

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4134311号

(P4134311)

(45) 発行日 平成20年8月20日 (2008. 8. 20)

(24) 登録日 平成20年6月13日 (2008. 6. 13)

(51) Int. Cl.

F 1

F 2 3 R 3/18 (2006. 01)

F 2 3 R 3/18

F 2 3 R 3/12 (2006. 01)

F 2 3 R 3/12

F 2 3 R 3/32 (2006. 01)

F 2 3 R 3/32

F 2 3 R 3/34 (2006. 01)

F 2 3 R 3/34

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2002-64302 (P2002-64302)
 (22) 出願日 平成14年3月8日 (2002. 3. 8)
 (65) 公開番号 特開2003-262336 (P2003-262336A)
 (43) 公開日 平成15年9月19日 (2003. 9. 19)
 審査請求日 平成14年3月8日 (2002. 3. 8)
 審判番号 不服2005-426 (P2005-426/J1)
 審判請求日 平成17年1月6日 (2005. 1. 6)

(73) 特許権者 503361400
 独立行政法人 宇宙航空研究開発機構
 東京都調布市深大寺東町七丁目4番地1
 (74) 代理人 100092200
 弁理士 大城 重信
 (74) 代理人 100110515
 弁理士 山田 益男
 (74) 代理人 100084607
 弁理士 佐藤 文男
 (72) 発明者 林 茂
 東京都調布市深大寺東町7-44-1 独
 立行政法人 航空宇宙技術研究所内
 (72) 発明者 山田 秀志
 東京都調布市深大寺東町7-44-1 独
 立行政法人 航空宇宙技術研究所内
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスタービン燃焼器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

排出口が燃焼室内に開口する複数のバーナと、燃料と空気との混合気を前記燃焼室内に導く予混合気噴射管とを備え、該予混合気噴射管は、ストレート管部と前記ストレート管部から前記既燃ガス方向に前記出口に至る湾曲外側部のみに曲がり長さが存在する湾曲口部とを備えており、該予混合気噴射管の出口は、前記バーナの排出口よりも下流側の位置で前記ストレート管部の軸線に対して前記既燃ガス方向に傾斜した状態で開口し、該予混合気噴射管の出口に前記予混合気を前記ストレート管部の軸線に対して互いに遠ざかる方向に曲げて二つの噴流を形成する偏流体を備えてなり、該偏流体が、前記湾曲口部の湾曲内側から湾曲外側へと前記湾曲口部を横断して設けられた架橋体で構成され、該架橋体は、横断面形状が先端を上流側に向けたU字状又はV字状である壁面を有し、且つ前記湾曲外側へ至るに従って幅広に形成されてなり、前記予混合気噴射管からの前記混合気は、前記架橋体により分割と同時に向きを変更されて前記バーナから噴射された前記既燃ガスに向かって噴射されて該既燃ガスと混合されることによって燃焼反応を起すことを特徴とするガスタービン燃焼器。

【請求項2】

排出口が燃焼室内に開口する複数のバーナと、燃料と空気との混合気を前記燃焼室内に導く予混合気噴射管とを備え、該予混合気噴射管は、該予混合気噴射管の出口に至るストレート管部を有し、該予混合気噴射管の出口に前記予混合気を前記ストレート管部の軸線に対して互いに遠ざかる方向に曲げて二つの噴流を形成する偏流体を備えてなり、該偏流体

が、前記ストレート管部の出口において該出口を横断して設けられた架橋体で構成され、該架橋体は、横断面形状が尖端を上流側に向けたU字状又はV字状である壁面を有し、且つ幅が一様であって両端が前記ストレート管部の管端に繋がって形成されてなり、前記予混合気噴射管からの前記混合気は、前記架橋体により二つに分割され且つ向きを変更されて前記バーナから噴射された前記既燃ガスに向かって噴射されて該既燃ガスと混合されることによって燃焼反応を起すことを特徴とするガスタービン燃焼器。

