



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2008 036 088.0

(51) Int Cl.: **C04B 7/44 (2006.01)**

(22) Anmelddatum: 04.08.2008

(43) Offenlegungstag: 11.02.2010

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 28.06.2012

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

ThyssenKrupp Polysius AG, 59269, Beckum, DE

(74) Vertreter:

**RA u. PA Volkmar Tetzner; PA Michael Tetzner;
RA Thomas Tetzner, 81479, München, DE**

(72) Erfinder:

**Kupper, Detlev, Dr.-Ing., 48291, Telgte, DE; Schulz,
Dietmar, Dr.-Ing., 59269, Beckum, DE**

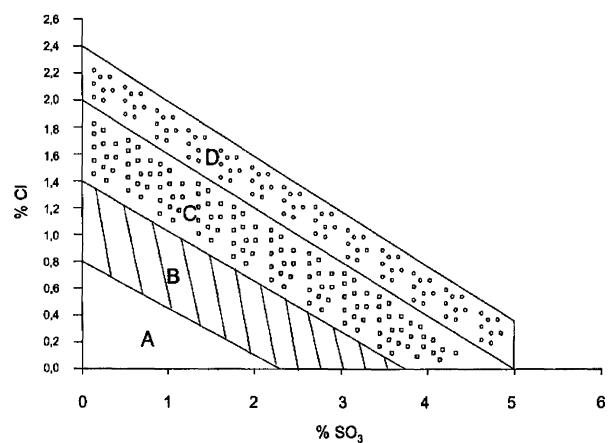
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

**DE 698 06 182 T2
EP 0 110 079 A1**

**Dissertation: T.Seidler: Minderung
rohmaterialbedingter SO₂-Emissionen in der
Zementindustrie. Tag der mündlichen Prüfung:
18.02.2005, S. 44, 69, 71**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betreiben einer Zementanlage**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Betreiben einer Zementanlage mit Vorwärmung von Rohmehl in einer Vorwärmzone (1), Vorcalcinerung des vorgewärmten Materials in einer Calcinerzone (2) und Sinterung des vorcalcinierten Materials in einer Sinterzone (3), dadurch gekennzeichnet, dass die Zementanlage so betrieben wird, dass das der Sinterzone zugeführte vorcalcinierte Material eine SO₃-Konzentration von mindestens 5,5 Massen-% und einen CaSO₄-Anteil von mindestens 75% des gesamten Salzgehalts aufweist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft Verfahren zum Betreiben einer Zementanlage.

[0002] Bei der Zementklinkerherstellung wird das Rohmaterial zunächst vorgewärmt, anschließend vorcalciniert und schließlich in einem Ofen gebrannt. Der eigentliche Brennprozess findet dabei in der Sinterzone des Ofens statt, in der das Material auf Temperaturen von 1400 bis 1500°C erhitzt wird.

[0003] Die DE 698 06 182 T2 betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Zementklinker mittels schwefelreichem Brennstoff, wobei die Sauerstoffkonzentration am Einlass des Brennofens auf 4,5 bis 5,5% erhöht wird, wodurch sich die Temperatur, bei der sich das Kalziumsulfat zersetzt, auf eine Temperatur größer als die Sintertemperatur erhöht, sodass CaSO_4 ein Bestandteil des Endprodukts wird, anstatt sich in Gase zu zersetzen und Ablagerungen im Brennofen, dem Vorwärmofen und den Vorwärmzyklonen zurückzulassen.

[0004] Aus der EP 0 110 079 A1 ist ferner ein Verfahren zur Herstellung von Zement aus schadstoffhaltigem Rohmaterial, insbesondere aus schwefel-, alkali- und/oder chlorhaltigem Rohmaterial bekannt.

