

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



11 Veröffentlichungsnummer: **0 521 522 A2**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **92111336.1**

51 Int. Cl.⁵: **F23D 14/22, F23D 14/32**

22 Anmeldetag: **03.07.92**

30 Priorität: **05.07.91 DE 4122253**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.01.93 Patentblatt 93/01

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE DE ES FR GB IT NL PT

71 Anmelder: **Linde Aktiengesellschaft**
Abraham-Lincoln-Strasse 21
W-6200 Wiesbaden(DE)

72 Erfinder: **Stutzenberger, Werner, Dr., Dipl.-Ing.**
Wolfratshauser Strasse 32
W-8000 München 70(DE)
Erfinder: **Lissack, Wilfried, Dipl.-Ing.**
Römerstrasse 20
W-8023 Höllriegelskreuth(DE)
Erfinder: **Czajka, Erich, Dipl.-Ing.**
Margaritenstrasse 20
W-8190 Wolfratshausen(DE)
Erfinder: **Herfeld, Arne, Dipl.-Ing.**
Mitterfeldstrasse 1
W-8201 Riedering-Mitterfeld(DE)

74 Vertreter: **Schaefer, Gerhard, Dr.**
Linde Aktiengesellschaft Zentrale
Patentabteilung
W-8023 Höllriegelskreuth(DE)

54 **Brenner mit reduzierter Schadstoffemission.**

57 Es wird ein Brenner zur schadstoffarmen Verbrennung eines Brennstoffs mit einem Oxidationsmittel vorgeschlagen, wobei erfindungsgemäß das Ende eines jeden Zuleitungskanals für den Brennstoff um eine Strecke der Länge L über das Ende eines jeden Zuleitungskanals für das Oxidationsmittel überstehend angebracht ist. Damit können Stufenverbrennung sowie Ansaugen von Ofenabgasen zur Reduzierung der Flammentemperatur realisiert werden, um insbesondere die Bildung von Stickoxiden zu vermeiden. Durch konische Verbreiterung der Außenseite des Endstückes dieses Zuleitungskanals läßt sich die Schadstoffemission weiter vermindern.

EP 0 521 522 A2

Brenner, die eine reduzierte Emission an Schadstoffen, insbesondere an den umweltschädlichen Stickoxiden, aufweisen sollen, müssen einer Verbrennungstechnik angepaßt sein, die die Entstehung solcher Schadstoffe herabzusetzen sucht.

Stickoxide entstehen beim Verbrennungsvorgang im wesentlichen aus dem in der Luft vorhandenen molekularen Stickstoff und aus dem im Brennstoff gebundenen Stickstoff. Thermisches Stickoxid entsteht im Bereich der Flammenwurzel oder in heißen Flammenzonen bei Temperaturen oberhalb 1300 °C aus dissoziierten Sauerstoff- und Stickstoff-Molekülen. Die thermische NO_x-Bildung ist von der Konzentration des molekularen Stickstoffs sowie des dissoziierten Sauerstoffs und stark von der Temperatur abhängig. Für die Brennstoff-/NO_x-Bildung ist in erster Linie die Sauerstoffkonzentration der Verbrennungsluft bzw. des Oxidationsgases maßgebend. Somit ist in beiden Fällen die Luftzahl λ eine Haupteinflußgröße.

Untersuchungen zeigen, daß die Konzentration der Stickoxide mit der Ofenraumtemperatur steigt sowie exponentiell mit der Verbrennungslufttemperatur, ein Maximum im nahstöchiometrischen Verbrennungsbereich (Luftzahl λ ungefähr 1,1) besitzt und zum unter- und überstöchiometrischen Bereich ($\lambda = 0,6$ bzw. $\lambda = 1,6$) hin stark absinkt. Die Konzentration der Stickoxide kann durch Rezirkulation der Abgase gesenkt werden, wobei die NO_x-Minderung exponentiell mit dem zurückgeführten Abgasstrom zusammenhängt (Gas Wärme International 38, (1989), Heft 10, Dezember).

In der Verbrennungstechnik wird zur Reduktion der Stickoxide eine Erniedrigung der Sauerstoff- und Stickstoff-Partialdrücke und der Verbrennungstemperatur angestrebt.

