

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 577 862 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
12.03.1997 Patentblatt 1997/11

(51) Int Cl.⁶: **F23M 13/00, F23R 3/28**

(21) Anmeldenummer: **92111347.8**

(22) Anmeldetag: **03.07.1992**

(54) **Nachbrenner**

Afterburner

Dispositif de post-combustion

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI NL

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.01.1994 Patentblatt 1994/02

(73) Patentinhaber: **ABB RESEARCH LTD.**
8050 Zürich (CH)

(72) Erfinder: **Keller, Jakob, Prof. Dr.**
CH-5605 Dottikon (CH)

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

(56) Entgegenhaltungen:
CH-A- 262 382 **DE-A- 3 324 805**
FR-A- 2 414 126 **FR-A- 2 570 129**
GB-A- 648 699 **US-A- 4 409 787**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10, no. 70 (M-462)(2127) 19. März 1986 & JP-A-60 213 721 (MATSUSHITA)**

EP 0 577 862 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft einen Nachbrenner für eine Gasturbinenbrennkammer gemäss Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Stand der Technik

Aus der GB-A-648 699 ist eine solche Nachbrennkammer, in welcher ein Zusatzbrennstoff und zusätzliche Verbrennungsluft in den die Hochdruckturbine verlassenden Gasstrom eingeleitet wird, bekannt.

Nachbrenner in Gasturbinen-Brennkammern werden dann mit Vorteil angewendet, wenn eine sehr emissionsarme Öl- oder Gasverbrennung angestrebt wird. Die Gasströmung stromabwärts des normalen Brenners, in welchen aus einer Primärquelle bereits Brennstoff eingeführt wurde, kann dabei eine mittlere Temperatur von ca. 850°C aufweisen. In solcher Umgebung kann Brennstoff, der über einen Nachbrenner eingedüst wird, ausreichend rasch gezündet werden. Die Zündverzugszeit ist derart kurz, dass über eine nützliche Distanz hinweg, beispielsweise 2 bis 10 cm, der Nachverbrennungsvorgang eingeleitet wird.

Im Unterschied zu normalen Brennern sind Nachbrenner allerdings nicht selbstgänglich. Mit Absicht wird hier eine Flammenstabilisierungszone vermieden. Ein Nachbrenner bietet somit die Möglichkeit, auch bei sehr hohen Geschwindigkeiten, d.h. in sehr kleinen Zeiträumen, sehr viel Brennstoff umzusetzen. Ihr Vorteil liegt darin, dass die Aufenthaltszeit in einer Zone, die nicht perfekt vorgemischt ist, fast beliebig kurz gehalten werden kann. Es kann also bei hoher Geschwindigkeit sehr schnell gemischt werden.

Hierzu der Brennstoff oder ein Luft-Brennstoffgemisch aus dem Nachbrenner in der Regel mit einem Querstrahl in den Nachbrennraum eingeblasen, wo eine schnelle und homogene Einmischung erfolgt. Bei konventionellen Brennern ist dies nicht möglich, da ansonsten die dort erforderliche Flammenstabilisierung verloren ginge.

Das vorherrschende Problem bei einem Nachbrenner ist, dass er sehr schwingungsanfällig ist. Dies ist dadurch bedingt, dass keine eindeutig definierte Reaktionszone wie bei einem Normalbrenner vorliegt. Aufgrund der leichten Beeinflussbarkeit der Reaktionszonen durch Druckstörungen können solche Druckstörungen im Brennraum zu grossräumigen Verschiebungen der Reaktion führen, was zu sehr starken Schwingungen führen kann.

Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem Nachbrenner der eingangs genannten Art thermoakustisch angefachte Schwingungen zu dämpfen.

Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe mit den Merkmalen der Patentansprüche gelöst.

