



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 22 437 T2** 2005.12.08

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 964 206 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 22 437.3**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 401 204.5**

(96) Europäischer Anmeldetag: **18.05.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **15.12.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **08.12.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **08.12.2005**

(51) Int Cl.⁷: **F23R 3/26**
F23R 3/34

(30) Unionspriorität:

9807409 11.06.1998 FR

(73) Patentinhaber:

**Institut Français du Pétrole, Rueil-Malmaison,
Hauts-de-Seine, FR; Turbomeca, Bordes,
Pyrénées Atlantiques, FR**

(74) Vertreter:

Vonnemann, Kloiber & Kollegen, 80796 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

BE, DE, GB, IT, NL

(72) Erfinder:

**Grienche, Guy, 64800 Coarraze, FR; Schott,
Gerard, 64110 Rontignon, FR; Le Gal, Jean-Herve,
75014 Paris, FR; Martin, Gerard, 92500
Rueil-Malmaison, FR; Laborde, Patrice, 64140
Bollène, FR; Spagne, Raphael, 64230 Lescar, FR**

(54) Bezeichnung: **Brennkammer einer Gasturbine mit verstellbarer Geometrie**

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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft den Bereich der Gasturbinen und insbesondere der solchen Turbinen zugeordneten Brennkammern.

[0002] Eines der Probleme am Ursprung der vorliegenden Erfindung betrifft die Verschmutzung, die von dem Betrieb dieser Turbinen verursacht wird. Genauer genommen müssen die Stickstoffoxid- (NOx) und Kohlenmonoxidabgaben (CO) reduziert werden, denn sie sind für die Umwelt am schädlichsten.

[0003] Ferner gelten in den meisten der Industrieländer derzeit oder in Zukunft ziemlich strenge Normen.

[0004] Die Stickstoffoxide (NOx) sind vor allem thermische Stickstoffoxide, die sich bei hoher Temperatur in den Brennkammern von Gasturbinen bilden, das heißt über 1700 K, wo die Rauchgase Verweilzeiten im Allgemeinen zwischen 2 und 10 Millisekunden haben.

[0005] Das Kohlenmonoxid (CO) seinerseits wird bei niedrigerer Temperatur (< 1600 K) durch unvollständige Verbrennung des Treibstoffs gebildet.

[0006] Daher liegt der optimale Temperaturbereich, um reduzierte Abgaben sowohl an NOx als auch an CO zu haben, zwischen etwa 1650 K und 1750 K. [Fig. 1](#) zeigt mit Kurven (CO und NOx) die jeweiligen Abgaben von Kohlenmonoxid und Stickstoffoxiden in Abhängigkeit von der Temperatur T (in K) unter den Betriebsbedingungen einer Brennkammer einer Gasturbine.

[0007] Die NOx- und CO-Abgaben hängen daher direkt mit dem Gehalt des Luft-Treibstoff-Gemischs in der Brennkammer zusammen, das heißt mit dem Verhältnis zwischen dem Luftdurchsatz und dem Treibstoffdurchsatz. Da der Gehalt des Gemischs auferlegt werden muss, wenn man in einem bestimmten Bereich von Temperaturen wie dem oben erwähnten arbeiten will, schwankt die adiabatische Temperatur der Flamme des Gemischs in etwa proportional zum Gehalt.

[0008] In bekannter und herkömmlicher Art ist der Treibstoffdurchsatz der einzige Parameter, der es erlaubt, die Betriebsdrehzahl der Turbine zu steuern. Daraus folgt, dass der Luftdurchsatz für einen gegebenen Treibstoffdurchsatz perfekt auf einen Wert festgelegt ist, der allein von den Kenndaten der Maschine und insbesondere von den Durchgangsquerschnitten in der Feuerungsanlage abhängt. Daher ist der Gehalt total festgelegt.

[0009] Der Gehaltsbereich, der es erlaubt, den oben definierten Temperaturbereich einzuhalten, ent-

spricht jedoch nicht immer dem Gehalt, der von der Betriebskurve der Maschine auferlegt wird.

[0010] Mehrere Konzepte können in Betracht gezogen werden, um diesem Problem abzuweichen.