Als Oxidationsgas werden deshalb sauerstoffangereicherte Luft oder reiner Sauerstoff verwendet, um das Angebot an Stickstoff zu minimieren. Dies hat jedoch höhere Flammentemperaturen und einen höheren Sauerstoff-Partialdruck zur Folge. Zur Senkung des Sauerstoffangebots macht man von der Rückführung ausgebrannter Abgase in die Verbrennungsluft bzw. das Oxidationsgas Gebrauch, wodurch einerseits der Sauerstoffgehalt durch Verdünnung reduziert wird, andererseits die Verbrennungstemperatur aufgrund des Abgasballastes abgesenkt wird, der der Flamme Wärme entzieht. Effizient ist hierbei die Zufuhr abgekühlter Abgase in den Bereich der Flammenwurzel.

Auch kühlende Brennereinsätze kommen zur Erniedrigung der Flammentemperatur zur Anwendung. Geeignet zum gleichen Zweck ist auch die Stufenverbrennung (Gas Wärme International, 39 (1990), Heft 6, Juni). Kühlende Brennereinsätze, die in die Flamme eingebracht werden, müssen bestimmte Geometrien aufweisen, aus besonderen Materialien gefertigt sein und exakt am Brenner

angebracht werden. Sind diese Brennereinsätze nicht optimal an den Brenner und die Verbrennung angepaßt, kann es entweder nur zu einer mangelnden Kühlung der Flamme ohne wesentliche NO_x-Minderung oder aber zu einer zu starken Senkung der Flammentemperatur kommen, womit eine hohe CO-Emission verbunden ist.

Brenner zur Stufenverbrennung weisen stromabwärts, d.h. in Flammenrichtung, gezogene Zuleitungskanäle für die Verbrennungsluft bzw. das Oxidationsgas auf, die durch Primärluftöffnungen im unteren brennernahen Teil den Zutritt einer nur geringen Sauerstoffmenge, im oberen Teil durch Sekundär- und Tertiärluftöffnungen den Zutritt der nahstöchiometrischen Verbrennung entsprechenden Sauerstoffmenge erlauben. Die Flammentemperatur bleibt dadurch weit unterhalb der bei einstufiger Verbrennung auftretenden.

Diese mit sogenannten "Sekundärluft-Hindernissen" in den Zufuhrkanal für die Verbrennungsluft verwirklichte Stufenverbrennung hat die Nachteile, daß diese Hindernisse, die den Brenner in Form einer Ummantelung umgeben, starker Hitze einwirkung ausgesetzt sind, da sie stromabwärts von der Brenngasöffnung liegen, und daß die Form der Ummantelung starken Einfluß auf die CO-Emission hat, die jeweils vor Einsatz des Brenners bestimmt werden muß und viele Ausführungsformen wegen zu hohen CO-Emissionen unbrauchbar macht.

Aufgabe vorliegender Erfindung ist es folglich, einen verbesserten Brenner zu entwickeln, der die geschilderten Möglichkeiten zur Reduktion von Schadstoffen optimal auszunutzen gestattet und die genannten Nachteile bekannter Brennerausführungen vermeidet.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das Ende eines jeden Zuleitungskanals für den Brennstoff um eine Strecke der Länge L über das Ende eines jeden Zuleitungskanals für den Sauerstoff oder das sauerstoffhaltige Gas überstehend angebracht ist.

Der erfindungsgemäße Brenner besteht beispielsweise aus einem zentralen Zuleitungskanal für den Brennstoff und mehreren, diesen konzentrisch umgebenden Zuleitungskanälen für das sauerstoffhaltige Oxidationsgas. Dadurch, daß der Zuleitungskanal für den Brennstoff überstehend angebracht ist, können diese aus den einzelnen Düsen austretenden Oxidationsgasstrahlen durch die entstehende Saugwirkung dieser Strahlen vor der Mischung mit dem Brennstoffstrahl Abgase des Ofenraums, also auch inerte Verbrennungsprodukte, ansaugen. Je länger die überstehende Strecke des Brennstoff-Zuleitungskanals, desto stärker wird der Sauerstoff-Partialdruck aufgrund der eintretenden Verdünnung vermindert.

Diese sich stromabwärts verbreiternden sauer-

stoffhaltigen Strahlen, die den zentralen Brennstoffstrahl beispielsweise umgeben, sichern außerdem lange Mischungswege, die eine gleichmäßige Durchmischung von Brennstoff und Oxidationsgas garantieren und die Bildung von "hot spots", d.h. heißen Flammenzonen, vermeiden.

