



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 CH 688 838 A5

51 Int. Cl.⁶: F 23 C 006/04
F 23 C 007/00
F 23 D 011/40
F 23 D 014/62

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 00021/94

22 Anmeldungsdatum: 05.01.1994

30 Priorität: 02.02.1993 DE A4302847.0

24 Patent erteilt: 15.04.1998

45 Patentschrift veröffentlicht: 15.04.1998

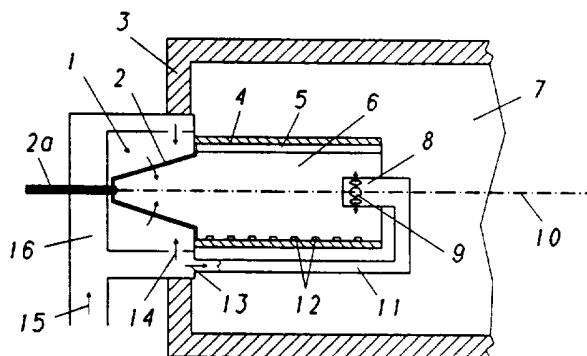
73 Inhaber:
ABB Research Ltd, 8050 Zürich 11
Zustelladresse: ABB Management AG,
5401 Baden (CH)

72 Erfinder:
Haumann, Jürgen, Rekingen AG (CH)
Sattelmayer, Thomas, Mandach (CH)

74 Vertreter:
ASEA Brown Boveri AG,
Abt. TEI-Immaterialgüterrecht,
5401 Baden (CH)

54 Verfahren zur schadstoffarmen 2-Stufen-Verbrennung eines Brennstoffs sowie Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

57 Bei einem Verfahren zur schadstoffarmen 2-Stufen-Verbrennung eines Brennstoffs, bei welchem Verfahren der Brennstoff in einer ersten Stufe zunächst unter Zugabe von Primärluft (14) unterstöchiometrisch vorverbrannt wird, anschliessend die heissen Brenngase aus der ersten Stufe derart abgekühlt werden, dass sich bei der nachfolgenden vollständigen Verbrennung eine Abgastemperatur ergibt, bei welcher sich kaum oder gar keine Stickoxide bilden können, und schliesslich die abgekühlten Brenngase in einer zweiten Stufe unter Zumischen von Sekundärluft (13) vollständig nachverbrannt werden, wird eine Verringerung des Aufwandes dadurch erreicht, dass die Abkühlung der Brenngase durch eine passive Kühlung erfolgt.



Beschreibung

Verfahren zur schadstoffarmen 2-Stufen-Verbrennung eines Brennstoffs sowie Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Verbrennungstechnik. Sie betrifft ein Verfahren zur schadstoffarmen 2-Stufen-Verbrennung eines Brennstoffs, bei welchem Verfahren der Brennstoff in der ersten Stufe zunächst unter Zugabe von Primärluft understöchiometrisch vorverbrannt wird, wobei die heissen Brenngase in der ersten Stufe derart abgekühlt werden, dass sich bei der nachfolgenden vollständigen Verbrennung in der zweiten Stufe eine Abgastemperatur ergibt, bei welcher sich kaum oder gar keine Stickoxide bilden können, und die abgekühlten Brenngase in der zweiten Stufe unter Zumischen von Sekundärluft vollständig nachverbrannt werden. Sie betrifft auch eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Ein Verfahren der genannten Art ist z.B. aus der Deutschen Offenlegungsschrift DE-A1 3 707 773 bekannt.

