinrichtung umfasst beispielsweise eine Strömungseinrichtung, insbesondere eine Klappe, die stromaufwärts der Abgasbehandlungsvorrichtung angeordnet ist. Insbesondere ist eine Strömungseinrichtung in einer Zuführung des Abgases in Strömungsrichtung vor einer Wärmetauscherstufe zu der Abgasbehandlungsvorrichtung angeordnet. Eine solche Steuerungs-/ Regelungseinrichtung ermöglicht eine bedarfsmäßige Steuerung/ Regelung der Menge an Abgas zu der Abgasbehandlungsvorrichtung.

Die Abgasbehandlungsvorrichtung ist gemäß einer weiteren Ausführungsform über die Steuerungs-/ Regelungseinrichtung mit dem Abgas des Materialvorwärmers verbunden und die Steuerungs-/ Regelungseinrichtung ist zur Steuerung/ Regelung der Menge des Abgases des Materialvorwärmers und des Abgases der Aufbereitungsvorrichtung vor zumindest einer Wärmetauscherstufe zu der Abgasbehandlungsvorrichtung ausgebildet. Die Steuerungs-/ Regelungseinrichtung umfasst vorzugsweise eine weitere Strömungseinrichtung, die beispielsweise in einer Zuführung des Abgases des Materialvorwärmers zu der Abgasbehandlungsvorrichtung angeordnet ist. Eine solche Steuerungs-/ Regelungseinrichtung ermöglicht eine bedarfsmäßige Steuerung/ Regelung der Menge an Abgas zu der Abgasbehandlungsvorrichtung, wobei eine entsprechende Aufteilung des Abgases des Materialvorwärmers und des Abgases vor zumindest einer Wärmetauscherstufe möglich ist.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfasst die Abgasbehandlungsvorrichtung einen Oxidationskatalysator. Bei dem Oxidationskatalysator handelt es sich vorzugsweise um einen

edelmetallhaltigen Oxidationskatalysator, durch den insbesondere eine Minderung von in dem Abgas enthaltenem Kohlenmonoxid (CO) und organischen Kohlenwasserstoffen (THC) erreicht wird. Zusätzlich oder alternativ ist dem Oxidationskatalysator vorzugsweise ein Reduktionskatalysator nachgeschaltet, durch den insbesondere Stickoxide (NO_x) umgewandelt werden. Die Solltemperatur des Abgases beim Eintritt in die Abgasbehandlungsvorrichtung, insbesondere in den Oxidationskatalysator der Abgasbehandlungsvorrichtung, liegt vorzugsweise zwischen 150°C – 650°C, insbesondere zwischen 180°C und 550°C, höchstvorzugsweise zwischen 220°C und 450°C. Bei einer Temperatur unterhalb etwa 150°C ist eine Minderung der Schadstoffe Kohlenmonoxid und/ oder organischer Kohlenwasserstoffe durch den Oxidationskatalysator nicht mehr gewährleistet. Die Zuleitung des wärmeren Abgases vor zumindest einer Wärmetauscherstufe ermöglicht ein zuverlässiges Einhalten eines optimalen Temperaturbereichs in dem Oxidationskatalysator und somit eine zuverlässige Reduktion von Schadstoffen in dem Abgas.