Weiterhin kann durch das Ansaugen inerte Verbrennungsprodukte die Flammentemperatur gesenkt und über einen großen Bereich eine unterstöchiometrische Verbrennung gewährleistet werden, wodurch insgesamt wirkungsvoll einer Stickoxidbildung entgegengewirkt wird.

Vorteilhaft wirkt sich aus, wenn die Länge L der überstehenden Strecke des Zuleitungskanals für den Brennstoff ein Vielfaches, vorzugsweise mindestens das 8-fache, des Durchmessers d_h des Zuleitungskanals für den Sauerstoff oder das sauerstoffhaltige Gas beträgt.

Bei einem üblichen Abstand der Zuleitungskanäle für das Oxidationsgas vom Zuleitungskanal für den Brennstoff von etwa dem 1- bis 3-fachen des Durchmessers d_h der Oxidationsgaskanäle ergibt sich bereits bei einer Länge L der überstehenden Strecke, die das 8-fache des Durchmessers d_h beträgt, eine stark einsetzende Absenkung der emittierten Stickoxide. Eine zunehmende Absenkung tritt mit steigender Länge L auf.

Unter dem Durchmesser d_h ist hier und im folgenden der sogenannte hydraulische Durchmesser der Öffnungen der Zuleitungskanäle für das Oxidationsgas gemeint. Dieser hydraulische Durchmesser errechnet sich aus dem Vierfachen der Querschnittsfläche A geteilt durch den Umfang U der Zuleitungskanäle, also $d_h = 4A/U$. Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, daß auch Zuleitungskanäle, die keinen kreisrunden Öffnungsquerschnitt aufweisen, zum Einsatz kommen können.

In einer vorteilhaften Variante ist das Endstück eines jeden Zuleitungskanals für den Brennstoff an seiner Außenseite sich konisch verbreiternd ausgebildet.

Dieses verbreiterte Endstück stellt ein Hindernis für den mit großem Impuls austretenden Oxidationsgasstrahl dar, an dem ein Teil dieses Strahls abgebremst wird. Diese Impulsverminderung und die gleichzeitig auftretende Verwirbelung erhöht die Qualität der Durchmischung des Brennstoffs mit dem Oxidationsgas und die Stabilität der Flamme.

Vorzugsweise beträgt der Durchmesser D am Ende des konisch verbreiterten Endstücks eines jeden Zuleitungskanals für den Brennstoff mindestens das 1,3-fache des inneren Durchmessers d_g des Zuleitungskanals für den Brennstoff. Im Falle nichtkreisrunder Querschnitte sind diese Durchmesser wieder als hydraulische Durchmesser zu verstehen.

Um das Prinzip der Stufenverbrennung noch stärker umzusetzen, ist es dabei von Vorteil, wenn

durch das konisch verbreiterte Endstück eines jeden Zuleitungskanals für den Brennstoff eine oder mehrere Bohrungen geführt sind.

Durch diese Bohrungen wird ein kleiner Teil des an dem verbreiterten Endstück des Brennstoff-Zuleitungskanals vorbeiströmenden Oxidationsgases hindurchgeleitet, der dann direkt auf den Brennstoffstrahl am Brennermund trifft. Die Menge an Sauerstoff, die durch diese Bohrungen tritt, wird durch den Durchmesser der Bohrungen festgelegt und derart bemessen, daß direkt an der Flammenwurzel eine unterstöchiometrische Verbrennung eintritt. Die Flamme wird stabil am Brennermund gehalten und brennt dort mit niedriger Flammentemperatur.

Der am verbreiterten Endstück umgelenkte Teil des Oxidationsgasstrahles mischt sich schließlich mit dem restlichen Brennstoff in der austretenden Flamme und verbrennt diesen mit stromabwärts zunehmender Luftzahl λ . Der Hauptteil der Flamme brennt dann nahstöchiometrisch (λ ungefähr 1,05) mit niedrigeren Flammentemperaturen als bei einstufiger Verbrennung.

Der erfindungsgemäße Brenner erlaubt es, die zur Stickoxidreduzierung bekannten Verfahren, wie Stufenverbrennung, Abgasrezirkulation, Senkung der Verbrennungstemperatur, gleichmäßige Durchmischung von Brennstoff und Oxidationsgas mittels der geschilderten Merkmale gleichzeitig zu verwirklichen und eignet sich deshalb hervorragend zur Ofenbefuerung unter Einhaltung der verschärften Grenzwerte für Stickoxide und Kohlenmonoxid.

