

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 851 990 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
05.12.2001 Patentblatt 2001/49

(51) Int Cl.7: **F23D 14/24**, F23D 14/82,
F23D 14/26, F23C 7/00

(21) Anmeldenummer: **96942244.3**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE96/01756

(22) Anmeldetag: **17.09.1996**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 97/11311 (27.03.1997 Gazette 1997/14)

(54) **BRENNER, INSBESONDERE FÜR EINE GASTURBINE**

BURNER, IN PARTICULAR FOR A GAS TURBINE

BRULEUR, EN PARTICULIER POUR TURBINE A GAZ

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

(30) Priorität: **22.09.1995 DE 19535287**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.07.1998 Patentblatt 1998/28

(73) Patentinhaber: **SIEMENS**
AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)

(72) Erfinder:

- **PRADE, Bernd**
D-45478 Mülheim an der Ruhr (DE)
- **SCHETTER, Bernhard**
D-64839 Münster (DE)
- **STREB, Holger**
D-40223 Düsseldorf (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 193 838 **EP-A- 0 589 520**
WO-A-92/19913 **WO-A-95/02789**
WO-A-95/04244

EP 0 851 990 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

[0001] Die Erfindung betrifft einen Brenner mit einer Achse und einer bezüglich dieser rotationssymmetrischen Anordnung aus einem Außenmantel und einem dazu koaxialen Innenmantel, welche einen von einem Eintritt zu einem Austritt reichenden Ringspalt zur Führung eines Stromes eines Sauerstoff enthaltenden Gases definiert, mit einer Vielzahl von in dem Ringspalt angeordneten Düsen zur Zuführung eines Brennstoffes sowie einem in dem Ringspalt angeordneten Drallgitter.

[0002] Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf einen derartigen Brenner zur Verwendung in einer Gasturbine.

[0003] Ein derartiger Brenner ist aus der EP 0 193 838 B1 sowie dem Aufsatz "Eine wirtschaftliche Lösung des NO_x-Problems bei Gasturbinen" von H. Maghon, VGB Kraftwerkstechnik 68 (1988), 799, entnehmbar. Eine Weiterbildung dieses Brenners geht hervor aus der WO 92/19913 A1.

[0004] In diesem Zusammenhang von Interesse sind auch die EP 0 589 520 A1 sowie die US-Patente 5 165 241, 5 251 447, 5 323 604 und 5 351 477. Hinzuweisen ist auch auf den Aufsatz "Dry Low NO_x-Combustion Systems for GE Heavy-Duty Gas Turbines" von L.B. Davis, Prospekt GER-3568C der GE Industrial and Power Systems, Schenectady, NY, USA. Aus allen diesen Dokumenten gehen Brenner bzw. Verbrennungsteile mit Brennern zur Verwendung in Gasturbinen hervor.

[0005] Zu einschlägigen Lehren der Stromungsmechanik, die im vorliegenden Zusammenhang von Bedeutung sind, wird hingewiesen auf das Buch "Ventilatoren" von B. Eck, 5. Auflage, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg und New York 1972, Kapitel C, Seiten 283 bis 285, sowie das Buch "Axialkompressoren" von J.H. Horlock, Verlag G. Braun, Karlsruhe 1967, DE, Ergänzung 4.

[0006] Beide Bücher betreffen Ventilatoren, insbesondere Ventilatoren des axialen Typs, welche gekennzeichnet sind durch ein rotierendes Drallgitter, welches einen Strom eines Gases in Form eines drallfreien Stromes entlang einer Achse ansaugt und in Form eines drallbehafteten, beschleunigten Stromes entlang der Achse abgibt. Bei einem Brenner der beschriebenen Art gibt es ein feststehendes Drallgitter, welches von einem anderweitig beschleunigten, drallfreien Strom angeströmt wird und von dem dieser Strom mit einem Drall sowie einem gewissen Druckverlust abgegeben wird. Die Konfiguration des Brenners ähnelt somit in vielerlei Beziehung der Konfiguration eines Ventilators, und wesentliche theoretische Grundlagen eines Ventilators sind unmittelbar anwendbar. Von besonderer Bedeutung ist im vorliegenden Fall ein Effekt, der an jedweden mit einem Drall sich entlang einer Achse fortbewegenden Strom eines Gases und unabhängig davon, wie dieser Strom bereitgestellt wurde, auftritt. Dieser Effekt ist die Bildung eines Wirbelkerns im Inneren des Stromes, d. h., daß ein mit einem Drall sich fortbewegender Strom

dazu neigt, sich zu einem Kreisring zu formen, so daß in einem die Achse umgebenden Zentralbereich einer zylindrischen Röhre, in der der Strom geführt wird, keine Strömung in Richtung des Stromes mehr stattfindet.

[0007] Der Strom eines Gases durch eine weitgehend beliebig wählbare Anordnung von Begrenzungen, insbesondere durch einen Brenner, ist mit Mitteln der numerischen Mathematik berechenbar, wozu inzwischen entsprechende Computerprogramme kommerziell angeboten werden. Solche Computerprogramme sind den einschlägig bewanderten und tätigen Personen bekannt unter den Namen TASCFLOW und FLUENT.