[0011] Eines besteht darin, eine Verbrennung auf mehreren Stufen durchzuführen, die nacheinander gezündet werden, wie das besser in der Patentanmeldung EP-A-0 281 961 beschrieben ist. Diese bekannte Lösung ist in [Fig. 2](#) dargestellt, wo man eine Brennkammer sieht, die eine Pilotstufe gefolgt von zwei weiteren Stufen hat, die jeweils einen Lufteingang und einen Eingang für Treibstoff, wie zum Beispiel Erdgas haben. Es geht daher darum, die Verbrennung auf jeder Stufe nacheinander und in Abhängigkeit von der verlangten Gesamtleistung herzustellen. Die Pilotverbrennung selbst wird ungeachtet der Drehzahl durchgeführt. Diese Lösung erlaubt es theoretisch, in den gezündeten Stufen für jede Motordrehzahl einen akzeptablen Gehalt zu erzielen, wenn man über eine ausreichende Anzahl von Stufen verfügt. Der große Nachteil besteht darin, dass sie einen komplexen Treibstoffzufuhrkreislauf erfordert, woraus sich Probleme der Zuverlässigkeit der Regelung und vor allem Kostenprobleme ergeben.

[0012] Ein weiteres Konzept zum Erzielen von Brennkammern, die auf einem bestimmten Temperaturbereich funktionieren, besteht damit, sie mit einer Einheit von Klappen, Schützen oder anderen Verschlussmitteln auszustatten, die es erlauben, den Luftdurchsatz in der Feuerungsanlage zu steuern, wie das bereits in der Patentanmeldung FR-A-2 270 448 beschrieben wurde. Natürlich sind die Steuerung und das Betätigen solcher Elemente komplex, heikel durchzuführen. Die Einheit ist ferner kostspielig.

[0013] Die vorliegende Erfindung zielt daher darauf ab, eine zuverlässige, einfache Lösung für das Problem der Regelung des Gehalts in einer Brennkammer einer Gasturbine vorzuschlagen.

[0014] Die Aufgabe dieser Steuerung besteht darin, eine Verbrennung in einem optimalen Temperaturbereich insbesondere hinsichtlich der Kohlenmonoxid- und Stickstoffoxidabgaben herzustellen.

[0015] Die vorliegende Erfindung erlaubt daher eine automatische Regelung des Verbrennungsluftdurchsatzes. Eine mechanische Servosteuerung wird vorteilhafterweise dank einer sehr eingeschränkten Anzahl mechanischer Teile durchgeführt.

[0016] Die Erfindung hat eine Gasturbinen-Brennkammer zur Aufgabe, die wenigstens eine so genannte Pilot-Verbrennungszone umfasst, in die wenigstens ein erstes Mittel zum Einspritzen von Pilot-Treibstoff und ein erstes Mittel zum Einspritzen von zugeordnetem Sauerstoffträger münden; eine

Zone zur Hauptverbrennung, in die wenigstens ein zweites Mittel zur Haupteinspritzung von Treibstoff und ein zweites Mittel zum Einspritzen zugeordneten Sauerstoffträgers münden, wobei die Anordnung unter einem Druck P2 im Inneren einer Einfassung gehalten wird.

[0017] Erfindungsgemäß umfasst die Brennkammer ferner ein mechanisches Mittel zur Regelung des zweiten Sauerstoffträger-Durchsatzes, das auf den Druckunterschied zwischen dem Druck im Inneren (P2) und dem Atmosphärendruck (Po) außerhalb der Einfassung reagiert, wobei die Druckdifferenz direkt mit der Motordrehzahl verbunden ist.

[0018] Genauer genommen umfasst das Mittel zur Regelung mindestens ein Verschleißelement, das die zweiten Sauerstoffträger-Eingänge in die Brennkammer mehr oder minder verschließt, mehrere Verbindungsstangen zwischen den Verschleißelementen und ein Trägerelement, ein Kompressionselement, einen abdichtenden Balg, der um das Kompressionselement herum angeordnet ist und mit dem Trägerelement das Atmosphärendruck-Volumen (Po) gegenüber der Einfassung unter Druck (P2) begrenzt.

[0019] Das erste Mittel zum Einspritzen von Treibstoff und das erste Mittel zum Einspritzen von Sauerstoffträger sind auf besondere Art im Wesentlichen in der Nähe der Längsachse (XX') der Brennkammer angeordnet.

[0020] Gemäß einer spezifischen Anordnung der Erfindung sind das zweite Mittel zur Haupteinspritzung und das zweite Mittel zum Einspritzen von Sauerstoffträger auf einem Umfang und stromabwärts der Zone zur Pilot-Einspritzung relativ in Richtung der Fortpflanzung der Flamme angeordnet.