Im folgenden soll ein Ausführungsbeispiel den Einsatz des erfindungsgemäßen Brenners beschreiben.

In der Figur 1 ist schematisch der Durchschnitt einer Seitenansicht einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Brenners dargestellt.

Figur 2 zeigt die Ansicht auf den Brennermund.

In der Aufsicht der Figur 2 erkennt man den in diesem Beispiel zentral angeordneten Zuleitungskanal 1 für den Brennstoff, die um diesen konzentrisch angeordneten fünf Zuleitungskanäle 2 für das Oxidationsgas und die ebenfalls fünf Bohrungen 3 durch das verbreiterte Endstück des Zuleitungskanals 1. Die Anzahl und die geometrische Form sämtlicher Zuleitungskanäle 1 und 2 und Bohrungen 3 können je nach gewünschtem Einsatz verändert werden.

Figur 1 zeigte eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Brenners mit dem zentralen Zuleitungskanal 1 für den Brennstoff Erdgas und diesen umgebenden Zuleitungskanälen 2 für das Oxidationsgas, als welches Sauerstoff eingesetzt wird. Der Zuleitungskanal 1 überragt erfindungsgemäß die Enden der Zuleitungskanäle 2 um eine Strecke der Länge L. Als Länge L wird in diesem Fall etwa der 19-fache Wert des Durchmessers d_h der Zulei-

tungskanäle 2 gewählt.

Die Bohrungen 3 sind durch die sich konisch erweiternde Außenseite des Endstücks des Zuleitungskanals 1 für den Brennstoff geführt und erlauben den Durchstrom einer begrenzten Menge an Oxidationsgas, das aus den Zuleitungskanälen 2 strömt. Der Durchmesser D am Ende des konisch verbreiterten Endstücks beträgt etwa das 2,5-fache des inneren Durchmessers d_g des Zuleitungskanals 1.

Auf dem Weg zum Endstück des Zuleitungskanals 1 saugen die aus den Zuleitungskanälen 2 austretenden Sauerstoffstrahlen abgekühlte Verbrennungsabgase, die am Flammenende entstehen, an und sorgen somit für eine Rezirkulation von Verbrennungsprodukten im Ofen. Der durch die Bohrungen 3 strömende Teil diesem Oxidationsgases vermischt sich am Brennermund mit dem Brennstoff Erdgas, und dieses Gemisch verbrennt dort unterstöchiometrisch.

Der restliche, am Endstück des Zuleitungskanals 1 für den Brennstoff vorbeiströmende Teil des sich stromabwärts verbreiternden Oxidationsgasstrahles vermischt sich mit dem unvollständig verbrannten Brennstoff in der Flamme und verbrennt diesen schließlich vollständig. Durch die angesaugten inerten Verbrennungsprodukte, die der Flamme Wärme entziehen, erreicht man eine weitere Herabsetzung der Flammentemperatur. Gleichzeitig kann durch diese Anordnung die zur NO_x -Emissionsminderung erwünschte Stufenverbrennung realisiert werden.

Bei extrem hohen Temperaturen, die die thermische Beständigkeit des Brennermaterials gefährden, kann eine Kühlung des Zuleitungskanals 1 für den Brennstoff erfolgen.

Der Einsatz des erfindungsgemäßen Brenners erzeugt eine langgezogene, gelbe, weiche Flamme mit gleichmäßiger Temperaturverteilung ohne "hot spots". Im Endbereich brennt die Flamme mit einer Luftzahl von 1,05. Die zurückgesaugten abgekühlten Verbrennungsprodukte und die gestufte Verbrennung sorgen für eine niedrige Temperatur an der Flammenwurzel. Die Stufenverbrennung läßt sich beim erfindungsgemäßen Brenner mit sehr viel geringeren Längenabmessungen verwirklichen als dies bisher möglich war. Ein weiterer Vorteil ist der geräuscharme Verbrennungsbetrieb.

Abgasmessungen beim Betrieb des erfindungsgemäßen Brenners bei einer Feuerungsleistung von 1 MW ergeben rund 180 mg NO_x/Nm^3 Abgas und etwa 40 mg CO bei einer Ofenraumtemperatur von etwa 1200 °C und einem Sauerstoffgehalt im Abgas von ca. 5%. Eine deutliche Unterschreitung der entsprechenden TA-Luft-Grenzwerte ist hiermit sichergestellt.