【請求項3】

前記予混合気噴射管は、前記架橋体に対向した両側において、前記架橋体との接続部分から離れるに従って前記予混合気噴射管の軸方向に後退した開口縁を有することから成る請求項1又は2に記載のガスタービン燃焼器。

10

【請求項4】

前記燃焼室は前記バーナが取り付けられるドーム壁部と前記ドーム壁部から下流側に延びる筒状壁部とを有して成り、前記予混合気噴射管は、前記ドーム壁部において、前記バーナと実質的に平行に且つ前記出口が前記バーナの前記排出口よりも下流で開口する状態に取り付けられていることから成る請求項1～3のいずれか1項に記載のガスタービン燃焼器。

【請求項5】

前記燃焼室は基端部及びその下流側の張出し部を備えたドーム壁部と前記ドーム壁部から下流側に延びる筒状壁部とを有して成り、前記バーナは前記基端部に取り付けられ、前記予混合気噴射管は前記張出し部において前記出口が前記バーナの排出口よりも下流で開口する状態に取り付けられていることから成る請求項1～3のいずれか1項に記載のガスタービン燃焼器。

20

【請求項6】

前記バーナは燃焼室の周方向に隔置して配置され、単一又は複数の前記予混合気噴射管が隣接する前記バーナ間に配置されていることから成る請求項1～3のいずれか1項に記載のガスタービン燃焼器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、ジェットエンジンやガスタービンエンジン等のタービンエンジンに備わる燃焼器（以下、「ガスタービン燃焼器」という）に関し、特に、燃焼室内に開口するバーナ、及び燃料と空気等の酸素を含む流体との可燃性の混合流体を燃焼室内に導く予混合気噴射管を備えた燃焼器に関する。

30

【0002】

【従来技術】

ターボファンエンジン、ターボジェットエンジン、ラムジェットエンジンのような航空機用のジェットエンジン、或いは航空機又は産業用のガスタービンエンジンにおいては、従来、ガスタービン燃焼室に繋がる通路を流れる空気流に燃料を供給することで空気と燃料の混合気を予め形成し、その混合気をガスタービン燃焼器内で燃焼させており、そうした燃焼方法は予混合燃焼と呼ばれる。噴射される燃料が液体の場合には、そうした燃焼形態は、特に、予混合予蒸発燃焼と呼ばれる。この場合、燃料が完全に蒸発しないで、粒子の状態に残存することも含まれる。更に、燃料と混合される空気量がその燃料を完全燃焼させるのに必要な量よりもかなり多い（空気温度等によって異なるが、通常、約1.5倍以上）場合には、その燃焼形態は、希薄予混合燃焼と呼ばれている。

40

【0003】

燃焼によって生成するNO_xの生成速度は高温ほど多量に生成されるという温度依存性が非常に強いが、希薄予混合燃焼は、空気が燃料に対して過剰に存在している燃焼形態であるため平均燃焼温度が制御され、更に燃料と空気がよく混合されているため局所的な高温領域の形成が排除されると共に燃焼温度が空間的に一様に近いので、NO_xの生成抑制にとって極めて効果的である。ガスタービンで燃焼に費やされる空気量はタービン材料の

50

耐熱温度の制約から全空気量の50%以下であるので、希薄燃焼は、余剰空気が存在しているという点では、ガスタービンに適した低NO_x燃焼技術であると言える。

【0004】

混合気を希薄にするほどNO_xの発生は抑制できるが、反面、燃焼温度が抑制されるので一酸化炭素等の未燃焼成分の酸化速度も遅くなる。その結果、未燃焼成分の排出量も増加しやすくなり、限界を超えるとまったく燃焼が維持されない状態となる。未燃焼成分の排出量の増大は、燃焼効率の低下（燃費の悪化）に他ならないので、歓迎されないのみならず、現在では、大気汚染防止の点から許容されない。