[0008] Ein Brenner der in der Einleitung genannten Art hat generell den Zweck, einen Brennstoff sicher und schadstoffarm in einem Strom eines Sauerstoff enthaltenden Gases, insbesondere in verdichteter Luft, zu verbrennen. Zur Vermeidung der Bildung von Schadstoffen wie Stickoxiden und Kohlenmonoxid hat sich die Vormischverbrennung als günstig erwiesen; dazu wird zunächst eine möglichst homogene Mischung von Brennstoff und sauerstoffhaltigem Gas gebildet, und erst diese Mischung wird entzündet. Für eine solche Mischung besteht generell die Möglichkeit der vorzeitigen Entzündung, insbesondere unter den Bedingungen, die in einer Gasturbine zu erwarten sind und insbesondere dann, wenn ein relativ leicht entzündlicher Brennstoff oder ein solcher mit hoher Flammgeschwindigkeit verwendet werden soll. Brennstoffe dieser Art sind z. B. Gase, die elementaren Wasserstoff enthalten, beispielsweise Gase, die durch Kohlevergasung gewonnen werden, sowie Erdgase, die hohe Anteile an länger-kettigen Kohlenwasserstoffen, deren Zündtemperaturen deutlich niedriger liegen als die Zündtemperatur von Methan, aufweisen.

[0009] In einem Brenner, in dem eine derartige Vormischverbrennung realisiert ist, was in einigen der zitierten Dokumente beschrieben ist, insbesondere in der EP 0 193 838 B1 sowie der WO 92/19913 A1, können weitere Probleme auftauchen, wenn der Brenner nicht ideal angeströmt wird und sich dadurch die Mischung des sauerstoffhaltigen Gases mit dem Brennstoff verschlechtert. In einem solchen Fall ergibt sich bei der Verbrennung der Mischung eine inhomogene Temperaturverteilung und dementsprechend eine erhöhte Produktion von Stickoxiden; darüber hinaus begünstigt eine inhomogene Mischung eine vorzeitige Entzündung. Diese Erwägungen stehen einer Realisierung der Vormischverbrennung in einer Gasturbine, in der ein leicht-entzündlicher Brennstoff verbrannt werden soll, durchaus entgegen. Sie zeigen auch, daß die Vormischverbrennung, wie sie bislang realisiert werden konnte, nicht frei von Problemen war, insbesondere deshalb, weil eine vorzeitige Entzündung einer Mischung aus Brennstoff und sauerstoffhaltigem Gas relativ leicht einen großen Schaden an einem betroffenen Brenner verursachen kann. Eine weitverbreitete Methode zur Verhinderung eines Flammenrückschlages ist eine Verengung des Brenneraustritts und somit eine Be-

schleunigung des Brenngases am Austritt. Bei einem dennoch erfolgenden Flammenrückschlag kann hierbei allerdings die Flamme weit in den Brenner vordringen.

[0010] Daher ist es die Aufgabe der Erfindung, einen Brenner anzugeben, der so gestaltet ist, daß sich nach Möglichkeit keine Unregelmäßigkeiten in dem ihn durchströmenden Strom eines sauerstoffhaltigen Gases ausbilden und somit die Gefahr einer vorzeitigen Entzündung von Brennstoff in dem Strom vermieden ist.

[0011] Zur Lösung dieser Aufgabe angegeben wird ein Brenner mit einer Achse und einer bezüglich dieser rotationssymmetrischen Anordnung aus einem Außenmantel und einem dazu coaxialen Innenmantel, welche einen von einem Eintritt zu einem Austritt reichenden Ringspalt zur Führung eines Stromes eines Sauerstoff enthaltenden Gases definiert, mit einer Vielzahl von in dem Ringspalt angeordneten Düsen zur Zuführung eines Brennstoffes zu dem Strom sowie einem in dem Ringspalt angeordneten Drallgitter, wobei die Anordnung aus dem Außenmantel und dem Innenmantel derart gestaltet ist, daß der Strom den Ringspalt zwischen dem Drallgitter und dem Austritt mit einer im wesentlichen konstanten meridionalen Geschwindigkeit durchfließt.

[0012] Das Merkmal der "im wesentlichen konstanten meridionalen Geschwindigkeit" bedeutet, daß die von dem Strom zu durchfließende Anordnung dem Strom einen im wesentlichen konstanten meridionalen Strömungsquerschnitt entgegensetzen muß. Dieser Strömungsquerschnitt wird vielfach allerdings nicht beispielsweise senkrecht zu einer Symmetrieachse der zu durchfließenden Struktur liegen, sondern entsprechend einem den Strom beschreibenden Vektorfeld winklig zur Symmetrieachse und transversal zu dem Vektorfeld zu bemessen sein.

[0013] In diesem Zusammenhang liefert ein einfaches Rechenmodell, welches den Strom nicht explizit berücksichtigen muß, eine gute Näherung zur Ermittlung des Strömungsquerschnitts entlang der zu durchströmenden Anordnung: In die Anordnung werden Tori einbeschrieben, welche sowohl die Oberfläche des Außenmantels als auch die Oberfläche des Innenmantels tangential berühren. Dabei liegen die Punkte, an denen ein solcher Torus den Außenmantel oder den Innenmantel berührt, auf einem Kreis auf dem Außenmantel bzw. einem Kreis auf dem Innenmantel. Zwischen diese beiden Kreise eingespannt wird eine Kegelstumpffläche; diese hat einen Flächeninhalt, welcher in guter Näherung dem wirksamen Strömungsquerschnitt am Ort der Kegelstumpffläche entspricht.

[0014] Außerdem stehen auf kommerzieller Basis Computerprogramme zur Verfügung, mit denen Ströme durch praktisch beliebig gestaltete Anordnungen berechenbar sind. Den einschlägig bewanderten und tätigen Personen sind beispielsweise die Computerprogramme TASCFLOW und FLUENT bekannt. Vorzugsweise wird ein solches Computerprogramm eingesetzt, um eine unter Benutzung des vorstehend beschriebenen einfa-

chen Rechenmodells erstellte Struktur zu optimieren. Zum vorliegenden Fall bemerkt sei, daß dieser aufgrund der vorliegenden Rotationssymmetrie grundsätzlich im Rahmen eines zweidimensionalen Modells behandelbar ist; es gibt selbstverständlich keine grundsätzlichen Einwände, vorliegenden Fall mit einem dreidimensionalen Modell zu behandeln.