[0021] Ferner umfasst die erfindungsgemäße Brennkammer ein drittes Mittel zum Einspritzen von Sauerstoffträger, das in die Brennkammer stromabwärts des zweiten Mittels zum Einspritzen von Sauerstoffträger relativ in Richtung der Fortpflanzung der Flamme mündet.

[0022] Ferner erlaubt es das Mittel zum Regeln des zweiten Durchsatzes von Sauerstoffregler, den Durchsatz des dritten Mittels zum Einspritzen von Sauerstoffträger zu regeln (Bypassfunktion).

[0023] Das Kompressionselement kann eine Stapelung von Unterlegscheiben oder Federn umfassen.

[0024] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfasst die Brennkammer drei Zonen zur Gruppierung der zweiten Mittel zur Haupteinspritzung von Treibstoff (7) und zur Haupteinspritzung von Sauerstoffträger (8), wobei jede Zone um einen 120°-Winkel beabstandet ist.

[0025] Die Erfindung wird besser verstanden, weitere Vorteile, Besonderheiten und Details ergeben sich bei der Lektüre der folgenden Beschreibung, die darstellend und in keiner Weise einschränken unter Bezugnahme auf die anliegenden Zeichnungen gegeben wird, in welchen:

[0026] [Fig. 3](#) ein Längsschnitt einer Brennkammer gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist,

[0027] [Fig. 4](#) ein Längsschnitt der Brennkammer der [Fig. 3](#) in einer anderen Betriebsstellung ist.

[0028] In [Fig. 3](#) ist die Feuerungsanlage 1 durch einen internen Mantel 2 abgegrenzt, der hier zwei verschiedene Durchmesser aufweist: der kleinere Durchmesser enthält die Zone der Pilot-Verbrennung 11, während die Zone mit größerem Durchmesser 12 die ist, in der sich die Hauptverbrennung entwickelt.

[0029] Die Pilot-Verbrennungszone 11 gewährleistet die Verbrennung im Langsamgang und die Verbrennung kann dort während der anderen Betriebsdrehzahlen aufrechterhalten werden.

[0030] Auf dem Niveau der Zone 11 münden jeweils Einspritzer 3 von Treibstoff, wie zum Beispiel Erdgas, und Einspritzer oder Lufteingänge 4.

[0031] Der Boden 5 ist vorgesehen, um die Zone 11 abzugrenzen. Die Eingänge für Treibstoff 3 und Luft 4 befinden sich in der Nähe des Bodens 5, auf dem Umfang und unweit der Längsachse XX' der Brennkammer. Die Pilot-Verbrennungszone 11 ist eine Zone mit Stabilität der Flamme, wo die Flamme ungeachtet der Betriebsbedingungen existiert.

[0032] Rippen 6 zum Indrehungsetzen der Luft können auf der Ebene der Lufteingänge 4 vorgesehen werden.

[0033] Die Treibstoff-Einspritzer 3 können in diesen Rippen angeordnet werden, ohne den Geltungsbereich der Erfindung zu verlassen.

[0034] Im Inneren der Zone 11 herrscht ein gegebener Druck P1, ebenso wie in der Zone 12.

[0035] Die Zone 12 weist daher einen größeren Durchmesser auf als der der Zone 11: hier wird die Hauptverbrennung durchgeführt.

[0036] Es ist daher ein zweites Mittel zum Einspritzen von Treibstoff 7 an der Grenze zwischen den Zonen 11 und 12 angeordnet. Gleichermaßen befindet sich ein zweites Mittel zum Einspritzen von Luft 8 in der Nähe des zweiten Einspritzers von Treibstoff 7. Rippen 9 können ferner auf der Ebene der Einspritzer 8 angeordnet werden. Die Mittel 7, 8 und 9 befinden sich auf einem Umfang des Mantels 2 und mehrere

Gruppierungen können vorgesehen werden. Hier sind drei Gruppierungen vorgesehen, jede mit einem 120°-Winkel beabstandet.

[0037] Ferner kann so genannte „Verdünnungsluft“, das heißt Luft, die nicht an der Verbrennung und an der Kühlung der Wände beteiligt ist, in den Mantel **2** stromabwärts der Verbrennungszone **12** über entsprechende Öffnungen **22** eingeführt werden.

[0038] Die allgemeine Luftversorgung erfolgt über einen ringförmigen Raum **13**, der von dem Mantel **2** und einem äußeren Mantel **14** abgegrenzt wird. Ein Druck P2 herrscht in diesem Raum, dieser Druck ist leicht größer als der Druck P1, wobei der Unterschied auf die Lastverluste zurückzuführen ist, die von den verschiedenen Lufteingangöffnungen geschaffen werden.

