

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 987 491 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
20.07.2005 Patentblatt 2005/29

(51) Int Cl.7: **F23C 7/00**, F23D 17/00,
F23C 7/02

(21) Anmeldenummer: **98810924.5**

(22) Anmeldetag: **16.09.1998**

(54) **Verfahren zur Verhinderung von Strömungsinstabilitäten in einem Brenner**

Method for preventing flow instabilities in a burner

Procédé pour prévenir les instabilités d'écoulement dans un brûleur

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.03.2000 Patentblatt 2000/12

(73) Patentinhaber: **ALSTOM Technology Ltd**
5400 Baden (CH)

(72) Erfinder:
• **Paschereit, Christian Oliver, Dr.**
5400 Baden (CH)
• **Keller, Jakob, Prof. Dr.**
5610 Wohlen (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 433 790 **EP-A- 0 851 172**
US-A- 3 879 939 **US-A- 5 345 768**
US-A- 5 758 587

EP 0 987 491 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

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Verfahren zum Betrieb eines Brenners, entsprechend dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Die Erfindung bezieht sich auch auf einen Brenner entsprechend dem Oberbegriff des Anspruchs 2.

STAND DER TECHNIK

[0002] Bei modernen Brennern, insbesondere bei Brennern, wie sie in Gasturbinen eingesetzt werden, wird es zunehmend wichtiger, die Verbrennung sowohl möglichst effizient, als auch möglichst frei von Schadstoffen zu halten. Schadstoffgrenzwerte werden u.a. von den Behörden vorgeschrieben, und die Richtlinien betreffend CO und NO_x Ausstoss werden immer strenger. Die entsprechende Optimierung der Verbrennung kann auf vielfältige Weise geschehen, so z.B. durch Beimischung von Additiven wie Wasser zum Brennstoff, durch Einsatz von Katalysatoren, oder auch durch die Sicherstellung eines für die Verbrennung idealen Brennstoff-Luft-Gemisches. Optimale Brennstoff-Luft-Verhältnisse können dadurch erzeugt werden, dass Brennstoff und Verbrennungsluft vorgemischt werden (sog. Vormischbrenner) oder indem Brennstoff und Verbrennungsluft zusammen auf spezielle Weise in den Verbrennungsraum eingedüst werden.

[0003] Aus der EP-B1-0 321 809 ist ein Brenner für flüssige und gasförmige Brennstoffe mit Vormischstrecke bekannt geworden, bei welchem von aussen zugeführte Verbrennungsluft durch wenigstens zwei Eintrittsschlitze tangential zwischen verschoben angeordnete, hohle Halbkonusse eintritt und dort in Richtung der Brennkammer strömt, und bei welchem auf der der Brennkammer abgewandten, verjüngten Seite der Halbkonusse der flüssige Brennstoff zentral eingedüst wird. Der Brennstoff wird so gewissermassen von der Verbrennungsluft erfasst und "eingehüllt", so dass sich zwischen den Halbkonsussen ein kegeliges Flüssigbrennstoffprofil ausbildet, welches sich in Richtung der Brennkammer ausweitet und dort verbrennt. Gasförmiger Brennstoff wird aus Brennstoffzufuhrrohren, die den Lufteintrittsschlitzen entlang verlaufen, durch Bohrungsreihen quer in die eintretende Luft eingedüst.

[0004] Problematisch bei solchen Brennern, und allgemein bei Brennern, bei welchen ein Verbrennungsluftstrom auf ähnliche Weise in eine Brennkammer strömt, ist der Austritt der Verbrennungsluft in die Brennkammer. Während die Verbrennungsluft im Brenner an den Wänden der Halbkonusse entlang streicht und von diesen geführt wird, bildet sich in Strömungsrichtung der Verbrennungsluft hinter der Vorderkante der Halbkonusse sofort eine Scherschicht. Diese Scherschicht liegt zwischen den sich in der Brennkammer befindenden, im wesentlichen stationären und heissen Verbrennungsgasen, und dem austretenden, strömenden Gemisch von Brennstoff und Verbrennungsluft. Es liegt nun in der Natur von solchen Scherschichten, dass sich diese irgendwann Aufrollen und Verwirbelungen resultieren. Dieses Aufrollen verläuft derart, dass sich zunächst auf den Scherschichten sogenannte Kelvin-Helmholtz-Wellen ausbilden, deren Wellenkämme quer zur Strömungsrichtung verlaufen, und welche danach zu einer Wirbelbildung führen.

[0005] Es zeigt sich, dass diese Instabilitäten auf Scherschichten in Kombination mit dem ablaufenden Verbrennungsprozess hauptverantwortlich für eine wichtige Klasse 1 von von Reaktionsratenschwankungen ausgelösten, thermoakustischen Oszillationen sind. Diese weitgehend kohärenten Wellen führen bei einem Brenner der obengenannten Art bei typischen Betriebsbedingungen zu Schwingungen mit Frequenzen von etwa 100 Hz. Da diese Frequenz mit typischen fundamentalen Eigenmoden von von vielen Ringbrennern von Gasturbinen zusammenfallen, stellen die thermoakustischen Oszillationen ein Problem dar.

