



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 43 36 096 B4** 2004.07.08

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **P 43 36 096.3**
 (22) Anmeldetag: **22.10.1993**
 (43) Offenlegungstag: **19.05.1994**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **08.07.2004**

(51) Int Cl.7: **F23R 3/34**
F23C 5/00, F23D 23/00, F23R 3/18

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(30) Unionspriorität:
92 11 9395.9 **13.11.1992** **EP**

(71) Patentinhaber:
Alstom, Paris, FR

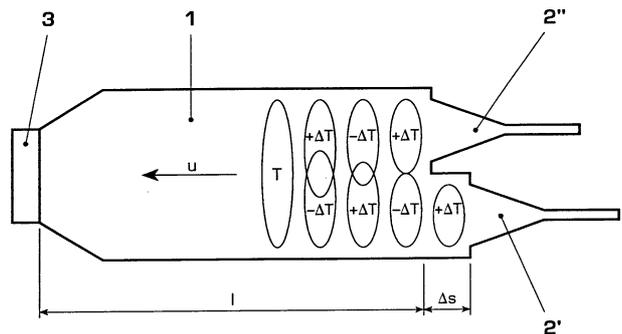
(74) Vertreter:
Rösler, U., Dipl.-Phys.Univ., Pat.-Anw., 81241
München

(72) Erfinder:
Fischer, Melchior, Dr., Oberwil-Lieli, CH

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 28 39 703 C2
DE 28 38 258 C2
EP 04 81 111 A1

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Reduktion von Schwingungen in Brennkammern**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur Reduktion von Schwingungen in Brennkammern von Gasturbinenanlagen, (bei der in Strömungsrichtung vor der Brennkammer (1) mehrere Brenner (2) angeordnet sind, und die benachbarten Brenner (2', 2'') bzw. Brennergruppen, wobei letztere jeweils aus einer gleichgrossen Anzahl von sich in Strömungsrichtung der Gase auf einer Ebene befindenden Brennern (2) bestehen, jeweils um einen Abstand Δs in Strömungsrichtung verschoben voneinander angeordnet sind, wobei unter der Voraussetzung, dass die Schallgeschwindigkeit in der Brennkammer (1) viel grösser als die Heissgasgeschwindigkeit ist, gilt



$$\Delta s = u (2n+1)/2f$$

mit Δs = Verschiebung der benachbarten Brenner bzw. Brennergruppen in Strömungsrichtung in m
 u = Heissgasgeschwindigkeit in m/s
 f = Eigenfrequenz der Brennkammer in 1/s
 $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Reduktion von Schwingungen in Brennkammern von Gasturbinenanlagen, wobei in Strömungsrichtung vor der Brennkammer mehrere Brenner angeordnet sind.

Stand der Technik

[0002] Derartige Brennkammern für Gasturbinenanlagen sind bekannt. Neben Einzelbrennkammern werden vor allem Ringbrennkammern oder Kombinationen beider Bauarten verwendet. Mit der Brennkammer, dem Raum, in dem die Flamme ausbrennt, sind die Brenner verbunden. Die Brenner stellen ein System von Kanälen dar, durch die der Brennstoff und das Gas in die Brennkammer geführt werden. Sie sind bei Ringbrennkammern meist gleichmässig verteilt auf einer Kreisringfläche nebeneinander angeordnet und befinden sich in Strömungsrichtung der Gase in einer Ebene unmittelbar vor der Brennkammer.

[0003] Probleme entstehen während des Betriebes durch thermoakustische Schwingungen, welche in den Brennkammern durch eine sich aufschaukelnde Wechselwirkung von thermischen mit akustischen Störungen angeregt werden. Falls es dabei zu akustischen Eigenschwingungen der Brennkammer kommt, können unerwünscht grosse Schwingungsamplituden auftreten. Diese führen wiederum zu unzulässig hohen mechanischen Belastungen der Brennkammer, zum Anstieg der Emissionen durch inhomogene Verbrennung und im Extremfall zum Löschen der Flamme. Bei modernen Brennkammern, bei denen auf Kühlluftöffnungen in der Brennkammer, welche die Druckpulsation dämpfen, so weit wie möglich verzichtet wird, wird diese Problematik noch verstärkt.

[0004] Bekannt ist, dass zur Beseitigung der Brennkammerschwingungen die üblichen Methoden der Geräuschkämpfung angewendet werden. Das sind z. B. Lambdaviertel-Resonatoren, Helmholtz-Resonatoren, Dämpfungsbohrungen im Brennkammergehäuse und das Einbringen von Strömungswiderständen: Eine weitere Möglichkeit ist die Einkopplung von Antischall. Der Nachteil dieser bekannten Massnahmen besteht darin, dass diese alle auf eine mehr oder weniger starke Reduzierung der bereits erzeugten Druckschwingungen abzielen und damit die Entstehung thermoakustischer Schwingungen ursächlich nicht gehemmt wird.