[0005] Bestimmte Komponenten, insbesondere Alkalimetalle in Kombination mit Chlor und Schwefel, verflüchtigen sich in der Sinterzone des Ofens und werden mit dem Ofenabgas ausgetragen (Flüchtigkeit). Das Ofenabgas wird zur Wärmebehandlung des Materials in der Calcinierzone und der Vorwärmzone verwendet. Während dieses Wärmeaustausches kondensieren die flüchtigen Bestandteile auf dem Rohmaterial (Adsorption) und werden wieder in die Sinterzone eingebracht. Dort verflüchtigen sie sich zum Teil wieder, sodass sich auf diese Weise ein Kreislauf dieser Komponenten bildet. Alles was nicht mit dem Zementklinker oder dem Abgas aus dem System ausgetragen wird, verbleibt somit in diesem Kreislauf, wobei sehr hohe Konzentrationen der im Kreislauf geführten Komponenten erreicht werden können. Alle Kreisläufe können dabei zu unerwünschter Ansatzbildung in der Calcinierzone und der Vorwärmzone und dabei zu Betriebsstörungen führen. Die Ursache besteht darin, dass bestimmte Mischungen der Kreislaufkomponenten zu Eutektika führen, die bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen schmelzen. Wenn das Rohmaterial schmilzt und an den Anlagenwänden auskristallisiert, bilden sich Ansätze.

[0006] Besonders Problematisch ist in diesem Zusammenhang der in den Kreislauf über das Rohmaterial und den Brennstoff eingebrachte Schwefel. Die maximale erlaubte SO_3 -Konzentration im Brenngut beträgt daher bisher 5%. Bei höheren Konzentrationen besteht Verstopfungsgefahr und die Anlage kann nicht mehr betrieben werden. Ist zudem noch Chlor vorhanden, sinkt die tolerierbare Menge an SO_3 weiter ab. In der Darstellung gemäß [Fig. 1](#) ist die Wechselwirkung von SO_3 und Cl auf Ansatz im Einlauf des Drehrohrofens dargestellt. Dabei sind im Bereich A keine Ansätze feststellbar, während im Bereich B eine normale Reinigung und im Bereich C eine intensive Reinigung erforderlich ist. Im Bereich D und bei einer SO_3 -Konzentration von mehr als 5% besteht Verstopfungsgefahr.

nen besteht Verstopfungsgefahr und die Anlage kann nicht mehr betrieben werden. Ist zudem noch Chlor vorhanden, sinkt die tolerierbare Menge an SO_3 weiter ab. In der Darstellung gemäß [Fig. 1](#) ist die Wechselwirkung von SO_3 und Cl auf Ansatz im Einlauf des Drehrohrofens dargestellt. Dabei sind im Bereich A keine Ansätze feststellbar, während im Bereich B eine normale Reinigung und im Bereich C eine intensive Reinigung erforderlich ist. Im Bereich D und bei einer SO_3 -Konzentration von mehr als 5% besteht Verstopfungsgefahr.

[0007] Man ist daher bisher bestrebt, Kreisläufe bzw. Flüchtigkeiten zu unterdrücken. Um die Kreislaufkonzentration zu reduzieren ist es bekannt, einen Bypass vorzusehen, der einen Teil der Ofenabgase ausschleust. Damit werden Kreislaufkomponenten aus dem Kreislauf entfernt und die Kreisläufe werden entlastet. Dadurch werden die Kreislaufkonzentrationen reduziert und Ansatzbildungen verminder, wodurch die Anlagenverfügbarkeit verbessert wird.

[0008] Es gibt nun aber Brennstoffe, die eine relativ hohe Schwefelkonzentration aufweisen und daher bei der Zementherstellung bisher nicht eingesetzt werden konnten. Zwar wird in der EP 1 428 804 A2 ein Zementklinker angegeben, der mit Brennstoff hergestellt werden soll, der eine Schwefelkonzentration von mehr als 5% aufweist, jedoch wird in der Patentschrift nicht näher angegeben, wie dieser Zementklinker hergestellt werden kann, ohne dass es dabei zu Ansatzbildungen im Vorwärmern bzw. Calcinator bzw. zu erhöhten SO_2 -Emissionen kommt.