1. Brenner zur Verbrennung eines Brennstoffs mit Sauerstoff oder einem sauerstoffhaltigen Gas mit mindestens einem Zuleitungskanal für den Sauerstoff oder das sauerstoffhaltige Gas und mindestens einem Zuleitungskanal für den Brennstoff, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Ende eines jeden Zuleitungskanals (1) für den Brennstoff um eine Strecke der Länge L über das Ende eines jeden Zuleitungskanals (2) für den Sauerstoff oder das sauerstoffhaltige Gas überstehend angebracht ist.
2. Brenner nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Länge L der überstehenden Strecke des Zuleitungskanals (1) für den Brennstoff ein Vielfaches, vorzugsweise mindestens das 8-fache, des Durchmessers d_h des Zuleitungskanals (2) für den Sauerstoff oder das sauerstoffhaltige Gas beträgt.
3. Brenner nach den Ansprüchen 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Endstück eines jeden Zuleitungskanals (1) für den Brennstoff an seiner Außenseite sich konisch verbreiternd ausgebildet ist.
4. Brenner nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Durchmesser D am Ende des konisch verbreiterten Endstücks eines jeden Zuleitungskanals (1) für den Brennstoff mindestens das 1,3-fache des inneren Durchmessers d_g dieses Zuleitungskanals (1) beträgt.
5. Brenner nach den Ansprüchen 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß durch das konisch verbreiterte Endstück eines jeden Zuleitungskanals (1) für den Brennstoff eine oder mehrere Bohrungen (3) geführt sind.

Patentansprüche

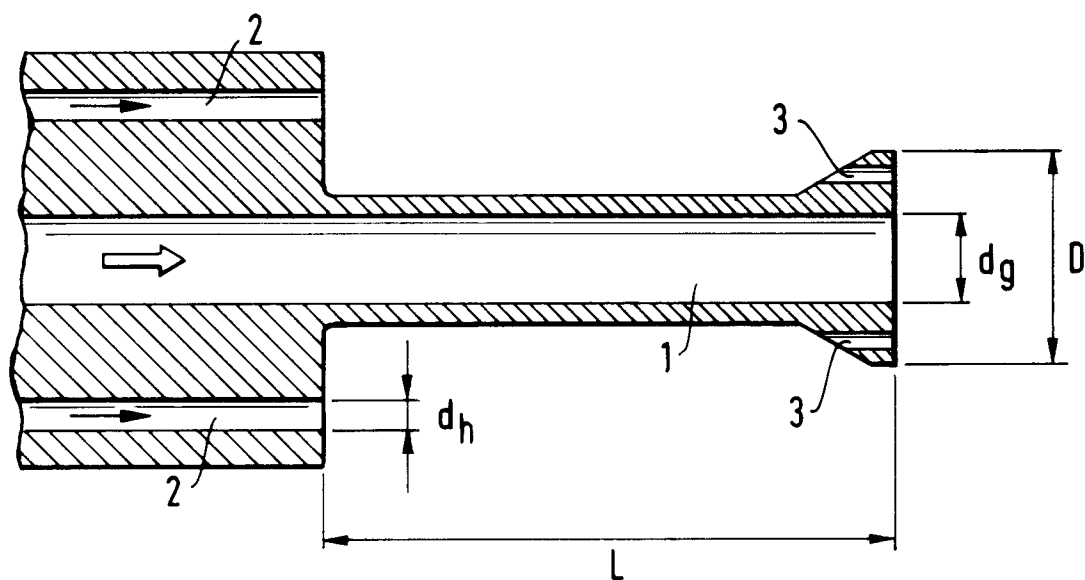


Fig. 1

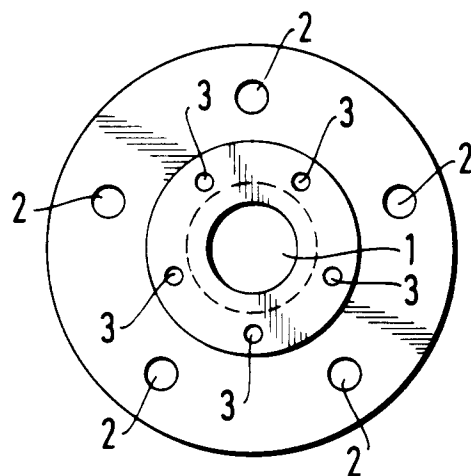


Fig. 2