[0005] Aus den Druckschriften EP 0 481 111 A1, DE 28 38 258 C2 und DE 28 39 703 C2 sind Brennkammern von Gasturbinen bekannt, bei denen mehrere Brenner in Strömungsrichtung vor der Brennkammer angeordnet sind. Benachbarte Brenner bzw. Brennergruppen, wobei letztere jeweils aus einer gleich-

grossen Anzahl von sich in Strömungsrichtung der Gase auf einer Ebene befindenden Brennern bestehen, sind dabei jeweils um einen Abstand in Strömungsrichtung verschoben voneinander angeordnet. Diese Anordnung der Brenner soll zu einer geringeren Schadstoffemission und einem besseren Wirkungsgrad führen. Erreicht wird das Ziel dadurch, dass die für den Teillastbetrieb vorgesehenen Brenner/Pilotbrenner mit Abstand stromauf gegenüber den Hauptlastbrennern angeordnet sind, wobei der Abstand von den erforderlichen Verweilzeiten zum Ausbrand des Brennstoffes bei den eingesetzten Mischungsverhältnissen abhängt. Durch diese Anordnung wird auch eine höhere Stabilität der Verbrennung erzielt.

Aufgabenstellung

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zu schaffen, mit der es möglich ist, bei Brennkammern von Gasturbinenanlagen die Temperaturstörungen in der Brennkammer und damit die Wechselwirkungen von thermischen und akustischen Störungen zu reduzieren, also ursächlich die Ausbildung von thermoakustischen Schwingungen zu hemmen.

[0007] Erfindungsgemäss wird dies dadurch erreicht, dass die benachbarten Brenner bzw. Brennergruppen, wobei letztere jeweils aus einer gleichgrossen Anzahl von in Strömungsrichtung der Gase auf einer Ebene befindlichen Brennern bestehen, um einen Abstand Δs in Strömungsrichtung verschoben angeordnet sind, wobei unter der Voraussetzung, dass die Schallgeschwindigkeit in der Brennkammer viel grösser ist als die Heissgasgeschwindigkeit, gilt:

$$\Delta s = u (2n+1)/2f$$

[0008] Dabei sind Δs der Abstand der benachbarten Brenner bzw. Brennergruppen in Strömungsrichtung in m, u die Heissgasgeschwindigkeit in m/s, f die Eigenfrequenz der Brennkammer in 1/s und n eine natürliche Zahl.

[0009] Die Vorteile der Erfindung sind unter anderem darin zu sehen, dass es mit dieser Vorrichtung ohne grossen konstruktiven Aufwand möglich ist, die Temperaturstörungen in der Brennkammer zu reduzieren, dadurch die Wechselwirkungen von thermischen und akustischen Störungen zu schwächen und damit die Anfachung von thermoakustischen Schwingungen ursächlich zu hemmen. Aufwendige Massnahmen zur Schalldämpfung können dabei entfallen.

[0010] Es ist besonders zweckmässig, wenn der Abstand der benachbarten Brenner bzw. Brennergruppen in Strömungsrichtung $\Delta s = u/2f$ beträgt, also für n Null gewählt wird.

[0011] Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die Brennergruppen jeweils aus zwei sich in Strömungsrichtung der Gase auf einer Ebene befindenden Brennern bestehen.

Ausführungsbeispiel

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0012] In den Zeichnungen sind einige Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt. Dabei zeigen:

[0013] **Fig. 1** einen Längsschnitt durch Brenner, Brennkammer und Leitreihe;

[0014] **Fig. 2–5** schematische Darstellungen möglicher Brenneranordnungen.

[0015] Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt. Nicht dargestellt sind von der Anlage beispielsweise die Gestaltung des Gehäuses der Gasturbinenbrennkammer mit Innen- und Aussenmantel. Die Strömungsrichtung der Arbeitsmittel ist mit Pfeilen bezeichnet.

Weg zur Ausführung der Erfindung

[0016] Die Erfindung wird anhand eines Ausführungsbeispiels nach **Fig. 1** näher erläutert. Eine Gasturbinenanlage besitzt eine Brennkammer **1**, in diesem Falle eine Ringbrennkammer mit **18** Brennern **2**. Zur Vereinfachung sind in **Fig. 1** nur zwei benachbarte Brenner **2'** und **2''** dargestellt. Die Länge der Brennkammer **1** in Strömungsrichtung beträgt **1** m, die Heissgasgeschwindigkeit **u** beträgt **40** m/s und die Schallgeschwindigkeit **c** beträgt **800** m/s. Die fundamentale Eigenschwingung dieser Brennkammer **1** weist eine Wellenlänge auf, die einem Viertel der Brennkammerlänge entspricht. Damit ergibt sich aus $f = c/4l$ eine Eigenfrequenz **f** von **200/s**.