[0039] Auf der Ebene der Lufteingänge **8** sieht die vorliegende Erfindung ein Mittel zur Regelung des Durchsatzes vor, das auf den Druckunterschied zwischen dem ringförmigen Raum (P2) und dem Äußeren des Einschlusses **14**, in dem ein Druck Po herrscht (~ Atmosphärendruck), reagiert.

[0040] Wenn die Drehzahl der Turbine steigt, steigt der Druck P2 und der Druck Po schwankt nicht, der Druckunterschied (P2-Po) steigt daher, und das Mittel zur Regelung reagiert, indem es eine größere Öffnung der Lufteingänge **8** zulässt.

[0041] Genauer genommen umfasst das Mittel zur Regelung einen Mantel **15**, der entlang der Achse XX' vor den Öffnungen **8** (vorzugsweise mit Rippen **9** ausgestattet) gleiten kann und daher ein Variieren des Luftdurchgangsquerschnitts erlaubt.

[0042] Entsprechende Öffnungen sind in dem Mantel **15** gegenüber von den Öffnungen **8** des Mantels **2** vorgesehen.

[0043] Der Mantel **15** wird durch jedes bekannte Mittel am unteren Ende von mehreren Stangen **16** befestigt. An ihrem anderen Ende tragen die Stangen **16** eine Tragplatte **17**, die selbst mit einem Kompressionselement **18** verbunden ist. Eine Stapelung konischer Unterlegscheiben oder Federn kann dazu vorgesehen sein.

[0044] Ein Balg **19** oder anderes Abdichtmittel ist ferner um das Kompressionselement **18** vorgesehen. Der Balg **19** ist eine Trennung zwischen dem Innenvolumen der Brennkammer, in dem die Drücke P2 und P1 herrschen, und dem äußeren Volumen, in dem der Druck Po herrscht.

[0045] Der Mantel **15** kann ferner mit zusätzlichen Öffnungen versehen sein, die den Raum **13** und den ringförmigen Raum **21** innerhalb des Mantels **2** kom-

munizieren lassen. Dazu ist auf einem Teil der Höhe des Mantels **2** ein zusätzlicher Mantel **20** koaxial zu dem Mantel **2** vorgesehen.

[0046] Der Mantel **20** kann eine Höhe aufweisen, die der Verbrennungszone **12** entspricht. Über diese Höhe erlaubt es die Luft, die aus den Öffnungen **10** stammt und in dem ringförmigen Raum **21** durchgeht, die Luft stromabwärts der Verbrennungszone **12** zurückzuweisen und gleichzeitig die Wände dieser Verbrennungszone **12** zu kühlen. Man kann daher einen akzeptablen Gehalt innerhalb der Hauptfeuerungsanlage ungeachtet der Drehzahl aufrechterhalten. Die Hauptwirkung des Bypasses **21** besteht darin, das Sinken des Gehalts in der Feuerungsanlage **1** insbesondere bei teilweiser Drehzahl einzuschränken.

[0047] Die Öffnungen **10** sind daher so konzipiert, dass keine Luft sie bei voller Last durchquert (Fall der [Fig. 4](#)), während bei Teillast oder geringer Last die Luft in den Raum **21** dringt, um stromabwärts der Verbrennungszone **12** zurückgewiesen zu werden, während sie gleichzeitig die Wand des Mantels **2** kühlt.

[0048] Die oben beschriebene Funktionsweise der Einheit kann wie folgt zusammengefasst werden, indem man jeweils [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) vergleicht.

[0049] In [Fig. 3](#) entspricht die Position der verschiedenen Elemente nämlich einem Betrieb bei etwa 50 % der maximalen Leistung. In [Fig. 4](#) ist das Gerät schematisch dargestellt, wie es bei 100 % seiner Leistung funktioniert.

[0050] Wenn eine geringe Leistung verlangt wird (Langsamgang), erlaubt der relative Druck (P2-Po) zwischen dem ringförmigen Raum **13** und dem Äußeren des Mantels **14** ein eingeschränktes Öffnen der Lufteingänge **8**.

[0051] Gleichzeitig sind die Öffnungen **10** eher weit offen, so dass die Luft den Raum **21** durchqueren und die Wand **20** kühlen kann, ohne an der Verbrennung in der Zone **12** teilzunehmen. Man kann daher in dieser einen akzeptablen Gehalt aufrechterhalten und starke CO-Abgaben vermeiden.

