

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 801 268 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

15.10.1997 Patentblatt 1997/42(51) Int Cl.⁶: **F23R 3/34**(21) Anmeldenummer: **97810159.0**(22) Anmeldetag: **18.03.1997**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE FR GB IT NL(30) Priorität: **09.04.1996 DE 19614001**(71) Anmelder: **ABB RESEARCH LTD.****8050 Zürich (CH)**

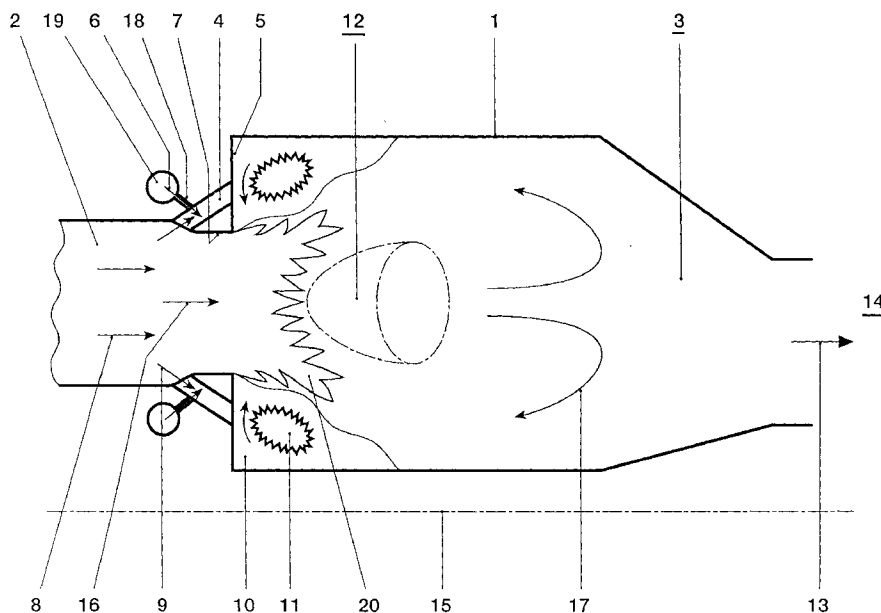
(72) Erfinder:

- **Döbbling, Klaus, Dr.**
5200 Windisch (CH)

• **Griffin, Timothy****5408 Ennetbaden (CH)**• **Knöpfel, Hans Peter****5627 Besenbüren (CH)**(74) Vertreter: **Pöpper, Evamaria, Dr. et al****Asea Brown Boveri AG****Immaterialgüterrecht (TEI)****Haselstrasse 16/699 I****5401 Baden (CH)****(54) Gasturbinenbrennkammer**

(57) Bei einer Brennkammer einer Gasturbogruppe, welche im wesentlichen aus einer Mischstrecke (2) zur Vormischung eines Luft/Brennstoff-Gemisches (16) und einem nachgeschalteten Brennraum (3) besteht, wird am Übergang zwischen den beiden genannten Durchflusstrecken (2/3) ein Querschnittsprung (5) vorgesehen. Dieser induziert den Durchflussquerschnitt des Brennraumes (3) und bildet zugleich äussere Rezirkulationszonen (10) im Brennraum (3). In der Endphase der Mischstrecke (2) zweigen Durchflusskanäle (4) ab, wel-

che dann in die äusseren Rezirkulationszonen (10) münden. Durch diese Durchflusskanäle (4) strömt ein Teil (9) des Luft/Brennstoff-Gemisches aus der Mischstrecke (2) in die äusseren Rezirkulationszonen (10), wobei es hier mit einem zusätzlichen Brennstoff (6) angereichert wird. Dieser Brennstoff (6) wird über eine mit Bohrungen (18) versehene Ringleitung (19) eingebracht. Das abgezweigte Gemisch (9) stellt in den äusseren Rezirkulationszonen (10) eine selbstzündende Pilotflamme dar, welche die Flammenfront (20) wesentlich stabilisiert.

**EP 0 801 268 A2**

Beschreibung

Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Brennkammer gemäss Oberbegriff des Anspruchs 1.