Die Abgasbehandlungsvorrichtung umfasst gemäß einer weiteren Ausführungsform eine Entstaubungseinrichtung, die dem Oxidationskatalysator vorgeschaltet ist. Bei der Entstaubungseinrichtung handelt es sich beispielsweise um einen Elektrostaubfilter.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfasst die Entstaubungseinrichtung zumindest eine Hochtemperaturfilterkerze, die insbesondere eine Beschichtung aus einem katalytisch aktiven Material aufweist. Bei dem katalytisch aktiven Material handelt es sich beispielsweise um V₂O₅. Bei der Filterkerze handelt es sich beispielsweise um eine keramische Filterkerze. Insbesondere der Einsatz von Hochtemperaturfilterkerzen mit einer katalytisch aktiven Beschichtung bietet den Vorteil einer Entstaubung bei gleichzeitiger katalytischer Behandlung des Abgases.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfasst die Abgasbehandlungsvorrichtung einen Reduktionskatalysator. Beispielsweise ist der Reduktionskatalysator dem Oxidationskatalysator insbesondere direkt nachgeschaltet.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfasst die Abgasbehandlungsvorrichtung einen Wärmetauscher, der insbesondere stromabwärts des Oxidationskatalysators angeordnet ist. Der Wärmetauscher ist vorzugsweise derart ausgebildet, dass ein Wärmeübergang zwischen zumindest einem Teil des Abgases auf einen Wärmeträger, wie beispielsweise ein gasförmiges oder flüssiges Medium erfolgt. Die aus der Abgasbehandlungsvorrichtung entnommene Wärmemenge wird beispielsweise zur Verstromung oder Heißwassererwärmung verwertet, insbesondere als alleinige Wärmequelle oder im Verbund mit anderen Wärmequellen, wie beispielsweise der Kühlerabluft. Insbesondere ist der Wärmetauscher zwischen dem Oxidationskatalysator und dem Reduktionskatalysator derart angeordnet, dass er das Abgas auf einen für den Reduktionskatalysator optimalen Temperaturbereich kühlt. Ein Solltemperaturbereich des Abgases beim Eintritt in den Reduktionskatalysator, der auch in Form eines einzelnen Temperaturwerts definiert sein kann, liegt vorteilhafterweise zwischen 150°C und 420°C, vorzugsweise zwischen 180°C und 400°C, besonders bevorzugt zwischen 220°C und 380°C. Dabei muss der Solltemperaturbereich nicht mit den quantitativ definierten Temperaturbereichen übereinstimmen, sondern kann vielmehr auch einen Teilbereich davon darstellen. Die Anordnung des Reduktionskatalysators stromabwärts des Oxydationskatalysators bietet den Vorteil, dass ein für die Reaktionen in dem Reduktionskatalysator genutztes, insbesondere ammoniakhaltiges Reduktionsmittel über eine Zudosiervorrichtung in das Abgas stromabwärts des Oxidationskatalysators eingebracht wird. Dadurch wird vermieden, dass der Oxidationskatalysator mit Abgas, das bereits mit Reduktionsmittel versetzt ist, beaufschlagt wird. Dadurch kann insbesondere vermieden werden, dass das Reduktionsmittel im Oxidationskatalysator verbrannt wird, was die Effizienz einer Oxidation von Kohlenmonoxid und organischen Kohlenwasserstoffen stark reduzieren könnte. Der Reduktionskatalysator ist beispielsweise derart angeordnet, dass er ausschließlich mit dem Abgas des Materialvorwärmers beaufschlagt wird.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist in Strömungsrichtung nach der Abgasbehandlungsvorrichtung zumindest eine Messeinrichtung zum Ermitteln des Schadstoffgehalts vorgesehen. Insbesondere ist die Messeinrichtung zum Ermitteln des Kohlenmonoxidgehalts und/ oder des Gehalts an organischen Kohlenwasserstoffen ausgebildet. Beispielsweise ist die Messeinrichtung dem Oxidationskatalysator nachgeschaltet. Vorzugsweise ist eine weitere Messeinrichtung vorgesehen, die dem Oxydationskatalysator vorgeschaltet ist und mit der Steuerungs-/ Regelungseinrichtung zusammenwirkt.

Die Steuerungs-/ Regelungseinrichtung ist gemäß einer weiteren Ausführungsform derart ausgebildet, dass sie die Menge des Abgases des Materialvorwärmers und/ oder der Aufbereitungsvorrichtung in Strömungsrichtung des Abgases vor zumindest einer Wärmetauscherstufe zu der Abgasbehandlungsvorrichtung in Abhängigkeit der mittels der zumindest einen Messeinrichtung ermittelten Schadstoffgehalts steuert/ regelt.

Die Steuerungs- / Regelungseinrichtung ist gemäß einer weiteren Ausführungsform derart ausgebildet, dass sie die Menge des Abgases des Materialvorwärmers verringert und die Menge des Abgases der Aufbereitungsvorrichtung in Strömungsrichtung des Abgases vor zumindest einer Wärmetauscherstufe zu der Abgasbehandlungsvorrichtung erhöht, wenn der mittels der Messeinrichtung ermittelte Schadstoffgehalt einen Grenzwert übersteigt. Der Grenzwert des Schadstoffgehalts im Abgas stromabwärts der Abgasbehandlungsvorrichtung beträgt beispielsweise für Kohlenmonoxid 50 mg/m^3 i.N.tr. 10% O₂ und für Kohlenwasserstoffe 10 mg/m^3 i.N.tr.10% O₂, wobei i.N.tr. für im Normalzustand trocken steht und der Normalzustand bei 273 K und 1,013 bar definiert ist. Übersteigt der Schadstoffgehalt den Grenzwert zumindest einer der Schadstoffe, ist dies ein Hinweis darauf, dass die Temperatur an dem Eintritt des Abgases zu der Abgasbehandlungsvorrichtung, insbesondere an dem Oxydationskatalysator, zu gering ist. Um die Temperatur zu erhöhen, wird die Menge an Abgas der Aufbereitungsvorrichtung vor zumindest einer Wärmetauscherstufe erhöht, wobei gleichzeitig die Menge an Abgas stromabwärts des Wärmetauschers zu der Abgasbehandlungsvorrichtung verringert wird. Beispielsweise wird die Menge an Abgas zu der Abgasbehandlungsvorrichtung stufenweise eingestellt. Unterschreitet der Schadstoffgehalt den Grenzwert, wird beispielsweise 100% des Abgases des Materialvorwärmers und etwa 0%-50%, vorzugsweise 10%-40%, höchstvorzugsweise 20%-30% des Abgases vor zumindest einer Wärmetauscherstufe der Abgasbehandlungsvorrichtung zugeführt. Der übrige Anteil des Abgases vor zumindest einer Wärmetauscherstufe wird der nachfolgenden Wärmetauscherstufe zugeführt. Übersteigt der Schadstoffgehalt den Grenzwert, wird beispielsweise 100% des Abgases vor zumindest einer Wärmetauscherstufe der Abgasbehandlungsvorrichtung zugeführt. Insbesondere wird die gesamte Menge des Abgases vor zumindest einer Wärmetauscherstufe der Abgasbehandlungsvorrichtung für ein vorbestimmtes Zeitintervall zugeführt, wobei im Anschluss an das Zeitintervall die Menge an Abgas vor zumindest einer Wärmetauscherstufe auf 0%-50%, vorzugsweise 10%-40%, höchstvorzugsweise 20%-30% reduziert wird, wobei

vorzugsweise 100% des Abgases nach dem Materialvorwärmer der Abgasbehandlungsvorrichtung zugeführt wird. Eine solche temporäre Zufuhr von 100% des Abgases vor zumindest einer Wärmetauscherstufe ermöglicht ein Aufheizen der Abgasbehandlungsvorrichtung über einen bestimmten Zeitraum.

