

19



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Économie

11

N° de publication :

LU103061

12

BREVET D'INVENTION

B1

21

N° de dépôt: LU103061

51

Int. Cl.:
B01D 53/08, B01D 53/62

22

Date de dépôt: 19/01/2023

30

Priorité:

43

Date de mise à disposition du public: 19/07/2024

47

Date de délivrance: 19/07/2024

73

Titulaire(s):
THYSSENKRUPP INDUSTRIAL SOLUTIONS AG –
45143 Essen (Allemagne), THYSSENKRUPP AG – 45143
Essen (Allemagne)

72

Inventeur(s):
LAMPE Karl – Allemagne, LOCHER Georg – Allemagne,
WILLMS Eike – Allemagne, LEMKE Jost – Allemagne,
BECKER Daniel – Allemagne

74

Mandataire(s):
THYSSENKRUPP INTELLECTUAL PROPERTY GMBH –
45143 Essen (Allemagne)

54

Energieeffiziente Abscheidung von Kohlendioxid aus einem Abgasstrom mittels eines Calciumcarbonat-Kreislaufs.

- 57 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Abtrennung von Kohlenstoffdioxid aus einem Abgasstrom, wobei Kohlenstoffdioxid in einem ersten Schritt aus dem Abgas an Calciumoxid gebunden wird, wobei in einem zweiten Schritt durch thermische Behandlung des Calciumcarbonats freigesetzt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Abwärme des zweiten Schrittes zur thermischen Behandlung eines mineralischen Materials verwendet wird

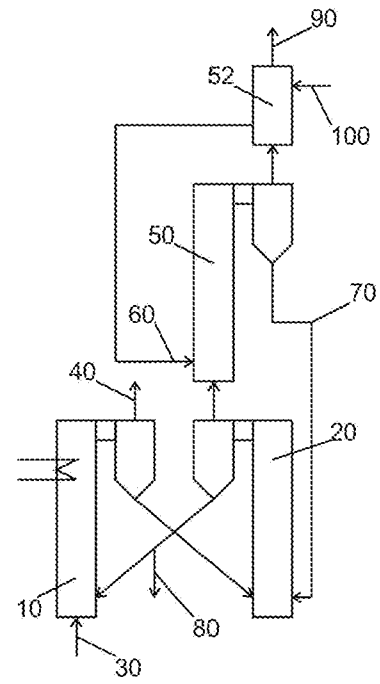


Fig. 1

Energieeffiziente Abscheidung von Kohlendioxid aus einem Abgasstrom mittels eines Calciumcarbonat-Kreislaufs

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Abtrennung von Kohlendioxid aus einem Abgas
5 mittels eines Calciumcarbonat-Kreislaufs, auch Carbonate-Looping oder Calcium-
Looping genannt.

Um der menschengemachten Klimaerwärmung entgegenzuwirken, muss die Emission von
Kohlendioxid reduziert werden. Eine Möglichkeit ist es, Kohlendioxid aus dem Abgas
10 abzutrennen, wofür es verschiedene Verfahren gibt. Eines der Verfahren ist das
Carbonate-Looping-Verfahren.

Das Carbonate-Looping-Verfahren (CaL-Prozess) nutzt aus, dass Kohlendioxid an
Calciumoxid, Magnesiumoxid oder anderen Mineraloxiden, die aus der Calcinierung von
15 Karbonaten resultieren, angelagert werden kann. Dieses erfolgt in einem von dem zu
reinigenden Abgas durchströmten Carbonator, beispielsweise bei etwa 650 °C. Dann
wird das entstehende Calciumcarbonat (meist als Gemisch mit Calciumoxid) in einen
Calcinator überführt, wo bei beispielsweise 950 °C das Kohlendioxid wieder entfernt wird.
Die erforderliche Wärmezufuhr für den Calcinationsprozess erfolgt beispielsweise und
20 bevorzugt durch Zuführung von Brennstoff und reinem Sauerstoff. Alternativ kann auch
eine indirekte Wärmezufuhr in den Calcinator erfolgen. Das so erzeugte Oxid,
beispielsweise Calciumoxid, gegebenenfalls mit Restanteilen Calciumcarbonat, wird in den
Carbonator zurückgeführt (und somit im Kreislauf geführt). Vorteil ist, dass der
Abgasstrom des Calcinators im Carbonate-Looping-Verfahren beispielsweise unter
25 Oxyfuel-Bedingungen oder bei indirekter Erwärmung praktisch reines Kohlendioxid
erzeugt. Auf diese Weise kann das Kohlendioxid aus dem Abgasstrom der
Prozessanlage, welcher keine größeren Anteile von Stickstoff oder andere störende
Gaskomponenten enthält, mit einer hohen Konzentration vom Staub und Wasserdampf
getrennt werden. Somit kann auf eine zusätzliche Reinigung oder Trennung verzichtet
30 werden, die sich an den Carbonate-Looping-Prozess anschließen würde.

Das Carbonate-Looping-Verfahren ist bekannt. Beispielsweise sind dem Fachmann die
folgenden Dokumente bekannt: ITMI 20120383 A1, ITMI 20120382 A1,

US 2012 175136 A1, WO 2020 193410 A1, US 2009 169452 A1, EP 3594597 A1, US 2018 028967 A1, US 2014 161696 A1, US 2009 101050 A1, WO 2006 113673 A2, FR 2921059 A1, US 2018 320481 A1, US 2012 141354 A1, US 2013 164202 A1 und WO 2013 024339 A1.