Zwar ist bereits aus der DE-A-33 24 805 ein Hauptbrenner mit einem Helmholtzresonator bekannt, welcher mit zwei Arbeitsmitteln beaufschlagt ist, nämlich mit Verbrennungsluft und mit Brennstoff. Der dortige Brenner muss selbstgänglich sein, um überhaupt funktionieren zu können, d.h. er muss mit einer (nicht dargestellten, aerodynamischen oder mechanischen) Flammenstabilisierung zur Realisierung einer eindeutig definierten Reaktionszone versehen sein. Die eigentlichen Dämpfungsrohre münden nicht im Bereich der Brennermündung in den Brennraum, sondern sie münden entlang des Gasleitungsweges in konkreten Abständen in den Gasleitungsweg selbst, um wirksam zu sein. Damit soll sich im sogenannten Gasleitungsweg zwischen Brennermündung und Resonator eine stehende Druckwelle aufbauen, welche die entsprechende Schwingung dämpfen soll. Nachdem jedes der dortigen Resonanzvolumen über Dämpfungsrohre mit der Brennstoffleitung verbunden ist, gibt es demnach kein Zuführrohr und damit auch keinen durchströmten Helmholtzresonator.

Das Dämpfungssystem kann wirkungsvoll in den Nachbrenner integriert werden, wobei aufgrund der einfachen Bauweise eines Nachbrenners die Möglichkeit besteht, den Nachbrenner selbst oder Teile davon als Dämpfer auszugestalten.

Von besonderem Vorteil ist es, wenn das Dämpfungsrohr als Ringkanal ausgebildet ist. Damit ist der Nachbrenner nochmals eingehüllt in einen Luftschleier, der aus dem Helmholtzresonator stammt. Das aus dem Dämpfungsrohr ringförmig in den Nachbrennraum ausströmende Dämpfungsmittel ist damit Bestandteil der Nachverbrennungsluft. Die zu Dämpfungszwecken verwendete Luft gilt demnach nicht als verloren.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt.

Es zeigen:

- Fig.1 einen Teillängsschnitt durch den Nachbrenner;
 Fig.2 das Prinzip des Helmholtzresonators.

Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt. Die Strömungsrichtung der Arbeitsmittel ist mit Pfeilen bezeichnet.

Weg zur Ausführung der Erfindung

In Fig 1 ist ein in einer Brennkammerwand 1 angeordneter Nachbrenner vereinfacht dargestellt. Der Brennstoff wird über eine zentral im Brenner angeordnete Ölleitung 2 in den Nachbrennraum 9 eingedüst und/oder über eine ringförmige Gaslanze 3, die die Ölleitung 2 umgibt. Die Absicht ist, den Brennstoff einer-

seits sehr rasch in die vorhandene Gasmenge einzumischen, andererseits die Reaktion so lange wie möglich zu verzögern. Damit wird vermieden, dass über längere Zeitintervalle hinweg sehr heisse Zonen vorherrschen, bevor der Mischvorgang abgeschlossen ist. Um nun zu vermeiden, dass die Reaktion unmittelbar an der Brennermündung 8 stattfindet, wird der eingedühte Brennstoffstrahl vom einem Luftmantel umhüllt. Dieser Luftmantel wird über einen Luftkanal 4 an die Brennermündung 8 herangeführt. Der Luftkanal 4 wird vom Sammelraum 10 stromabwärts des nicht dargestellten Verdichters angespeist und umgibt die Brennstoffzuführungen 2, 3 ringförmig. Dieser Luftmantel, der die in der Regel erforderliche Nachverbrennungsluft in den Brennraum 9 leitet, kühlt ebenfalls die Brennstoffzuführungen 2, 3.

Soweit sind Nachbrenner bekannt. Gemäss der Erfindung soll nunmehr zur Schalldämpfung ein gespülter Helmholtzresonator zur Anwendung gelangen. Hierzu ist in der Brennkammerwand 1 ein den Luftkanal 4 umschliessendes Volumen angeordnet, so dass Nachbrenner und Helmholtzresonator ein integrales Bauelement bilden. Die Lufteinlassöffnungen zum Helmholtzvolumen 6 sind als Zuführrohre 5 ausgebildet, von denen mehrere über den Umfang verteilt von der äusseren Wandung des Luftkanals 4 ausgehen und in das Volumen 6 hineinragen. Das Dämpfungsrohr 7 des Helmholtzresonators ist als Ringkanal ausgebildet. Die Zuführrohre 5 haben vorzugsweise die gleiche Länge wie das Dämpferrohr 7. Zur Leistungssteigerung des Helmholtzresonators sind die Enden des Dämpferrohres am Ein- und Austritt mit einer Abrundung versehen. Der Austritt des ringförmigen Dämpferrohres befindet sich im unmittelbaren Bereich der Brennermündung 8, so dass diese von einem weiteren ringförmigen Luftschleier ummantelt ist.

