

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 751 342 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
02.01.1997 Patentblatt 1997/01

(51) Int Cl.⁶: **F23C 6/04**

(21) Anmeldenummer: **96810354.9**

(22) Anmeldetag: **31.05.1996**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT NL

(30) Priorität: **26.06.1995 DE 19523093**

(71) Anmelder: **ABB RESEARCH LTD.**
CH-8050 Zürich 11 (CH)

(72) Erfinder:
• **Döbbeling, Klaus, Dr.**
5200 Windisch (CH)

- **Winkler, Dieter**
79787 Lauchringen (DE)
- **Polifke, Wolfgang, Dr.**
5200 Windisch (CH)
- **Sattelmayer, Thomas, Dr.**
5318 Mandach (CH)

(74) Vertreter: **Klein, Ernest**
ABB Management AG,
Immaterialgüterrecht (TEI),
Haselstrasse 16/699
5401 Baden (CH)

(54) Verfahren zum Betrieb einer Anlage mit einem gestuften Verbrennungssystem

(57) Bei einem Verfahren zum Betrieb einer Anlage mit einem gestuften Verbrennungssystem wird die erste Verbrennungsstufe (1a) zunächst mit einem Brennstoff/Luft-Gemisch (3) betrieben, dessen Luftzahl grösser als die Gesamtluftzahl des Verbrennungssystems ist. Die heissen Verbrennungsgase (5) aus dieser ersten Verbrennungsstufe (1a) werden mit einem weiteren

Brennstoff/Luft-Gemisch (4) vermischt, dessen Luftzahl kleiner als die Gesamtluftzahl des Verbrennungssystems ist, bevor die weitere Verbrennung in der zweiten Stufe (2a) stattfindet. Da in letztgenannter Verbrennungsstufe (2a) zur Flammenstabilisierung keine Heissgas-Rückvermischung mehr erforderlich ist, verbrennt diese zusammengesetzte Mischung ohne Bildung weiterer NO_x-Emissionen.

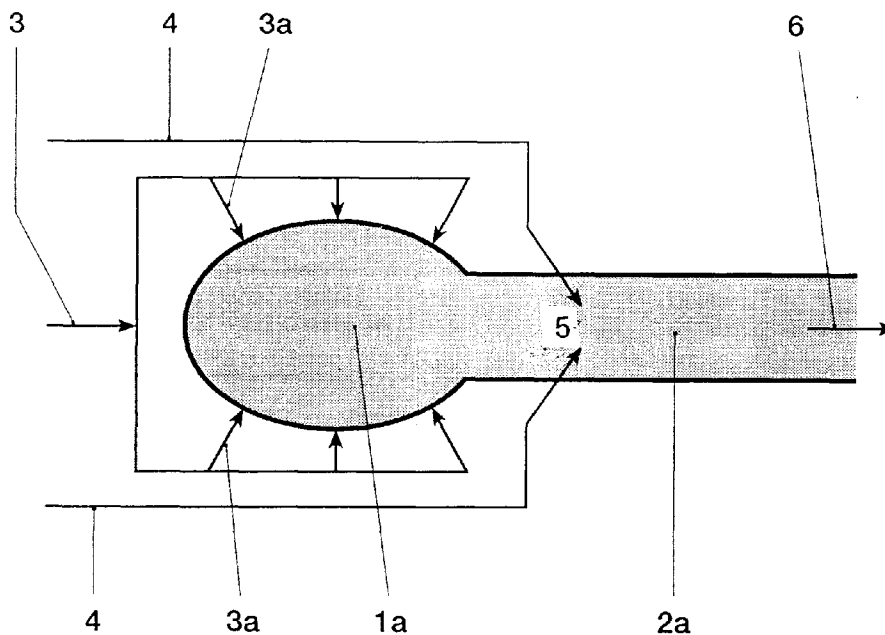


FIG. 2

EP 0 751 342 A2

Beschreibung

Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Anlage mit einem gestuften Verbrennungssystem gemäss Oberbegriff des Anspruchs 1.