[0017] Die sich in der Brennkammer **1** ausbildende akustische Eigenschwingung mit der Frequenz **f** von **200/s** bewirkt eine periodische Luftzufuhr zu den Brennern **2** durch Variation der Strömungsgeschwindigkeiten in den Brennern **2**. Daraus resultiert eine Oszillation der Verbrennungstemperatur in der Brennebene mit der gleichen Frequenz. Diese Temperaturstörung breitet sich mit der Strömungsgeschwindigkeit **u** des Heissgases stromabwärts aus. Beim Durchtritt einer heissen beziehungsweise einer kalten Zone durch die Leitreihe **3** am Austritt der Brennkammer **1** entsteht eine "akustische Bremsstrahlung": Eine Zone niedriger Temperatur bewirkt aufgrund ihrer höheren Dichte einen stärkeren Druckabfall infolge der starken Beschleunigung in der Leitreihe **3**. Dieser Überdruckimpuls läuft in die Brennkammer **1** zurück. Analog bewirkt eine Zone höherer Temperatur einen Unterdruckimpuls.

[0018] Sind nun die benachbarten Brenner, wie in **Fig. 1** anhand der Brenner **2'** und **2''** und in **Fig. 2** schematisch mit Hilfe der Brennermündungen **4** dargestellt ist, um einen bestimmten Abstand Δs in Strömungsrichtung verschoben angeordnet, so können sich die positiven und negativen Temperaturabweichungen der benachbarten Brenner **2'** und **2''** kompensieren. Durch den Drall des Heissgases hinter jedem Brenner werden die Temperaturunterschiede

stromabwärts schnell ausgeglichen. Da die Schallgeschwindigkeit **c** in der Brennkammer **1** viel grösser als die Heissgasgeschwindigkeit **u** ist, ergeben sich für die o. g. Daten der Ringbrennkammer optimale Δs -Werte von **0,1** m, **0,3** m, **0,5** m ...

[0019] Konstruktiv vorteilhaft ist ein Abstand der benachbarten Brenner **2', 2''** in Strömungsrichtung von $\Delta s = 0,1$ m. Von den **18** Brennern **2** der Brennkammer **1** sind deshalb bei der erfindungsgemässen Vorrichtung im Vergleich zu einer konventionellen Ringbrennkammer, bei welcher die Brenner **2** gleichmässig verteilt auf einer Kreisringfläche nebeneinander angeordnet sind, abwechslungsweise jeweils ein Brenner **2'** um **5** cm in Strömungsrichtung und der nächste Brenner **2''** um **5** cm in Gegenstromrichtung verschoben angeordnet. Auf diese Weise werden Temperaturstörungen in der Brennkammer **1** reduziert und die Entstehung von thermoakustischen Schwingungen wird erschwert. Damit können unzulässig hohe mechanische Belastungen der Brennkammer **1** und ein Emissionsanstieg durch inhomogene Verbrennung verhindert werden.

[0020] In den **Fig. 3** bis **5** sind als Ausführungsbeispiele schematisch weitere mögliche erfindungsgemässe Brenneranordnungen dargestellt. Wie aus **Fig. 4** ersichtlich ist, sind auch unregelmässige Kombinationen der Brenneranordnungen nach **Fig. 2** und **3** realisierbar. **Fig. 5** zeigt z. B. die Anordnung von Brennergruppen, welche aus jeweils zwei in Strömungsrichtung der Gase auf einer Ebene befindlichen Brennern bestehen.

Bezugszeichenliste

1	Brennkammer
2	Brenner
3	Leitreihe
4	Brennermündung
Δs	Abstand der benachbarten Brenner in Strömungsrichtung in m
l	Länge der Brennkammer in m
u	Heissgasgeschwindigkeit in m/s
c	Schallgeschwindigkeit in m/s
f	Eigenfrequenz der Brennkammer in 1/s