[0015] Die Erfindung geht aus von der Erkenntnis, daß die Gewährleistung einer konstanten meridionalen Geschwindigkeit für den Strom hinter dem Drallgitter, d. h. die Gewährleistung einer konstanten Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Stromes entlang der Achse bzw. in einer bezüglich der Achse radial-axialen Ebene, sich in besonderer Weise stabilisierend auf den Strom und die in diesem Strom zu bildende Mischung aus dem Sauerstoff enthaltenden Gas und dem Brennstoff auswirkt. Insbesondere gewährleistet diese Maßnahme, daß Störungen aufgrund einer nicht-idealen Anströmung des Brenners unterdrückt werden. Ein notwendiges Druckgefälle, welches sich über dem Brenner einstellen muß, wird zu einem wesentlichen Teil zwischen dem Eintritt und dem Drallgitter abgebaut. Damit ist auch die Gefahr verhindert, daß hinter dem Drallgitter Störungen in dem Strom entstehen.

[0016] Im Rahmen einer bevorzugten Weiterbildung des Brenners ist die Anordnung aus dem Außenmantel und dem Innenmantel derart gestaltet, daß sich der Ringspalt zwischen dem Eintritt und dem Drallgitter verengt. Hierzu ist der Außenmantel insbesondere so gestaltet, daß er sich am Eintritt nach Art einer Lippe oder eines abgerundeten Trichters öffnet; der Innenmantel ist am Eintritt insbesondere mit einer abgerundeten Kante ausgestattet. Dies trägt bei zu einer Homogenisierung des den Brenner durchsetzenden Stromes und vermeidet, daß sich Störungen, die sich vor dem Brenner in dem Strom ausgebildet haben, in den Brenner hinein fortsetzen.

[0017] Bevorzugt ist es auch, daß die in dem Ringspalt angeordneten Düsen zur Zuführung eines Brennstoffes in dem Drallgitter angeordnet sind. Hierzu besteht das Drallgitter insbesondere aus hohlen Leitschaukeln, in denen die Düsen angeordnet sind. Auf diese Weise kann eine besonders homogene Einmischung des Brennstoffes in den Strom erreicht werden, was während der Verbrennung eine gleichmäßige Temperaturverteilung in dem Strom gewährleistet und somit der übermäßigen Entstehung von Stickoxiden wirksam vorbeugt.

[0018] Mit besonderem vorzug ist der Brenner derart ausgebildet, daß eine von dem Drallgitter, einem Radius des Außenmantels und einem Radius des Innenmantels, beide Radien zu bestimmen am Austritt, definierte Drallzahl, welche berechenbar ist als Quotient zwischen einem Drehimpuls als Dividend und einem Produkt aus einem meridionalen Impuls und dem Radius des Außenmantels als Divisor, wobei der Drehimpuls und der meridionale Impuls den Strom am Austritt charakterisieren, wenn dieser den Eintritt ohne Drall anströmt, kleiner

ist als eine kritische Drallzahl, welche bestimmt ist durch die Radien. Die Forderung, die der entsprechenden Ausgestaltung des Brenners zugrunde liegt, ist bekannt als "Nabekriterium von Strscheletzky".

[0019] Zunächst sei darauf hingewiesen, daß die Drallzahl zwar aus charakteristischen Größen des Stromes, nämlich der Größe einer meridionalen Komponente seines Impulses sowie der Größe seines Drehimpulses, welcher wesentlich von dem Drallgitter bestimmt wird, berechenbar ist, daß die Drallzahl aber dennoch eine charakteristische Kenngröße des Brenners selbst ist. Dies ergibt sich aus den strömungsmechanischen Ähnlichkeitsbeziehungen.

[0020] Der Begriff der "kritischen Drallzahl" ist geprägt worden auf der Grundlage der Beobachtung, daß sich in der Nähe der Achse eines sich mit einem Drall entlang der Achse bewegendes Stromes ein sogenannter Wirbelkern ausbildet, d. h. ein Gebiet, aus dem der Strom im wesentlichen verdrängt wird. Ursache hierfür sind beispielsweise Zentrifugalkräfte. Der Durchmesser dieses Wirbelkerns ist der Berechnung zugänglich; siehe hierzu die zitierten Bücher. Grundsätzlich steigt der Durchmesser des Wirbelkerns mit zunehmender Drallzahl. Soll sich nun der Strom bewegen in einem Kreisring, welcher definiert ist durch den Radius des Außenmantels des Brenners als Außenradius und den Radius des Innenmantels als Innenradius, so kann ein Anliegen der Strömung am Innenmantel nur dann gewährleistet sein, wenn der sich zu dem gegebenen Außenradius und der gegebenen Drallzahl ergebende Radius des Wirbelkerns kleiner ist als der Innenradius. Ist der Radius des Wirbelkerns größer als der Innenradius, so bedeutet dies, daß es zu einer Ablösung der Strömung vom Innenmantel kommt, mit der sich in unmittelbar einsichtiger Weise ergebende Gefahr, daß es zu einer Rückströmung in den Brenner hinein und zu einer erheblichen Gefahr der vorzeitigen Entzündung des Brennstoffes in dem Strom kommt. Die kritische Drallzahl ist in diesem Zusammenhang definiert als diejenige Drallzahl, bei welcher der Radius des Wirbelkerns des Stromes genau dem Innenradius, d. h. dem Radius des Innenmantels, entspricht.