【0005】

完全燃焼と低NO_x排出とを両立するためには、NO_xの生成を支配する燃焼ガス温度の関係する燃料と空気の混合比を最適値を含むかなり狭い範囲に維持する必要がある。混合比の最適値は、燃焼器へ供給される空気の温度、燃焼領域での滞留時間等のエンジンの作動条件はもちろん、大気温度や湿度によっても影響を受けることに注意しなければならない。ガスタービンやジェットエンジンでは、出力や推力の制御は燃料流量の変更に依存しているので、燃焼に必要な空気流量を燃料流量に対応させて制御することが必要であり、そのためには空気通路に弁等の流量調節機構を採用することが不可欠である。

【0006】

流量調節機構を用いた燃焼器の一例として、燃焼用空気と希釈空気の流量をバタフライ弁で調節する方式の燃焼器が図7に示されている。図7は、空気配分制御ガスタービン燃焼器の一例を示す概念図であり、エンジンは一定回転数で運転される。空気配分制御ガスタービン燃焼器130において、拡散火炎或いは部分予混合火炎のパイロットバーナ133により、火炎が消えるのが防がれている。燃料ノズル131から噴射された燃料は、パイロットバーナ133のための空気通路の入り口に設けられたスワラ134によって旋回流とされた空気と混合されて燃焼する。燃焼器への空気は、始動時から作動するパイロットバーナ133のスワラ134、負荷運転時において作動するメインバーナ132への予混合気用空気通路135、希釈空気通路136、固定希釈空気孔137、及び燃焼器ライナ138の冷却孔139から、燃焼器内に流入する。予混合気用空気通路135には、燃料噴射孔140が設けられ、案内翼等で旋回流とされた空気中に燃料が噴射混合され、メインバーナ132から燃焼室内に噴射される。予混合気用空気通路135と希釈空気通路136とには、空気流量を可変とするバタフライ弁141が設けられている。バタフライ弁141は、例えば、サーボモータである駆動装置142に繋がるリンク機構143によって開度の変更可能であり、一方のバタフライ弁141がほぼ全開のとき他方のバタフライ弁141はほぼ全閉になるように連結されている。

【0007】

出力制御で制御対象となる液体燃料と空気とでは、気体である空気のボリュームが遥かに大きいので、空気流量の制御は、燃料流量の制御に比べ大きな機構や動力を要すると共に、製作コストも嵩む。この方式では、混合気の流速は、燃料流量のターンダウン比（最大流量と最小流量の比）で増減することになるが、高流速側では火炎の吹き飛びにより、また低流速側では予混合管内への火炎の逆火により制限されるため、最適な制御を行うことができる範囲は限定されるという本質的な問題がある。そのため、要求範囲が広い場合には、NO_x排出レベルは限界まで減らすことができない。

【0008】

非常に低いNO_x排出を狙わないまでも、希薄予混合燃焼のターンダウンはエンジンの要求する範囲よりもかなり狭い。この問題を空気流量の制御に基づく燃料空気比制御によることなく解決する方法として、複数のバーナを用い、出力、即ち全燃料流量に応じて作動するバーナの本数を順次変化させる方法がある。多数のバーナを幾つかのグループに分け、作動するグループの数を増減するのも同じ原理である。これは、多くの拡散火炎方式あるいは部分予混合方式の燃焼装置に古くから使用されている方法であるが、燃料空気比制御が燃料流量の制御（切替えを含む）だけで済むという簡易さのために、NO_xの排出規制が導入されてまもなく希薄予混合燃焼方式の産業用ガスタービンでも実用になり、最

10

20

30

40

50

近では一部の航空用ガスタービンの燃焼器にも採用されるに至っている。

【0009】

この方式の燃焼器の一例として、拡散火炎方式のパイロットバーナの周囲に8本の希薄予混合燃焼バーナを備えたマルチバーナ方式のガス焚きガスタービンの燃焼器の構造が、図8に縦断面図として示されている。図8に示すマルチバーナ方式の燃焼器150では、図7に示すスワラ134を備えた複数(8本)のメインバーナ132が保炎用のパイロットバーナ133の周りに隔置して配置して構成されている。燃焼器150の壁部ライナ151には、点火プラグ152と、その後流側において希釈空気孔136が開口している。燃焼器150では、各メインバーナ132における燃料の制御が容易なことに着目して、出力に応じて順次点火するバーナの本数を増やしていく方法、あるいは多数のバーナをいくつかのグループに分け、点火するグループ数を増やしていく方法が提案されている。