Entscheidend für die Stabilisierung einer thermoakustischen Schwingung ist der Ort der Dämpfung. Stärkste Anfachung tritt dann auf, wenn die Reaktionsrate und die Druckstörung in Phase schwingen. Die stärkste Reaktionsrate tritt in der Regel in der Nähe des Zentrums der Verbrennungszone auf.

Deshalb wird auch dort die höchste Reaktionsratenschwankung sein, falls eine solche stattfindet. Die ringförmige Anordnung des Dämpfungsrohres im Bereich der Mündung des Nachbrenners bewirkt demnach, dass die Wirkung der Dämpfung an einer optimalen Stelle erzielt wird.

Zur Funktionsfähigkeit des Helmholtzresonators sind die Zuführrohre 5 so dimensioniert, dass sie für die einströmende Luft einen relativ hohen Druckabfall verursachen. Durch die Dämpfungsrohre 7 hingegen gelangt die Luft bei niedrigem Restdruckabfall in den Nachbrennraum 9. Die Begrenzung des Druckabfalls in den Dämpfungsrohren ergibt sich aus der Forderung, dass auch bei ungleichmässiger Druckverteilung auf der Innenseite der Brennkammerwand stets eine ausreichende Spülluftströmung in den Nachbrennraum hinein gewährleistet bleibt. Selbstverständlich darf an kei-

ner Stelle Heissgas in umgekehrter Richtung in den Helmholtzresonator eindringen.

Die mittlere Strömungsgeschwindigkeit im Dämpfungsrohr kann im vorliegenden Fall einer Gasturbinenbrennkammer typisch 2 bis 4 m/s betragen bei idealer Auslegung. Sie ist also sehr klein im Vergleich zur Schwingungsamplitude, was bedeutet, dass die Luftteilchen sich im Dämpfungsrohr pulsierend vorwärts und rückwärts bewegen. Dennoch wird nur gerade soviel Luft durchströmen lassen, dass ein nennenswertes Aufheizen des Resonators vermieden wird. Denn mit grösseren Luftmengen werden die Resonanz und somit die Dämpfung schwächer.

Der Helmholtzresonator wird demnach so dimensioniert, dass eine ausreichende Spülung gewährleistet ist. Damit kann ein Aufheizen des Dämpfers und ein hierdurch bedingtes Wegdriften der Dämpferfrequenz vermieden werden.

Die Wahl der Grösse des Helmholtzvolumens 6 ergibt sich aus der Forderung, dass der Phasenwinkel zwischen den Schwankungen der Dämpfungsluft-Massenströme durch die Zufuhr- und Dämpfungsrohre grösser oder gleich $\pi/2$ sein soll. Für eine harmonische Schwingung mit vorgegebener Frequenz auf der Innenseite der Brennkammerwand bedeutet diese Forderung, dass das Volumen mindestens so gross sein soll, dass die Helmholtz-Frequenz des Resonators, der durch das Volumen 6 und die Öffnungen 5 und 7 gebildet wird, mindestens die Frequenz der zu dämpfenden Brennkammerschwingung erreicht. Daraus folgt ausserdem, dass das Volumen des verwendeten Helmholtzresonators vorzugsweise auf die tiefste Eigenfrequenz des Nachbrennraumes ausgelegt wird. Möglich ist auch die Wahl eines noch grösseren Volumens. Dadurch wird erreicht, dass eine Druckschwankung auf der Innenseite des Nachbrennraumes zu einer stark gegenphasigen Schwankung des Luftmassenstromes führt, weil ja jetzt die Schwankungen der Dämpfungsluft-Massenströme durch die Zuführrohre und die Dämpfungsrohre nicht mehr phasengleich sind.