5

Da bei dem Carbonate-Looping-Prozess vergleichsweise hohe Temperaturen im Abgasstrom auftreten können, ist eine intensive Nutzung der Abwärme sinnvoll, um die Effizienz der Anlage im Vergleich zu anderen Verfahren der CO₂-Abtrennung zu optimieren und nicht durch den Einsatz von fossilen Energieträgern verbunden mit großen Wärmeverlusten eine neue Kohlendioxidquelle zu schaffen.

10

Aufgabe der Erfindung ist es, eine möglichst effiziente Wärmenutzung für das Carbonate-Looping-Verfahren bereitzustellen.

15

Gelöst wird diese Aufgabe durch das Verfahren mit den in Anspruch 1 angegebenen Merkmalen sowie durch die Vorrichtung mit den in Anspruch 10 angegebenen Merkmalen. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen, der nachfolgenden Beschreibung sowie den Zeichnungen.

20

Das erfindungsgemäße Verfahren dient zur Abtrennung von Kohlenstoffdioxid aus einem Abgasstrom. Besonders bevorzugt stammen die Abgase aus einer Zement- oder Kalkanlage zur Herstellung von Bindemitteln oder Kalkprodukten für industrielle Prozesse. Dieses hat den Vorteil, dass in einer Zement- oder Kalkanlage insbesondere Kalkstein verarbeitet wird und sich dadurch hohe Synergien zum Carbonate-Looping-

25

Verfahren ergeben. In einem ersten Schritt wird Kohlenstoffdioxid aus dem Abgas an ein Oxid eines calcinierten Carbonats, beispielsweise und bevorzugt Calciumoxid, gebunden. Dieses erfolgt in einem sogenannten Carbonator in einem exothermen Prozessschritt. Durch die selektive Anbindung des Kohlendioxids erfolgt eine Abtrennung des Kohlendioxids von den übrigen Komponenten des Abgases der Prozessanlage

30

insbesondere vom Stickstoff. Hierbei wird üblicherweise eine maximale Abtrennung angestrebt. In einem zweiten Schritt wird das Kohlendioxid durch thermische Behandlung des Carbonats, beispielsweise des Calciumcarbonats, wieder freigesetzt. Dazu ist eine Wärmequelle erforderlich, die in einer speziellen Ausführung durch den Einsatz von

alternativen Brennstoffen und reinem Sauerstoff bereitgestellt wird. Alternativ kann die benötigte thermische Energie indirekt zugeführt werden, beispielsweise über einen Wärmetauscher oder auch ein elektrisches Heizelement. Auf diese Weise resultiert aus der Freisetzung des Kohlendioxids im Calcinator eine Reinheit von bis zu 95 vol.-% (im trockenen Gasstrom) bezogen auf die Kohlendioxid-Konzentration. Dieser Prozess ist bekannt, wie im Stand der Technik ausgeführt. Alternativ kann, wie ausgeführt, die für die Calcination erforderliche Wärme in einer speziellen Ausführung indirekt zum Beispiel mittels Heat-Pipes bereitgestellt werden. Zu diesem Zweck wird dem Carbonate-Looping-Prozess eine Brennkammer parallelgeschaltet, die die thermische Energie bereitstellt. Als weitere Alternative kann die Wärme durch einen elektrischen Energieträger oder mittels Solarenergie bereitgestellt werden.

Erfindungsgemäß wird die Abwärme des zweiten Schrittes zur thermischen Behandlung eines mineralischen Materials verwendet. Durch die direkte Kopplung mit einem weiteren Prozess zur thermischen Behandlung eines mineralischen Materials kann die Wärme direkt auf dem vorliegenden Wärmeniveau verwendet werden.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist das das Oxid ein Erdalkalimetalloxid oder ein Alkalimetalloxid. Besonders bevorzugt ist das Oxid Calciumoxid oder Magnesiumoxid.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird die Abwärme des zweiten Schrittes zur partiellen Calciniierung und/oder Vorwärmung von Carbonat, beispielsweise und insbesondere Calciumcarbonat, Magnesiumcarbonat, verwendet. Das partiell calcinierte und/oder vorgewärmte Carbonatmaterial wird dem Kohlendioxid-Abtrennungsprozess zugeführt. Auch wenn das Carbonate-Looping-Verfahren theoretisch ein Kreislauf ist, nimmt die Aktivität des Oxids/Carbonats, beispielsweise des Calciumoxids/Calciumcarbonats, im Laufe der Zeit ab. Beispielsweise verändert (verringert) sich die Korngrößen, so dass ein Teil des Materials kontinuierlich ersetzt werden muss. Dadurch kann die sowohl die Partikelgröße als auch die Kohlendioxid-Separation konstant gehalten werden. Somit muss regelmäßig beispielsweise neuer Kalkstein zugeführt werden. Dieser muss in einem ersten Schritt vorgewärmt und calciniert werden. Hierzu wird nun ein Teil der Abwärme des ersten Calcinators