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Reduktion von Schwingungen in Brennkammern von Gasturbinenanlagen, (bei der in Strömungsrichtung vor der Brennkammer (**1**) mehrere Brenner (**2**) angeordnet sind, und die benachbarten Brenner (**2', 2''**) bzw. Brennergruppen, wobei letztere jeweils aus einer gleichgrossen Anzahl von sich in Strömungsrichtung der Gase auf einer Ebene befindenden Brennern (**2**) bestehen, jeweils um einen Abstand Δs in Strömungsrichtung verschoben voneinander angeordnet sind, wobei unter der Voraussetzung, dass die Schallgeschwindigkeit in, der Brennkammer (**1**) viel grösser als die Heissgasge-

schwindigkeit ist, gilt

$$\Delta s = u (2n+1)/2f$$

mit Δs = Verschiebung der benachbarten Brenner bzw. Brennergruppen in Strömungsrichtung in m

u = Heissgasgeschwindigkeit in m/s

f = Eigenfrequenz der Brennkammer in 1/s

$n = 0, 1, 2, 3, \dots$

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die benachbarten Brenner (**2'**, **2''**) jeweils um einen Abstand Δs in Strömungsrichtung verschoben voneinander angeordnet sind, wobei $\Delta s = u/2f$.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die benachbarten Brennergruppen jeweils aus zwei Brennern (**2**) bestehen.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

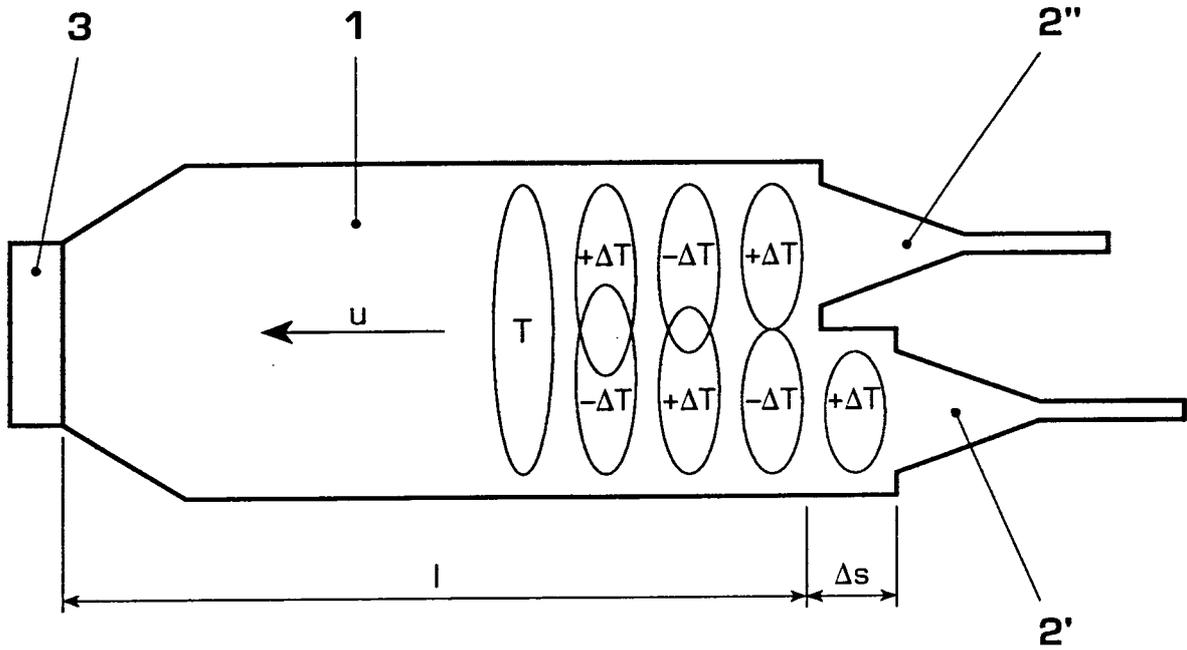


FIG. 1

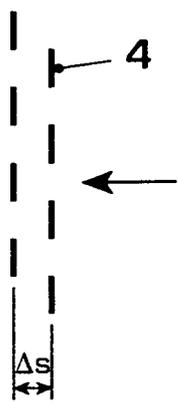


FIG. 2

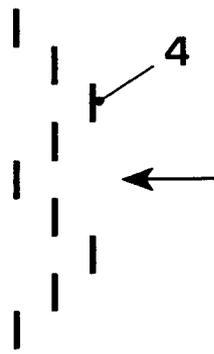


FIG. 3

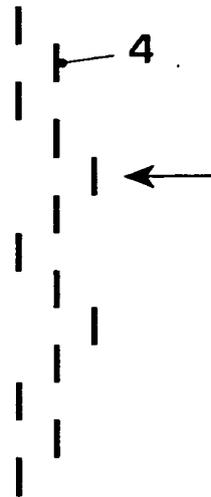


FIG. 4

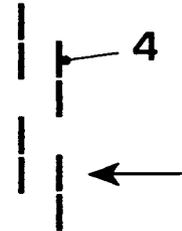


FIG. 5