Stand der Technik

In der Verbrennungstechnik schreitet die Entwicklung von Brennern, Brennkammern und allgemein Verbrennungsverfahren, welche sich durch einen möglichst geringen Ausstoss an Schadstoffen auszeichnen, immer weiter fort. Besondere Aufmerksamkeit wird dabei der Verminderung von Stickoxid-Emissionen geschenkt (sog. «Low-NO_x»-Verfahren). Sowohl bei den Brennkammern von Gasturbinenriebwerken (siehe dazu die DE-C2 3 149 581), als auch bei Brennkammern für sonstige Anwendungen (EPA1 0 243 506 bzw. EP-A1 0 073 265) werden dazu insbesondere 2stufige Verbrennungsverfahren benutzt, bei denen der Brennstoff (Gas und/oder Öl oder dgl.) zunächst in einer ersten Stufe unter Zugabe einer nicht ausreichenden Menge Primärluft understöchiometrisch vorverbrannt und die entstehenden heissen Brenngase anschliessend in einer zweiten Stufe unter Zumischung weiterer Sekundärluft vollständig nachverbrannt werden (sog. «Rich/Lean»-Verbrennungsprozess).

Für die Bildung von Stickoxiden ist in diesem Zusammenhang nicht nur die Qualität des eingesetzten Brennstoffes, d.h. insbesondere sein Stickstoffgehalt, von Bedeutung, sondern auch die Verweilzeit der Gase und die auftretenden Temperaturen in den einzelnen Zonen der Brennkammer. So kann einerseits durch eine Verlängerung der Verweilzeit der Brenngase in der ersten Stufe auf wenigstens einige Dutzend Millisekunden die NO_x-Emission abgesenkt werden (EP-A1 0 073 265). Andererseits lässt sich die NO_x-Emission durch eine Reduzierung der Flammentemperaturen vor allem in der zweiten Stufe verringern (EP-A1 0 243 506).

Es ist im Stand der Technik bereits verschiedentlich vorgeschlagen worden (Fig. 25 und 26 in der EP-A1 0 073 265, DE-C2 3 149 581 oder EP-A1

0 243 506), die Sekundärluft in einem um die Vorbrennkammer der ersten Stufe gelegten Mantel zur Nachbrennkammer der zweiten Stufe strömen zu lassen, um die Wandung der Vorbrennkammer zu kühlen. Obgleich hierdurch die heissen Brenngase der ersten Stufe vor der weiteren Erhitzung in der zweiten Stufe zwischengekühlt werden, wird eine an sich wünschenswerte Reduzierung der Flammentemperatur in der Nachbrennkammer nicht erreicht, weil die den heissen Brenngasen entzogene Wärme durch die aufgeheizte Sekundärluft dem Nachverbrennungsprozess wieder zugeführt wird.

Eine für die NO_x-Reduktion wirksame Zwischenkühlung wird nur dann erzielt, wenn die den heissen Brenngasen entzogene Wärme dem Verbrennungsprozess insgesamt entzogen und nach aussen abgegeben wird. In der EP-A1 0 073 265 (Fig. 1, Fig. 9) geschieht dies durch ein Wasserkühlung der Vorbrennkammer-Wandung, in der DE-A1 3 707 773 durch einen von einem kühleren Prozessmedium durchflossenen Wärmetauscher. Anstelle der Zwischenkühlung durch Wärmetauscher kann jedoch auch die Flammentemperatur direkt durch Injektion eines Wassernebels wirksam reduziert werden (Fig. 7 in EP-A1 0 243 506).

In allen Fällen handelt es sich um eine forcierte, aktive Kühlung, die sehr wirksam ist und vor allem bei Verbrennungsprozessen mit einer thermischen Leistung von mehr als 100 kW, insbesondere mehreren MW, sicherstellt, dass die dort anfallenden grossen Wärmemengen abgeführt werden können. Derartige aktive Kühlungen erfordern jedoch gleichzeitig einen hohen apparativen Aufwand (Wärmetauscher, Einspritzdüsen, Regelungen, Wasseranschluss, Kühlleitungen etc.), der bei Prozessen mit einer Leistung von weniger als 100 kW, wie sie beispielsweise in der Technik der Hausheizungen vorkommen, nicht tragbar ist. Insbesondere besteht bei den entsprechenden apparativen Vorrichtungen wegen des komplizierten Aufbaus auch nicht die Möglichkeit, bereits vorhandene Heizkessel auf einfache Weise mit einem schadstoffarmen 2-Stufen-Brenner nachzurüsten.