verwendet, was dazu führt, dass eine partielle Calcination erfolgt. Dadurch kann die Wärme auf dem vorhandenen Niveau effizient genutzt werden. Dafür ist vorzugsweise ein zweiter Calcinator, vorzugsweise mit einem vorgeschalteten Vorwärmer, aber ohne eigene Heizquelle so angeordnet, dass der Abgasstrom aus dem ersten Calcinator durch
5 den zweiten Calcinator strömt und dort eine, wenn auch nicht vollständige, Umsetzung erreicht. Dieses System aus Vorwärmer und Calcinator kann bevorzugt als Flugstrom-Prozess konzipiert werden. Ausgetriebenes Kohlendioxid wird daher bevorzugt zusammen mit dem Abgas aus der ersten Calciniertstufe, dem Calcinator des Carbonate-Looping-Prozesses, der Abgasreinigung und der Kohlendioxid-Separation zugeführt.
10 Eine Abgasreinigung kann beispielsweise eine Entstaubung und/oder Entfeuchtung sein.

In einer weiteren alternativen Ausführungsform der Erfindung wird als mineralisches Material ein mineralisches Material ausgewählt, welches Calciumcarbonat, Magnesiumcarbonat oder Lithiumcarbonat enthält. Viele natürliche mineralische
15 Materialien weisen eine komplexe Zusammensetzung auf und können insbesondere zwei oder mehr verschiedene Kationen aufweisen. Vorteil dieser Kopplung ist, dass für die thermische Behandlung des mineralischen Materials ein niedriger Temperatur-Betriebspunkt verwendet werden kann, sodass die Abwärme des Abgasstromes des ersten Calcinators ideal geeignet sind, um nachgeführtes frisches Carbonatmaterial
20 vorzuwärmen und zu calcinieren. Auch hier kann eine der thermischen Behandlung nachgelagerte Vorwärmung weitere Wärme in den Prozess zurückführen.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird die Abwärme des zweiten Schrittes nach Abtrennung der festen Phase zunächst in einem ersten Wärmetauscher auf ein
25 erstes Wärmetauschmedium übertragen. Das erste Wärmetauschmedium kann Dampf, Öl, Salzschnmelze oder dergleichen sein. Die Wärme des ersten Wärmetauschmediums wird in einem zweiten Wärmetauscher auf einen Gasstrom übertragen. Der so erwärmte Gasstrom wird zur thermischen Behandlung des mineralischen Materials verwendet. Diese Ausführungsform hat den Vorteil, dass das durch das Carbonate-Looping-
30 Verfahren abgetrennte und gereinigte Kohlendioxid nicht erneut kontaminiert werden kann, beispielsweise durch aus dem mineralischen Material austretende Bestandteile. Diese Ausführungsform ist besonders bevorzugt, wenn das Temperaturniveau in der

Vorrichtung zur thermischen Behandlung des mineralischen Materials niedriger ist als das Temperaturniveau im ersten Calcinator.

5 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird die Prozesswärme des ersten Schrittes zum Trocknen und/oder Vorwärmen eines mineralischen Materials verwendet. Beispielsweise handelt es sich bei dem mineralischen Material um ein Ton oder ein tonartiges Material. Bevorzugt wird hierzu die Prozesswärme des ersten Schrittes zunächst auf ein zweites Wärmetauschmedium übertragen. Beispielsweise handelt es sich bei dem zweiten Wärmetauschmedium um Dampf. In einer besonderen Ausführung
10 kann das Kohlendioxid-reiche Abgas des ersten Schrittes direkt für die Aktivierung des Tones genutzt werden. Fehlende Wärme kann beispielsweise durch Ergänzung einer Oxyfuel Brennkammer oder durch Zuführung von reinem Sauerstoff und Brennstoff bereitgestellt werden. Alternativ kann beispielsweise eine elektrische Heizung erfolgen. Der Carbonator wird auf einem geringeren Temperaturniveau betrieben als der erste
15 Calcinator, sodass hier die Wärme effizient für einen Trocknungsvorgang eines mineralischen Materials, beispielsweise eines feuchten Tones, verwendet werden kann. Tone werden zunehmend als Ausgangsstoffe für die Zementherstellung verwendet, beispielsweise zur Herstellung künstlicher Puzzolane, da hierbei im Gegensatz zur Aktivierung von Kalkstein kein Kohlendioxid aus dem mineralischen Material freigesetzt
20 wird. Daher ist es besonders bevorzugt, wenn eine Zementanlage als Quelle der Kohlendioxid-haltigen Abgase verwendet wird.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird die überschüssige Prozesswärme des ersten Schrittes zum Trocknen und/oder Vorwärmen von Materialien eines
25 benachbarten industriellen Produktionsprozesses verwendet.

In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Die Vorrichtung weist einen Carbonator auf. Der Carbonator ist von dem Abgasstrom durchströmbar angeordnet. Beispielsweise stammt
30 der Kohlendioxid-haltige Abgasstrom von einer Zementanlage. Der Carbonator dient dazu, das Kohlendioxid aus dem Abgas an den Feststoff (Calciumoxid) zu binden und so selektiv aus dem Abgas herauszutrennen. Die Vorrichtung weist einen ersten Calcinator auf. Der erste Calcinator weist einen ersten Gasauslass auf. Der Carbonator ist mit dem

ersten Calcinator zur Überführung von carbonathaltigem Material verbunden. Weiter ist der erste Calcinator mit dem Carbonator zur Überführung von carbonatarmen Material verbunden. Somit ergibt sich ein Kreislauf für den Feststoff, welcher insbesondere aus Calciumoxid und Calciumcarbonat besteht. Derartige Anlage sind wie oben beschrieben
5 bekannt.