Stand der Technik

Dem Fachmann auf dem Gebiet der Verbrennung ist es aus vielen Publikationen zwischenzeitlich geläufig geworden, dass eine vorgemischte Verbrennung zu sehr niedrigen Schadstoff-Emissionen führt. Dabei stehen hier die NOx- und CO-Emissionen im Vordergrund. Allseits werden grosse Anstrengungen zu deren Minimierung unternommen. Die vorgemischte Verbrennung entfaltet freilich ihre Vorzüge und Vorteile insbesondere dann, wenn die zum Einsatz gelangenden Brennstoffe zur Klasse der sogenannten "sauberen Brennstoffe" gehören, welche dadurch charakterisiert sind, dass sie keinen brennstoffgebundenen Stickstoff und keine Schwefelanteile resp. Schwefelverbindungen beinhalten. Eine weitere Reduzierung der Schadstoff-Emissionen lässt sich erzielen, wenn die Verbrennung in ihrer Gesamtheit eine Aufteilung erfährt, beispielsweise wenn die gesamte zur Verfügung stehende Verbrennungsluft in Teilströme aufgeteilt wird, wobei diese Teilströme, entsprechend ihrer Menge, mit verschiedenen Brennstoffgehalten vermischt werden. Bei einer solchen Verbrennungstechnik ist dann des weiteren von Wichtigkeit, dass der magerste Teilstrom zur Flammenstabilisierung verwendet wird. Eine vorgemischte Verbrennung benötigt ferner zur Flammenstabilisierung eine Rückström- und Mischungszone, um das zuströmende Brennstoff/Luft-Gemisch durch eine weitere Zumischung mit einem heissen gasförmigen Medium, beispielsweise mit einem Abgas, zur Zündung zu bringen. Numerische Berechnungen mit umfangreichen Reaktionsmechanismen haben gezeigt, dass die sich aus dieser Zumischung bildende intensive Mischzone wesentlich zur Bildung der NOx beiträgt. Eine Möglichkeit, um die Gewichtung der Mischzone zur Bildung von NOx zu verringern, besteht darin, das Brennstoff/Luft-Gemisch weiter abzumagern. Indessen führt diese Vorkehrung bei den üblichen Brennerkonstruktionen resp. Brennsystemen regelmässig zum Verlöschen der Flamme.

Darstellung der Erfindung

Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen. Der Erfindung, wie sie in den Ansprüchen gekennzeichnet ist, liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem Verfahren der eingangs genannten Art die Schadstoff-Emissionen, insbesondere was die NOx-Emissionen betrifft, zu minimieren.

Dies wird erreicht, indem das Verlöschen der Flamme bei einer Abmagerung des Brennstoff/Luft-Gemisches

in der ersten Verbrennungsstufe, im folgenden auch Flammenstabilisierungszone genannt, durch eine Vergrösserung und Intensivierung der Mischung in ebendieser Zone verhindert wird.

Des weiteren, damit das gesamtheitliche Brennstoff/Luft-Gemisch mit einer festgelegten Gesamtluftzahl des Verbrennungssystems innerhalb der zweiten Verbrennungsstufe erhalten bleibt, wird ein Teil der Verbrennungsluft mit einem grösserem Brennstoffgehalt an der Flammenstabilisierungszone vorbei in das heisse Verbrennungsgas geleitet. Da jetzt zur Flammenstabilisierung keine Heissgas-Rückvermischung mehr erforderlich ist, verbrennt die Mischung nunmehr ohne nennenswerte weitere NOx-Bildung.

Was die Luftzahl, die in der Literatur oft mit dem griechischen Buchstabe "Lambda" gekennzeichnet wird, betrifft, so ist zu sagen, dass diese eine Zahl wiedergibt, welche aus dem tatsächlichen Luft/Brennstoff-Verhältnis zum stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnis resultiert.

Ein wesentlicher Vorteil der Erfindung ist demnach darin zu sehen, dass nebst einer guten Flammenstabilisierung eine kräftige Reduktion der NOx-Emissionen erzielt werden kann. Die Erfindung mit mager betriebener Flammenstabilisierungszone erzeugt 50% weniger NOx gegenüber der zum Stand der Technik gehörenden Verbrennungstechniken.