[0009] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu grunde, ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung zum Betreiben einer Zementanlage anzugeben, wobei Brennstoff mit einem hohen Schwefelgehalt verwendet werden kann, ohne dabei die SO_2 -Emissionen zu erhöhen und außerdem eine ausreichende Betriebssicherheit durch Vermeidung bzw. Verringerung von Ansatzbildungen zu gewährleisten.

[0010] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

[0011] Beim erfindungsgemäßen Verfahren zum Betreiben einer Zementanlage wird das Rohmehl in einer Vorwärmzone vorgewärmt, das vorgewärmte Material in einer Calcinierzone vorcalciniert und das vorcalcinierte Material schließlich in einer Sinterzone gesintert. Die Zementanlage wird dabei so betrieben, dass das der Sinterzone zugeführte vorcalcinierte Material eine SO_3 -Konzentration von mindestens 5,5 Massenprozent und einen CaSO_4 -Anteil von mindestens 75%, vorzugsweise 90%, des gesamten Salzgehaltes aufweist.

[0012] Die erfindungsgemäße Zementanlage weist eine Vorwärmzone zum Vorwärmern des Rohmateri-

als, eine Calcinierzone zur Vorcalcination des vorwärmten Materials und eine Sinterzone zur Sinterung des vorcalcinierten Materials auf. Weiterhin ist eine Steuer- und Regelvorrichtung zum Betreiben der Zementanlage gemäß dem obigen Verfahren vorgesehen.

[0013] Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass die Ansatzbildung nicht nur von der Schwefelkonzentration, sondern auch von der Salzzusammensetzung und insbesondere vom CaSO_4 -Anteil abhängt. Bei einem entsprechend hohen CaSO_4 -Anteil kann daher die SO_3 -Konzentration deutlich über das bisher tolerierbare Maß angehoben werden. Bei einem CaSO_4 -Anteil von 90% des gesamten Salzgehaltes kann die SO_3 -Konzentration bis über 10% gesteigert werden.

[0014] Bei den der Erfindung zugrundeliegenden Versuchen hat sich gezeigt, dass durch die Betriebsweise der Anlage die Vorgänge „Adsorption“ und „Flüchtigkeit“, welche die Schwefelkonzentration im Kreislauf bestimmten, gezielt beeinflusst werden können.

[0015] Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0016] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung werden zumindest einzelne der folgenden Betriebsparamettermessungen durchgeführt und zur Steuerung der Zementanlage verwendet:

- a. Gasanalyse im Einlaufbereich der Sinterzone, der Calcinierzone und/oder vor dem Beginn der Vorwärmzone,
- b. Temperaturmessung von Material und/oder Gas in der Sinterzone,
- c. Temperaturmessung von Material und/oder Gas in der Calcinierzone,
- d. Temperaturmessung von Material und/oder Gas in der Vorwärmzone,
- e. Laboranalysen des vorcalcinierten Materials, des Rohmaterials oder des Brennstoffs,
- f. Laboranalysen des in der Sinterzone gebrannten Zementklinkers,
- g. Thermische oder thermografische Analyse im Bereich der Sinterzone.

[0017] Weiterhin kann die SO_3 -Konzentration und der CaSO_4 -Anteil im vorcalcinierten Material durch ein oder mehrere der folgenden Maßnahmen beeinflusst werden:

- a. Auswahl der Rohmaterialien,
- b. Auswahl des in der Sinterzone verwendeten Brennstoffs,
- c. Einstellung des Momentums eines in der Sinterzone betriebenen Brenners,
- d. Einstellung des Verhältnisses von Verbrennungsluft und Brennstoff in der Sinterzone,

- e. Einstellung des Verhältnisses von Brennstoffmenge und Rohmehlmenge an mindestens einer Brennstoffzufuhrstelle der Anlage,
- f. Einstellung des Vorcalcinierungsgrades des Rohmehls nach der Calcinierzone,
- g. Einstellung der Rohmehlfteinheit.