Die Erfindung umfasst des Weiteren ein Verfahren zum Betreiben einer Anlage zur Herstellung von Zement oder Aufbereitung von Erzen mit einer Aufbereitungsvorrichtung zur mechanischen und/oder thermischen Aufbereitung eines Materials und einem in Strömungsrichtung des Materials der Aufbereitungsvorrichtung vorgeschalteten Materialvorwärmer, in dem ein Wärmeübergang von dem Abgas der Aufbereitungsvorrichtung auf das Material erfolgt, wobei der Materialvorwärmer zumindest eine Wärmetauscherstufe umfasst. Zumindest ein Teil des Abgases der Aufbereitungsvorrichtung wird in Strömungsrichtung vor zumindest einer Wärmetauscherstufe zu einer Abgasbehandlungsvorrichtung geleitet.

Die mit Bezug auf die Anlage zur Herstellung von Zement oder Aufbereitung von Erzen beschriebenen Vorteile und Erläuterungen treffen in verfahrensmäßiger Entsprechung ebenfalls auf das Verfahren zum Betreiben einer solchen Anlage zu.

Die Menge an Abgas der Aufbereitungsvorrichtung in Strömungsrichtung vor zumindest einer Wärmetauscherstufe zu der Abgasbehandlungsvorrichtung wird gemäß einer ersten Ausführungsform gesteuert/ geregelt. Eine solche Steuerung/ Regelung erfolgt beispielsweise manuell oder automatisch.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird der Schadstoffgehalt des Abgases, insbesondere in Strömungsrichtung nach der Abgasbehandlungsvorrichtung, ermittelt und die Menge an Abgas der Aufbereitungsvorrichtung in Strömungsrichtung vor zumindest einer Wärmetauscherstufe zu der Abgasbehandlungsvorrichtung in Abhängigkeit des ermittelten Schadstoffgehalts gesteuert/ geregelt.

Die Menge an Abgas der Aufbereitungsvorrichtung, die in Strömungsrichtung vor zumindest einer Wärmetauscherstufe zu der Abgasbehandlungsvorrichtung geleitet wird, wird gemäß einer weiteren Ausführungsform erhöht, wenn der mittels der Messeinrichtung ermittelte Schadstoffgehalt einen Grenzwert übersteigt. Beispielsweise wird die Menge an Abgas in Strömungsrichtung vor zumindest einer Wärmetauscherstufe zu der Abgasbehandlungsvorrichtung stufenweise in Reaktion auf einen ermittelten Schadstoffgehalt eingestellt. Vorzugsweise wird die Menge an Abgas vor zumindest einer Wärmetauscherstufe zu der Abgasbehandlungsvorrichtung temporär, insbesondere für einen bestimmten Zeitraum von beispielsweise acht Stunden erhöht und anschließend wieder verringert.

In der Abgasbehandlungsvorrichtung erfolgt gemäß einer weiteren Ausführungsform in der Abgasbehandlungsvorrichtung eine Oxidation von Kohlenmonoxid und/ oder organischen Kohlenwasserstoffen und eine Entstaubung des Abgases. Gemäß einer weiteren Ausführungsform erfolgt in der Abgasbehandlungsvorrichtung eine Reduktion von Stickoxiden.

Beschreibung der Zeichnungen

Die Erfindung ist nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels mit Bezug auf die beiliegende Figur näher erläutert.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Anlage zur Herstellung von Zement oder Aufbereitung von Erzen mit einem Materialvorwärmer und einer Abgasbehandlungsvorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel.

Die Anlage 10 umfasst eine Aufbereitungsvorrichtung 34 zur thermischen und/ oder mechanischen Aufbereitung von Materialien und einen in Strömungsrichtung des Abgases der Aufbereitungsvorrichtung 34 sich an diese anschließenden Materialvorwärmer 30. Bezogen auf die Durchlaufrichtung des Materials, wie beispielsweise Zementrohmehl beziehungsweise Zementklinker, ist der Aufbereitungsvorrichtung 34 der Materialvorwärmer 30 nachgeschaltet. Der Materialvorwärmer 30 umfasst eine Mehrzahl von Wärmetauscherstufen 12, 14, 16 in Form von Zyklonvorwärmern. Beispielhaft sind in dem Ausführungsbeispiel der Fig. 1 drei Wärmetauscherstufen angeordnet, wobei die erste Wärmetauscherstufe 12 mit dem Abgas der

Aufbereitungsvorrichtung 34 verbunden ist und das Abgas der ersten Wärmetauscherstufe 12 in die zweite Wärmetauscherstufe 14 eintritt. Das aus der ersten Wärmetauscherstufe 12 austretende vorgewärmte Rohmaterial 38 wird in die Aufbereitungsvorrichtung 34 eingeleitet und nach der Aufbereitung in einem sich an die Aufbereitungsvorrichtung 34 anschließenden Kühler 36 gekühlt.