[0021] Die wie erläutert definierte Drallzahl des Brenners wird vorzugsweise deutlich kleiner als die kritische Drallzahl gewählt; insbesondere beträgt die Drallzahl des Brenners zwischen 75 % und 97 % der kritischen Drallzahl und liegt besonders bevorzugt bei etwa 90 % der kritischen Drallzahl. Hierdurch ist zwischen der tatsächlichen Geometrie des Brenners und einer als "kritisch" anzusehenden Geometrie ein gewisser Sicherheitsabstand und somit gewissermaßen eine quantitative Sicherheit gegen eine Ablösung der Strömung vom Innenmantel gegeben.

[0022] Der Brenner jedweder Ausgestaltung ist vorzugsweise versehen mit einer Pilotbrenneinrichtung. Diese Pilotbrenneinrichtung umfaßt insbesondere einen in dem Innenmantel angeordneten Pilotbrenner, welcher eine kleine, stabil brennende Flamme liefert, an

der sich die in dem Brenner selbst gebildete Mischung aus Sauerstoff enthaltendem Gas und Brennstoff entzünden kann. Dies ist dann von Bedeutung, wenn eine Regelung der Brennstoffzufuhr und damit eine Regelung der Wärmeproduktion des Brenners erwünscht ist. Es hat sich gezeigt, daß eine Vormischverbrennung ohne Stabilisierung nur in einem relativ engen Betriebsbereich, gekennzeichnet durch eine relativ genau einzuhaltende chemische Zusammensetzung, stabil ist. Wird mit einer entsprechenden Pilotbrenneinrichtung jedoch zusätzliche Stabilisierung bereitgestellt, so kann eine für den praktischen Betrieb wichtige Erweiterung des Betriebsbereichs erreicht werden.

[0023] Der Brenner ist besonders qualifiziert zum Einsatz in einer Verbrennungseinrichtung einer Gasturbine und ist insbesondere qualifiziert für eine Gasturbine, in der relativ leicht entzündliche Brennstoffe verbrannt werden sollen. Der Brenner ist dabei durchaus nicht beschränkt auf die Verbrennung gasförmiger Brennstoffe; grundsätzlich kann der Brenner in entsprechender Ausgestaltung mit jedweder fließfähigen Brennstoff, insbesondere mit Heizöl und dergleichen, betrieben werden.

[0024] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung geht aus der Zeichnung hervor. Diese zeigt:

In FIG 1 einen Längsschnitt durch einen Brenner;
in FIG 2 ein Schema einer Gasturbine

[0025] Der in FIG 1 dargestellte Brenner ist bezüglich der Achse 1 rotationssymmetrisch. Er hat einen Außenmantel 2 und einen zu diesem coaxialen Innenmantel 3. Weder der Außenmantel 2 noch der Innenmantel 3 müssen jeweils einteilig ausgeführt sein; es ist sehr wohl möglich und, beispielsweise aus Gründen der rationalen Fertigung, vorteilhaft, den Außenmantel 2 und/oder den Innenmantel 3, wie gezeigt, aus mehreren Teilen zusammenzusetzen. Der Außenmantel 2 und der Innenmantel 3 definieren einen Ringspalt 4, welcher von einem Eintritt 5 zu einem Austritt 6 von einem Strom 7 (durch Pfeile dargestellt) eines Sauerstoff enthaltenden Gases durchströmt wird. Im Ringspalt 4 angeordnet ist ein Drallgitter 8, bestehend aus einer Mehrzahl von Leitschaufeln 8, welches dem Strom 7 einen Drall aufprägt; dies bedeutet, daß der Strom 7 hinter dem Drallgitter 8 eine schraubenförmige Bewegung um die Achse 1 ausführt. Er hat demgemäß also nicht allein Geschwindigkeitsvektoren, die in bezüglich der Achse 1 radial-axialen Ebenen liegen und dementsprechend gemäß der fachmännischen Terminologie meridional orientiert sind; die Geschwindigkeitsvektoren haben hinter dem Drallgitter 8 auch Komponenten, die tangential zur Achse 1 bzw. zu Kreisen, deren Mittelpunkte auf der Achse 1 liegen und die in Ebenen liegen, welche senkrecht zur Achse 1 ausgerichtet sind, orientiert sind. Solche tangentialen Komponenten können entsprechend der einschlägigen Terminologie auch als "Umfangskomponenten" bezeichnet werden.

[0026] Die Leitschaufeln 8 weisen Düsen 9 auf, durch

welche dem Strom 7 ein Brennstoff, insbesondere ein brennbares Gas, zugeführt wird. Dieser vermischt sich mit dem Strom zunächst ohne Entzündung, und die gebildete Mischung entzündet sich erst im Bereich des Austrittes 6. Dementsprechend ist der Brenner ein Vormischbrenner.

[0027] Ein wesentliches Merkmal des Brenners ist, daß die Anordnung aus dem Außenmantel 2 und dem Innenmantel 3 derart gestaltet ist, daß der Strom 7 den Ringspalt 4 zwischen dem Drallgitter 8 und dem Austritt 6 mit einer im wesentlichen konstanten meridionalen Geschwindigkeit durchfließt. Dies bedeutet, daß der Strom 7 in seiner Ausbreitungsrichtung, d. h. in einer bezüglich der Achse 1 meridionalen Richtung, keinerlei Beschleunigung oder Verzögerung erfahren soll. Hierzu bedarf es einer sorgfältigen Auslegung insbesondere des Außenmantels 2 und des Innenmantels 3, da es erwünscht sein kann und im dargestellten Beispiel realisiert ist, daß der Strom 7 sich nicht einfach parallel zur Achse 1 bewegt, sondern eine teilweise radial einwärts zur Achse 1 gerichtete Bewegung ausführt. Diese Bewegung nach innen muß ausgeglichen werden durch eine entsprechende Erweiterung des jeweiligen Abstandes zwischen dem Außenmantel 2 und dem Innenmantel 3; dies ist aus der Zeichnung deutlich erkennbar.