[0006] EP-A2-0 851 172 offenbart einen Brenner zum Betrieb einer Brennkammer mit einem flüssigen und/oder gasförmigen Brennstoff. Dabei einem Brenner zum Betrieb einer Brennkammer mit einem flüssigen und/oder gasförmigen Brennstoff wird die dazu benötigte Verbrennungsluft durch tangentiale Lufteintrittskanäle in einen Innenraum des Brenners geführt. Durch diese Strömungsführung entsteht im Innenraum eine Drallströmung, welche am Ausgang des Brenners eine Rückströmzone induziert. Um die sich dort bildende Flammenfront zu stabilisieren, wird bei jedem den Brenner bildenden Teilkörper mindestens eine Zone vorgesehen, innerhalb welcher Eintrittsöffnungen für die Eindüsung einer Zusatzluft in die Drallströmung vorgesehen sind. Durch diese Eindüsung bildet sich an der Innenwand der Teilkörper einen Film, welcher verhindert, dass die Flamme entlang der Innenwand der Teilkörper in den Innenraum des Brenners zurückschlagen kann.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0007] Der Erfindung liegt demnach die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren sowie einen Brenner zur Durchführung des Verfahrens zur Verfügung zu stellen, welches die Ausbildung von kohärenten Strömungsinstabilitäten des Verbrennungsluftstroms nach Austritt in die Brennkammer verhindert.

[0008] Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, indem Störungsluft in den Ver-

brennungsluftstrom eingedüst wird, wobei die Störungsluft im wesentlichen senkrecht zu einer Hauptströmungsrichtung des Brennstoff-Luft-Gemisches und im wesentlichen parallel zu den Scherschichten, bevorzugt sogar in die Scherschichten, in das Brennstoff-Luft-Gemisch eingedüst wird. Dadurch wird die Ausbildung von Kelvin-Helmholtz-Wellen in Strömungsrichtung gezielt im Kern erstickt. Der Kern der Erfindung liegt also darin, dass die eingedüστε Störungsluft gezielt das Aufschaukeln von thermoakustischen Oszillationen schon bei deren ursächlicher Bildung verhindert.

[0009] Eine andere Ausführungsform der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass es sich beim Brenner um einen Doppelkegelbrenner handelt, dass die Eindüstung der Störungsluft durch Störungsdüsen erfolgt, und dass die Störungsluft unmittelbar bei den Vorderkanten der Halbkonusse erfolgt, dort, wo sich die Scherschichten ausbilden. Werden weiterhin bevorzugt die Störungsdüsen gleichmässig in bestimmten Abständen auf den Umfängen der Vorderkanten der Halbkonusse verteilt, so wird die Periodizität der Wellen auf den Scherschichten gestört, was die Verhinderung der thermoakustischen Oszillationen gezielt im Keime ihrer Bildung bewirkt.

[0010] Weitere Ausführungsformen des erfindungsgemässen Verfahrens und des erfindungsgemässen Brenners ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

KURZE ERLÄUTERUNG DER FIGUREN

[0011] Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Scherschicht und die in der Beschreibung verwendeten Grössen inkl. Koordinatensystem;

Fig. 2 zeigt den dimensionslosen Wachstumscoeffizienten als Funktion der dimensionslosen Wellenlänge;

Fig. 3 zeigt die dimensionslose Wellenzahl mit maximalem Wachstum als Funktion der dimensionslosen transversalen Komponente des Wellenvektors;

Fig. 4 zeigt den dimensionslosen Wachstumsfaktor als Funktion der dimensionslosen transversalen Komponente des Wellenvektors; und in

Fig. 5 sind schematische Darstellungen eines Doppelkegelbrenners mit Störungsdüsen abgebildet. a) perspektivische Ansicht, b) Schnitt senkrecht zur Hauptströmungsrichtung durch Störungsdüse, c) Ansicht von oben, d) Ansicht von vorn.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0012] Das Wirkprinzip des geschilderten Ansatzes soll zunächst aufgrund einiger theoretischer Überlegungen rationalisiert und erläutert werden, anschliessend werden die technischen Ausführungsbeispiele geschildert.

[0013] Figur 1 zeigt einen Schnitt durch eine idealisierte Scherschicht 10, wie sie für die nachfolgenden Berechnungen vorausgesetzt wird. Die Scherschicht 10 ist von einer Dicke h , und das Koordinatensystem ist derart gelegt, dass die Achsen x und z in der Scherschicht liegen, die Achse y senkrecht dazu, und dass die Hauptströmungsrichtung (longitudinal) entlang x verläuft. Zur Vereinfachung der Rechnungen ist der Ursprung des Koordinatensystems derart gelegt, dass sich die Dicke der Scherschichten 10 entlang y von $-h/2$ bis $+h/2$ erstreckt, und dass sich die in der Figur oben liegende Schicht mit einer Geschwindigkeit U_0 entlang x nach rechts bewegt, während die in Figur 1 unten dargestellte Schicht sich mit einer Geschwindigkeit $-U_0$ entlang x nach links bewegt. Übertragen auf die Situation beim Austritt aus einem Brenner 26 bedeutet das, dass die obere Schicht die austretende Verbrennungsluft 15 mit einer Geschwindigkeit $2 U_0$ entlang x nach rechts darstellt, und dass die untere Schicht die idealisiert stationäre Verbrennungsgase in der Brennkammer repräsentiert. In der Scherschicht 10 wird ein lineares Geschwindigkeitsprofil entlang y angenommen, welches die folgende mathematische Form aufweist:

$$u = u_0(y) = H(y - h/2)U_0 + H(y + h/2)H(-y + h/2)2yU_0/h - H(-y - h/2)U_0$$

$$v = 0, w = 0$$

wobei H die folgende Heaviside-Funktion ist

$$H(y) = \begin{cases} 1, & \text{wenn } y > 0 \\ 0.5, & \text{wenn } y = 0 \\ 0, & \text{wenn } y < 0 \end{cases}$$

und u , v , und w die Geschwindigkeiten entlang x , y , und z sind.

[0014] Geht man von varikosen Störungen entlang der Scherschicht 10 aus, und verwendet nun die Gleichungen für Fluss bei konstantem Volumen (gültig für niedrige Mach-Zahlwerte), sowie Massen- und Drehmomentenerhaltung, so resultiert ein Gleichungssystem mit folgender, an den Punkten $y = \pm h/2$ stetigen Lösung:

$$\left(\frac{\alpha h}{U_0}\right)^2 = \left[1 - \frac{k_z^2 h^2}{k^2 h^2}\right] \left\{ \exp(-2kh) - [1 - kh]^2 \right\}.$$

[0015] Dabei ist α der Wachstumsexponent der Störung in $1/s$, U_0 die Randgeschwindigkeit an der Scherschicht 10, k ist die Wellenzahl entlang x und z , definiert als $k^2 = k_x^2 + k_z^2$, und k_z ist die Komponente des Wellenvektors entlang z , d.h. in transversaler Richtung.

[0016] Die obige Lösung reduziert sich für den Fall $k_z \rightarrow 0$ auf den Fall der zweidimensionalen Kelvin-Helmholtz-Wellen. Trägt man den dimensionslosen Wachstumsexponenten (linke Seite der obigen Gleichung) für den zweidimensionalen Fall als Funktion der dimensionslosen Wellenlänge der Kelvin-Helmholtz-Wellen, definiert als

$$\frac{\lambda}{h} = \frac{2\pi}{k_x h}$$

auf, so erhält man den in Figur 2 dargestellten funktionellen Zusammenhang. Interessanterweise zeigt es sich, dass für Wellenlängen $\lambda < 4.91h$ (Bereich 13) die Störung stabil ist, während sie für $\lambda > 4.91h$ (Bereich 12) wächst. Maximales Wachstum erhält man für $\lambda = 7.89h$ (11).

[0017] Das bemerkenswerte Resultat des allgemeinen, dreidimensionalen Falls der obigen Lösung ist nun, dass die Scherschicht 10 stabil ist für alle Werte der x -Komponente des Wellenvektors k_x (in Strömungsrichtung), sofern gilt: $|k_z h| > 1.278$! Es ist mit anderen Worten so, dass eine genügend starke transversale Welligkeit mit einer transversalen Wellenlänge λ_z , welche der Bedingung $\lambda_z < 4.91h$ genügt, die Ausbildung von Kelvin-Helmholtz-Wellen verhindern kann. Figur 3 zeigt entsprechend die Norm des Wellenvektors für grösstes Wachstum als Funktion der dimensionslosen transversalen Komponente des Wellenvektors. Die zugehörige Beziehung zwischen dem dimensionslosen Wachstumskoeffizienten und der dimensionslosen transversalen Komponente des Wellenvektors ist in Figur 4 dargestellt. Wie oben erwähnt zeigt es sich, dass für $|k_z h| > 1.278$ jegliches Wachstum der longitudinalen Welligkeit unterbunden ist.

[0018] Die Idee ist nun, zur Verhinderung der Kelvin-Helmholtz-Wellen eine geeignete transversale Störung in der Scherschicht 10 zu induzieren. Eigentlich müsste zur Berechnung der idealen Art dieser Störung die Dicke der Scherschicht 10 an der Stelle der Wellenbrechung berechnet werden. Einfacher ist es aber, sich gleich an den vorliegenden Verhältnissen der Praxis zu orientieren, und die tatsächlich auftretende Frequenz der Ablösung der Wirbel, hier mit f bezeichnet, in die Rechnung einzubeziehen. Da die Wirbel in der Hauptströmungsrichtung x mit der halben Hauptströmungsgeschwindigkeit propagieren, kann man folgende Beziehung aufstellen:

$$\lambda = \frac{U}{2f}$$

wobei U die absolute Strömungsgeschwindigkeit direkt neben der Scherschicht 10 ist. Nimmt man nun an, dass die Frequenz f der Wellenlänge mit maximalem Wachstum entspricht, so ergibt sich die Stabilitätsbedingung

$$\lambda_z < 0.312 \frac{U}{f}.$$

[0019] Nimmt man nun eine für Doppelkegelbrenner 26 eher niedrig angesetzte Strömungsgeschwindigkeit von $U = 20$ m/s an und eine konservativ hohe Frequenz von $f = 125$ Hz, so erhält man als Abstand zwischen den Störungen

$$\lambda_z = 0.312 \frac{20 \text{ m/s}}{125 \text{ Hz}} \approx 5 \text{ cm}.$$