Stand der Technik

In modernen Brennkammern von Gasturbinen werden mager betreibbare Vormischbrenner eingesetzt, um die aus der Verbrennung anfallenden Schadstoffkomponenten, insbesondere NO_x und CO, auf ein Minimum zu begrenzen. Grundsätzlich wird heutzutage davon ausgegangen, dass auch bei sehr hohen Flammentemperaturen sehr niedrige NO_x-Emissionswerte, unter 10 vppm bei 15% O₂, gewährleistet werden müssen. Um solch niedrige Schadstoffemissionen beim Betrieb einer Gasturbine über einen Lastbereich von ca. 40-100% erreichen zu können, muss ein perfekt vorgemischter Brenner über einen weiten Flammentemperaturbereich, typisch ca. 1650-1850°K, sichergestellt werden. Solche Brenner sind dadurch charakterisiert, dass sich nach einer herkömmlichen Luft/Brennstoff-Vormischstrecke eine Brennkammer anschliesst, deren Strömungsquerschnitt, über einen im wesentlichen unmittelbaren Querschnittsprung, um ein mehrfaches den Austrittsquerschnitt der Mischstrecke überschreitet. Aufgrund dieser Konfiguration bilden sich in der Brennkammer, im Bereich der Ebene dieses Ueberganges, äussere Rezirkulationszonen, welche an sich eine Stabilisierung der Vormischflamme induzieren. Die stabilisierende Wirkung dieser Rezirkulationszonen gegenüber der Vormischflamme, d.h. gegenüber der sich in der Ebene des Austrittsquerschnittes der Mischstrecke bildenden Rückströmzone, hängt indessen wesentlich davon ab, inwieweit die Heissgase aus der Verbrennung im Betriebsverlauf in diese Rezirkulationszonen zurückströmen und dort die Speisung zu einer selbstzündenden oder zumindest stabil brennenden Verbrennungszone aufrechterhalten können. Insbesondere in den transienten Bereichen, Anfahren, Abfahren, Aenderung der Betriebsparameter, etc., kann die Rückströmung der Heissgase in die Rezirkulationszonen unregelmässig vonstatten gehen, so dass deren Wirkung auf das ausströmende Gemisch unterbunden bleibt. Bei einer solchen Konstellation geht die aus den Rezirkulationszonen ausgehende stabilisierende Wirkung auf das ausströmende Gemisch verloren, worauf es zu äusserst schädlichen Flammenlöschung und Verpuffungen kommen kann.

Darstellung der Erfindung

Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen. Der Erfindung, wie sie in den Ansprüchen gekennzeichnet ist, liegt die Aufgabe zugrunde, bei einer Brennkammer der eingangs genannten Art Massnahmen vorzuschlagen,

welche eine über alle Lastbereiche wirksame verbrennungsmässige Stabilisierung der Vormischflamme im Verlauf des ganzen Betriebes gewährleisten.

Am Ende der Mischstrecke wird ein Teil des hierin gebildeten Luft/Brennstoff-Gemisches abgezweigt und in die äusseren Rezirkulationszonen eingemischt. Der Ort dieser Einmischung wird so gewählt, dass eine vollständige Vermischung desjenigen Teils des abgezweigten Gemisches innerhalb der äusseren Rezirkulationszonen mit dem dort rezirkulierenden Heissgasstrom aus der Verbrennung innerhalb der Brennkammer erreicht wird, bevor die äusseren Rezirkulationszonen mit dem restlichen Teil des Luft/Brennstoff-Gemisches aus der Mischstrecke in Berührung kommen. Dadurch wird erreicht, dass sich ein vorteilhaftes Mischungsverhältnis aus Luft/Brennstoff-Gemisch und Heissgas in den Rezirkulationszonen einstellt, und das abgezweigte Luft/Brennstoff-Gemisch in Art einer selbstzündenden Pilotflamme die Stabilität der Flammenfront wesentlich verbessert.

Durch die Aufteilung des Luft/Brennstoff-Gemisches aus der Mischstrecke in einen Hauptstrom und einen in kleinen Teilströme unterteilten Nebenstrom ergibt sich innerhalb des Brennraumes eine stark vergrösserte Kontaktfläche zwischen Luft/Brennstoff-Gemisch und rezirkulierendem Heissgas.

