

(11) Nummer:

PATENTSCHRIFT

(51) Int.Cl.⁵ : **B01D 53/34**

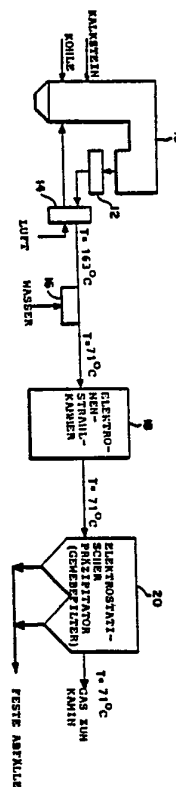
(45) Ausgabetaq: 10. 7.1991

(73) Patentinhaber:

RESEARCH COTTRELL, INC.
08876 SOMERVILLE (US).

US-A-2718453	US-A-3120479	US-A-3565777	US-A-3869362
US-A-3960682	US-A-3976741	US-A-3981815	US-A-3997415
US-A-4004995	US-A-4105744	US-A-4296474	US-A-4372832
US-A-4416748	JP-A-48-17471	JP-A-49-113763	
JP-A-49-113765		JP-A-51-21571	JP-A-51-93796
JP-A-51-93797	JP-A-51-98670	JP-A-52-22566	JP-A-52-24155
JP-A-52-15394	JP-A-52-66869	JP-A-53- 8359	JP-A-53-25275
JP-A-56-136629		JP-A-57-7231	JP-A-57-50529
GB-A-1015254			

(57) Ein Verfahren, in dem eine Kalkstein-Injektion in einem Verbrennungs-Boiler angewendet wird, der mit pulverisierter Kohle oder flüssigem Kohlenwasserstoff-Brennstoff befeuert wird. Das Abgas aus dem Boiler wird angefeuchtet und gekühlt auf eine Temperatur unter 93 ° C. Während der Anfeuchtungs- und Kühlstufe tritt eine Schwefeldioxid-Entfernung zusätzlich zu derjenigen, die in der Verbrennungszone des Boilers stattfindet, auf. Das Abgas und das nicht-umgesetzte Alkali werden dann in eine Elektronenstrahl-Bestrahlungskammer eingeführt, welche die energetischen Bedingungen für die schnelle Reaktion des Schwefeldioxids und der Stickstoffoxide in Gegenwart von Wasserdampf schafft. Das restliche nicht-umgesetzte Alkali reagiert schnell und in situ mit der Schwefelsäure und der Salpetersäure, die in der Elektronenstrahl-Kammer gebildet werden.



Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Behandlung von Rauchgas (Abgas) mit einer Injektion von festem Alkali zur Entfernung von Schwefeldioxiden und Stickstoffoxiden.

Beim Verbrennen verschiedener Brennstoffe wird eine große Menge Abgas erzeugt. Erst in jüngster Zeit wurde der nachteilige Einfluß bestimmter Schadstoffe auf die menschliche Gesundheit erkannt. Als besonders schädlich werden insbesondere Schwefeldioxid (SO_2) und Stickstoffoxide verschiedener Formen (NO_x) angesehen. Obgleich teilchenförmige Materialien, wie z. B. Asche und Staub, ebenfalls für den menschlichen Körper schädlich sind, sind diese festen Schadstoffe in der Regel leichter zu entfernen als Schwefeldioxid und Stickstoffoxide.

Die Probleme der Schwefeldioxid-Emissionen aus Industrieanlagen werden in den letzten Jahren immer signifikanter aufgrund des Trends weg vom Öl und hin zur Kohle. Kohle enthält im allgemeinen eine größere Menge Schwefel als Öl oder durch Raffination aus Öl gewonnene Brennstoffe.