10

【0010】

この方式は、可変機構による燃焼空気の流量制御と異なり、バーナ或いはバーナグループへの燃料の切り替えが必要であるため、すべてが常に最適な燃料空気比を維持できることはない。出力増加のために新たに燃料が供給され始めたバーナやバーナグループでは、混合気が希薄過ぎて点火しない。あるいは点火しても燃焼が不完全な状態を必ず経過する。また、一部のバーナのみが作動状態にあるとき、これらのバーナの火炎や燃焼途中のガスが隣接する非作動状態のバーナからの温度の低い空気によって冷やされるために、未燃焼成分の排出が増加しやすい。この干渉による悪影響をバーナ間の距離を取ることで回避しようとする、バーナ間の火移り(隣接する作動中のバーナの火炎により燃料を供給し始めたバーナに点火すること)に障害が起きやすい。

20

【0011】

図8に示したマルチバーナ方式の燃焼器150のエンジン試験によるNO_x排出濃度と燃焼効率の負荷に対する変化の様子の一例が、図9に示されている。図9は、保炎用パイロットバーナ1本と同一の8本の希薄予混合燃焼バーナを備えた回転数一定のガスタービンを例に取ったときの、横軸を出力とし、縦軸をNO_x排出濃度(ppm)と燃焼効率(η)としたグラフである。図9に示すように、約50%の負荷まではパイロットと8本のうちの2本のメインバーナで運転され、その後、負荷の増加と共にメインバーナを2本ずつ増やし、約90%から100%の負荷においてはすべてのメインバーナが点火するように運転されている。図中、P+2Mはパイロットバーナと2本のメインバーナで運転されていることを表す。同様に、P+6Mはパイロットバーナと6本のメインバーナで運転されていることを表す。燃焼効率が鋸歯状に変化するのは、作動されるメインバーナが追加され、メインバーナへの総燃料が負荷の増大に合わせて増加されると、初めは混合気が希薄過ぎるために未燃焼のまま排出され、やがて部分的な燃焼が始まり、最終的に完全燃焼することに起因している。NO_x排出濃度(ここでは、酸素濃度15%換算値で表示されている。)も、負荷に対して鋸歯状に変化するが、これは、パイロットバーナに比べてメインバーナからのNO_x排出が少ないこと、追加されたメインバーナからの混合気が部分燃焼の状態ではNO_xの発生は更に少ないために、追加時に急激に下がり、燃焼効率の改善による温度上昇により急激に増えることによる。この例のように、マルチバーナ方式の燃焼器では、燃料効率の低下が負荷の高いところ(例えば、50%以上)においても避けられないという問題がある。燃焼効率を優先すれば、NO_xのレベルは急に高くなる。バーナの本数を増やせば、追加時の燃焼効率の落ち込みはそれだけ小さくなるが、バーナ1本当たりの燃料流量が少なくなり、微小流量の制御が不可欠になる。

30

40

【0012】

以上述べたように、エンジンで希薄予混合燃焼を実現しようとする場合、より広い作動範囲にわたって十分高い燃焼効率を維持しながら希薄予混合燃焼の低NO_x排出濃度性を発揮させるためには、弁などの可変機構による燃焼用空気流量の制御やマルチバーナ間の燃料ステージングが不可欠である。可変機構については、作動の信頼性やコストの点で問題があり、燃料ステージングについては、部分出力時において非最適燃料空気比で作動するバーナからの未燃焼成分の排出が増加する、あるいは極めて複雑な燃料制御が不可欠で