[0052] Wenn die Turbine mit voller Last funktioniert, ist der relative Druck (P2-Po) größer als in dem Fall, der oben erwähnt wurde, so dass der Mantel **15** angehoben wird und die Öffnungen **8** weiter freilegt. Ein starker Luftdurchsatz kann daher in die Brennkammer **12** eindringen. Gleichzeitig werden die Öffnungen **10** geschlossen, was die Luft daran hindert, in den ringförmigen Raum **21** zu gelangen. Eine große Luftmenge wird daher direkt in die Hauptverbrennungszone **12** eingespritzt, was den maximalen Gehalt einschränkt und das Bilden von NOx vermeidet.

[0053] Es zeigt sich daher, dass die erfindungsgemäße Brennkammer keine spezifische mechanische Vorrichtung zur Regelung der Lufteingänge erfordert. Die Regelung erfolgt hier von allein durch den relativen Druck in der Brennkammer und daher in Abhängigkeit von der Motordrehzahl.

Patentansprüche

1. Gasturbinen-Brennkammer, die wenigstens eine so genannte Pilot-Verbrennungszone (11) umfasst, in die wenigstens ein erstes Mittel (3) zum Einspritzen von Pilot-Treibstoff und ein erstes Mittel (4) zum Einspritzen von zugeordnetem Sauerstoffträger münden; eine Zone (12) zur Hauptverbrennung, in die wenigstens ein zweites Mittel (7) zur Haupteinspritzung von Treibstoff und ein zweites Mittel (8) zum Einspritzen zugeordneten Sauerstoffträgers münden, wobei die Anordnung unter einem Druck P2 im Inneren (P2) einer Einfassung (14) gehalten wird, welcher außerdem ein mechanisches Mittel (15, 16, 17, 18, 19) zur Regelung des zweiten Sauerstoffträger-Durchsatzes umfasst, das auf den Druckunterschied zwischen dem Druck im Inneren (P2) und dem Atmosphärendruck (Po) außerhalb der Einfassung (14) reagiert, wobei diese Differenz direkt mit der Motordrehzahl verbunden ist.

2. Brennkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zur Regelung wenigstens ein Verschließelement (15) umfasst, das mehr oder weniger die zweiten Sauerstoffträger-Eingänge (8) in die Brennkammer verschließt, mehrere Verbindungsstangen (16) zwischen den Verschließelementen und einem Trägerelement (17), ein Kompressionselement (18), ein abdichtender Balg (19), der um das Kompressionselement (18) herum angeordnet ist und mit dem Trägerelement (17) das Atmosphärendruck-Volumen (Po) gegenüber der Einfassung unter Druck (P2) begrenzt.

3. Brennkammer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Mittel zum Einspritzen von Treibstoff (3) und das erste Mittel zum Einspritzen von Sauerstoffträger (4) im Wesentlichen in der Nähe der Längsachse (XX') der Brennkammer angeordnet sind.

4. Brennkammer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Mittel (7) zur Haupteinspritzung von Treibstoff und das zweite Mittel (8) zum Einspritzen von Sauerstoffträger auf einem Umfang und stromabwärts der Zone (11) zur Pilot-Einspritzung, relativ in Richtung der Fortpflanzung der Flamme angeordnet sind.

5. Brennkammer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie außerdem ein drittes Mittel zum Einspritzen von Sauerstoffträger umfasst, das in die Brennkammer strom-

abwärts des zweiten Mittels (8) zum Einspritzen von Sauerstoffträger, relativ in Richtung der Fortpflanzung der Flamme, mündet.

6. Brennkammer nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel (15) zur Regelung des zweiten Durchsatzes von Sauerstoffträger es außerdem ermöglicht, den Durchsatz des dritten Mittels zum Einspritzen von Sauerstoffträger zu regeln.

7. Brennkammer nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Kompressionselement (18) eine Stapelung konischer Unterlegscheiben umfasst.

8. Brennkammer nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Kompressionselement (18) wenigstens eine Feder umfasst.

9. Brennkammer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie drei Zonen zur Gruppierung der zweiten Mittel zur Haupteinspritzung von Treibstoff (7) und zur Haupteinspritzung von Sauerstoffträger (8) umfasst, wobei jede Zone mit einem 120°-Winkel beabstandet ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

FIG.1