Beim Verbrennen von Kohle, insbesondere Kohlesorten mit hohem Schwefelgehalt, können zusätzlich zu dem nachteiligen Einfluß auf die menschliche Gesundheit auch Umweltprobleme auftreten. Insbesondere dann, wenn die Abgase, die beim Verbrennen von Brennstoffen mit einem verhältnismäßig hohen Schwefelgehalt entstehen, nicht in geeigneter Weise behandelt werden, führt das in die Atmosphäre freigesetzte Schwefeldioxid zum sogenannten "Sauern Regen". Das Schwefeldioxid reagiert nämlich unter Bildung von Schwefelsäure, die zusammen mit dem Regen fällt.

Es sind bereits verschiedene Verfahren zur Entfernung von Schwefeldioxid und Stickstoffoxiden aus Abgasen angewendet oder vorgeschlagen worden.

Bei den Naß-Skrubbing-Verfahren wird eine wäßrige Alkalilösung verwendet, die in das Abgas eingesprüht wird, wenn dieses eine Kammer oder einen Turm passiert. Es werden verhältnismäßig große Mengen Wasser in der injizierten Aufschlämmung verwendet, um die Abgase zu sättigen. Außer dem Nachteil, daß große Mengen Wasser erforderlich sind, entsteht bei dem Naß-Skrubbing-Verfahren eine große Menge an Abfallproduktlösungen, die schwer zu beseitigen sind, ohne eine Wasserverschmutzung hervorzurufen. Außerdem tritt in verschiedenen Teilen des Naß-Skrubbing-Systems eine Kesselsteinbildung oder Verfestigung der Reaktionsprodukte auf, die hohe Wartungskosten verursacht.

Im Gegensatz zu den Naß-Skrubbing- oder -Waschverfahren wird auch bereits eine Reihe von Trocken-Skrubbing-Verfahren, wie z. B. das Sprühtrocknen, angewendet. Das Sprühtrocknungsverfahren ähnelt oberflächlich den Naß-Skrubbing-Verfahren insofern, als Wasser zum Injizieren eines Alkali-Reagens, wie z. B. Kalk oder Kalkstein, in den Abgasstrom verwendet wird. Anders als in den Naß-Skrubbing- oder -Waschverfahren wird in dem Sprühtrocknungs-Verfahren jedoch eine verhältnismäßig geringe Menge Wasser verwendet, die verdampft, nachdem sie das Reagens in eine Kammer getragen hat, durch die das Abgas strömt. Aus der Kammer strömen die Abgase in eine Teilchensammeleinrichtung, wie z. B. ein Gewebefilter oder in einen elektrostatischen Präzipitator. Die Teilchensammeleinrichtung entfernt die festen Produkte der Umsetzung zwischen dem Reagens und dem Schadstoff, wie z. B. Schwefeldioxid.

Obgleich das Sprühtrocknungs-Verfahren sich als brauchbar erwiesen hat zur Entfernung von Schadstoffen, ohne daß bei ihm die Nachteile der Naß-Skrubbing- oder -Waschverfahren auftreten, hat das Sprühtrocknungs-Verfahren andere Nachteile. Insbesondere ist bei dem Sprühtrocknungs-Verfahren im allgemeinen ein höheres stöchiometrisches Verhältnis von Reagens (in der Regel Calcium aus Kalk oder Kalkstein) zu Schwefeldioxiden erforderlich als im Falle der Naß-Skrubbing-Verfahren. Zur Erzielung einer ausreichenden Entfernung von Schwefeldioxid aus Abgasen von Kohle mit einem hohen Schwefelgehalt muß das stöchiometrische Verhältnis von Reagens (Calcium)-Gehalt zu Schwefeldioxiden in der Regel mehr als 2 : 1 betragen. Der Feststoffgehalt der injizierten Aufschlämmung in einem Sprühtrocknungs-Verfahren ist jedoch auf weniger als 30 %, vorzugsweise weniger als 25 %, beschränkt, um eine Beschädigung der Pumpe, die zum Injizieren der Aufschlämmung in den Sprühtrockner verwendet wird, zu vermeiden. Daher kann das stöchiometrische Verhältnis von Reagens zu Schwefeldioxiden nicht erhöht werden, wenn nicht gleichzeitig der Wassergehalt erhöht wird. Der Wassergehalt muß jedoch begrenzt bleiben, um das Verfahren trocken zu halten und um die Nachteile der Waschverfahren, wie vorstehend definiert, zu vermeiden. Diese technischen Beschränkungen haben die Anwendung von Sprühtrocknungs-Verfahren auf bestimmte Anwendungszwecke eingeschränkt.