[0020] In der Praxis bedeutet dies nun folgendes: Stört man, beispielsweise mittels Eindüsen von Störungsluft 22 in transversaler Richtung, d.h. senkrecht zur Hauptströmungsrichtung und in der Scherschicht 10 unter einer Beabstandung der Störungsdüsen 16 von ca. 5 cm in x Richtung, die Ausbildung von Kelvin-Helmholtz-Wellen in Strömungsrichtung, so bilden sich auch keine thermoakustischen Oszillationen der oben angenommenen Frequenz von 125Hz aus.

[0021] Figur 5 zeigt verschiedene Ansichten eines Doppelkegelbrenners 26, anhand derer die technische Realisierung des oben geschilderten Prinzips gezeigt werden soll. Figur 5a zeigt eine perspektivische Ansicht eines Doppelkegelbrenners 26. Die Verbrennungsluft 14 tritt seitlich durch die Eintrittsschlitze 23 der mit leicht verschobenen Achsen angeordneten, hohlen Halbkonusse 18 und 21 ein, strömt zum vorderen Ende des Brenners 26 unter Beschreibung eines leichten Bogens, und tritt nach Passieren der Vorderkanten 24 der Halbkonusse 18, 21 aus dem Brenner 26 in die Brennkammer 28. Am verjüngten Ende der Halbkonusse 18, 21 befindet sich ein zylindrischer Teil 20, in welchem eine Brennstoffdüse 19 angeordnet ist, welche den in diesem Fall flüssigen Brennstoff zentral zwischen die zwei Halbkonusse 18 und 21 eindüst. Die Verbrennungsluft 14 umhüllt den eingedüsten Brennstoff, und es bildet sich ein Brennstoffkegel, welcher sich nach vorne hin aufweitet, und welcher als Gemisch 15 von Verbrennungsluft 14 und Brennstoff und Greunstaff nach Austritt in die Brennkammer 28 bei der Brennermündung 27 in einer Flamme 17 verbrennt.

[0022] In den Halbkonusen 18, 21 sind nun in regelmässigen Abständen Störungsdüsen 16 unmittelbar bei den Vorderkanten 24 angeordnet. Sie düsen, jede für sich, Störungsluft 22 senkrecht zur Strömungsrichtung des Gemisches 15 in as Gewisen 15 von Verbrennungsluft 14 und Brennstoff. Dies geschieht so, wie in Figur 5b) angedeutet: Die Störungsdüsen 16, welche von Leitungen 25 versorgt werden, düsen die Störungsluft 22 unter flachem Winkel unter die Halbkonusse 18, 21. Dies unmittelbar bei den Vorderkanten 24, so dass die Störungsluft 22 im wesentlichen parallel zu oder sogar in die sich hinter der Kante bildende Scherschicht 10 zwischen dem Gemisch 15 und den im wesentlichen stationären Verbrennungsgasen in der Brennkammer 28 einströmt. Die Eindüsung erfolgt senkrecht zur Richtung der Stömungsrichtung des Gemisches 15 (Kreis mit Punkt in der Mitte steht für einen Pfeil, der nach oben gerichtet aus der Papierebene herauschaut) und erzeugt deshalb die von der Theorie geforderte Störung in der Scherschicht 10.

[0023] Figur 5c) zeigt eine Ansicht von oben auf den Doppelkegelbrenner 26. Hier ist die Beabstandung der Stördüsen 16 gut nachvollziehbar. Die transversale Störung muss, damit die im obigen Zahlenbeispiel genannten 5cm als Wellenlänge λ_z resultiert, so erfolgen, dass die Störungsdüsen 16 Störungsluftströme erzeugen, welche in x-Richtung, d.h. in Strömungsrichtung des Gemisches 15 μm 5cm auseinanderliegen. Figur 5d) zeigt eine schematische Frontansicht eines Doppelkegelbrenners 26. Wiederum erkennbar ist das orthogonale lneinanderströmen des Gemisches 15 und der störluft 22. Es ist wichtig, das die eingedüste Strömungsluft 22 keine starken, nach innen gerichteten Komponenten aufweist, damit das Gemisch 15 nicht gestört wird. Ausserdem muss der Totaldruck der Eindüsung der Störungsluft 22 wenigstens so gross sein, wie der Totaldruck des vorbeiströmenden Gemisches 15, damit sich überhaupt signifikante transversale Störungen ausbilden können.