Die Erfindung lässt sich auch einfach praktisch umsetzen, indem die gestufte Verbrennung zunächst mit einer verhältnismässig grosse Flammenstabilisierungszone mit einem mageren Brennstoff/Luft-Gemisch eingeleitet wird. Dabei wird das heisse, noch nicht vollständig ausgebrannte Gas nach Verlassen dieser Zone mit dem restlichen etwas fetteren Brennstoff/Luft-Gemisch vermischt, um dann anschliessend in einer zweiten Verbrennungsstufe zur Verbrennung zu gelangen. Die Verbrennungsgase aus der Flammenstabilisierungszone sind immer noch so heiss, dass das neu eingegebene Brennstoff/Luft-Gemisch ohne spezielle Flammenstabilisierungsmassnahmen von selbst zündet und vollständig ausbrennt.

Vorteilhafte und zweckmässige Weiterbildungen der erfindungsgemässen Aufgabenlösung sind in den weiteren Ansprüchen gekennzeichnet.

Im folgenden werden, anhand der Zeichnung, Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert. Alle für das unmittelbare Verständnis der Erfindung nicht erforderlichen Elemente sind weggelassen worden. Die Strömungsrichtung der Medien ist mit Pfeilen angegeben. Gleiche Elemente sind in den verschiedenen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer mageren Flammenstabilisierung mit gestufter

Brennstoff/Luft-Führung und

Fig. 2 eine schematisch dargestellte Ausführungsvariante einer gestuften Verbrennung mit einer grossen Flammenstabilisierungszone.

Wege zur Ausführung der Erfindung, gewerbliche Verwendbarkeit

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer mageren mischungsstabilisierten Flammenstabilisierung anhand einer gestuften Brennstoff/Luft-Führung. Diese gestufte Brennstoff/Luft-Führung hat den finalen Zweck, die Gesamtluftzahl des Verbrennungssystems über die verschiedenen Verbrennungsstufen durch entsprechende Aufteilungen auf einem vorbestimmten Niveau zu erhalten. Zu diesem Zweck wird die erste Verbrennungsstufe 1 als Flammenstabilisierungszone betrieben. Das hier zum Einsatz gelangenden Brennstoff/Luft-Gemisch 3 weist eine Luftzahl auf, die grösser als die Gesamtluftzahl des Verbrennungssystems ist, wobei es sich bei dieser zum Einsatz gelangenden Verbrennungsluft folgerichtig nur um eine Teilmenge des ganzen zur Verfügung stehenden Luftstromes handelt; innerhalb dieser Zone wird also mit einem mageren Brennstoff/Luft-Gemisch 3 operiert. Der weitere Teil der Verbrennungsluft erhält einen grösseren Brennstoffgehalt, dergestalt, dass sich das hier einstellende Brennstoff/Luft-Gemisch 4 eine Luftzahl aufweist, die kleiner als die genannte Gesamtluftzahl des Verbrennungssystems ist; hier wird demnach mit einem fetteren Brennstoff/Luft-Gemisch operiert. Was die Gesamtluftzahl des Verbrennungssystems betrifft, so beträgt sie für Brennkammern von Gasturbinen vorzugsweise 2, wobei, je nach Parametern, Variationen nach unten und nach oben möglich sind. Eine Gesamtluftzahl des Verbrennungssystems von 2 lässt sich erreichen, wenn die Luftzahl beim Brennstoff/Luft-Gemisch 3 für die Flammenstabilisierungszone 1 auf 2.4 angehoben wird, und diejenige für die zweite Verbrennungsstufe 2 noch 1,4 beträgt, wobei bei diesen Luftzahlen von einer Verweilzeit innerhalb der Flammenstabilisierungszone 1 in der Grössenordnung von 2,4 msec ausgegangen wird. Das letztgenannte Brennstoff/Luft-Gemisch 4, mit einer Luftzahl kleiner als die zugrundegelegte Gesamtluftzahl des Verbrennungssystems, wird an der Flammenstabilisierungszone 1 vorbei in die heissen Verbrennungsgase 5 aus ebendieser Zone eingeleitet. Da jetzt zur Flammenstabilisierung keine Heissgasrückmischung mehr erforderlich ist, verbrennt die so vorhandene Mischung in einer zweiten nachgeschalteten Verbrennungsstufe 2 ohne eine nennenswerte weitere Bildung von NO_x. In dieser zweiten Verbrennungsstufe 2 herrscht sonach ein perfekt vorgemischtes Brennstoff/Luft-Gemisch vor, dessen Luftzahl mit der zugrundegelegten Gesamtluftzahl des Verbrennungssystems übereinstimmt. Bei einer solchen Schaltung kann man davon ausgehen, dass die NO_x-Emissionen demgemäss, also aufgrund der

mager betriebenen Stabilisierungszone, nur noch 50% dessen ausmachen, was mit herkömmlichen mehrstufigen Verbrennungssystemen erreichbar ist. Die Heissgase 6 aus der zweiten Verbrennungsstufe 2 sind dann die Arbeitsgase zur Beaufschlagung beispielsweise einer nachgeschalteten Turbine.