Das vorzuwärmende Rohmaterial 44 wird in die dritte Wärmetauscherstufe 16 eingeleitet, die in Strömungsrichtung des Abgases der Aufbereitungsvorrichtung 34 hinter der zweiten Wärmetauscherstufe 14 angeordnet ist. Beispielsweise ist zwischen zwei Wärmetauscherstufen des Materialvorwärmers 30 ein nicht dargestellter Kalzinator zur Entsäuerung des vorgewärmten Rohmaterials vor dem Eintritt in die Aufbereitungsvorrichtung 34 angeordnet. Der Materialvorwärmer 30 umfasst beispielsweise eine höhere Anzahl von Wärmetauscherstufen, insbesondere weisen moderne Anlagen etwa fünf oder sechs Wärmetauscherstufen auf.

Das Rohmaterial 44 durchläuft den Materialvorwärmer 30 im Gegenstrom zu dem Abgas der Aufbereitungsvorrichtung 34 und wird somit durch das Abgas erwärmt. In dem Materialvorwärmer 30 wird das Zementrohmehl in mehreren Stufen von dem aus dem Drehrohrofen stammenden Abgas 28 durchströmt und mitgerissen und anschließend in einem Zyklon der jeweiligen Wärmetauscherstufe wieder aus dem Abgasstrom separiert. Der Zyklonvorwärmer weist wie üblich einen vertikalen Aufbau auf, so dass das Rohmaterial, soweit es von dem Abgasstrom mitgerissen wird, primär entgegen der Schwerkrafttrichtung bewegt wird und nach der Separierung in den Zyklonen schwerkraftbedingt zur nächsten Wärmetauscherstufe fällt. Andere übliche Arten der Vorwärmung, wie beispielsweise gestufte Verweilzeitreaktoren, sind ebenfalls möglich.

Die in der Fig. 1 dargestellte Anlage dient beispielsweise der Herstellung von Zementklinker, der in einer Aufbereitungsvorrichtung 34 in Form eines Drehrohrofens aus Zementrohmehl, gebrannt wird. Dazu wird das fein vermahlene Zementrohmehl, das organische Bestandteile umfasst, in heiße Brenngase die aus dem Drehrohrofen und aus einem optional vorhandenen Kalzinator stammen, dispergiert, wobei die organischen Bestandteile aus dem Zementrohmehl ausgetrieben und unvollständig verbrannt werden.

Zwischen der zweiten Wärmetauscherstufe 14 und der dritten Wärmetauscherstufe 16 ist eine Abgasbehandlungsvorrichtung 32 angeordnet, sodass das Abgas der zweiten

Wärmetauscherstufe 14 in die Abgasbehandlungsvorrichtung 32 geleitet wird. Die Abgasbehandlungsvorrichtung 32 umfasst einen Katalysator, insbesondere einen Oxidationskatalysator 20, und eine Entstaubungseinrichtung 18, die dem Katalysator vorgeschaltet ist. Bei der Entstaubungsvorrichtung 18 handelt es sich beispielsweise um einen Hochtemperaturstaubfilter oder einen Elektrostaubfilter. Ein Hochtemperaturstaubfilter umfasst beispielsweise zumindest eine Hochtemperaturfilterkerze mit einer Beschichtung aus einem katalytisch aktiven Material. Der in der Entstaubungsvorrichtung 18 aus dem Abgas gefilterte Staub 26 wird in die erste Wärmetauscherstufe 12 eingeleitet.

Der Oxidationskatalysator 20 dient einer oxidativen Minderung von Schadstoffen in dem Abgas der Aufbereitungsvorrichtung 34. Insbesondere wird durch den Oxidationskatalysator 20 eine Minderung von in dem Abgas enthaltenem Kohlenmonoxid (CO) und organischen Kohlenwasserstoffen (THC) erreicht.

Das in der Abgasbehandlungsvorrichtung 32 entstaubte und schadstoffgeminderte Abgas wird anschließend in die dritte Wärmetauscherstufe 16 geleitet und verlässt im Anschluss an diese als Abgas 22 den Materialvorwärmer 30.

Stromabwärts der Abgasbehandlungsvorrichtung 32 ist eine Messeinrichtung 46 angeordnet, die einen Schadstoffgehalt des Abgases, insbesondere Kohlenmonoxid und/ oder organische Kohlenwasserstoffe, ermittelt.