BEZEICHNUNGSLISTE

[0024]

- 10 Scherschicht
- 11 Maximum des dimensionslosen Wachstumscoeffizienten
- 12 Bereich ohne Wachstum
- 13 Bereich mit Wachstum
- 14 Verbrennungsluft
- 15 Gemisch von Verbrennungsluft 14 und Brennstoff
- 16 Störungsdüsen
- 17 Flamme
- 18 erster Halbkonus
- 19 Brennstoffdüse
- 20 zylindrischer Teil des Brenners 26
- 21 zweiter Halbkonus
- 22 Störungsluft
- 23 Eintrittsschlitz
- 24 Vorderkante des Halbkonus 18, 21
- 25 Leitung zu Störungsdüse 16

- 26 Brenner, Doppelkegelbrenner
- 27 Brennermündung
- 28 Brennkammer

5

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines aus versetzt angeordneten, hohlen Halbkonusen (18,21) bestehenden Vormischbrenners (26), bei welchem

10

- ein Verbrennungsluftstrom (14) über wenigstens zwei durch die Halbkonusse gebildeten Eintrittsschlitz (23) tangential eingedüst wird,
- ein Brennstoff zentral eingedüst wird und/oder ein gasförmiger Brennstoff in die quer eintretende Verbrennungsluftströmung eingedüst wird,
- 15 - der Verbrennungsluftstrom (14) mit Brennstoff innerhalb des Brenners (26) vorgemischt wird, und das sich bildende Brennstoff-/Luft-Gemisch (15) in eine dem Brenner (26) nachfolgende Brennkammer (28) transportiert wird,
- in welcher das Brennstoff-/Luft-Gemisch (15) unter Bildung von Heissgasen verbrannt wird,
- 20 - wobei sich kohärente Strömungsinstabilitäten nach Austritt des Brennstoff-/Luft-Gemisches (15) in die Brennkammer (28) infolge einer Scherschicht (10) zwischen dem austretenden Gemisch (15) und den Heissgasen in der Brennkammer (28) bilden, und
- wobei eine Störungsluft (22) in das Brennstoff-/Luft-Gemisch (15) eingedüst wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

- 25 unmittelbar an den Vorderkanten (24) der Halbkonusse die Störungsluft (22) im wesentlichen senkrecht zu der Hauptströmungsrichtung des Brennstoff-/Luft-Gemisches (15) und im wesentlichen parallel zur Scherschicht (10) in den Strom des Brennstoff-/Luft-Gemisches (15) eingedüst wird.

2. Vormischbrenner zur Durchführung des Verfahrens, wobei

30

- der Vormischbrenner (26) aus versetzt angeordneten, hohlen Halbkonusen (18, 21) besteht, die wenigstens zwei Eintrittsschlitz (23) für eine Verbrennungsluft (14) bilden,
- die Halbkonusse (18, 21) brennkammerseitig von Vorderkanten (24) begrenzt sind,
- am verjüngten Ende der Halbkonusse (18, 21) ein zylindrischer Teil (20) mit einer Brennstoffdüse angeordnet ist,
- 35 - die Halbkonusse (18, 21) Störungsdüsen (16) zur Eindüsung von Störungsluft aufweisen,

dadurch gekennzeichnet, dass

- 40 - die Störungsdüsen (16) unmittelbar vor den Vorderkanten (24) der Halbkonusse (18,21) derart eingelassen sind, dass sie eine Störungsluft (22) senkrecht zur Hauptströmungsrichtung eines austretenden Brennstoff-/Luft-Gemisches (15) in die Brennkammer (28) in die stromab der Vorderkanten (24) sich bildende Scherschicht (10) und im wesentlichen parallel zu dieser Scherschicht eindüsen.

3. Vormischbrenner nach Anspruch 2,

45

dadurch gekennzeichnet, dass

eine Vielzahl von Störungsdüsen (16) angeordnet ist, und dass die Störungsdüsen (16) gleichmässig auf den Umfängen der Halbkonusse (18,21) verteilt sind.

4. Vormischbrenner nach Anspruch 3,

50

dadurch gekennzeichnet, dass

- die gleichmässige Beabstandung der Störungsdüsen (16) derart gewählt ist, dass sie gleich oder kleiner ist als ein kritischer Wert, und
- 55 - sich dieser kritische Wert aus der Strömungsgeschwindigkeit der Verbrennungsluft und der beim Brenner ohne Störungsdüsen (16) auftretenden Frequenz der kohärenten Strömungsinstabilitäten des Brennstoff-/Luft-Gemisches (15) ergibt,
- dergestalt, dass sich der kritische Wert als mit 0.312 multiplizierter Quotient der Strömungsgeschwindigkeit

der Verbrennungsluft (15) und der beim Brenner ohne Störungsdüsen (16) auftretenden Frequenz der kohärenten Strömungsinstabilitäten des Verbrennungsluftstroms (15) ergibt.