Erfindungsgemäß ist der erste Gasauslass mit einer Vorrichtung zur thermischen Behandlung eines mineralischen Materials verbunden. Dadurch wird eine direkte Nutzung der Wärme möglich. Bisher wurde das aus dem ersten Calcinator abgegebene
10 Kohlendioxid insbesondere nur noch abgekühlt und gegebenenfalls nachbehandelt, um es dann weiter zu verwenden. Durch die direkte Kopplung mit einem weiteren Schritt zur thermischen Behandlung eines mineralischen Materials ergibt sich die Möglichkeit der besonders effizienten Wärmenutzung.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist die Vorrichtung zur thermischen Behandlung eines mineralischen Materials einen ersten Materialauslass auf. Der Carbonator weist einen Carbonatormaterialeinlass auf. Der erste Materialauslass ist mit dem Carbonatormatereinlass verbunden. Dieses ist besonders bevorzugt, wenn in der Vorrichtung zur thermischen Behandlung eine Teilcalcinierung von Calciumcarbonat
20 erfolgt und dadurch der ständige Austausch im Kreislauf erzielt wird.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist der erste Gasauslass derart mit einer Vorrichtung zur thermischen Behandlung eines mineralischen Materials verbunden, dass der erste Gasauslass mit einem ersten Wärmetauscher verbunden ist. Die Vorrichtung
25 weist einen zweiten Wärmetauscher auf. Der erste Wärmetauscher und der zweite Wärmetauscher sind über einen erste Wärmetauschmediumskreislauf miteinander verbunden. Der zweite Wärmetauscher ist mit der Vorrichtung zur thermischen Behandlung verbunden oder ist ein Bestandteil der Vorrichtung zur thermischen Behandlung. In der ersten Alternative wird im zweiten Wärmetauscher insbesondere ein
30 Gasstrom erwärmt und in die Vorrichtung zur thermischen Behandlung geleitet. In der zweiten Alternative wird die Wärme über das Wärmetauschmedium direkt in die Vorrichtung zur thermischen Behandlung eingebracht. Dieses indirekte Verfahren hat den Nachteil, dass die in der Vorrichtung zur thermischen Behandlung erzielbare Temperatur

etwas geringer ist, dafür der Kohlendioxidstrom aus dem ersten Calcinator sauber gehalten.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist der Carbonator einen dritten
5 Wärmetauscher auf. Der dritte Wärmetauscher ist über einen zweiten Wärmetauschmediumskreislauf mit einer Trocknungsvorrichtung verbunden. Das Temperaturniveau im Carbonator liegt beispielsweise bei 650°C.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist der Carbonator einen
10 Abgasauslass auf. Der Abgasauslass ist mit einem vierten Wärmetauscher verbunden. Der vierte Wärmetauscher ist über einen dritten Wärmetauschmediumskreislauf mit einer Trocknungsvorrichtung verbunden. Hierbei kann die Trocknung direkt an der Oberfläche eines Wärmetauschers erfolgen oder zunächst wird die Wärme in einem weiteren Wärmetauscher auf ein Gas übertragen, welches dann der Trocknungsvorrichtung
15 zugeführt wird. Diese Trocknungsvorrichtung kann beispielsweise als Steigrohrtrockner ausgeführt sein.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist der erste
Wärmetauschmediumskreislauf, der zweite Wärmetauschmediumskreislauf oder der
20 dritte Wärmetauschmediumskreislauf einen Wärmetauschmediumsspeicher auf. Der Wärmetauschmediumsspeicher dient dazu, beispielsweise zeitliche Schwankungen zwischen den beiden gekoppelten Prozessen auszugleichen. Beispielsweise kann ein Thermoöl oder eine Salzschmelze als Wärmetauschmedium verwendet werden. In diesem Fall besteht der Wärmetauschmediumsspeicher aus einem Speichertank für das
25 Wärmetauschmedium auf hohem Temperaturniveau und einem Speichertank für das Wärmetauschmedium auf niedrigem Temperaturniveau. Hierdurch kann der Durchsatz bei den beiden Prozessen entkoppelt voneinander geregelt werden.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird überschüssige Wärme oder
30 Energie in einem Anlagenverbund beispielsweise aus einer Zement- oder Kalkanlage und einer erfindungsgemäßen Vorrichtung intern genutzt. Vorteil eines solchen Anlagenverbunds ist insbesondere, dass das aus dem Carbonate-Looping-Verfahren

ausgeschleuste Calcium-Material direkt in den Herstellungsprozess von Klinker oder Kalk eingebracht und zum Produkt Klinker oder Kalk umgesetzt werden kann.

5 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird überschüssige Wärme zur Verstromung genutzt. Die erzeugte elektrische Energie kann entweder innerhalb des Prozesses genutzt werden oder nach außen abgegeben werden, beispielsweise in ein Stromnetz eingespeist zu werden.

10 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird überschüssige Wärme zum Antrieb von Kompressoren genutzt, beispielsweise zur Verdichtung des Kohlendioxids.