Darstellung der Erfindung

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur schadstoffarmen 2stufigen Verbrennung anzugeben, welches wirkungsvoll ist und sich mit geringem Aufwand realisieren lässt. Es ist weiterhin Aufgabe der Erfindung, eine entsprechende Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zu schaffen.

Die Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass die Abkühlung der Brenngase durch eine passive Kühlung erfolgt. Mit einer solchen passiven Kühlung, die beispielsweise auf der Abstrahlung von Wärme, Konvektion oder Festkörperwärmeleitung beruhen kann, lässt sich im Bereich kleinerer thermischer Leistungen (< 100 kW) eine wirksame und wenig aufwendige Kühlung realisieren, die ohne zusätzliche externe Anschlüsse auskommt.

Gemäss einer ersten bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens nach der Erfindung wird die Abkühlung der Brenngase hauptsächlich durch ther-

mische Abstrahlung bewirkt, wobei die heissen Brenngase in der ersten Stufe von einem Kühlmantel umgeben sind, welcher den Brenngasen Wärme entzieht und über thermische Abstrahlung an seine Umgebung abgibt. Hierdurch lässt sich insbesondere ein 2stufiger Brenner realisieren, der in sich eine kompakte Einheit bildet und problemlos in bereits bestehende Kessel eingebaut werden kann.

Eine zweite bevorzugte Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, dass die unterstöchiometrische Verbrennung in der ersten Stufe als Vormischverbrennung, vorzugsweise unter Verwendung eines Doppelkegelbrenners, durchgeführt wird. Durch die Vormischverbrennung wird nicht nur eine weitere Absenkung der NO_x-Emissionen erreicht, sondern auch eine Verringerung der Baugrösse des Brenners, weil die erforderlichen Verweilzeiten der Gase in der ersten Stufe verringert werden.

Die erfindungsgemässe Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zeichnet sich aus durch

(a) einen von einer Brennraumwandung umschlossenen Brennraum;

(b) eine in den Brennraum hineinragende Vorverbrennungsstufe mit einer Vorbrennkammer, welche seitlich von einer länglichen, zylindrischen Brennkammerwandung begrenzt wird, und welche eingangsseitig an einen Brenner angeschlossen ist und ausgangsseitig in den Brennraum mündet; und

(c) im Mündungsbereich der Vorbrennkammer angeordnete Mittel zum Zumischen der Sekundärluft, welche durch eine separate, von der Brennkammerwandung getrennte Sekundärluftzuleitung mit Sekundärluft versorgt werden.

Eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemässen Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass der Brenner ein Vormischbrenner, insbesondere ein Doppelkegelbrenner, ist.

Weitere Ausführungsformen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Kurze Erläuterung der Erfindung

Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden. Die einzige Figur zeigt im teilweisen Querschnitt den schematischen Aufbau einer 2stufigen Verbrennungsvorrichtung gemäss einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Weg zur Ausführung der Erfindung

In der einzigen Figur ist schematisch im teilweisen Querschnitt der Aufbau eines bevorzugten Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung nach der Erfindung wiedergegeben.

Die Vorrichtung geht aus von einem vorgegebenen Brennraum 7, der von einer (feuerfesten) Brennraumwandung 3 nach aussen begrenzt ist. Der Brennraum 7 kann beispielsweise zum Heizkessel einer Hausheizung oder dgl. gehören. In eine Öffnung in der Brennraumwandung 3 ist entlang einer Brennerachse 10 eine kompakte, modul-

artige und leicht ein- und ausbaubare Brenneinheit eingelassen, die im wesentlichen aus einer ausserhalb des Brennraums 7 angeordneten Luftzuführvorrichtung 16, einem Brenner 1, einer an den Brenner 1 anschliessenden Vorbrennkammer 6, welche in den Brennraum 7 mündet und im Mündungsbereich einen Zumischkopf 8 für die Sekundärluft umschliesst.