Schadstoffe wurden auch bereits aus Abgasen entfernt durch Anwendung einer ionisierenden Strahlung. In solchen Systemen werden Elektronenstrahlen, ultraviolettes Licht, Gamma-Strahlung oder dergleichen verwendet, um Schwefeldioxid und Stickstoffoxide in den Abgasen zu ionisieren. Obgleich der Reaktionsmechanismus für die Oxidation von Schwefeldioxid und Stickstoffoxiden bei Anwendung dieser Technik sehr komplex ist und noch nicht völlig geklärt ist, werden durch die Ionisierung, hervorgerufen durch einen Elektronenstrahl oder andere ionisierende Strahlung, das Schwefeldioxid und die Stickstoffoxide bei tiefen Temperaturen in einen Säurenebel und/oder bei höheren Temperaturen in Feststoffteilchen umgewandelt.

Unglücklicherweise erfordert das Ionisierungsstrahlungs-Verfahren in der Regel hohe Dosierungen (2 bis 8 Megarad) zur befriedigenden Entfernung der Schadstoffe. Außerdem hat der Säurenebel die Neigung, die Elektronenstrahl- oder sonstige Bestrahlungskammer zu korrodieren.

Bei einer Abwandlung des Ionisierungsstrahlungs-Verfahrens, wie es in der US-PS 3 869 362 (Machi et al., erteilt am 4. März 1975) beschrieben ist, kann eine Vorbehandlung, beispielsweise ein Waschen, der Abgase mit einer wäßrigen Alkalilösung in einem Turm vor der Bestrahlung der Gase angewendet werden.

In der US-PS 4 372 832 (John R. Bush, erteilt am 8. Februar 1983, übertragen auf die Anmelderin, mit dem

Titel "Pollution Control by Spray Dryer and Electron Beam Treatment") ist ein Verfahren zur Behandlung von Abgasen durch Verwendung eines Sprühtrockners und anschließende Elektronenstrahlbestrahlung beschrieben. Bei diesem Patent, auf das hier bezug genommen wird, wird ein Reagens, wie z. B. Kalk, zusammen mit Wasser in den Sprühtrockner eingeführt, der zwischen einer Luftvorwärmanrichtung (stromabwärts von dem Boiler) und dem Elektronenstrahl-Reaktor angeordnet ist.

Die Sammlung des teilchenförmigen Materials erfolgt nach dem Elektronenstrahl-Reaktor.

Außerdem wird seit etwa 10 bis 15 Jahren ein Verfahren zur Schwefeldioxid-Entfernung aus der Verbrennung von fossilem Treibstoff, bei dem Kalkstein in die Verbrennungszone eines Boilers eingeführt wird, untersucht und in der Literatur beschrieben. Dieses Boiler-Injektionsverfahren, häufig als LIMB-Verfahren bezeichnet, führt zu einer Schwefeldioxidentfernung von 50 % der Rauchgas-Emission bei Anwendung einer Kalkstein-Stöchiometrie (Verhältnis von Kalkstein-Reagens zu Schwefeldioxid) von 200 bis 300 %.

Diese Injektion von Kalkstein im Überfluß führt zu hohen Gehalten an einer Teilchenemission, so daß ein höherer Bedarf bei der Teilchensammel- oder Flugaschen-Entfernungseinheit des Systems entsteht. Das heißt mit anderen Worten, durch die Injektion von Kalkstein im Überschuß wird die Menge an teilchenförmigen Materialien in dem Abgas stark erhöht. Die bereits vorhandenen Boiler-Systeme haben jedoch eine begrenzte Kapazität in bezug auf die Teilchen-Entfernung, die bestimmt ist durch den ursprünglichen Systemaufbau. Daher führt die Umwandlung eines ortsfesten Boiler-Systems in die LIMB-Entschwefelung zu überschüssigen Emissionen an Teilchen. Korrekturmaßnahmen zur Teilchenentfernung können jedoch vermieden werden durch Erhöhung der Kapazität der Sammelvorrichtung, beispielsweise der elektrostatischen Präzipitatoren oder Gewebefilter.