15 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird überschüssige Wärme zum Antrieb mechanischer Komponenten, beispielsweise einer Mühle, genutzt. Hierzu wird beispielsweise eine Turbine durch die überschüssige Wärme angetrieben, die Turbine ist dann kraftschlüssig beispielsweise mit einer Mühle verbunden.

Nachfolgend ist die erfindungsgemäße Verfahren anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

20 Fig. 1 erstes Beispiel
Fig. 2 zweites Beispiel
Fig. 3 drittes Beispiel

25 Im Folgenden sind gleiche Teile in allen Beispielen mit gleichen Bezugszeichen versehen. Die Zeichnungen sind rein schematisch und nicht maßstabsgerecht.

30 In Fig. 1 ist ein erstes Beispiel gezeigt. Basis aller Beispiele ist der Kern des Carbonate-Looping-Verfahrens. Über einen Abgaszufluss wird ein von Kohlendioxid zu reinigendes Gas einem Carbonator 10 zugeführt. Dort wird bei einer Temperatur von beispielsweise 650 °C CO_2 an CaO gebunden und so aus dem Abgasstrom entfernt. Das CO_2 -armes Abgas 40 verlässt den Carbonator 10. Das CaCO_3 wird in den Calcinator 20 überführt und dort bei beispielsweise 950 °C in CaO und CO_2 aufgespalten. Um eine Materialveränderung des Calcium-Feststoffs auszuweichen wird über eine erste

Materialzuführung frisches CaCO_3 zugeführt und über eine erste Materialausschleusung 80 ausgetragen. Dadurch kann eine konstante Partikelgröße und damit eine konstante Flugfähigkeit gehalten werden. Dieses entspricht soweit einer herkömmlichen Anlage zur Abtrennung von CO_2 mittels des Carbonate-Looping-Verfahrens.

5

Die bei etwa 950 °C aus dem ersten Calcinator 20 kommenden Gase (in erster Näherung möglichst reines Kohlendioxid) wird in einen zweiten Calcinator 20 geleitet, wo Kalkstein vorcalciniert wird, welcher über die erste Materialzuführung 70 dem ersten Calcinator 20 zugeführt wird. Da hier keine zusätzliche Energiezufuhr erfolgt, erfolgt auch nur eine
10 partielle Umsetzung. Jedoch kann dadurch die Abwärme in sehr effizienter Weise genutzt werden. Um diesen Effekt weiter zu steigern ist vor dem zweiten Calcinator 50 ein Vorwärmer 52 angeordnet. Das CO_2 -Abgas 90 verlässt dann den Vorwärmer 52 nach optimaler Wärmenutzung. Im Gegenstrom zum CO_2 -haltigen Abgas wird über eine dritte Materialzuführung 100 beispielsweise kalter Kalkstein dem Vorwärmer 52 zugeführt und
15 vorgewärmt über eine zweite Materialzuführung 60 vorgewärmt dem zweiten Calcinator 50 zugeführt.

Fig. 2 zeigt ein weiteres Beispiel, bei dem die Wärme des Carbonate-Looping-Verfahrens beispielsweise genutzt wird, um aus Ton künstliche Puzzolane herzustellen, die ebenfalls
20 neben Klinker ein wichtiger Baustein in der Zementindustrie sind. Alternativ könnten beispielsweise Lithiumerze hier aufgearbeitet werden, beispielsweise zur Herstellung von Lithiumoxid. Im Folgenden wird zur Vereinfachung auf das Beispiel der Tone eingegangen. Der Ton wird über eine vierte Materialzuführung 160 einer Trocknungsvorrichtung 140 zugeführt. Der Trocknungsvorrichtung 140 wird ebenfalls das
25 CO_2 -armes Abgas 40 aus dem Carbonator 10 zugeführt. Die abgekühlte Abluft 150 kann dann beispielsweise an die Umgebung abgegeben werden. Der getrocknete Ton gelangt dann über die dritte Materialzuführung in den Vorwärmer 52 und gelangt dann vorgewärmt über die zweite Materialzuführung 60 in den zweiten Calcinator 50. Das fertige Produkt kann dann über die zweite Materialausschleusung 170 entnommen
30 werden.

Des Weiteren unterscheidet sich das zweite Beispiel vom ersten Beispiel dadurch, dass das Kohlendioxid aus dem ersten Calcinator 20 nicht in den zweiten Calcinator 50 geleitet

wird. Anstelle dessen wird das Kohlendioxid in einen ersten Wärmetauscher 110 geleitet und nach Wärmeabgabe als CO₂-Abgas 90 der weiteren Verwertung zugeführt. Der erste Wärmetauscher 110 ist über einen ersten Wärmetauschmediumskreislauf 130 mit einem zweiten Wärmetauscher 120 verbunden, in dem ein über eine Gaszufuhr 180 zugeführtes Gas erwärmt und dann dem zweiten Calcinator 20 zugeführt wird.

In Fig. 3 ist ein drittes Beispiel gezeigt, welches sich von dem zweiten Beispiel dadurch unterscheidet, dass das CO₂-armes Abgas 40 nicht in die Trocknungsvorrichtung 140 geleitet wird, sondern in einen vierten Wärmetauscher 200. Der vierte Wärmetauscher 200 ist mit einem Wärmetaucher, welcher ein integrativer Bestandteil der Trocknungsvorrichtung 140 ist über einen dritten Wärmetauschmediumskreislauf 210 verbunden. Dadurch wird eine Kontamination der Abluft 150 durch beispielsweise aus dem Ton austretende Stoffe vermieden.