[0018] Weiterhin wird die Zementanlage zweckmäßigerweise so betrieben, dass die Schwefelflüchtigkeit der Anlage mindestens 60%, vorzugsweise wenigstens 80%, und die Schwefeladsorption im Vorwärmerebereich, in der Calcinierzone und/oder in der Sinterzone mindestens 80%, vorzugsweise mindestens 90%, beträgt.

[0019] Weiterhin soll das den Vorwärmern verlassende Abgas einen SO_2 -Gehalt von weniger als 600 mg/ Nm^3 bei 10% O_2 , vorzugsweise weniger als 300 mg/ Nm^3 bei 10% O_2 , aufweisen. Dies wird über die Erhöhung der Adsorption im Zusammenhang mit der eingestellten Flüchtigkeit erreicht.

[0020] Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung werden im Folgenden anhand der Beschreibung und der Zeichnung näher erläutert.

[0021] In der Zeichnung zeigen

[0022] [Fig. 1](#) eine Darstellung der Wechselwirkung von SO_3 und Cl auf Ansatz im Einlauf des Drehrohrofens und

[0023] [Fig. 2](#) Zeichnung zeigt eine schematische Darstellung einer Zementanlage.

[0024] Die Zementanlage gemäß [Fig. 2](#) besteht im Wesentlichen aus einer, beispielsweise durch einen mehrstufigen Schwebegaswärmetauscher gebildeten Vorwärmzone 1, einer Calcinierzone 2 und einer als Drehrohrofen ausgebildeten Sinterzone 3 sowie einer nachgeschalteten Kühlzone 4, die beispielsweise als Schubrostkühler gebildet wird. Die Abgase der Sinterzone 3 durchströmen nacheinander die Calcinierzone 2 und die Vorwärmzone 1, das Rohmehl wird in an sich bekannter Art und Weise im Gegenstrom zu den Abgasen der Vorwärmzone 1 und anschließend der Calcinierzone 2 zugegeben, bevor das vorcalcinierte Material in der Sinterzone 3 gebrannt wird. Die Sinterzone weist wenigstens eine Brenner 5 mit verstellbarem Momentum auf.

[0025] Die Sinterzone 3 wird mit einem Brenner mit verstellbarem Momentum betrieben, sodass durch Einstellung des Momentums die Flammenform, -größe und/oder -temperatur eingestellt werden kann.

[0026] Die Calcinierzone 2 wird im dargestellten Ausführungsbeispiel durch eine Steigleitung gebildet, die über einen Krümmer an den untersten Zyklon 1a der Vorwärmzone angeschlossen ist. Im un-

teren Bereich der Calcinierzone **2** sind wenigstens eine Brennstoffzufuhrstelle **6** und Mittel **7** zum Zuführen von Verbrennungsluft, beispielsweise Tertiärluft der Kühlzone **4**, vorgesehen. Weiterhin mündet wenigstens eine Rohmehlleitung **8** der Vorwärmzone **1** in der Calcinierzone **2**. Brennstoff, Verbrennungsluft und Rohmehl können an ein oder mehreren übereinander angeordneten Stellen in die Calcinierzone eingeführt werden. Auf diese Weise können in der Calcinierzone unterschiedliche Verbrennungszenen ausgebildet werden.

[0027] Weiterhin umfasst die Anlage geeignete Mittel, um zumindest einzelne der nachfolgend aufgeführten Betriebsparametermessungen durchführen zu können:

- a. Gasanalyse im Einlaufbereich der Sinterzone, der Calcinierzone und/oder vor dem Beginn der Vorwärmzone,
- b. Temperaturmessung von Material und/oder Gas in der Sinterzone,
- c. Temperaturmessung von Material und/oder Gas in der Calcinierzone,
- d. Temperaturmessung von Material und/oder Gas in der Vorwärmzone,
- e. Laboranalysen des vorcalcinierten Materials, des Rohmaterials oder des Brennstoffs,
- f. Laboranalysen des in der Sinterzone gebrannten Zementklinkers,
- g. Thermische oder thermografische Analyse im Bereich der Sinterzone.