Ein Ziel der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein neues und verbessertes Verfahren zur Behandlung von Rauchgas bzw. Abgas zu schaffen.

Ein besonderes Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein Rauchgas- bzw. Abgas-Behandlungsverfahren zu schaffen, bei dem die Entfernung von Schwefeldioxid maximal ist.

Ein weiteres Ziel der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Behandlung von Rauchgas bzw. Abgas zu schaffen, bei dem viel weniger injiziertes Reagens vergeudet wird.

Ein weiteres Ziel der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Behandlung von Rauchgas bzw. Abgas zu schaffen, bei dem ein Reagens verwendet werden kann, um die Korrosion an einigen Teilen des Systems minimal zu halten.

Ein anderes Ziel der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Behandlung von Rauchgas bzw. Abgas zu schaffen, das verschiedene Stufen umfaßt, welche die Durchführung der nächsten Stufe in dem Behandlungsverfahren optimieren.

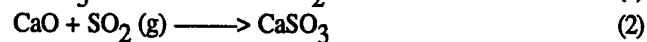
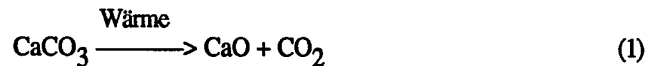
Die obengenannten und weitere Ziele der vorliegenden Erfindung werden erreicht durch ein Verfahren zur Entfernung von Schadstoffen, die mindestens die Schwefeloxide und/oder Stickstoffoxide umfassen, aus einem Abgas, das die folgenden Stufen umfaßt: Injizieren eines Alkali-Reagens in die Verbrennungszone eines Verbrennungs-Boilers, der befeuert wird durch einen Brennstoff, der ausgewählt wird aus der Gruppe pulverisierte Kohle, flüssiger Kohlenwasserstoff oder Mischungen davon, wobei ein Teil des Alkali-Reagens mit den Schwefeldioxiden in dem Abgas reagiert unter Bildung eines Reaktionsprodukts; das Abführen der Abgase und des nicht-umgesetzten Alkali aus dem Verbrennungs-Boiler und das Einführen in eine Kühlstufe und das Kühlen der Abgase und des nicht-umgesetzten Alkali-Reagens auf eine Temperatur unter 93 °C, so daß eine zusätzliche Menge des Alkali-Reagens mit den Schwefeloxiden in dem Abgas reagiert unter Bildung eines Reaktionsprodukts; das Einführen der gekühlten Abgase und des restlichen nicht-umgesetzten Alkali-Reagens in eine Bestrahlungskammer; das Bestrahlen der Abgase und des nicht-umgesetzten Alkali-Reagens mit ionisierender Strahlung in der Bestrahlungskammer, wodurch bewirkt wird, daß das nicht-umgesetzte Alkali-Reagens gasförmige Schwefeloxide und/oder Stickstoffoxide in Nebel und/oder feste Teilchen umwandelt; und die Durchführung einer Teilchensammlung bei dem bestrahlten Abgas in einer Teilchensammeleinrichtung. Das Kühlen der Abgase erfolgt durch Verdampfungskühlung von in die Abgase stromabwärts von dem Verbrennungs-Boiler und stromaufwärts von der Bestrahlungs-Kammer injiziertem Wasser. Bei dem Verfahren werden mindestens 90 % Schwefeldioxid- und Stickstoffoxid-Gasschadstoffe aus den Abgasen entfernt. Das Alkali-Reagens wird nur in den Verbrennungs-Boiler injiziert. Die Temperatur der Abgase, die den Teilchensammeleinrichtungen zugeführt werden, liegt unter 93 °C (200 °F). Zwischen 50 und 60 % des Schwefeldioxids in den Abgasen wird in dem Verbrennungs-Boiler umgesetzt, 25 bis 40 % des Schwefeldioxids wird zwischen dem Verdampfungskühler und dem Sammler umgesetzt und 60 % des restlichen nicht-umgesetzten Schwefeldioxids wird in der Bestrahlungskammer in Schwefelttrioxid umgewandelt. Mindestens 90 % der nicht-umgesetzten Stickstoffoxide werden in der Bestrahlungskammer in Salpetersäure umgewandelt. Das Alkali-Reagens besteht im wesentlichen aus einem Vertreter der folgenden Gruppe: Kalk, Kalkstein, Natriumverbindungen, Magnesiumverbindungen oder Mischungen davon. Bei der ionisierenden Strahlung kann es sich um Elektronenstrahlen handeln. Die Teilchensammlung umfaßt die elektrostatische Präzipitation. Das Alkali-Reagens reagiert in dem Verbrennungs-Boiler und in der Kühlstufe unter Bildung von CaSO_3 und in der Bestrahlungskammer reagiert es unter Bildung von CaSO_4 .