[0028] Vor dem Drallgitter 8 verengt sich der Ringspalt 4 deutlich; diese Verengung ergibt sich hauptsächlich dadurch, daß der Strom 7 teilweise radial einwärts zur Achse 1 geführt wird, so daß es ausreicht, zwischen dem Außenmantel 2 und dem Innenmantel 3 einen weitgehend konstanten Abstand einzuhalten. Unterstützend ist der Außenmantel 2 im Bereich des Eintritts 5 etwa trichterartig erweitert, so daß er sich am Eintritt 5 nach Art eines abgerundeten Trichters oder einer Lippe öffnet, und der Innenmantel 3 hat am Eintritt 5 eine abgerundete Kante 10.

[0029] Auf die Düsen 9, die der Zustellung des Brennstoffes dienen, wurde bereits hingewiesen. Diese Düsen 9 sind in den Leitschaufeln 8 angeordnet, um somit eine besonders homogene Einmischung des Brennstoffes in den Strom 7 sicherzustellen, ohne daß es zu Ablösungen der Strömung von den Leitschaufeln 8 kommt. Die Zuführung von Brennstoff zu den Düsen 9 geschieht durch eine Brennstoffleitung 11 und einen ringförmig und innenseitig am Innenmantel 3 angeordneten Brennstoffverteerraum 12. Aus diesem Brennstoffverteerraum 12 kann der Brennstoff durch (nicht dargestellte) Kanäle im Innenmantel 3 und den Leitschaufeln 8 zu den Düsen 9 fließen.

[0030] Die Geometrie der Anordnung aus dem Drallgitter 8, dem Außenmantel 2 und dem Innenmantel 3 ist, wie bereits oben eingehend erläutert, derart gewählt, daß eine Drallzahl, welche wesentliche Kennzahlen des Stromes 7 bestimmt, wenn dieser in meridionaler Richtung am Eintritt 5 in dem Ringkanal 4 eintritt, kleiner ist als eine kritische Drallzahl, welche sich ergibt aus dem Radius des Außenmantels 2 und dem Radius des Innenmantels 3 am Austritt 6. Die kritische Drallzahl ist

derart definiert, daß eine zylindrische Strömung, die durch einen Kanal mit dem genannten Radius des Außenmantels 2 entlang der Achse 1 strömt, einen Wirbelkern ausbildet, also ein die Achse 1 umgebendes Gebiet, aus dem die Strömung verdrängt ist, welches einen Radius hat, der dem Radius des Innenmantels 3 am Austritt 6 entspricht. Falls die Strömung in dem Ringspalt 4 eine Drallzahl hat, die die kritische Drallzahl überschreitet, so bedeutet dies, daß sich am Austritt 6 in dieser Strömung ein Wirbelkern bildet, der einen größeren Radius hat als der Innenmantel 3 im Bereich des Austritts 6. In einem solchen Fall könnte der Strom 7 im Bereich des Austritts 6 nicht mehr am Innenmantel 3 anliegen, sondern müßte sich von diesem ablösen. Dann aber müßte sich am Innenmantel 3 ein Rückströmgebiet ausbilden, in welchem Gas in den Ringkanal 4 zurückströmen könnte. Hiermit wäre eine erhebliche Gefahr der vorzeitigen Entzündung des brennbaren Gemisches in dem Strom 7 verbunden. Dementsprechend ist der Brenner so ausgelegt, daß diese Gefahr ausgeschlossen ist.

[0031] Die geometrische Struktur des Brenners ist erarbeitet worden unter Zuhilfenahme geläufiger mathematischer Modelle. Dabei hat zunächst das oben beschriebene einfache Rechenmodell Einsatz gefunden, bei dem zwischen dem Außenmantel 2 und dem Innenmantel 3 Tori einbeschrieben werden, mit deren Hilfe Näherungswerte für die Strömungsquerschnitte in der Anordnung bestimmt werden. Die Vorgabe zur Festlegung der Struktur lautet dahingehend, daß die Strömungsquerschnitte über den gesamten maßgeblichen Ringkanal 4 konstant sein müssen. Die mit Hilfe des einfachen Rechenmodells erarbeitete Struktur wurde anschließend unter Benutzung des kommerziell verfügbaren Computerprogramms TASCFLOW hinsichtlich der gewünschten Konstanz des Strömungsquerschnitts über den Ringkanal 4 optimiert.

[0032] Die Entzündung des brennbaren Gemisches in dem Strom 7 erfolgt außerhalb des Brenners. Hierfür vorgesehen ist eine Pilotbrenneinrichtung 13 mit einem im Inneren des Innenmantels 3 angeordneten Pilotbrenner 13. Dieser liefert eine kleine Flamme, welche sicherstellt, daß sich die brennbare Mischung in dem Strom 7 entzündet. Um eine Flamme an dem Pilotbrenner 13 zu entzünden und aufrechtzuerhalten, ist ein Zünder 14 vorgesehen. Für den Fall, daß von einer besonderen Pilotbrenneinrichtung 13, 14 abgesehen wird, ist selbstverständlich ein abgewandelter Zünder zur Entzündung der Mischung vorzusehen.

[0033] FIG 2 zeigt eine schematische Darstellung einer Gasturbine mit einem Verdichterteil 15 zur Ansaugung und Verdichtung von Luft, einem Verbrennungsteil 16, dem die verdichtete Luft zugeführt wird, das außerdem den zur Verbrennung vorgesehenen Brennstoff erhält, und einem Turbinenteil 17, in dem der von dem Verdichterteil 15 verdichtete und in dem Verbrennungsteil 16 zusätzlich erhitzte Strom unter Abgabe mechanischer Arbeit entspannt wird. Der in FIG 1 dargestellte

Brenner ist vorgesehen zum Einbau in ein Verbrennungsteil 16 zusammen mit einer Mehrzahl gleichartiger Brenner.