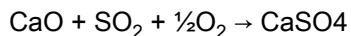
[0028] Die Zementanlage wird so betrieben, dass das der Sinterzone zugeführte vorcalcinierte Material eine SO₃-Konzentration von mindestens 5,5 Massen-% und einen CaSO₄-Anteil von mindestens 75%, vorzugsweise mindestens 90% des gesamten Salzgehaltes aufweist. Die SO₃-Konzentration und der CaSO₄-Anteil im vorcalcinierten Material können dabei durch folgende Maßnahmen beeinflusst werden:

- a. Auswahl der Rohmaterialien,
- b. Auswahl des in der Sinterzone verwendeten Brennstoffs,
- c. Einstellung des Momentums des in der Sinterzone betriebenen Brenner **5**,
- d. Einstellung des Verhältnisses von Verbrennungsluft und Brennstoff in der Sinterzone,
- e. Einstellung des Verhältnisses von Brennstoffmenge und Rohmehlmenge an mindestens einer Brennstoffzufuhrstelle der Anlage,
- f. Einstellung des Vorecalcinierungsgrades des Rohmehls nach der Calcinierzone,
- g. Einstellung der Rohmehlfineheit.

[0029] Selbst bei vorgegebenen Rohmaterialien und vorgegebenem Brennstoff für die Sinterzone können die SO₃-Konzentration und der CaSO₄-Anteil noch entscheidend durch die Maßnahmen c bis f beeinflusst werden. Durch diese Maßnahmen kann insbesondere die Schwefelflüchtigkeit der Anlage im Be-

reich der Sinterzone beeinflusst werden. Hierbei ist eine Schwefelflüchtigkeit von mindestens 60%, vorzugsweise von mehr als 80%, wünschenswert.

[0030] Ein weiterer sehr wichtiger Mechanismus für den Betrieb der Zementanlage ist die Schwefeladsorption in der Vorwärmzone **1**, in der Calcinierzone **2** und/oder im Einlaufbereich der Sinterzone **3**, wobei eine Adsorption von mindestens 80%, vorzugsweise mindestens 90%, erreicht werden kann. Die Adsorption in der Calcinierzone beruht auf folgender Reaktion:



[0031] Für diese Reaktion muss in der Calcinierzone genügend CaO und vor allem O₂ zur Verfügung gestellt werden. Der Sauerstoff gelangt beispielsweise über die Luftzufuhrstelle **7** in die Calcinierzone. Bei der Verbrennungsluft handelt es sich üblicherweise um Tertiärluft aus der Kühlzone, die gegebenenfalls aber noch mit reinem Sauerstoff angereichert werden könnte.

[0032] Ebenfalls werden über die Fahrweise der Anlage in der Sinterzone und die Einstellung des Verhältnisses zwischen Verbrennungsluft und Brennstoffmenge die Sauerstoffkonzentration in der Calcinierzone sowie die Schwefelflüchtigkeit beeinflusst.

[0033] Bei einer solchen Zementanlage lässt sich in der Sinterzone und gegebenenfalls in der Calcinierzone ein Brennstoff mit einer Schwefelkonzentration von wenigstens 3,5 Massen-% einsetzen. Wird die Anlage so betrieben, dass das der Sinterzone zugeführte vorcalcinierte Material eine SO₃-Konzentration von mindestens 5,5 Massen-% und einen CaSO₄-Anteil von mindestens 75% des gesamten Salzgehaltes aufweist, kann man erreichen, dass trotz des hohen Schwefeleintrag im System und der niedrigen Emissionen von Schwefeloxiden (das den Vorwärmern verlassene Abgas weist einen SO₂-Gehalt von weniger als 600 mg/Nm³ bei 10% O₂, vorzugsweise weniger als 300 mg/Nm³ bei 10% O₂, auf), die Betriebssicherheit der Anlage gewährleistet wird und Ansätze und Verstopfungen vermieden werden.