Des Weiteren sind die mit den unterbrochenen Pfeilen dargestellten Leitungen vorgesehen, die der Zuführung des Abgases der zweiten Wärmetauscherstufe 14 zu der dritten Wärmetauscherstufe 16 und der Zuführung des Abgases 22 des Materialvorwärmers 30 zu der Abgasbehandlungsvorrichtung 32 dienen. Des Weiteren umfasst die Anlage 10 eine Steuerungs/Regelungseinrichtung 48, die mit der Messeinrichtungen 46 in Verbindung steht. Die Steuerungs-/Regelungseinrichtung 48 ist mit einer ersten Strömungseinrichtung 40 und einer zweiten Strömungseinrichtung 42 verbunden. Die Strömungseinrichtungen 40, 42 sind beispielsweise in der Leitung zu der Abgasbehandlungsvorrichtung 32 angeordnete Klappen zum Steuern/Regeln der Strömungsmenge an Abgas zu der Abgasbehandlungsvorrichtung 32. Die erste Strömungseinrichtung 40 ist in dem Abgas des Materialvorwärmers 32 angeordnet, wobei mittels der ersten Strömungseinrichtung 40 die Menge an Abgas 22 des Materialvorwärmers 30 zu der Abgasbehandlungsvorrichtung 32 einstellbar ist. Die zweite Strömungseinrichtung 42 ist

in dem Abgas der zweiten Wärmetauscherstufe 14 angeordnet, wobei mittels der zweiten Strömungseinrichtung 42, die Menge an Abgas von der zweiten Wärmetauscherstufe 14 zu der Abgasbehandlungsvorrichtung 32 einstellbar ist.

Ein Solltemperaturbereich des Abgases beim Eintritt in den Oxidationskatalysator, der auch in Form eines einzelnen Temperaturwerts definiert sein kann, liegt vorteilhafterweise zwischen 150°C – 650°C, insbesondere zwischen 180°C und 550°C, höchstvorzugsweise zwischen 220°C und 450°C. Dabei muss der Solltemperaturbereich nicht mit den quantitativ definierten Temperaturbereichen übereinstimmen, sondern kann vielmehr auch einen Teilbereich davon darstellen. Eine Temperatur außerhalb des angegebenen Solltemperaturbereichs resultiert in einer geringen oder gar keiner Schadstoffreduktion mittels des Oxidationskatalysators 20.

Die Steuerungs-/ Regelungseinrichtung 48 ist derart ausgebildet, dass sie den Abgasstrom zu der Abgasbehandlungsvorrichtung 32 in Abhängigkeit der mittels der Messeinrichtung 46 ermittelten Schadstoffgehalts steuert/ regelt. Beispielsweise wird bei einem mittels der Messeinrichtung 46 ermittelten Schadstoffgehalt, der einen bestimmten Grenzwert übersteigt, die Strömungseinrichtung 42 derart eingestellt, dass die Menge an Abgas der zweiten Wärmetauscherstufe 14 zu der Abgasbehandlungsvorrichtung 32 erhöht wird. Beispielsweise wird bei einer Erhöhung der Menge an Abgas von der zweiten Wärmetauscherstufe 14 zu der Abgasbehandlungsvorrichtung 32 die Menge an Abgas 22 des Materialvorwärmers 30 zu der Abgasbehandlungsvorrichtung verringert. Unterschreitet der Schadstoffgehalt einen bestimmten Grenzwert, wird die Menge an Abgas 22 des Materialvorwärmers 30 zu der Abgasbehandlungsvorrichtung 32 erhöht, wobei beispielsweise gleichzeitig zu Menge an Abgas der zweiten Wärmetauscherstufe 14 zu der Abgasbehandlungsvorrichtung 32 verringert wird.

In der Abgasbehandlungsvorrichtung 32 ist beispielsweise ein in Fig. 1 nicht dargestellter Reduktionskatalysator zur Reduktion von Stickoxiden angeordnet.

Im Betrieb der Anlage 10 ist ein möglicher Grenzwert des Schadstoffgehalts stromabwärts der Abgasbehandlungsvorrichtung 32 beispielsweise für Kohlenmonoxid 50 mg/m³ i.N.tr.10% O₂ und für Kohlenwasserstoffe 10 mg/m³ i.N.tr.10% O₂. Bei einer Überschreitung des Grenzwertes wird das Abgas der Aufbereitungsvorrichtung 34 in Strömungsrichtung des Abgases vor zumindest einer Wärmetauscherstufe 12, 14, 16, insbesondere vor der letzten Wärmetauscherstufe und dem Austritt aus dem Materialvorwärmer 30, der

Abgasbehandlungsvorrichtung 32 zugeführt. Eine Überschreitung des Grenzwertes lässt darauf schließen, dass der Oxidationskatalysator nicht in dem optimalen Temperaturbereich betrieben wird, insbesondere bei einer zu geringen die Temperatur. Die Zuführung von Abgas der zweiten Wärmetauscherstufe 14 zu der Abgasbehandlungsvorrichtung 32 ermöglicht einen Verzicht auf eine zusätzliche Erwärmung des Abgases 22 im Anschluss an den Materialvorwärmer 30. Unterschreitet der Schadstoffgehalt einen bestimmte Grenzwert ist es möglich, das Abgas 22 des Materialvorwärmers 30 der Abgasbehandlungsvorrichtung 32 zuzuführen, insbesondere die Menge an Abgas 22 des Materialvorwärmers 30 zu der Abgasbehandlungsvorrichtung 32 zu erhöhen.