50

あるという問題がある。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

そこで、このような問題が存在することを考慮してガスタービン燃焼器において、点火すら困難な希薄な混合気であっても高温の既燃ガスを利用して混合気の燃焼反応を起こさせることにより、完全燃焼を図ると共に温度上昇を小さくして NO_x の生成量を少なくすることを可能にし、更に、出力時の空気燃料制御を、バタフライ弁の開度を変更するというような可変機構を用いた燃焼用空気流量の複雑な制御で行うことなく、燃料供給量という単純化な制御で行うことを可能にする点で解決すべき課題がある。

【0014】

この発明の目的は、上記の課題を解決することであり、点火すら困難な希薄な混合気であっても高温の既燃ガスを利用して燃料と空気との混合気の燃焼反応を起こさせることにより、燃焼用空気流量の可変機構や、マルチバーナ方式での燃料ステージングを採用することなく、広い出力範囲にわたって高い燃焼効率と低 NO_x 排出濃度性を両立し得るガスタービン燃焼器を提供することである。

【0015】

【課題を解決するための手段】

この発明は、上記の課題を解決するため、以下の手段を採用した。即ち、この発明によるガスタービン燃焼器は、排出口が燃焼室内に開口する複数のバーナと、燃料と空気との混合気を前記燃焼室内に導く予混合気噴射管とを備え、該予混合気噴射管は、ストレート管部と前記ストレート管部から前記既燃ガス方向に前記出口に至る湾曲外側部のみに曲がり長さが存在する湾曲口部とを備えており、該予混合気噴射管の出口は、前記バーナの排出口よりも下流側の位置で前記ストレート管部の軸線に対して前記既燃ガス方向に傾斜した状態で開口し、該予混合気噴射管の出口に前記予混合気を前記ストレート管部の軸線に対して互いに遠ざかる方向に曲げて二つの噴流を形成する偏流体を備えてなり、該偏流体が、前記湾曲口部の湾曲内側から湾曲外側へと前記湾曲口部を横断して設けられた架橋体で構成され、該架橋体は、横断面形状が尖端を上流側に向けたU字状又はV字状である壁面を有し、且つ前記湾曲外側へ至るに従って幅広に形成されてなり、前記予混合気噴射管からの前記混合気は、前記架橋体により分割と同時に向きを変更されて前記バーナから噴射された前記既燃ガスに向かって噴射されて該既燃ガスと混合されることによって燃焼反

【0016】

また、この発明による他のガスタービン燃焼器は、排出口が燃焼室内に開口する複数のバーナと、燃料と空気との混合気を前記燃焼室内に導く予混合気噴射管とを備え、該予混合気噴射管は、該予混合気噴射管の出口に至るストレート管部を有し、該予混合気噴射管の出口に前記予混合気を前記ストレート管部の軸線に対して互いに遠ざかる方向に曲げて二つの噴流を形成する偏流体を備えてなり、該偏流体が、前記ストレート管部の出口において該出口を横断して設けられた架橋体で構成され、該架橋体は、横断面形状が尖端を上流側に向けたU字状又はV字状である壁面を有し、且つ幅が一様であって両端が前記ストレート管部の管端に繋がって形成されてなり、前記予混合気噴射管からの前記混合気は、前記架橋体により二つに分割され且つ向きを変更されて前記バーナから噴射された前記既燃ガスに向かって噴射されて該既燃ガスと混合されることによって燃焼反応を起すことを特徴とするものである。

【0017】

これらのガスタービン燃焼器によれば、バーナの排出口からは燃焼ガスが既燃ガスとして燃焼室内に排出され、予混合気噴射管から燃焼室内に噴射された混合気は既燃ガスの中へと噴射されてこの既燃ガスと混合される。予混合気噴射管から噴射される混合気が希薄可燃限界の外にある、即ち、通常の温度ではいくら大きなエネルギーを用いても点火すらできないほど希薄な混合気であっても、既燃ガスは高温であって既燃ガス中の活性基が燃焼反応に効果的であるので、混合気の燃焼反応を起こさせることができる。また、高温で