Damit allgemein die Geschwindigkeit des Luft/Brennstoff-Gemisches in etwa konstant bleibt, und um ein Rückschlagen der Flamme zu vermeiden, wird die Gesamtquerschnittsfläche von Haupt- und Nebenstrom des Luft/Brennstoff-Gemisches in etwa konstant gehalten. Dies wird erreicht, indem am Ende der Mischstrecke eine kleine Kontraktion vorgesehen wird. Danebst wird zur Erreichung dieses Zieles auf die Anzahl der Abzweigungen für den Teilstrom, auf den jeweiligen Durchflussquerschnitt sowie auf die Strömungsführung im entsprechenden Umfang eingewirkt.

Die wesentlichen Vorteile der Erfindung sind darin zu sehen, dass

- a) sich niedrigere magere Löschgrenzen und dadurch einen erweiterten Betriebsbereich von mageren Vormischbrennern ergeben;
- b) eine verbesserte Flammenstabilität, d.h. geringere Druckpulsationen resultieren;
- c) eine verkürzte Ausbrandlänge durch Intensivierung der äusseren Reaktionsfront erreicht wird.

Die Ursache für den Vorteil unter a) ist darin zu sehen, dass gegenüber einer herkömmlichen Mischung durch Scherschichten zwischen Luft/Brennstoff-Gemisch und rezirkulierendem Heissgas, die zu einem Maximum der Wahrscheinlichkeitsdichteverteilung des Volumenverhältnisses zwischen den beiden genannten Medien bei ca. 50% führt, die erfindungsgemässe Vornahme der Zumischung des Luft/Brennstoff-Gemisches in die äusseren Rezirkulationszonen eine solche bei ca. 30% gewährleistet. Anhand von Messungen über die

korrelierten Selbstzündzeiten bei den verschiedenen Wahrscheinlichkeitsdichteverteilungen für die verschiedenen Medien hat sich gezeigt, dass eine Verteilung mit einem Maximum bei 30% an Luft/Brennstoff-Gemisch innerhalb der äusseren Rezirkulationszonen die Zündverzugszeit um eine Grössenordnung kleiner ausfällt, gegenüber derjenigen mit einer Verteilung mit einem Maximum bei 50%.

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

Im folgenden wird anhand der Zeichnung ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert. Alle für das unmittelbare Verständnis der Erfindung nicht erforderlichen Elemente sind fortgelassen worden. Die Strömungsrichtung der Medien ist mit Pfeilen angegeben.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

Die einzige Figur zeigt eine Brennkammer, deren Endphase einer Mischstrecke mit einem anschliessenden Brennraum.

Wege zur Ausführung der Erfindung, gewerbliche Verwendbarkeit

Die Figur zeigt, wie aus der schematisch eingezeichneten Wellenachse 15 hervorgeht, eine als Ringbrennkammer 1 ausgebildete Brennkammer, welche im wesentlichen aus einem zusammenhängenden annularen oder quasi-annularen Zylinder besteht. Die Brennkammer kann indessen auch aus einer Anzahl axial, quasi-axial oder schraubenförmig um die genannte Achse angeordneter und einzeln in sich abgeschlossener Brennräume bestehen. Eine Brennkammer, die aus einem einzelnen Brennraum in dargestellter Form besteht, ist auch möglich. Die vorliegende Ringbrennkammer 1 ist stromab einer Mischstrecke 2 angeordnet, wobei diese Mischstrecke ohne weiteres Bestandteil eines Vormischbrenners sein kann, wie er beispielsweise in EP-0 321 809 B1 beschrieben ist. Diese Druckschrift wird mithin als integrierender Bestandteil dieser Beschreibung deklariert. Selbstverständlich kann die aus der Figur hervorgehende Mischstrecke 2, aus welcher eine Drallströmung bereitgestellt wird, Teil eines Mischrohrs sein, das beispielsweise stromab des genannten Vormischbrenners wirkt. Grundsätzlich geht es innerhalb dieser Mischstrecke 2 im engeren oder weiteren Sinn um die Bildung eines Luft/Brennstoff-Gemisches für die nachfolgende Verbrennung, dergestalt, dass diese Verbrennung dann unter minimierten Schadstoff-Emissionen, insbesondere was die NO_x-Emissionen betrifft, abläuft. Ein Brennraum 3 schliesst sich am Ende der Mischstrecke 2 an, dergestalt, dass der Uebergang zwischen den beiden Strömungsstrecken durch einen radialen Querschnittssprung 5, gebildet ist, der zunächst den Strömungsquerschnitt des Brennraumes 3 induziert, wobei dieser Strömungsquerschnitt das