Die obengenannten und weiteren Merkmale der vorliegenden Erfindung gehen aus der nachfolgenden

detaillierten Beschreibung hervor, die in Verbindung mit der beiliegenden Zeichnung zu sehen ist, wobei die Zeichnung eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens zeigt.

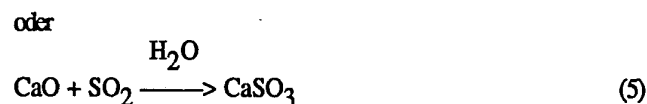
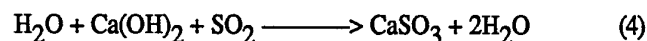
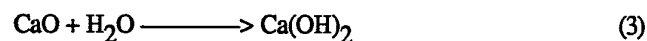
Unter Bezugnahme auf die Zeichnung wird nachstehend ein bevorzugtes Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung näher beschrieben. Die Zeichnung zeigt insbesondere einen Boiler (10), in den Kohle und Kalkstein eingeführt werden. Die Kohle und der Kalkstein werden insbesondere in eine Verbrennungszone innerhalb des Boilers (10) eingeführt. Anstatt pulverisierte Kohle in den Boiler (10) einzuführen, kann alternativ auch ein flüssiger Kohlenwasserstoff-Brennstoff verwendet werden. Anstelle des Kalksteins, der als Alkali-Reagens in den Boiler eingeführt wird, können auch Kalk, Natriumverbindungen, Magnesiumverbindungen oder Mischungen davon verwendet werden.

Die Einführung des Kalksteins zusammen mit der pulverisierten Kohle in den Verbrennungs-Boiler (10) führt zu den folgenden Reaktionen:



Da überschüssiger Kalkstein in den Boiler eingeführt wird, werden weniger als 50 % des CaO in der Verbrennungszone verbraucht. Das nicht-umgesetzte Alkali wird in dem Abgas durch den Wärmeaustauscher (12) und den Luftvorwärmer (14) mitgenommen. Das Abgas, welches das CaSO₃-Reaktionsprodukt und nicht-umgesetztes Alkali enthält, hat eine Temperatur von mindestens etwa 163 °C (325 °F). Das Gas und die damit assoziierten Teilchen werden in eine Kühlstufe (16) eingeführt, die zur Konditionierung des Abgases für die weitere Verarbeitung und zusätzlich für den Verbrauch weiterer Mengen des nicht-umgesetzten Alkali angewendet wird.