5. Vormischbrenner nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet, dass

bei einer beim Vormischbrenner (26) ohne Störungsdüsen (16) auftretenden Frequenz der kohärenten Strömungsinstabilitäten des Verbrennungsluftstroms (15) im Bereich von 100 bis 125 Hz und einer Strömungsgeschwindigkeit der Verbrennungsluft (15) im Bereich von 20 bis 30 m/s die Störungsdüsen (16) auf den Halbkonusen (18, 21) eine Beabstandung im Bereich von 3 bis 5 cm, insbesondere im Bereich von 4.5 bis 5 cm aufweisen.

Claims

1. Method of operating a premix burner (26) which consists of hollow half cones (18, 21) arranged offset, in which

- a combustion-air flow (14) is injected tangentially via at least two inlet slots (23) formed by the half cones,
- a fuel is injected centrally and/or a gaseous fuel is injected into the combustion-air flow entering transversely,
- the combustion-air flow (14) is mixed with fuel inside the burner (26), and the forming fuel/air mixture (15) is transported into a combustion chamber (28) following the burner (26),
- in which combustion chamber (28) the fuel/air mixture (15) is burned, with hot gases being formed,
- coherent flow instabilities forming after discharge of the fuel/air mixture (15) into the combustion chamber (28) as a result of a shear layer (10) between the discharging mixture (15) and the hot gases in the combustion chamber (28), and
- disturbance air (22) being injected into the fuel/air mixture (15),

characterized in that the disturbance air (22) is injected directly at the leading edges (24) of the half cones into the flow of the fuel/air mixture (15) essentially perpendicularly to the main flow direction of the fuel/air mixture (15) and essentially parallel to the shear layer (10).

2. Premix burner for carrying out the method,

- the premix burner (26) consisting of hollow half cones (18, 21) which are arranged offset and which form at least two inlet slots (23) for the combustion air (14),
- the half cones (18, 21) being defined on the combustion-chamber side by leading edges (24),
- a cylindrical part (20) with a fuel nozzle being arranged at the narrowed end of the half cones (18, 21),
- the half cones (18, 21) having disturbance nozzles (16) for injecting disturbance air,

characterized in that

- the disturbance nozzles (16) are incorporated directly in front of the leading edges (24) of the half cones (18, 21) in such a way that they inject disturbance air (22), perpendicularly to the main flow direction of a fuel/air mixture (15) discharging into the combustion chamber (28), into the shear layer (10) forming downstream of the leading edges (24) and essentially parallel to this shear layer.

3. Premix burner according to Claim 2, **characterized in that** a multiplicity of disturbance nozzles (16) are arranged, and **in that** the disturbance nozzles (16) are distributed uniformly over the circumferences of the half cones (18, 21).

4. Premix burner according to Claim 3, **characterized in that**

- the uniform spacing of the disturbance nozzles (16) is selected in such a way that it is equal to or less than a critical value, and **in that**
- this critical value is obtained from the flow velocity of the combustion air and the frequency, occurring at the burner without disturbance nozzles (16), of the coherent flow instabilities of the fuel/air mixture (15),
- in such a way that the critical value is obtained as quotient, multiplied by 0.312, of the flow velocity of the combustion air (15) and the frequency, occurring at the burner without disturbance nozzles (16), of the coherent flow instabilities of the combustion-air flow (15).

5. Premix burner according to Claim 4, **characterized in that**, at a frequency, occurring at the premix burner (26)

without disturbance nozzles (16), of the coherent flow instabilities of the combustion-air flow (15) within the range of 100 to 125 Hz and a flow velocity of the combustion air (15) within the range of 20 to 30 m/s, the disturbance nozzles (16) on the half cones (18, 21) have a spacing within the range of 3 to 5 cm, in particular within the range of 4.5 to 5 cm.

Revendications

1. Procédé de conduite d'un brûleur à prémélange (26), se composant de demi-cônes creux (18, 21) disposés de façon décalée, dans lequel

- on injecte un courant d'air de combustion (14) tangentiellement par au moins deux fentes d'entrée (23) formées par les demi-cônes,
- on injecte un combustible en position centrale et/ou on injecte un combustible gazeux dans l'écoulement d'air de combustion entrant transversalement,
- le courant d'air de combustion (14) est prémélangé avec du combustible à l'intérieur du brûleur (26), et le mélange combustible/air (15) qui se forme est transporté dans une chambre de combustion (28) faisant suite au brûleur (26),
- dans laquelle le mélange combustible/air (15) est brûlé en formant des gaz chauds,
- dans lequel il se forme dans la chambre de combustion (28) des instabilités d'écoulement cohérentes après la sortie du mélange combustible/air (15) dans la chambre de combustion (28) par suite d'une couche de cisaillement (10) entre le mélange sortant (15) et les gaz chauds, et
- dans lequel on injecte un air de perturbation (22) dans le mélange combustible/air (15),

caractérisé en ce que l'on injecte l'air de perturbation (22) dans le courant de mélange combustible/air (15), immédiatement aux arêtes avant (24) des demi-cônes, de manière sensiblement perpendiculaire à la direction principale d'écoulement du mélange combustible/air (15) et de manière sensiblement parallèle à la couche de cisaillement (10).