Die grundsätzlichen Merkmale eines durchströmten Helmholtzresonators, wie er in einer Brennkammer, aber auch überall sonst, Anwendung finden kann, sind in Fig 2. dargestellt. Der Resonator besteht im wesentlichen aus dem Zuführrohr 5a, dem Resonanzvolumen 6a und dem Dämpfungsrohr 7a. Das Zuführrohr 5a bestimmt den Druckabfall. Die Geschwindigkeit am Ende des Zuführrohres stellt sich so ein, dass der dynamische Druck des Strahles zusammen mit den Verlusten dem Druckabfall über der Brennkammer entspricht. Es wird nur so viel Luft zugeführt, dass das Dämpferinnere sich nicht aufheizt. Eine Aufheizung durch Strahlung aus dem Bereich der Brennkammer hätte zur Folge, dass die Frequenz nicht stabil bleibt. Die Durchspülung soll deshalb lediglich die eingestrahlte Wärmemenge abführen. Soweit sind Helmholtzresonatoren bekannt.

Um die Leistung des Helmholtzresonators wesentlich zu steigern, hat es sich als zweckmässig erwiesen,

die beiden Enden des Dämpfungsrohres 7a nicht scharfkantig auszuführen.

Gewählt wird eine Abrundung, deren Krümmungsradius folgende Bedingung erfüllt:

$$\text{Str} = \frac{R \cdot f}{u} \geq 0.5$$

Darin bedeuten:

Str die Strouhalzahl
 R der Krümmungsradius der Abrundung
 f die Frequenz
 u die Schwankungsgeschwindigkeit der Strömung im Dämpfungsrohr

Mit dieser Massnahme wird unter anderm erreicht, dass die Strömung am Eintritt und am Austritt des Dämpfungsrohres nicht völlig ablöst, wie das bei scharfkantigem Ein- und Austritt der Fall ist. Die Eintritts- und Austrittsverluste werden niedriger, wodurch die pulsierende Strömung wesentlich verlustärmer wird. Diese verlustarme Gestaltung führt zu sehr hohen Schwingungsamplituden, was wiederum zur Folge hat, dass der angestrebte hohe Strahlverlust an den Enden des Dämpfungsrohres weiter gesteigert wird. Anders ausgedrückt, das Anwachsen der Amplitude überkompensiert die Absenkung des Verlustbeiwertes. Im Ergebnis erzielt man einen Helmholtzresonator, der das zweifache bis dreifache an Dämpfungsleistung aufweist verglichen mit den an sich bekannten durchströmten Resonatoren.

Bezugszeichenliste

1 Brennkammerwand
 2 Brennstoffzuführung (Öl)
 3 Brennstoffzuführung (Gas)
 4 Luftkanal
 5, 5a Zuführrohr
 6, 6a Helmholtzresonator
 7, 7a Dämpfungsrohr
 8 Brennermündung
 9 Nachbrennraum
 10 Sammelraum

Patentansprüche

1. Nachbrenner für eine Gasturbinenbrennkammer, bei welchem eine in einer Brennkammerwand (1) angeordnete Brennstoffzuführung (2, 3) von einem ringförmigen Luftkanal (4) umschlossen ist, um Brennstoff zusammen mit Nachverbrennungsluft in den in einem Nachbrennraum (9) durchströmten Gasstrom einzudüsen, dadurch gekennzeichnet, dass der Luftkanal (4) mit einem von der Nachver-

brennungsluft durchströmtem Helmholtzresonator kommuniziert, welcher im wesentlichen aus einem Zuführrohr (5), einem Resonanzvolumen (6) und einem Dämpfungsrohr (7) besteht, wobei sich der Austritt des Dämpfungsrohres (7) im unmittelbaren Bereich der Brennermündung (8) in den Nachbrennraum (9) befindet und wobei das Zuführrohr (5) den ringförmigen Luftkanal (4) mit dem Resonanzvolumen (6) verbindet.

2. Nachbrenner nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Dämpfungsrohr (7) als Ringkanal ausgebildet ist, welcher den Luftkanal (4) umgibt.
3. Nachbrenner nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Dämpfungsrohr (7), welches das Resonanzvolumen (6) mit dem Nachbrennraum (9) verbindet, eintrittsseitig und austrittsseitig abgerundet ist.