Wie in der Zeichnung dargestellt, wird in der Kühlstufe (16) eine direkte Zugabe von Wasser angewendet zur Erzielung von Verfahrensbedingungen, unter denen die folgenden Reaktionen ablaufen:

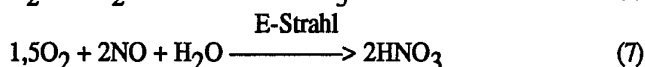
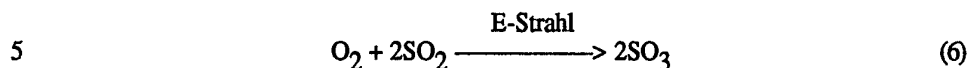


Wie in der Boiler-Injektionsstufe wird nicht das gesamte CaO, das in diese Anfeuchtungs- und Kühlstufe gelangt, verbraucht. Der Grad der Kühlung, die Teilchenkonzentration und die Verweildauer für die Reaktion beeinflussen die Menge an SO₂, die entfernt wird. Es wird angenommen, daß eine zusätzliche Entfernung von bis zu 25 oder 40 % in dem Temperaturbereich von 71 bis 88 °C für die die Kühlstufe verlassenden Abgase erzielt werden kann.

Zur weiteren Ausnutzung des restlichen nicht-umgesetzten Alkali werden die Abgase in eine ionisierende Bestrahlungs-Kammer, wie z. B. eine Elektronenstrahl-Kammer (18), eingeführt. Wie dargestellt, beträgt die Temperatur des in die Elektronenstrahl-Kammer (18) eintretenden Gases etwa 71 °C. Diese Temperatur sollte mindestens unter 100 °C liegen und es ist sehr bevorzugt, daß die Kühlstufe (16) das Gas auf eine Temperatur zwischen etwa 60 und 75 °C abkühlt. Da der Elektronenstrahl-Reaktor (18) die Schadstoffe bei tieferen Temperaturen und höheren Feuchtigkeitsgehalten wirksamer entfernt, ist es leicht verständlich, daß in der Kühlstufe (16) das Gas für den optimalen Betrieb der Elektronenstrahl-Kammer (18) konditioniert ist. Daher können Dosen zwischen etwa 0,5 und 2,0 Megarad für die Elektronenstrahl-Behandlung anstelle der häufig erforderlichen höheren Dosierungen angewendet werden. Die Elektronenenergie sollte etwa 0,5 bis 1,0 meV betragen.

Die nicht-umgesetzten Alkali-Reagentien, die in die Elektronenstrahl-Kammer (18) gelangen, reagieren mit den Feststoffteilchen und/oder dem Säurenebel, die (der) sich innerhalb des Elektronenstrahl-Reaktors gebildet haben (hat). Das heißt, der Teil des in dem Boiler (10) eingeführten Kalksteins, der noch nicht mit den Schadstoffen reagiert hat, reagiert mit dem Säurenebel und/oder den Feststoffteilchen, die beim Auftreffen des Elektronenstrahls auf das Schwefeldioxid und die Stickstoffoxide gebildet werden. Dadurch wird der Wirkungsgrad der Reagens-Ausnützung stark optimiert und dies unterstützt die Trockenhaltung der Elektronenstrahl-Kammer, wodurch die Korrosion an der Elektronenstrahl-Kammer minimal gehalten wird. Außerdem reagieren der Säurenebel und/oder die Feststoffteilchen, die durch die ionisierende Strahlung gebildet werden, mit dem Reagens in situ innerhalb der Kammer (18), wodurch es nicht mehr erforderlich ist, eine getrennte Stufe in dem System vorzusehen für die Behandlung des Säurenebels und/oder der Feststoffteilchen, die durch die Bestrahlung gebildet werden.