[0034] Der erfindungsgemäße Brenner ist gekennzeichnet durch Merkmale, mit welchen ein den Brenner durchsetzender Strom eines Gases in für den angestrebten Zweck besonders günstiger Weise beeinflusst wird. Der Brenner zeichnet sich aus durch einen besonders stabilen Betrieb und vermeidet insbesondere betriebliche Störungen aufgrund nicht-idealer Anströmung oder durch Flammenrückschläge.

Patentansprüche

1. Brenner mit einer Achse (1) und einer bezüglich dieser rotationssymmetrischen Anordnung aus einem Außenmantel (2) und einem dazu coaxialen Innenmantel (3), welche einen von einem Eintritt (5) zu einem Austritt (6) reichenden Ringspalt (4) zur Führung eines Stromes (7) eines Sauerstoff enthaltenden Gases definiert, mit einer Vielzahl von in dem Ringspalt (4) angeordneten Düsen (9) zur Zuführung eines Brennstoffes zu dem Strom (7) sowie einem in dem Ringspalt (4) angeordneten Drallgitter (8), **dadurch gekennzeichnet, daß** die Anordnung aus dem Außenmantel (2) und dem Innenmantel (3) derart gestaltet ist, daß der Strom (7) den Ringspalt (4) zwischen dem Drallgitter (8) und dem Austritt (6) mit einer im wesentlichen konstanten meridionalen Geschwindigkeit durchfließt.
2. Brenner nach Anspruch 1, bei dem die Anordnung aus dem Außenmantel (2) und dem Innenmantel (3) derart gestaltet ist, daß sich der Ringspalt (4) zwischen dem Eintritt (5) und dem Drallgitter (8) verengt.
3. Brenner nach Anspruch 2, bei dem der Außenmantel (2) sich am Eintritt (5) nach Art einer Lippe öffnet.
4. Brenner nach Anspruch 2 oder 3, bei dem der Innenmantel (3) am Eintritt (5) eine abgerundete Kante (10) hat.
5. Brenner nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Düsen (9) in dem Drallgitter (8) angeordnet sind.
6. Brenner nach Anspruch 5, bei dem das Drallgitter (8) aus Leitschaufeln (8) besteht und die Düsen (9) in den Leitschaufeln (8) angeordnet sind.
7. Brenner nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem
 - a) das Drallgitter (8), ein Radius des Außenmantels (2) und ein Radius des Innenmantels

(3), welche Radian am Austritt (6) bestimmt sind, eine Drallzahl definieren, welche ein Quotient zwischen einem Drehimpuls als Dividend und einem Produkt aus einem meridionalen Impuls und dem Radius des Außenmantels (2) als Divisor ist, wobei der Drehimpuls und der meridionale Impuls den Strom (7) am Austritt (6) charakterisieren, wenn dieser den Eintritt (5) ohne Drall anströmt;
b) die Drallzahl kleiner ist als eine kritische Drallzahl, welche bestimmt ist durch die Radian.

8. Brenner nach Anspruch 7, bei dem die Drallzahl zwischen 75 Prozent und 97 Prozent der kritischen Drallzahl beträgt.
9. Brenner nach Anspruch 8, bei dem die Drallzahl etwa 90 Prozent der kritischen Drallzahl beträgt.
10. Brenner nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welcher eine Pilotbrenneinrichtung (13,14) hat.
11. Brenner nach Anspruch 10, bei dem die Pilotbrenneinrichtung (13,14) einen in dem Innenmantel (3) angeordneten Pilotbrenner (13) umfaßt.
12. Brenner nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welcher in einem Verbrennungsteil (16) einer Gasturbine (15,16,17) eingesetzt ist.

Claims

1. Burner with an axis (1) and with an arrangement rotationally symmetrical relative to the latter and consisting of an outer casing (2) and of an inner casing (3) coaxial thereto, the said arrangement defining an annular gap (4) extending from an inlet (5) to an outlet (6) and intended for guiding a stream (7) of oxygen-containing gas, with a multiplicity of nozzles (9) arranged in the annular gap (4) and intended for supplying a fuel to the stream (7) and with a swirl lattice (8) arranged in the annular gap (4), **characterized in that** the arrangement consisting of the outer casing (2) and of the inner casing (3) is designed in such a way that the stream (7) flows through the annular gap (4) between the swirl lattice (8) and the outlet (6) at an essentially constant meridional velocity.
2. Burner according to Claim 1, in which the arrangement consisting of the outer casing (2) and of the inner casing (3) is designed in such a way that the annular gap (4) narrows between the inlet (5) and the swirl lattice (8).