2. Brûleur à prémélange pour la mise en oeuvre du procédé, dans lequel

- le brûleur à prémélange (26) se compose de demi-cônes creux (18, 21), disposés de façon décalée, qui forment au moins deux fentes d'entrée (23) pour un air de combustion (14),
- les demi-cônes (18, 21) sont limités par des arêtes avant (24) du côté de la chambre de combustion,
- une partie cylindrique (20) avec un injecteur de combustible est disposée à l'extrémité rétrécie des demi-cônes (18,21),
- les demi-cônes (18, 21) présentent des injecteurs de perturbation (16) pour l'injection d'air de perturbation,

caractérisé en ce que

- les injecteurs de perturbation (16) sont insérés immédiatement avant les arêtes avant (24) des demi-cônes (18, 21), de telle façon qu'ils injectent un air de perturbation (22) perpendiculairement à la direction d'écoulement principale d'un mélange combustible/air (15) sortant dans la chambre de combustion (28) dans la couche de cisaillement (10) qui se forme en aval des arêtes avant (24) et de manière sensiblement parallèle à cette couche de cisaillement.

3. Brûleur à prémélange selon la revendication 2, **caractérisé en ce qu'il** est prévu une pluralité d'injecteurs de perturbation (16) et **en ce que** les injecteurs de perturbation (16) sont répartis uniformément sur les pourtours des demi-cônes (18, 21).

4. Brûleur à prémélange selon la revendication 3, **caractérisé en ce que**

- l'espacement uniforme des injecteurs de perturbation (16) est choisi de façon à être égal ou inférieur à une valeur critique, et
- cette valeur critique résulte de la vitesse d'écoulement de l'air de combustion et de la fréquence des instabilités d'écoulement cohérentes du mélange combustible/air (15) se produisant avec le brûleur sans injecteurs de perturbation (16),
- de telle façon que la valeur critique soit donnée par le quotient de la vitesse d'écoulement de l'air de combustion

(14) et de la fréquence des instabilités d'écoulement cohérentes se produisant avec le brûleur sans injecteurs de perturbation (16), multiplié par 0,312.

5. Brûleur à prémélange selon la revendication 4, **caractérisé en ce que**, avec le brûleur à prémélange (26) sans injecteurs de perturbation, pour une fréquence des instabilités d'écoulement cohérentes du courant d'air de combustion (15) de l'ordre de 100 à 125 Hz et pour une vitesse d'écoulement de l'air de combustion (15) de l'ordre de 20 à 30 m/s, les injecteurs de perturbation (16) présentent sur les demi-cônes (18, 21) un espacement de l'ordre de 3 à 5 cm, en particulier de l'ordre de 4,5 à 5 cm.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