10

20

30

40

50

活性基を含む既燃ガスとの混合は、従来の予混合燃焼において希薄側で起きやすい火炎の不安定性に起因する低周波の燃焼振動の抑制にも効果がある。混合気と既燃ガスとが混合した状態での滞留時間を充分に取ることができれば、完全燃焼も可能である。一方、やや燃料濃度が高くなっても、混合気は酸素濃度が空気中よりも低い既燃ガス中に分散されて混合され、混合後の酸素濃度は混合しない場合よりも下がるので、 NO_x の生成を抑制することができる。更に、混合気を直接着火させて燃焼させる予混合燃焼の場合、燃焼室形状によっては燃料濃度が高くなると局所的な急激な発熱により圧力振動が非常に大きくなることがあるが、混合気を既燃ガスと更に混合させて混合気中の燃料を燃焼させているので、通常の火炎と異なり、混合気中の燃料濃度が高い場合でも、急激な発熱が抑制され、圧力振動が抑制されることが確認されている。この燃焼器は、特に空気流量が一定のガスタービンに適用した場合に、始動から無負荷運転状態までの間はバーナで作動させ、その後は予混合気噴射管への燃料流量だけを増減させることで出力を制御することができる。なお、予混合気を構成する燃料は、ガス燃料又は液体燃料であって、液体燃料の場合には燃料粒子が混合流体の中に分散されたもので、液体粒子が一部又は全部が蒸発して燃料蒸気になっていてもよく、未蒸発で燃料粒子のままであってもよい。また、燃料と混合される気体は、通常の空気である場合は勿論のこと、一旦燃焼に利用されて酸素濃度が減少して二酸化炭素を多量に含むガス、石炭ガス化炉から発生するガスであってもよい。

10

【0018】

このガスタービン燃焼器において、前記予混合気噴射管は、前記混合気を前記既燃ガスに向かって噴射するため、前記予混合気噴射管の出口に前記混合気を側方に曲げる偏流体を備えることができる。予混合気噴射管の出口に偏流体を設けることにより、予混合気噴射管の出口から噴射される混合気の流れは偏流体によって側方に曲げられて、既燃ガスの中に噴射され、混合気は短い距離でバーナからの既燃ガスと混合させることができる。

20

【0019】

偏流体を備えるガスタービン燃焼器において、前記偏流体は、前記予混合気噴射管を横断して設けられた架橋体であり、前記架橋体は、前記混合気を分割すると同時に側方に曲げるため、横断面形状が尖端を上流側に向けたU字状又はV字状である壁面を有することができる。偏流体を予混合気噴射管の出口において横断して設けられる架橋体とすることにより、予混合気噴射管の出口が架橋体によって分割され、架橋体によって分割された混合気の流れは、予混合気噴射管の軸の方向から側方に曲げられた状態で噴射される。架橋体は、横断面形状がU字状あるいはV字状であり、その尖端が上流側に向けて置かれた壁面を有しているので、分割された混合気の流れはその壁面に沿う状態で側方に曲げられる。従って、予混合気噴射管は、単純な管で構成した場合に比べ、短い距離でバーナの排出口から排出される既燃ガス中に混合気を噴射・混合させることができる。また、架橋体は、予混合気噴射管の管壁に繋がっている。架橋体の上流側表面にはそれに沿って混合気あるいは空気が高速で流れるので、冷却されるという利点や、バーナでは保炎を確実にするために混合気の流れは制限されるのに対し、予混合気噴射管では混合気流速はどれほど大きくても構わないので、管内への逆火が起きにくいという利点がある。