3. Burner according to Claim 2, in which the outer casing (2) opens at the inlet (5) in the manner of a lip.
4. Burner according to Claim 2 or 3, in which the inner casing (3) has a rounded edge (10) at the inlet (5). 5
5. Burner according to one of the preceding claims, in which the nozzles (9) are arranged in the swirl lattice (8). 10
6. Burner according to Claim 5, in which the swirl lattice (8) consists of guide blades (8) and the nozzles (9) are arranged in the guide blades (8).
7. Burner according to one of the preceding claims, in which a) the swirl lattice (8), a radius of the outer casing (2) and a radius of the inner casing (3), the said radii being determined at the outlet (6), define a swirl coefficient which is a quotient between a moment of momentum as the dividend and a product of a meridional momentum and the radius of the outer casing (2) as the divisor, the moment of momentum and the meridional momentum characterizing the stream (7) at the outlet (6) when the latter flows to the inlet (5) without a swirl; b) the swirl coefficient is lower than a critical swirl coefficient which is determined by the radii. 15 20 25
8. Burner according to Claim 7, in which the swirl coefficient is between 75 % and 97 % of the critical swirl coefficient. 30
9. Burner according to Claim 8, in which the swirl coefficient is approximately 90 % of the critical swirl coefficient. 35
10. Burner according to one of the preceding claims, which has a pilot-burning device (13, 14).
11. Burner according to Claim 10, in which the pilot-burning device (13, 14) comprises a pilot burner (13) arranged in the inner casing (3). 40
12. Burner according to the preceding claims, which is used in a combustion part (16) of a gas turbine (15, 16, 17). 45

Revendications

1. Brûleur ayant un axe (1) et, de révolution par rapport à cet axe, un agencement constitué d'une surface (2) latérale extérieure et d'une surface (3) latérale intérieure qui lui est coaxiale et qui définit un intervalle (4) annulaire allant d'une entrée (5) à une sortie (6) et destinée au passage d'un courant (7) d'un gaz contenant de l'oxygène, comprenant une pluralité de buses (9) disposées dans l'intervalle (4) 50 55

annulaire et destinées à apporter un combustible au courant (7), ainsi qu'une grille (8) de tourbillonnement disposée dans l'intervalle (4) annulaire, **caractérisé en ce que** l'agencement constitué de la surface (2) latérale extérieure et de la surface (3) latérale intérieure est conformé de façon que le courant (7) passe dans l'intervalle (4) annulaire entre la grille (8) de tourbillonnement et la sortie (6) en ayant une vitesse méridienne sensiblement constante.

2. Brûleur suivant la revendication 1, dans lequel l'agencement constitué de la surface (2) latérale extérieure et de la surface (3) latérale intérieure est conformé de manière à ce que l'intervalle (4) annulaire se rétrécisse entre l'entrée (5) et la grille (8) de tourbillonnement.
3. Brûleur suivant la revendication 2, dans lequel la surface (2) latérale extérieure s'ouvre à l'entrée (5) à la manière d'une lèvre.
4. Brûleur suivant la revendication 2 ou 3, dans lequel la surface (3) latérale intérieure a un bord (10) arrondi à l'entrée (5).
5. Brûleur suivant l'une des revendications précédentes, dans lequel les buses (9) sont disposées dans la grille (8) de tourbillonnement.
6. Brûleur suivant la revendication 5, dans lequel la grille (8) de tourbillonnement est constituée d'aubes (8) directrices et les buses (9) sont disposées dans les aubes (8) directrices.
7. Brûleur suivant l'une des revendications précédentes, dans lequel
 - a) la grille (8) de tourbillonnement a un rayon de la surface (2) latérale extérieure et un rayon de la surface (3) latérale intérieure, ces rayons étant définis à la sortie (6), définissant un indice de tourbillonnement qui est le quotient entre une impulsion de rotation en tant que dividende et le produit d'une impulsion méridienne par le rayon de la surface (2) latérale extérieure en tant que diviseur, l'impulsion de rotation et l'impulsion méridienne caractérisant le courant (7) à la sortie (6) lorsque celui-ci arrive à l'entrée (5) sans tourbillonnement ;
 - b) l'indice de tourbillonnement est inférieur à un indice de tourbillonnement critique, qui est défini par les rayons.
8. Brûleur suivant la revendication 7, dans lequel l'indice de tourbillonnement représente entre 75% et 97% de l'indice de tourbillonnement critique.

9. Brûleur suivant la revendication 8, dans lequel l'indice de tourbillonnement représente environ 90% de l'indice de tourbillonnement critique.
10. Brûleur suivant l'une des revendications précédentes, qui a un dispositif (13, 14) de combustion pilote. 5
11. Brûleur suivant la revendication 10, dans lequel le dispositif (13, 14) de combustion pilote comprend un brûleur (13) pilote disposé dans la surface (3) latérale intérieure. 10
12. Brûleur suivant l'une des revendications précédentes, qui est utilisé dans une partie (16) de combustion d'une turbine (15, 16, 17) à gaz. 15