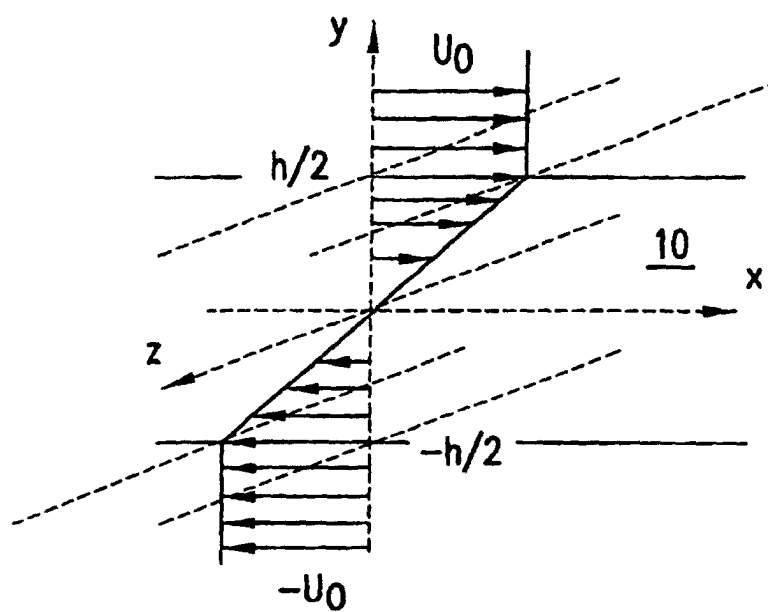


FIG. 1

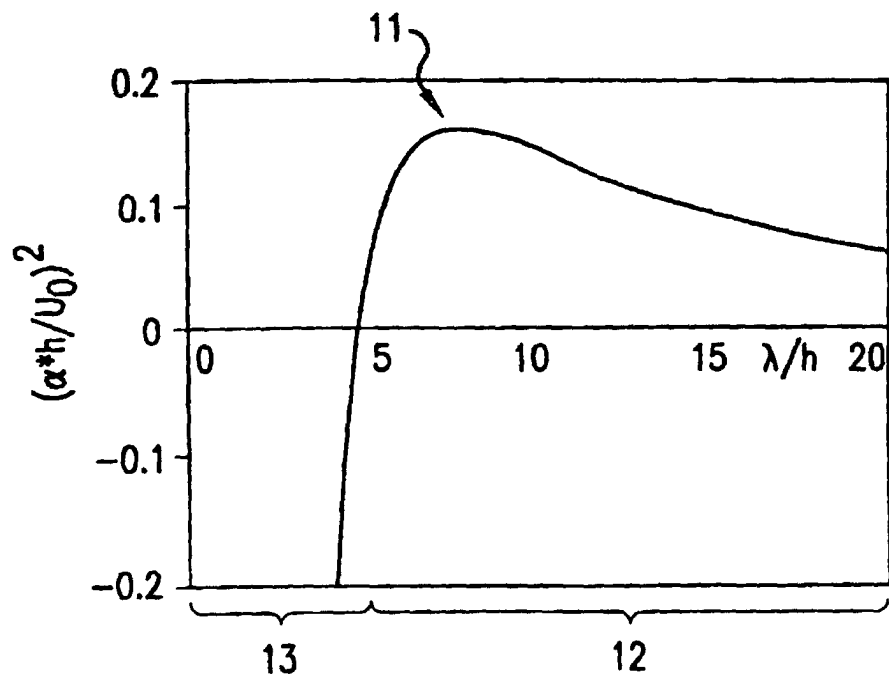


FIG. 2

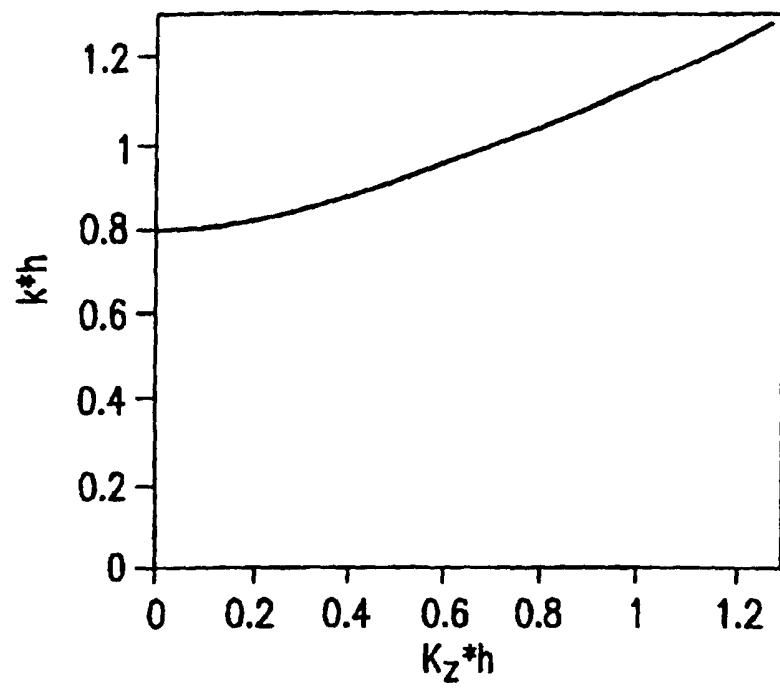


FIG.3

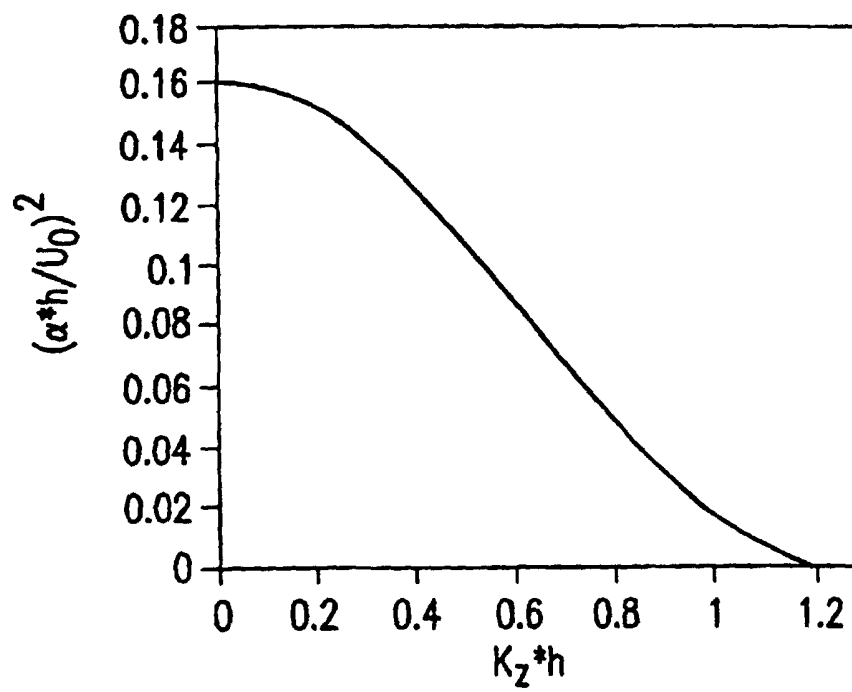


FIG.4