Bezugszeichen

- Carbonator
- erste Calcinator
- Abgaszufluss
- CO₂-armes Abgas
- zweiter Calcinator
- Vorwärmer
- zweite Materialzuführung
- erste Materialzuführung
- erste Materialausschleusung
- CO₂-Abgas
- dritte Materialzuführung
- erster Wärmetauscher
- zweiter Wärmetauscher
- erster Wärmetauschmediumskreislauf
- 140 Trocknungsvorrichtung
- Abluft
- vierte Materialzuführung
- zweite Materialausschleusung

- 180 Gaszufuhr
- 190 Abluft
- 200 vierter Wärmetauscher
- 210 dritter Wärmetauschmediumskreislauf

Patentansprüche

1. Verfahren zur Abtrennung von Kohlenstoffdioxid aus einem Abgasstrom, wobei Kohlenstoffdioxid in einem ersten Schritt aus dem Abgas an ein Oxid eines calcinierten Carbonats gebunden wird, wobei in einem zweiten Schritt durch thermische Behandlung des Carbonats Kohlendioxid freigesetzt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abwärme des zweiten Schrittes zur thermischen Behandlung eines mineralischen Materials verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Oxid ein Erdalkalimetalloxid oder ein Alkalimetalloxid ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Oxid Calciumoxid oder Magnesiumoxid ist.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abwärme des zweiten Schrittes zur Vorwärmung und/oder partiellen Calcinierung von Carbonat verwendet wird, wobei das vorgewärmte und/oder partiell calcinierte Carbonatmaterial dem Kohlendioxid-Abtrennungsprozess zugeführt wird.
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als mineralisches Material ein mineralisches Material ausgewählt wird, welches Calcium-, Magnesium- oder Lithiumcarbonat enthält.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abwärme des zweiten Schrittes zunächst in einem ersten Wärmetauscher (110) auf ein erstes Wärmetauschmedium übertragen wird, wobei die Wärme des ersten Wärmetauschmediums in einem zweiten Wärmetauscher (120) auf einen Gasstrom übertragen wird, wobei der Gasstrom zur thermischen Behandlung des mineralischen Materials verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Prozesswärme des ersten Schrittes zum Trocknen und/oder Vorwärmen eines mineralischen Materials verwendet wird.

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die überschüssige Prozesswärme des ersten Schrittes zum Trocknen und/oder Vorwärmen von Materialien eines benachbarten industriellen Produktionsprozesses verwendet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Prozesswärme des ersten Schrittes zunächst auf ein zweites Wärmetauschmedium übertragen wird.

10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Vorrichtung einen Carbonator (10) aufweist, wobei der Carbonator (10) von dem Abgasstrom durchströmbar angeordnet ist, wobei die Vorrichtung einen ersten Calcinator (20) aufweist, wobei der erste Calcinator (20) einen ersten Gasauslass aufweist, wobei der Carbonator (10) mit dem ersten Calcinator (20) zur Überführung von carbonathaltigem Material verbunden ist, wobei der erste Calcinator (20) mit dem Carbonator (10) zur Überführung von carbonatarmen Material verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Gasauslass mit einer Vorrichtung zur thermischen Behandlung eines mineralischen Materials verbunden ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung zur thermischen Behandlung eines mineralischen Materials einen ersten Materialauslass aufweist, wobei der Carbonator (10) einen Carbonatormaterialeinlass aufweist, wobei der erste Materialauslass mit dem Carbonatormatereinlass verbunden ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Gasauslass derart mit einer Vorrichtung zur thermischen Behandlung eines mineralischen Materials verbunden ist, dass der erste Gasauslass mit einem ersten Wärmetauscher (110) verbunden ist, wobei die Vorrichtung einen zweiten Wärmetauscher (120) aufweist, wobei der erste Wärmetauscher (110) und der zweite Wärmetauscher (120) über einen ersten Wärmetauschmediumskreislauf (130) miteinander verbunden sind, wobei der

zweite Wärmetauscher (120) mit der Vorrichtung zur thermischen Behandlung verbunden oder ein Bestandteil der Vorrichtung zur thermischen Behandlung ist.

5 13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Carbonator (10) einen dritten Wärmetauscher aufweist, wobei der dritte Wärmetauscher über einen zweiten Wärmetauschmediumskreislauf mit einer Trocknungsvorrichtung (140) verbunden ist.

10 14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Carbonator (10) einen Abgasauslass aufweist, wobei der Abgasauslass mit einem vierten Wärmetauscher (200) verbunden ist, wobei der vierte Wärmetauscher über einen dritten Wärmetauschmediumskreislauf (210) mit einer Trocknungsvorrichtung (140) verbunden ist.

15 15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12, 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Wärmetauschmediumskreislauf (130), der zweite Wärmetauschmediumskreislauf oder der dritte Wärmetauschmediumskreislauf (210) einen Wärmetauschmediumsspeicher aufweist.

20 16. Anlagenverbund aus einer Zementanlage und einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 15.