2-10fache des Austrittsquerschnittes der Mischstrecke 2 beträgt. In der Ebene dieses Querschnittsprunges 5 stellt sich aufgrund des Aufplatzens der bereits erwähnten Drallströmung eine Flammenfront ein, welche durch eine Rückströmzone 12 charakterisiert ist. Diese bildet an sich einen körperlosen Flammenhalter, der zusätzlich zu den äusseren Rezirkulationsgebieten zur Stabilisierung der Flammenfront 20 beiträgt. Im Bereich des Querschnittssprunges 5 bilden sich während des Betriebes strömungsmässige äussere Rezirkulationszonen 10, in welchen durch den dort vorherrschenden Unterdruck Wirbelablösungen 11 entstehen, welche an sich dazu geeignet sind, eine ringförmige Stabilisierung der Rückströmzone 12, also mithin der Flammenfront, zu gewährleisten. Von daher ist es eminent wichtig, dass die Wirbelablösungen 11 während des ganzen Betriebes stabil bleiben. Zu diesem Zweck wird am Uebergang der Mischstrecke 2 in den Brennraum 3 ein Teil 9 des gesamten Luft/Brennstoff-Gemisches 8 abgezweigt und in die äusseren Rezirkulationszonen 10 eingemischt. Dieser abgezweigte Teil 9 von vorzugsweise 10-30% des gesamten Gemisches 8 wird über Durchflusskanäle 4 in die genannten äusseren Rezirkulationszonen 10 eingeführt, wobei der Ort der Einmischung so gewählt wird, dass eine vollständige Vermischung desselben mit einem rezirkulierenden Heissgas 17 im Bereich der Wirbelablösungen 11 erreicht wird, bevor die äusseren Rezirkulationszonen 10 mit dem Hauptstrom 16 des Luft/Brennstoff-Gemisches 8 in Berührung kommen. Dadurch wird erreicht, dass sich ein vorteilhaftes Mischungsverhältnis aus Luft/Brennstoff-Gemisch 9 und Heissgas allgemein in den äusseren Rezirkulationszonen 10 einstellt, und das abgezweigte Gemisch 9 in Art einer selbstzündenden Pilotflamme die Stabilität der Flammenfront 20, d.h. der Flammenfront wesentlich verbessert. Durch die Aufteilung des gesamten Luft/Brennstoff-Gemisches 8 in einen Hauptstrom 16 und einen in kleine Teilströme unterteilten Nebenstrom 9 ergibt sich eine stark vergrösserte Kontaktfläche zwischen dem Luft/Brennstoff-Gemisch und dem rezirkulierenden Heissgas 17. Damit die Geschwindigkeit des Luft/Brennstoff-Gemisches in etwa konstant bleibt, und damit eine Rückzündung der Flamme vermieden wird, soll die Gesamtquerschnittsfläche von Hauptstrom 16 und Nebenstrom 9 in etwa auch konstant gehalten werden. Dies wird regulativ in dem Sinne erreicht, dass am Ende der Mischstrecke 2 eine entsprechend grosse Kontraktion 7 der Strömung vorgesehen wird. Der Durchmesser der Durchflusskanäle 4, die in etwa unter einem Winkel von 30-60°, vorzugsweise um 45°, gegenüber der Wellenachse 15 verlaufen, damit sie in etwa parallel zu den Wandstromlinien der Drallströmung verlaufen, beträgt 3-8%, vorzugsweise 5% des hydraulischen Durchmessers der Mischstrecke 2. Die Anzahl der Durchflusskanäle 4 ergibt sich aus dem Massenstromverhältnis zwischen Hauptstrom und Nebenstrom des Luft/Brennstoff-Gemisches, wobei das Massenstromverhältnis in etwa dem Flächenverhältnis der bei-