Der Brenner 1 ist zur weiteren Verringerung der Emissionen vorzugsweise als Vormischbrenner ausgebildet. Insbesondere ist er als sogenannter Doppelkegelbrenner mit einer Brennstofflanze 2a und einem Doppelkegel 2 ausgeführt. Aufbau und Funktionsweise eines solchen Doppelkegelbrenners können der eingangs genannten DE-A1 3 707 773 entnommen werden. Der für die Verbrennung erforderliche Brennstoff, der gasförmig oder auch flüssig (Heizöl) sein kann, wird dem Brenner 1 durch die Brennstofflanze 2a zugeführt. Der notwendige Sauerstoff tritt in Form von Luft 15 in die Luftzuführvorrichtung 16 ein und wird in eine Primärluft 14 und eine Sekundärluft 13 aufgeteilt. Die Primärluft 14 wird dem Doppelkegel 2 zugeführt, dort mit dem Brennstoff verwirbelt und für die unterstöchiometrische Vorverbrennung in der Vorbrennkammer 6 verwendet, welche die erste Stufe der Vorrichtung bildet. Die Sekundärluft 13 wird über eine separate Sekundärluftzuleitung 11 dem Zumischkopf 8 zugeführt und durch Sekundärluftdüsen 9 den heissen Brenngasen aus der Vorbrennkammer 6 zuge-mischt, um im anschliessenden Brennraum 7 als zweite Stufe die vollständige Nachverbrennung der Brenngase zu bewirken.

Der Brenner 1 steht mit der Vorbrennkammer 6 in Verbindung, die seitlich durch eine längliche, vorzugsweise zylindrische Brennkammerwandung 4 begrenzt ist. Die Brennkammerwandung 4 führt und begrenzt die aus dem Brenner 1 austretenden Flammen und heissen Brenngase. Die Brennkammerwandung 4 wird durch den Kontakt mit den heissen Brenngasen aufgeheizt und strahlt entsprechend von ihrer Aussenfläche Energie in Form von thermischer Strahlung ab, die von der sie umgebenden, wesentlich kälteren Brennraumwandung 3 absorbiert und als Wärme an die Umgebung abgegeben wird. Durch diesen Strahlungsaustausch wirkt die Brennkammerwandung 4 als Kühlmantel, der durch passive Kühlung die Temperatur der heissen Brenngase in der ersten Stufe so weit absenkt, dass nach Zumischung der Sekundärluft 13 die bei der Nachverbrennung in der zweiten Stufe erreichte Temperatur so niedrig ist, dass kein zusätzliches thermisches NO_x gebildet wird. Eine hinsichtlich der NO_x-Reduktion wirkungslose Abgabe der Wärme an die Sekundärluft 13 wird dabei weitgehend dadurch vermieden, dass die Sekundärluft 13 nicht die Brennkammerwandung 4 umströmt, sondern in der vollkommen getrennten Sekundärluftzuleitung 11 geführt wird.

Die (passive) Strahlungskühlung über die Brennkammerwandung 4 ist bei thermischen Leistungen unterhalb 100 kW so wirkungsvoll, dass bei einer angenommenen Aussentemperatur der Brennraumwandung von weniger als 250°C die Temperatur der heissen Brenngase, die am Eingang der Vor-

brennkammer 6 bei etwa 1600 bis 1800°C liegt, nach Durchlaufen der Kammer soweit reduziert ist, dass sich bei der Nachverbrennung hinter dem Zumischkopf 8 nur noch Temperaturen von etwa 1200 bis 1500°C einstellen, die hinsichtlich der Erzeugung von Stickoxiden weitgehend unkritisch sind.

Da die Brennkammerwandung 4 nicht aktiv gekühlt wird, nimmt sie Temperaturen von über 1000°C an. Sie muss daher aus einem hitzebeständigen Material bestehen. Vorzugsweise wird sie aus einer hitzefesten Keramik hergestellt. Wichtig für die passive Kühlung ist weiterhin ein guter Wärmeübergang zwischen den heissen Brenngasen in der Vorbrennkammer 7 und der Brennkammerwandung 4. Um diesen Wärmeübergang zu verbessern, können auf der Innenseite der Wandung Längsrippen 5 und/oder Querrippen 12 angeordnet sein (der besseren Übersichtlichkeit wegen sind in der Vorbrennkammer 6 der Figur in der oberen Hälfte nur eine Längsrippe 5 bzw. in der unteren Hälfte die Querrippen 12 nur durch ihren Querschnitt angedeutet). Weiterhin kann es von Vorteil sein, für die Brennkammerwandung 4 ein Material bzw. eine Beschaffenheit der Oberfläche zu wählen, welche ein besonders hohes Emissionsvermögen hinsichtlich der thermischen Abstrahlung gewährleistet.