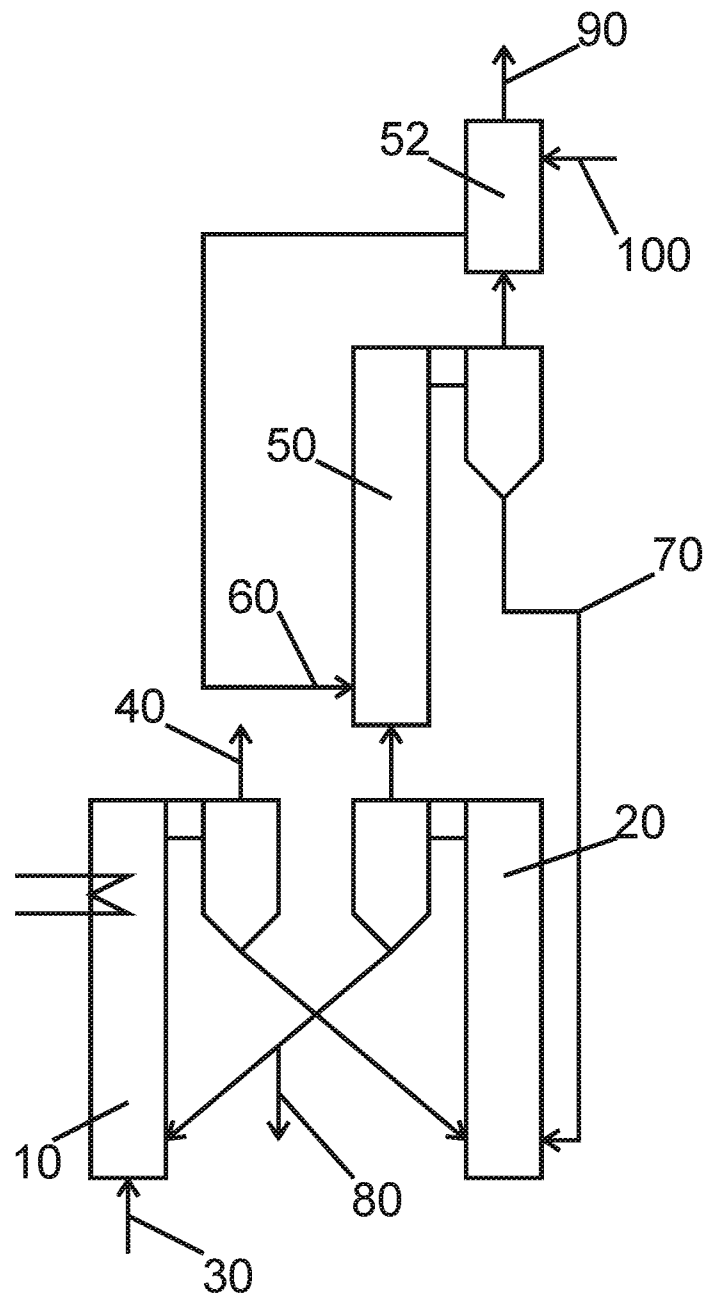


Fig. 1

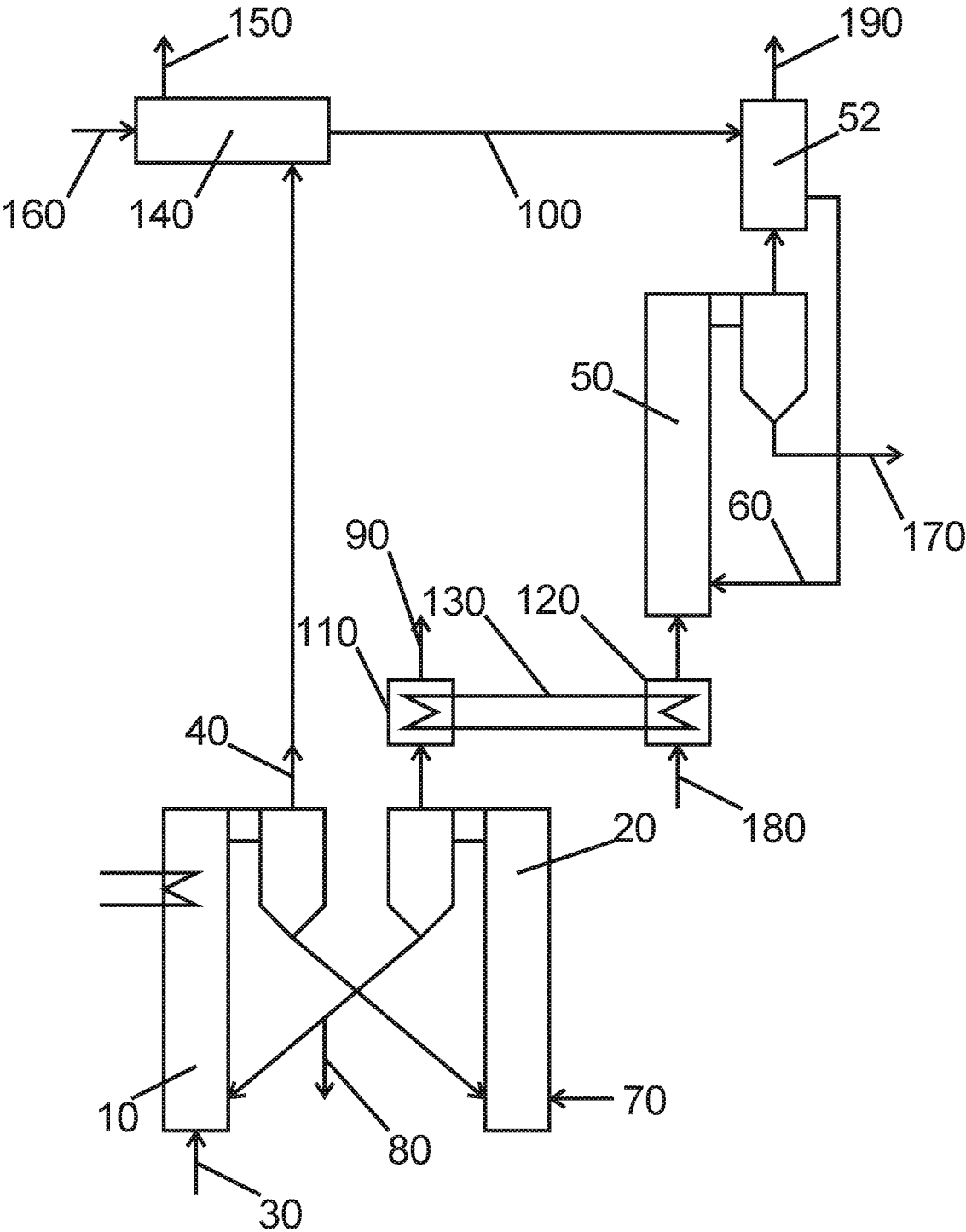