Die Steuerung / Regelung der Menge an Abgas 22 des Materialvorwärmers 30 und des Abgases der zweiten Wärmetauscherstufe 14 zu der Abgasbehandlungsvorrichtung 32 erfolgt insbesondere stufenweise. Übersteigt der mittels der Messeinrichtung 46 ermittelte Schadstoffgehalt einen bestimmten Grenzwert, werden die Strömungseinrichtungen 40, 42 beispielsweise derart eingestellt, dass das gesamte Abgas der zweiten Wärmetauscherstufe 14 der Abgasbehandlungsvorrichtung 32 zugeleitet wird, wobei kein Abgas 22 des Materialvorwärmers 30 der Abgasbehandlungsvorrichtung 32 zugeleitet wird. Unterschreitet der Schadstoffgehalt einen bestimmten beispielsweise zweiten Grenzwert, wird die Menge an Abgas der zweiten Wärmetauscherstufe 14 verringert, sodass etwa 10% des Abgases der zweiten Wärmetauscherstufe 14 und bis zu 100% des Abgases des Materialvorwärmers 30 der Abgasbehandlungsvorrichtung 32 zugeführt werden.

Es ist ebenfalls denkbar, der Abgasbehandlungsvorrichtung 32 unabhängig von dem ermittelten Schadstoffgehalt periodisch, in bestimmten Zeitabständen, etwa 5% - 50%, vorzugsweise 10% - 40%, insbesondere 10-30% des Abgases der zweiten Wärmetauscherstufe 14 zuzuführen. Eine periodische Zufuhr des gesamten Abgases der zweiten Wärmetauscherstufe 14 zu der Abgasbehandlungsvorrichtung 32 über ein bestimmtes Zeitintervall ist ebenfalls denkbar.

Bezugszeichenliste

- 10 Anlage
- 12 erste Wärmetauscherstufe
- 14 zweite Wärmetauscherstufe
- 16 dritte Wärmetauscherstufe
- 18 Entstaubungseinrichtung
- 20 Katalysator
- 22 Abgas des Materialvorwärmers
- 24 Abgas der Abgasbehandlungsvorrichtung
- 26 Abgeschiedener Staub der Entstaubungsvorrichtung
- 28 Abgas der Aufbereitungsvorrichtung
- 30 Materialvorwärmer
- 32 Abgasbehandlungsvorrichtung
- 34 Aufbereitungsvorrichtung
- 36 Kühler
- 38 vorgewärmtes Rohmaterial
- 40 Zuführung des Abgases des Materialvorwärmers
- 42 Zuführung des Abgases der zweiten Wärmetauscherstufe
- 44 Rohmaterial
- 46 Messeinrichtung
- 48 Steuerungs-/ Regelungseinrichtung

Patentansprüche

1. Anlage (10) zur Herstellung von Zement oder Aufbereitung von Erzen aufweisend eine Aufbereitungsvorrichtung (34) zur mechanischen und/oder thermischen Aufbereitung eines Materials und einen in Strömungsrichtung des Materials der Aufbereitungsvorrichtung (34) vorgeschalteten Materialvorwärmer (30), in dem ein Wärmeübergang von dem Abgas der Aufbereitungsvorrichtung (34) auf das Material erfolgt, wobei der Materialvorwärmer (30) zumindest eine Wärmetauscherstufe (12, 14, 16) umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass eine Abgasbehandlungsvorrichtung (32) mit zumindest einem Teil des Abgases der Aufbereitungsvorrichtung (34) in Strömungsrichtung des Abgases vor zumindest einer Wärmetauscherstufe (12, 14, 16) des Materialvorwärmers (30) verbunden ist, wobei die Abgasbehandlungsvorrichtung (32) einen Oxidationskatalysator (18) umfasst.
2. Anlage (10) nach Anspruch 1, wobei die Abgasbehandlungsvorrichtung (32) über eine Steuerungs-/Regelungseinrichtung (48) mit dem Abgas der Aufbereitungsvorrichtung (34) in Strömungsrichtung des Abgases vor zumindest einer Wärmetauscherstufe (12, 14, 16) verbunden ist und wobei die Steuerungs-/Regelungseinrichtung (48) zur Steuerung/Regelung der Menge des Abgases der Aufbereitungsvorrichtung (34) vor zumindest einer Wärmetauscherstufe (12, 14, 16) zu der Abgasbehandlungsvorrichtung (32) ausgebildet ist.
3. Anlage (10) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Abgasbehandlungsvorrichtung (32) über die Steuerungs-/Regelungseinrichtung (48) mit dem Abgas des Materialvorwärmers (30) verbunden ist und die Steuerungs-/Regelungseinrichtung (48) zur Steuerung/Regelung der Menge des Abgases des Materialvorwärmers (30) und des Abgases der Aufbereitungsvorrichtung (34) vor zumindest einer Wärmetauscherstufe (12, 14, 16) zu der Abgasbehandlungsvorrichtung (32) ausgebildet ist.