Aus Fig. 2 geht schematisch eine praktische Ausführungsvariante der gestuften Verbrennung mit einer grossen Flammenstabilisierungszone 1a hervor. Die letztgenannte Zone 1a ist von verhältnismässig grosser Ausdehnung und wird, wie oben bereits beschrieben, mager betrieben. Zur Erzeugung einer starken Verwirbelung in dieser Flammenstabilisierungszone 1a zu erreichen, womit die Eigenschaften eines idealen Rührreaktors angestrebt werden, wird das magere Brennstoff/Luft-Gemisch 3 in Strahlen 3a hoher Geschwindigkeit in diese Zone 1a eingedüst, wie dies aus Fig. 2 anhand der verschiedentlich dargestellten Pfeilen hervorgeht. Zum Erzielen einer starken Verwirbelung, d.h. zum Erreichen einer vollständig gemischten Flammenstabilisierungszone 1a, kann hierin eine stark verdrehte Strömung oder auch der Einsatz von Drall- oder Mischelementen vorgesehen werden. Nach Verlassen dieser Flammenstabilisierungszone 1a wird das heisse, jedoch noch nicht vollständig ausgebrannte Verbrennungsgas 5 in einer nachgeschalteten zweiten Verbrennungsstufe 2a mit der restlichen Verbrennungsluft vermischt, wobei diese Luft mit einem etwas fetteren Brennstoff/Luft-Gemisch operiert, d.h. die Luftzahl ist hier kleiner als die Gesamtluftzahl des Verbrennungssystems. Da das Verbrennungsgas 5 aus der Flammenstabilisierungszone 1a, wie oben bereits erwähnt, genügend heiss ist, zündet das in die zweite Verbrennungsstufe eingeleitete Brennstoff/Luft-Gemisch 4 von selbst, ohne hierzu spezielle Flammenstabilisierungsmassnahmen vorsehen zu müssen.

Bezugszeichenliste

1	Erste Verbrennungsstufe, Flammenstabilisierungszone
1a	Flammenstabilisierungszone
2	Zweite Verbrennungsstufe
2a	Zweite Verbrennungsstufe
3	Mageres Brennstoff/Luft-Gemisch
3a	Strahlen des Gemisches 3 in die Flammenstabilisierungszone
4	Fetteres Brennstoff/Luft-Gemisch
5	Heisse Verbrennungsgase
6	Heissgase zur Beaufschlagung einer Strömungsmaschine

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Anlage mit einem gestuften Verbrennungssystem, wobei die Anlage im wesentlichen aus einer ersten Verbrennungsstufe

und mindestens einer zweiten nachgeschalteten Verbrennungsstufe besteht, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Verbrennungsstufe (1, 1a) mit einem Brennstoff/Luft-Gemisch (3) betrieben wird, dessen Luftzahl grösser als die Gesamtluftzahl des Verbrennungssystems gehalten wird, und dass die heissen Verbrennungsgase (5) aus der ersten Verbrennungsstufe (1, 1a) mit einem Brennstoff/Luft-Gemisch (4) vermischt werden, dessen Luftzahl kleiner als die Gesamtluftzahl des Verbrennungssystems gehalten wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Brennstoff/Luft-Gemisch (3) für die erste Verbrennungsstufe (1, 1a), bei einer Verweilzeit innerhalb dieser ersten Verbrennungsstufe von 2,4 msec $\pm$ 25%, mit einer Luftzahl von 2,4 $\pm$ 25% zur Verbrennung kommt, und dass das in die heissen Verbrennungsgase (5) eingeleitete Brennstoff/Luft-Gemisch (4) mit einer Luftzahl von 1,4 $\pm$ 25% betrieben wird.

25

30

35

40

45

50

55