den Strömungen entspricht. Der Abstand der Durchflusskanäle 4 zur Mischstrecke beträgt vorzugsweise ca. 10% des hydraulischen Durchmessers der Mischstrecke 2. Das Luft/Brennstoff-Gemisch 9 über die Durchflusskanäle 4 kann mit einem zusätzlichen Brennstoff 6 angereichert werden, indem beispielsweise über eine mit Bohrungen 18 versehene Ringleitung 19 in jedem Durchflusskanal 4 das genannte Brennstoff 6 eingebracht wird, wodurch dann eine verstärkte und sichere Pilotflamme in den äusseren Rezirkulationszonen 10 wirkt, wobei dies dazu führt, dass selbst in den transienten Bereichen bei minimiertem Schadstoff-Emissionen eine niedere magere Löschgrenze angepeilt werden kann, sonach der Betriebsbereich von mageren Vormischbrennern auch auf Lastbereiche unter 40% ausgedehnt werden kann. Es bleibt noch anzumerken, dass die Heissgase 13 eine nicht näher dargestellte nachgeschaltete Turbine 14 beaufschlagen, wobei die hier gezeigte Brennkammer 1 ohne weiteres niederdruckseitig einer auf einer sequentiellen Verbrennung aufgebauten Gasturbogruppe angeordnet sein kann und nach einem Selbstzündungsverfahren betreibbar ist.

Bezugszeichenliste

- | | |
|----|---|
| 1 | Brennkammer |
| 2 | Mischstrecke |
| 3 | Brennraum |
| 4 | Durchflusskanäle |
| 5 | Querschnittssprung |
| 6 | Brennstoff |
| 7 | Kontraktion |
| 8 | Gesamtes Luft/Brennstoff-Gemisch |
| 9 | Teilstromung des Luft/Brennstoff-Gemisches |
| 10 | Äussere Rezirkulationszone |
| 11 | Wirbelablösungen |
| 12 | Rückströmzone, Vormischflamme, Flammenfront |
| 13 | Heissgase |
| 14 | Turbine |
| 15 | Achse Rotorwelle, Wellenachse |
| 16 | Hauptstrom des Luft/Brennstoff-Gemisches |
| 17 | Rezirkulierende Heissgase |
| 18 | Bohrungen |
| 19 | Ringleitung |
| 20 | Flammenfront |

Patentansprüche

1. Brennkammer einer Gasturbogruppe, im wesentlichen bestehend aus einer Mischstrecke zur Vormischung eines Luft/Brennstoff-Gemisches und einem nachgeschalteten Brennraum, wobei am Übergang zwischen Mischstrecke und Brennraum ein Querschnittssprung vorhanden ist, der den Strömungsquerschnitt des Brennraumes induziert, und wobei dieser Querschnittssprung gegenüber dem Durchflussquerschnitt der Mischstrecke äus-

sere Rezirkulationszonen bildet, dadurch gekennzeichnet, dass in der Endphase der Mischstrecke (2) Durchflusskanäle (4) für die Durchströmung eines Teils (9) des gesamten Luft/Brennstoff-Gemisches (8) abzweigen, und dass diese Durchflusskanäle (4) in die äusseren Rezirkulationszonen (10) münden.

5

2.

10

3.

15

4.

20

5.

25

6.

30

7.

35

8.

40

9.

45

50

55

2. Brennkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkammer (1) eine Ringbrennkammer ist.

3. Brennkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Durchflusskanäle (4) zwischen Mischstrecke (2) und äusseren Rezirkulationszonen (10) unter einem Winkel von 30-60° gegenüber der Wellenachse (15) verlaufen.

4. Brennkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der durch die Durchflusskanäle (4) strömende Luft/Brennstoff-Gemisch (9) 10-30% des gesamten Gemisches (8) beträgt.

5. Brennkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dem durch die Durchflusskanäle (4) strömenden Gemisch (9) ein zusätzlicher Brennstoff (6) zuführbar ist.

6. Brennkammer nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der zusätzliche Brennstoff (6) über eine mit Bohrungen (18) versehene Ringleitung (19) beistellbar ist.

7. Brennkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Querschnittssprung (5) am Ende der Mischstrecke (2) ein um das 2-10fache grössere Strömungsquerschnitt des Brennraumes (3) gegenüber demjenigen der Mischstrecke (2) induziert.

8. Brennkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchmesser der Durchflusskanäle (4) jeweils 3-8% des hydraulischen Durchmessers der Mischstrecke (2) beträgt.

9. Brennkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Endphase der Mischstrecke (2) am Übergang zum Brennraum (3) eine querschnittsmässige Kontraktion (7) aufweist.

10. Brennkammer nach den Ansprüchen 1 und 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Durchflusskanäle (4) von der Kontraktion (7) aus abzweigen.