Fig. 2

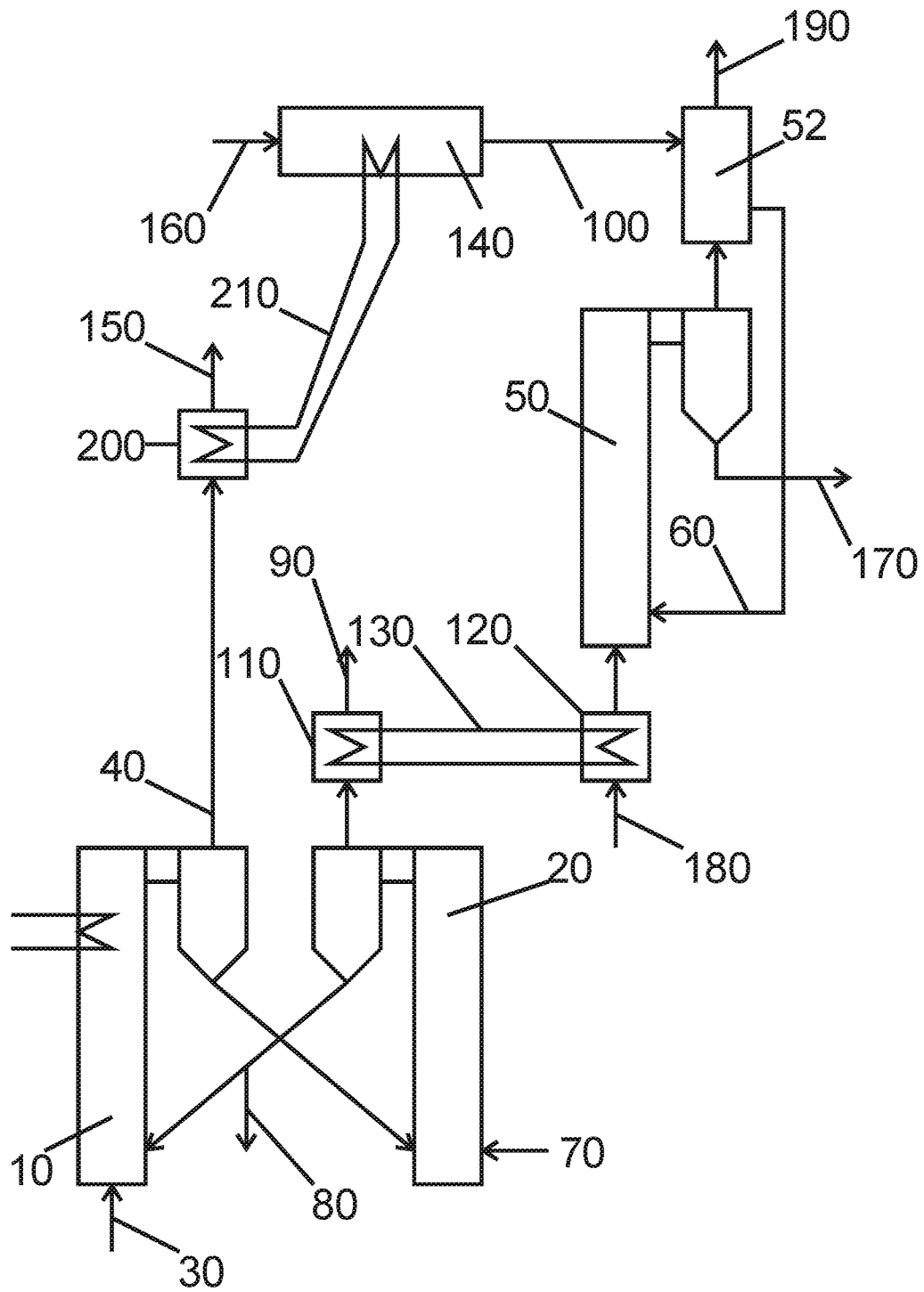


Fig. 3