[0034] Der in der Sinterzone gebrannte Zementklinker weist dann eine SO₃-Konzentration von wenigstens 1 Massen-%, vorzugsweise mindestens 2 Massen-%, auf.

[0035] Weiterhin kann eine Vorrichtung zur Unterbrechung der Kreisläufe, beispielsweise eine Bypassvorrichtung, eingebaut werden, durch deren Betrieb und die Änderungen der abgeschiedenen Staub- und/oder Gasmengen können die Kreisläufe, insbesondere von Schwefel, Alkalien und/oder Chlor, beeinflusst und entsprechend eingestellt werden.

[0036] Zweckmäßigerweise können auch mehrere Luftstoßgeräte in bestimmten Bereichen des Vorwärmers und/oder Calcinators eingebaut werden, um die Reinigung in den Gefahrzonen zu verbessern und die Betriebssicherheit zu erhöhen.

[0037] Mit dem oben beschriebenen Verfahren kann die Zementanlage betriebssicher und mit geringer SO₂-Emission betrieben werden.

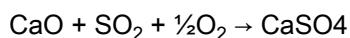
Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Zementanlage mit Vorwärmung von Rohmehl in einer Vorwärmzone (1), Vorecalcinierung des vorgewärmten Materials in einer Calcinierzone (2) und Sinterung des vorcalcinierten Materials in einer Sinterzone (3), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zementanlage so betrieben wird, dass das der Sinterzone zugeführte vorcalcinierte Material eine SO₃-Konzentration von mindestens 5,5 Massen-% und einen CaSO₄-Anteil von mindestens 75% des gesamten Salzgehalts aufweist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in der Sinterzone (3) ein Brenner (5) mit verstellbarem Momentum eingesetzt wird und durch Einstellung des Momentums die Flammenform, -größe, und/oder -temperatur eingestellt wird.

3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Zementanlage so betrieben wird, dass die Schwefelflüchtigkeit in der Anlage wenigstens 60%, vorzugsweise wenigstens 80%, beträgt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in der Calcinierzone zum Erreichen einer Schwefeladsorption von mindestens 80%, genügend O₂ und CaO für die nachfolgende Reaktion bereitgestellt werden:



5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Zementanlage so betrieben wird, dass die Schwefeladsorption in der Vorwärmzone (1), in der Calcinierzone (2) und/oder in der Sinterzone (3) mindestens 80%, vorzugsweise mindestens 90%, beträgt.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zementanlage so betrieben wird, dass das den Vorwärmern (1) verlassende Abgase einen SO₂-Gehalt von weniger als 600 mg/Nm³ bei 10% O₂, vorzugsweise weniger als 300 mg/Nm³ bei 10% O₂, aufweist.

7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Vorrichtung zur Unterbrechung der Kreisläufe, beispielsweise ei-

ne Bypassvorrichtung, betrieben wird, durch deren Betrieb die Änderungen der abgeschiedenen Staub- und/oder Gasmengen die Kreisläufe, insbesondere von Schwefel, Alkalien und/oder Chlor, beeinflusst und entsprechend eingestellt werden können.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass zur Einstellung der Atmosphäre und der CO₂-Konzentration mindestens eine der Verbrennungsstellen der Anlage mit Sauerstoff angereicherter Verbrennungsluft oder ausschließlich mit Sauerstoff betrieben wird.