4. Anlage (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Abgasbehandlungsvorrichtung (32) eine Entstaubungseinrichtung (20) umfasst, die dem Oxidationskatalysator (18) vorgeschaltet ist.
5. Anlage (10) nach Anspruch 4, wobei die Entstaubungseinrichtung (20) zumindest eine Hochtemperaturfilterkerze umfasst, die insbesondere eine Beschichtung aus einem katalytisch aktiven Material aufweist.
6. Anlage (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Abgasbehandlungsvorrichtung (32) einen Reduktionskatalysator umfasst.
7. Anlage (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Abgasbehandlungsvorrichtung (32) einen Wärmetauscher umfasst, der insbesondere stromabwärts des Oxidationskatalysators (18) angeordnet ist.
8. Anlage (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei in Strömungsrichtung nach der Abgasbehandlungsvorrichtung (32) zumindest eine Messeinrichtung (46) zum Ermitteln des Schadstoffgehalts vorgesehen ist.
9. Anlage (10) nach Anspruch 8, wobei die Steuerungs-/ Regelungseinrichtung (48) derart ausgebildet ist, dass sie die Menge des Abgases des Materialvorwärmers (30) und der Aufbereitungsvorrichtung (34) in Strömungsrichtung des Abgases vor zumindest einer Wärmetauscherstufe (12, 14, 16) zu der Abgasbehandlungsvorrichtung (32) in Abhängigkeit der mittels des zumindest einen Messeinrichtung (46) ermittelten Schadstoffgehalts steuert/ regelt.
10. Anlage (10) nach Anspruch 8 oder 9, wobei die Steuerungs-/ Regelungseinrichtung derart ausgebildet ist, dass sie die Menge des Abgases des Materialvorwärmers (30)

verringert und die Menge des Abgases der Aufbereitungsvorrichtung (34) in Strömungsrichtung des Abgases vor zumindest einer Wärmetauscherstufe (12, 14, 16) zu der Abgasbehandlungsvorrichtung (32) erhöht, wenn der mittels der Messeinrichtung (46) ermittelte Schadstoffgehalt einen Grenzwert übersteigt.

11. Verfahren zum Betreiben einer Anlage (10) zur Herstellung von Zement oder Aufbereitung von Erzen mit einer Aufbereitungsvorrichtung (34) zur mechanischen und/oder thermischen Aufbereitung eines Materials und einem in Strömungsrichtung des Materials der Aufbereitungsvorrichtung (34) vorgeschalteten Materialvorwärmer (30), in dem ein Wärmeübergang von dem Abgas der Aufbereitungsvorrichtung (34) auf das Material erfolgt, wobei der Materialvorwärmer (30) zumindest eine Wärmetauscherstufe (12, 14, 16) umfasst ,
dadurch gekennzeichnet, dass
zumindest ein Teil des Abgases der Aufbereitungsvorrichtung (34) in Strömungsrichtung vor zumindest einer Wärmetauscherstufe (12, 14, 16) zu einer Abgasbehandlungsvorrichtung (32) geleitet wird, wobei in der Abgasbehandlungsvorrichtung (32) eine Oxidation von Kohlenmonoxid und/ oder organischen Kohlenwasserstoffen und insbesondere eine Entstaubung des Abgases erfolgt.
12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei die Menge an Abgas der Aufbereitungsvorrichtung (34) in Strömungsrichtung vor zumindest einer Wärmetauscherstufe (12, 14, 16) zu der Abgasbehandlungsvorrichtung (32) gesteuert/ geregelt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, wobei der Schadstoffgehalt des Abgases in Strömungsrichtung nach der Abgasbehandlungsvorrichtung (32) ermittelt wird und die Menge an Abgas der Aufbereitungsvorrichtung (34) in Strömungsrichtung vor zumindest einer Wärmetauscherstufe (12, 14, 16) zu der Abgasbehandlungsvorrichtung (32) in Abhängigkeit des ermittelten Schadstoffgehalts gesteuert/ geregelt wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei die Menge an Abgas der Aufbereitungsvorrichtung (34), das in Strömungsrichtung vor zumindest einer Wärmetauscherstufe (12, 14, 16) zu

der Abgasbehandlungsvorrichtung (32) geleitet wird, erhöht wird, wenn der mittels der Messeinrichtung (46) ermittelte Schadstoffgehalt einen Grenzwert übersteigt.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 – 14, wobei in der Abgasbehandlungsvorrichtung (32) eine Reduktion von Stickoxiden erfolgt.