Die Reaktionen, die innerhalb der Elektronenstrahl-Kammer auftreten, sind sehr komplex und noch nicht völlig geklärt, es wird jedoch angenommen, daß sie die folgenden Reaktionen umfassen:



Das Abgas aus der Elektronenstrahl-Kammer (18) wird in eine Teilchensammeleinrichtung, beispielsweise einen elektrostatischen Präzipitator (20), eingeführt. Alternativ kann ein Gewebefilter verwendet werden. Die Temperatur des in den elektrostatischen Präzipitator eingeführten Gases liegt vorzugsweise unter 93 °C und es wird ein bevorzugter Wert von etwa 71 °C angewendet, wie in der Zeichnung dargestellt. Die tiefere Temperatur und der höhere Feuchtigkeitsgehalt beim Betrieb des elektrostatischen Präzipitators (20) (oder des Gewebefilters) führen zu einem wirksameren Arbeitsgang bei der Teilchensammlung.

Es sei darauf hingewiesen, daß durch die verhältnismäßig niedrigen Dosen in der Elektronenstrahl-Kammer (18) die Temperatur des Abgases nur minimal erhöht wird. Die in den Zeichnungen dargestellten Temperaturen sind etwas idealisiert insofern, als die Temperatur des die Elektronenstrahl-Kammer (18) verlassenden Gases mindestens etwas höher ist als die Temperatur des in die Kammer eintretenden Gases.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird eine Schwefeldioxidentfernung (d. h. eine Umsetzung mit dem CaO) innerhalb des Bereiches von 50 bis 60 % in dem Boiler (10) erreicht. Weitere 25 bis 40 % des Schwefeldioxids reagieren mit dem CaO in der Kühl- und Anfeuchtungsstufe (16) und in dem Sammler (20). Etwa 60 % des nicht-umgesetzten Schwefeldioxids können in Schwefeltrioxid umgewandelt werden und 90 % der Stickstoffoxide können in Salpetersäure umgewandelt werden in der Elektronenstrahl-Kammer (18). Das das Teilchensammelsystem verlassende Rauchgas (Abgas) ist praktisch frei von NO, NO₂ und SO₂. Praktisch alle festen Reaktionsprodukte, das nicht-verbrauchte Alkali und die Flugasche werden in der Teilchensammeleinrichtung, beispielsweise dem elektrostatischen Präzipitator (20), entfernt.

Der Gesamteffekt des erfindungsgemäßen kombinierten Systems, der angestrebt wird, besteht darin, die Schwefeldioxid- und Stickstoffoxid-Konzentrationen um mehr als 90 % zu verringern. Der Wirkungsgrad der Säuregas-Entfernung kann auf höhere Werte verbessert werden durch Einstellung der Reaktionszeit, der Reaktionstemperatur und des restlichen Alkali, um einen maximalen Effekt zu erreichen. Besonders vorteilhaft ist es, daß das Reagens in einer einzigen Stufe in dem Verfahren (d. h. in dem Boiler (10)) injiziert und für die Umsetzung mit dem Schwefeldioxid unter drei Bedingungen in drei getrennten Stufen verwendet werden kann: Unter dem Einfluß von Wärme innerhalb des Boilers (10), zusammen mit Wasser in der Kühl/Anfeuchtungs-Stufe (16) und unter dem Einfluß ionisierender Strahlung in der Elektronenstrahl-Kammer (E-Kammer) (18). Wie in den obigen Gleichungen angegeben, führen die ersten beiden Bedingungen dazu, daß aus dem Schwefeldioxid CaCO₃ gebildet wird, während die zuletzt genannte Bedingung zur Bildung von CaSO₄ führt.

Die vorliegende Erfindung wurde zwar anhand verschiedener Details beschrieben, es ist jedoch selbstverständlich, daß diese nur der Erläuterung der Erfindung dienen. Vom Fachmann können verschiedene Modifikationen und Abänderungen leicht durchgeführt werden. Der Schutzbereich der vorliegenden Erfindung wird daher durch die nachfolgenden Ansprüche bestimmt.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Entfernung von Schadstoffen, die umfassen mindestens Schwefeloxide und/oder Stickstoffoxide, aus Abgas, das die folgenden Stufen umfaßt:

(a) Einführen eines Alkali-Reagens in die Verbrennungszone eines Verbrennungs-Boilers, der durch einen Brennstoff befeuert wird, der ausgewählt wird aus der Gruppe pulverisierte Kohle, flüssiger Kohlenwasserstoff oder Mischungen davon, wobei ein Teil des Alkali-Reagens mit den Schwefeloxiden in dem Abgas reagiert unter Bildung eines Reaktionsprodukts;

(b) Abführen der Abgase und des nicht-umgesetzten Alkali aus dem Verbrennungs-Boiler und Einführen in eine

Kühlstufe und Kühlen der Abgase und des nicht-umgesetzten Alkali-Reagens auf eine Temperatur unter 93 °C, so daß eine zusätzliche Menge des Alkali-Reagens mit den Schwefeloxiden in dem Abgas reagiert unter Bildung eines Reaktionsprodukts;

- (c) Einleiten des gekühlten Abgases und des restlichen nicht-umgesetzten Alkali-Reagens in eine Bestrahlungs-Kammer;
 - (d) Bestrahlen des Abgases und des nicht-umgesetzten Alkali-Reagens mit ionisierender Strahlung in der Bestrahlungs-Kammer, wobei das nicht-umgesetzte Alkali-Reagens bewirkt, daß gasförmige Schwefeloxide und/oder Stickstoffoxide in einen Nebel und/oder in Feststoffteilchen umgewandelt werden; und
 - (e) Durchführung einer Teilchensammlung mit dem bestrahlten Abgas in einer Teilchensammeleinrichtung.
2. Verfahren nach Anspruch 1, worin das Kühlen des Gases bewirkt wird durch Verdampfungskühlung von Wasser, das stromabwärts von dem Verbrennungs-Boiler und stromaufwärts von der Bestrahlungs-Kammer in das Abgas injiziert wird.
 3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem bis zu oder mindestens 90 % Schwefeldioxid- und Stickstoffoxid-Gasschadstoffe aus dem Abgas entfernt werden.
 4. Verfahren nach Anspruch 3, worin das Alkali-Reagens nur in den Verbrennungs-Boiler eingeführt wird.
 5. Verfahren nach Anspruch 4, worin die Temperatur des in die Teilchensammeleinrichtung eingeführten Abgases unter 93 °C liegt.
 6. Verfahren nach Anspruch 5, worin 50 bis 60 % des Schwefeldioxids in dem Abgas in dem Verbrennungs-Boiler umgesetzt werden, 25 bis 40 % des Schwefeldioxids zwischen dem Verdampfungskühler und der Sammeleinrichtung umgesetzt werden und 60 % des restlichen nicht-umgesetzten Schwefeldioxids in der Bestrahlungskammer in Schwefeltrioxid umgewandelt werden.
 7. Verfahren nach Anspruch 6, worin mindestens 90 % der nicht-umgesetzten Stickstoffoxide in der Bestrahlungskammer in Salpetersäure umgewandelt werden.
 8. Verfahren nach Anspruch 7, worin das Alkali-Reagens im wesentlichen besteht aus einem Vertreter der Gruppe:
Kalk,
Kalkstein,
Natriumverbindungen,
Magnesiumverbindungen,
oder Mischungen davon.
 9. Verfahren nach Anspruch 8, worin die ionisierende Strahlung eine Elektronenstrahl-Bestrahlung ist.
 10. Verfahren nach Anspruch 9, worin die Teilchensammlung die elektrostatische Präzipitation umfaßt.
 11. Verfahren nach Anspruch 2, worin das Alkali-Reagens im wesentlichen besteht aus einem Vertreter der Gruppe:
Kalk,
Kalkstein,
Natriumverbindungen,
Magnesiumverbindungen,
oder Mischungen davon und worin die ionisierende Strahlung eine Elektronenstrahl-Bestrahlung ist.
 12. Verfahren nach Anspruch 2, worin das Alkali-Reagens in dem Verbrennungs-Boiler und in der Kühlstufe reagiert unter Bildung von CaSO_3 und in der Bestrahlungskammer reagiert unter Bildung von CaSO_4 .

Hiezu 1 Blatt Zeichnung