Claims

1. Secondary burner for a gas turbine combustion chamber, in which a fuel feed (2, 3) arranged in a combustion chamber wall (1) is surrounded by an annular air duct (4), in order to spray fuel together with secondary combustion air into the gas flow flowed through [sic] in a secondary combustion space (9), characterized in that the air duct (4) communicates with a Helmholtz resonator through which the secondary combustion air flows and which consists essentially of a supply tube (5), a resonance volume (6) and a damping tube (7), the outlet from the damping tube (7) being located in the immediate vicinity of the burner mouth (8) in the secondary combustion space (9) and the supply tube (5) connecting the annular air duct (4) to the resonance volume (6).
2. Secondary burner according to Claim 1, characterized in that the damping tube (7) is configured as an annular duct which surrounds the air duct (4).
3. Secondary burner according to Claim 1, characterized in that the damping tube (7) which connects the resonance volume (6) to the secondary combustion space (9) is rounded at the inlet and outlet ends.

Revendications

1. Dispositif de post-combustion pour une chambre de combustion d'une turbine à gaz, dans lequel une arrivée de combustible (2, 3) disposée dans une paroi

(1) de la chambre de combustion est entourée par un canal à air (4) annulaire, pour injecter un combustible en même temps que de l'air de post-combustion dans un courant de gaz circulant dans un volume de post-combustion (9), caractérisé en ce que le canal à air (4) communique avec un résonateur de Helmholtz parcouru par l'air de post-combustion, qui se compose essentiellement d'un tube d'arrivée (5), d'un volume de résonance (6) et d'un tube d'amortissement (7), dans lequel la sortie du tube d'amortissement (7) se trouve à proximité immédiate de l'embouchure (8) du brûleur dans le volume de post-combustion (9) et dans lequel le tube d'arrivée (5) relie le canal à air annulaire (4) avec le volume de résonance (6).

2. Dispositif de post-combustion suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le tube d'amortissement (7) est constitué par un canal annulaire, qui entoure le canal à air (4).
3. Dispositif de post-combustion suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le tube d'amortissement (7), qui relie le volume de résonance (6) au volume de post-combustion (9), est arrondi à l'extrémité d'entrée et à l'extrémité de sortie.

30

35

40

45

50

55

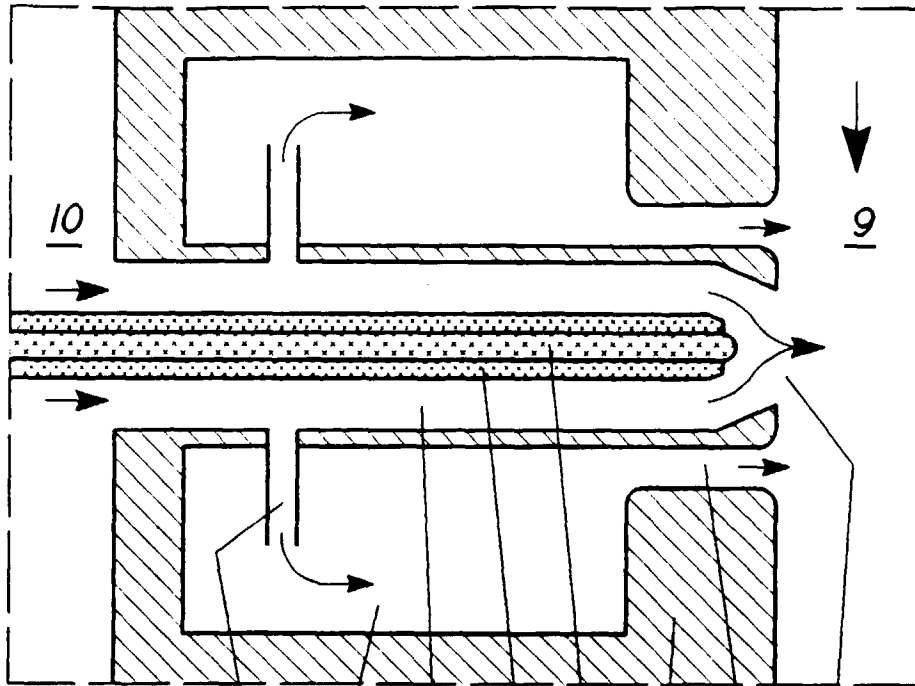


FIG. 1 5 6 4 3 2 1 7 8

FIG. 2