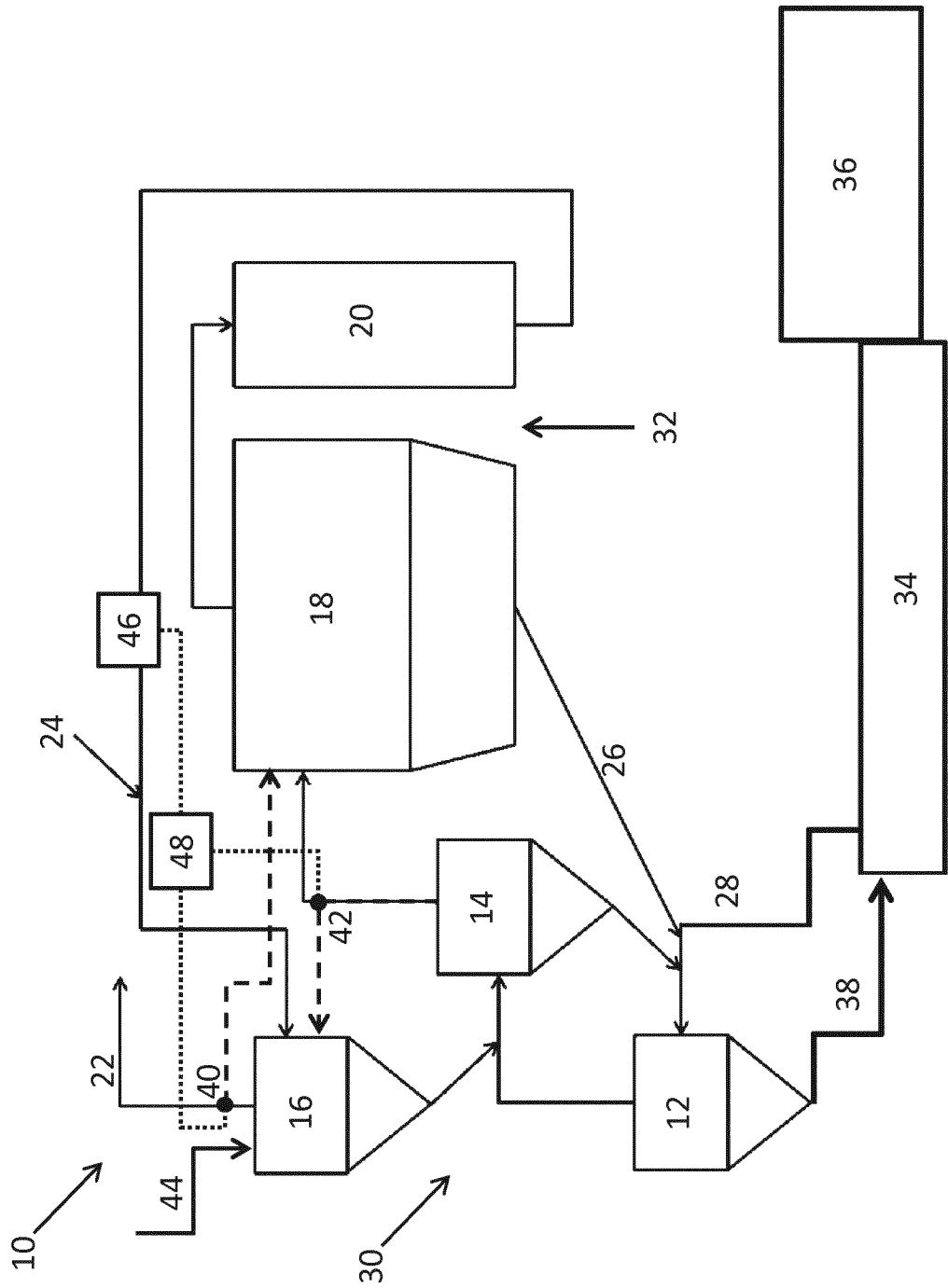


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/059896

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. F27B7/20 B01D53/56 B01D53/86 C04B7/36 F27D17/00 F27D19/00 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) F27B F27D B01D 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 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Category*</th> <th style="width: 70%;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="width: 20%;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top;">X</td> <td>DE 43 13 479 C1 (METALLGESELLSCHAFT AG [DE]) 16 June 1994 (1994-06-16) column 4, line 6 - line 22 figure 1</td> <td style="text-align: center; vertical-align: top;">1-15</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top;">X</td> <td>WO 2015/189103 A1 (THYSSENKRUPP IND SOLUTIONS AG [DE]; THYSSENKRUPP AG [DE]) 17 December 2015 (2015-12-17) cited in the application page 1, line 2 - line 5 figures 1,2</td> <td style="text-align: center; vertical-align: top;">1-15</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	DE 43 13 479 C1 (METALLGESELLSCHAFT AG [DE]) 16 June 1994 (1994-06-16) column 4, line 6 - line 22 figure 1	1-15	X	WO 2015/189103 A1 (THYSSENKRUPP IND SOLUTIONS AG [DE]; THYSSENKRUPP AG [DE]) 17 December 2015 (2015-12-17) cited in the application page 1, line 2 - line 5 figures 1,2	1-15
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.									
X	DE 43 13 479 C1 (METALLGESELLSCHAFT AG [DE]) 16 June 1994 (1994-06-16) column 4, line 6 - line 22 figure 1	1-15									
X	WO 2015/189103 A1 (THYSSENKRUPP IND SOLUTIONS AG [DE]; THYSSENKRUPP AG [DE]) 17 December 2015 (2015-12-17) cited in the application page 1, line 2 - line 5 figures 1,2	1-15									
☐ 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 11 July 2017		Date of mailing of the international search report 21/07/2017									
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 Peis, Stefano									

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/059896

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4313479	C1	16-06-1994	AT 152634 T	15-05-1997
			DE 4313479 C1	16-06-1994
			EP 0622108 A1	02-11-1994

WO 2015189103	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. F27B7/20 B01D53/56 B01D53/86 C04B7/36 F27D17/00
F27D19/00

ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

F27B F27D B01D 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 43 13 479 C1 (METALLGESELLSCHAFT AG [DE]) 16. Juni 1994 (1994-06-16) Spalte 4, Zeile 6 - Zeile 22 Abbildung 1	1-15
X	WO 2015/189103 A1 (THYSSENKRUPP IND SOLUTIONS AG [DE]; THYSSENKRUPP AG [DE]) 17. Dezember 2015 (2015-12-17) in der Anmeldung erwähnt Seite 1, Zeile 2 - Zeile 5 Abbildungen 1,2	1-15



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

11. Juli 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

21/07/2017

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

Peis, Stefano

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/059896

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4313479	C1	16-06-1994	AT 152634 T 15-05-1997
		DE 4313479 C1	16-06-1994
		EP 0622108 A1	02-11-1994

WO 2015189103	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