Schliesslich ist es denkbar, den Brenner 1 und/oder den Zumischkopf 8 entlang der Brennerachse 10 relativ zur Brennkammerwandung 4 verschiebbar auszuführen. Auf diese Weise können die Verweilzeiten der Gase in den einzelnen Zonen bzw. die Verbrennungszonen verändert und an die jeweiligen Bedingungen optimal angepasst werden.

Insgesamt ergibt sich mit der Erfindung die Möglichkeit, für thermische Leistungen < 100 kW schadstoffarme Verbrennungsprozesse mit kompakten Brenneinheiten zu realisieren, die mit geringem Aufwand auf- und eingebaut und in bestehenden Anlagen leicht nachgerüstet werden können.

Patentansprüche

1. Verfahren zur schadstoffarmen 2-Stufen-Verbrennung eines Brennstoffs, bei welchem Verfahren der Brennstoff in der ersten Stufe zunächst unter Zugabe von Primärluft (14) unterstöchiometrisch vorverbrannt wird, woher die heissen Brenngase in der ersten Stufe derart abgekühlt werden, dass sich bei der nachfolgenden vollständigen Verbrennung in der zweiten Stufe eine Abgastemperatur ergibt, bei welcher sich kaum oder gar keine Stickoxide bilden können, und die abgekühlten Brenngase in der zweiten Stufe unter Zumischen von Sekundärluft (13) vollständig nachverbrannt werden, dadurch gekennzeichnet, dass die Abkühlung der Brenngase durch eine passive Kühlung erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Abkühlung der Brenngase hauptsächlich durch thermische Abstrahlung bewirkt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die heissen Brenngase in der ersten Stufe von einem Kühlmantel umgeben sind, welcher den Brenngasen Wärme entzieht und über thermische Abstrahlung an seine Umgebung abgibt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch gekennzeichnet, dass die unterstöchiometrische Verbrennung in der ersten Stufe als Vormischverbrennung, vorzugsweise unter Verwendung eines Doppelkegelbrenners, durchgeführt wird.

5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch

(a) einen von einer Brennraumwandung (3) umschlossenen Brennraum (7);

(b) eine in den Brennraum (7) hineinragende Vorverbrennungsstufe mit einer Vorbrennkammer (6), welche seitlich von einer länglichen, zylindrischen Brennkammerwandung (4) begrenzt wird, und welche eingangsseitig an einen Brenner (1) angeschlossen ist und ausgangseitig in den Brennraum (7) mündet; und

(c) im Mündungsbereich der Vorbrennkammer (6) angeordnete Mittel zum Zumischen der Sekundärluft (13), welche durch eine separate, von der Brennkammerwandung (4) getrennte Sekundärluftzuleitung (11) mit Sekundärluft (13) versorgt werden.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkammerwandung (4) aus einer hitzefesten Keramik besteht.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkammerwandung (4) auf ihrer Innenseite zur Verbesserung des thermischen Kontaktes zwischen den heissen Brenngasen und der Wandung eine Mehrzahl von Quer- und/oder Längsrippen (12 bzw. 5) aufweist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zum Zumischen der Sekundärluft (13) einen mit Sekundärluftdüsen (9) versehenen Zumischkopf (8) umfassen, welcher an die Sekundärluftzuleitung (11) angeschlossen und in der Brennkammerachse (10) angeordnet ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Brenner (1) ein Vormischbrenner ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Brenner (1) ein Doppelkegelbrenner ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Brenner (1) und/oder die Mittel zum Zumischen der Sekundärluft (13) entlang der Brennkammerachse (10) relativ zur Brennkammerwandung (4) verschiebbar sind.