20

25

30

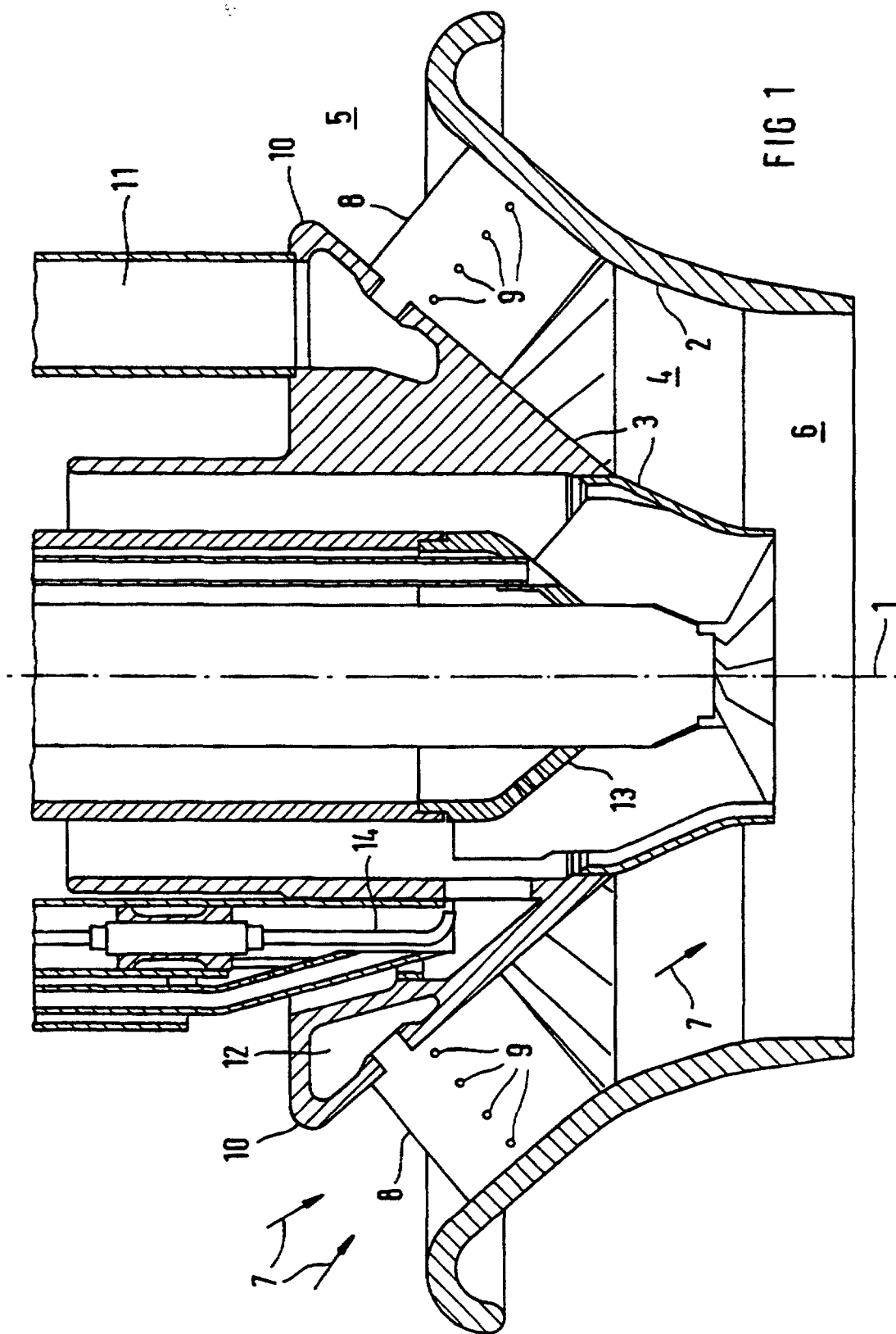
35

40

45

50

55



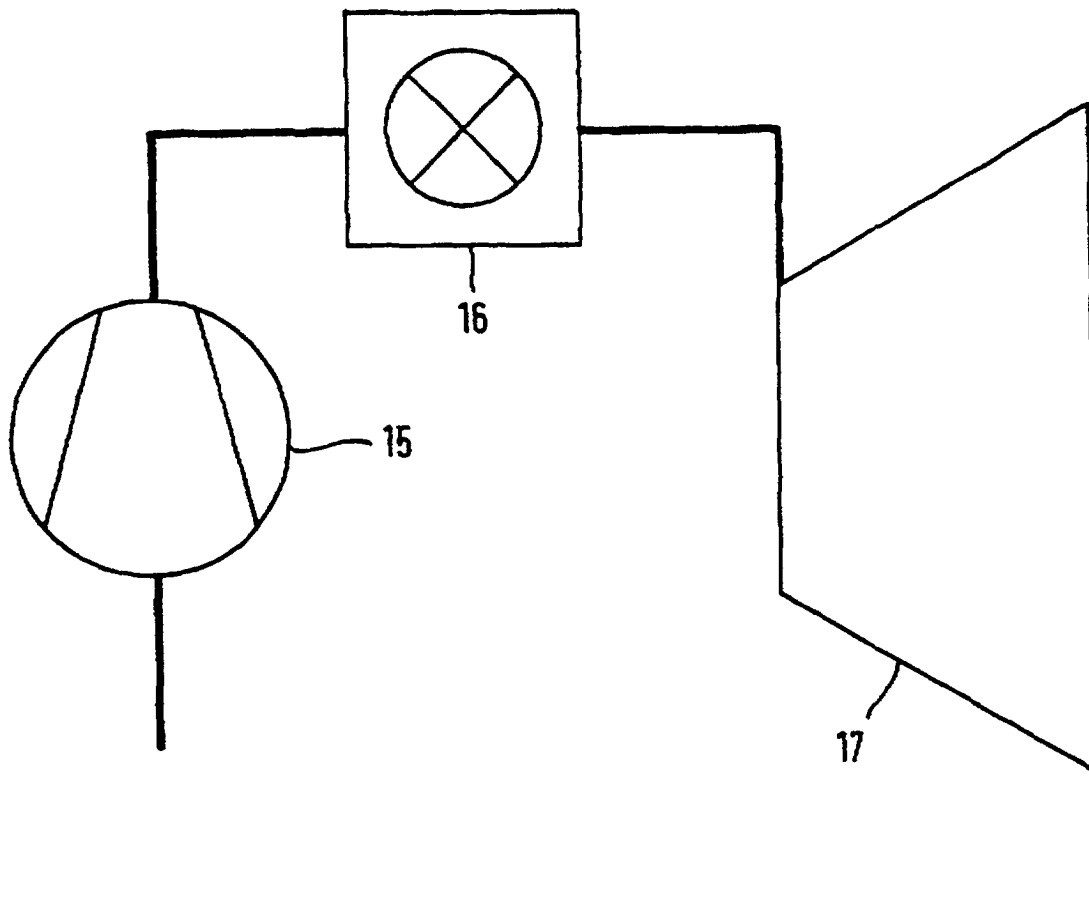


FIG 2