9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in der Sinter- und/oder in der Calcinierzone (2) ein Brennstoff mit einer Schwefelkonzentration von wenigstens 3,5 Massen-% eingesetzt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der in der Sinterzone (3) gebrannte Zementklinker eine SO₃-Konzentration von wenigstens 1 Massen-%, vorzugsweise mindestens 2 Massen-%, aufweist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

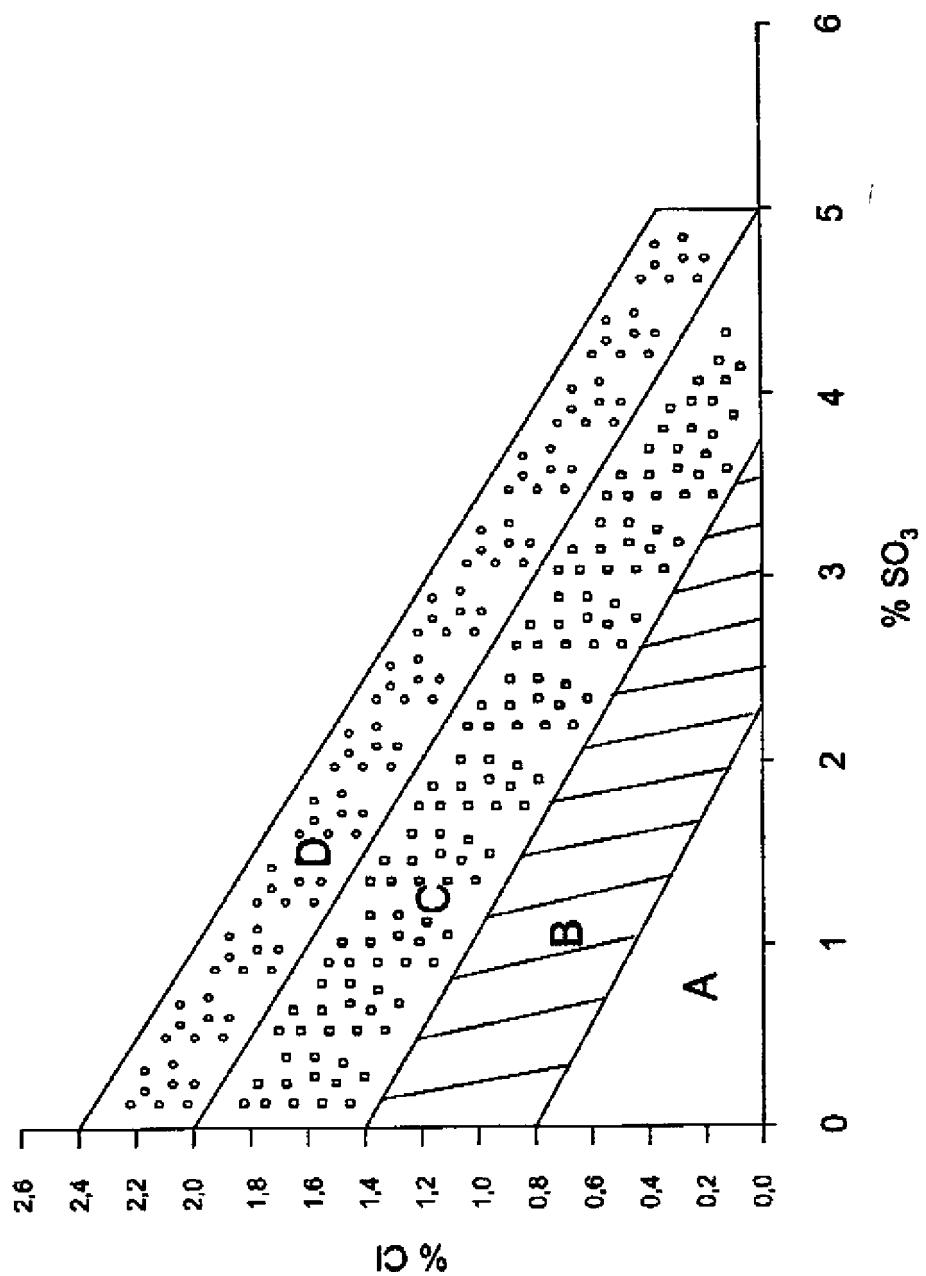


Fig. 1

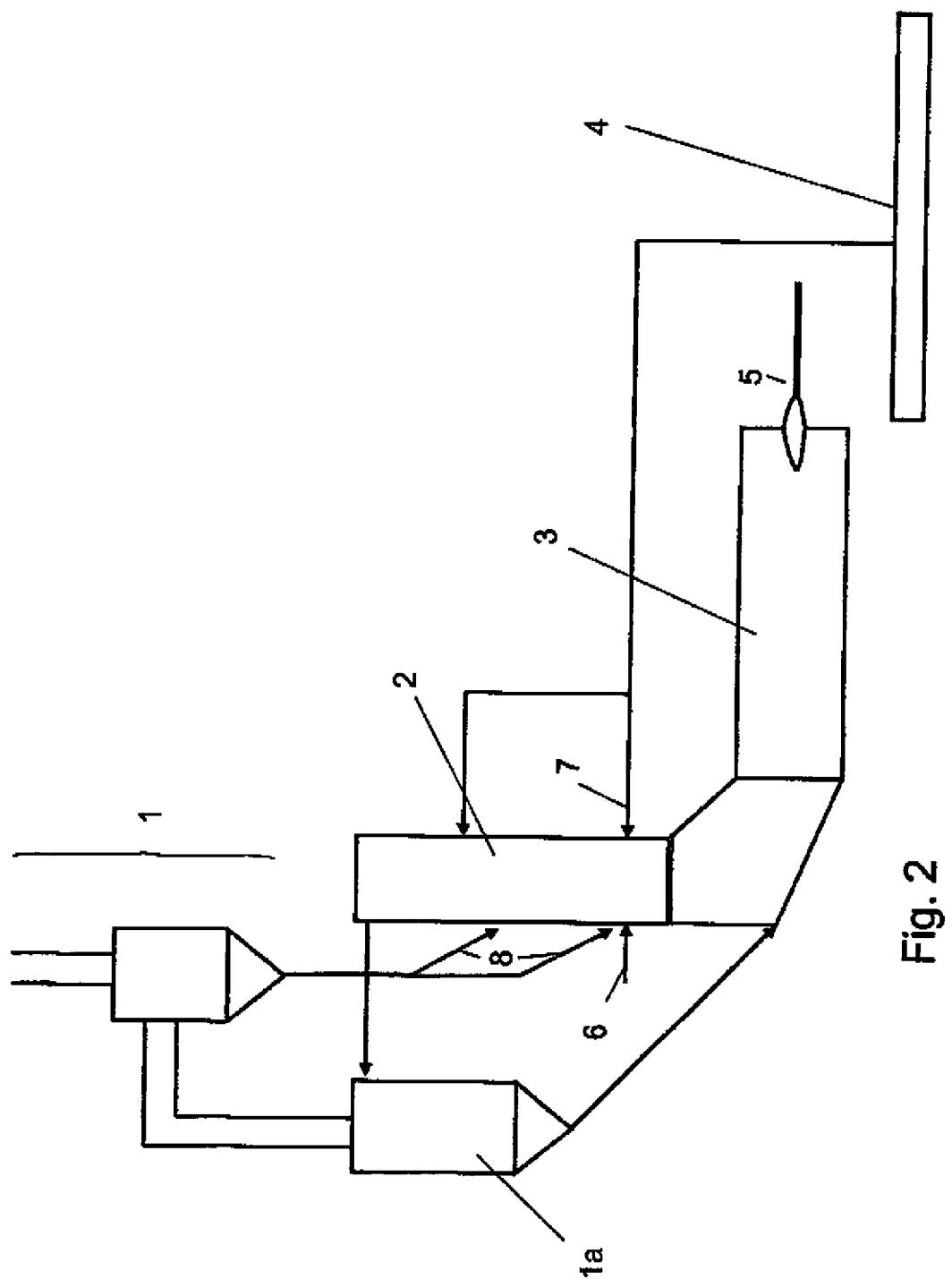


Fig. 2