30

【0020】

上記架橋体を備えるガスタービン燃焼器において、前記予混合気噴射管は、ストレート管部と前記ストレート管部から湾曲して延びて前記出口に至る湾曲口部とを備えており、前記架橋体は前記湾曲口部の湾曲内側から湾曲外側へと前記湾曲口部を横断して設けられ且つ前記湾曲外側へ至るに従って幅広に形成することができる。予混合気噴射管の出口の湾曲形成は、例えば、ストレート管部の管端壁をその断面形状を実質的に保った状態で管端壁に接する接線に回りに回動して延ばすことにより形成することができる。湾曲部の一部壁部分は平板状であっても曲面板状であってもよい。また、出口となる湾曲口部の開口縁は、必ずしも同じ面内にある必要はなく、滑らかに形成されていれば前方に進出又は後方に後退して形成されていてもよい。予混合気噴射管の出口を湾曲形状に形成することにより、比較的大きな角度に混合気を曲げて噴射できるという利点がある。

40

【0021】

50

上記架橋体を備えるガスタービン燃焼器において、前記予混合気噴射管は、前記架橋体に対向した両側において、前記架橋体との接続部分から離れるに従って前記予混合気噴射管の軸方向に後退した開口縁を有することができる。予混合気噴射管の出口の開口縁をこのように形成しても、より広い角度に予混合気の噴流を曲げることができ、短い距離で既燃ガスとの混合を促進できる。予混合気噴射管の出口において、予混合気噴射管の軸方向に後退した開口縁部を得るには、予混合気噴射管の出口を架橋体の両側で予混合気噴射管の軸方向後側に傾斜した平面で切断するのみで良く、製作が容易であり、且つ製作コストも安価である。

【0022】

このガスタービン燃焼器において、前記燃焼室を前記バーナが取り付けられるドーム壁部と前記ドーム壁部から下流側に延びる筒状壁部とを有する構成とし、前記予混合気噴射管を、前記ドーム壁部において、前記バーナと実質的に平行に且つ前記出口が前記バーナの前記排出口よりも下流で開口する状態に取り付けることができる。予混合気噴射管を、燃焼室内において、その出口がバーナの排出口よりも下流の位置で開口させることにより、混合気をバーナから排出される既燃ガス中に確実に噴射することができる。また、予混合気噴射管が既燃ガスによって加熱されるので、液体燃料の場合、燃料噴霧の蒸発が促進され、より均質な混合気を形成することもできる。筒型燃焼器の場合には、側壁面に取り付けた場合よりも径方向寸法を著しくコンパクトにでき、ケーシングの直径を小さくできる。なお、予混合気噴射管は高温の既燃ガスに晒されるが、その内部には常に混合気が高速で流れているので予混合気噴射管の管壁が過度に加熱されることはなく、耐久性に関しても空気によって冷却されている燃焼器ライナと同様に問題はない。予混合気噴射管は、燃焼室の上流側に端壁面をほぼ平面として形成されているドーム壁部に、開口に挿通して燃焼室内に突出して配置するのが好ましい。

【0023】

このガスタービン燃焼器において、前記燃焼室は基端部及びその下流側の張出し部を備えたドーム壁部と前記ドーム壁部から下流側に延びる筒状壁部とを備える構成とし、前記バーナは前記基端部に取り付け、前記予混合気噴射管を前記張出し部において前記出口が前記バーナの排出口よりも下流で開口する状態に取り付けることができる。ダブルアニュラー形態の燃焼器ライナのように、燃焼室のドーム壁部が基端部分及び基端部分から一部が上流側に張り出した張出部分を備えている場合には、張出部分に前記バーナを取り付け、予混合気噴射管を基端部分に取り付けることにより、予混合気噴射管の燃焼室内への突出長さを短くしても、予混合気噴射管の出口がバーナの排出口よりも下流で開口する状態となり、バーナからの既燃ガスとの混合を効果的に行うことができる。この場合の予混合気噴射管として、出口を湾曲形成して混合気の側方への曲がり大きくすることができる予混合気噴射管を用いるのが好ましい。

【0024】

このガスタービン燃焼器において、前記バーナを燃焼室の周方向に隔置して配置し、単一又は複数の前記予混合気噴射管を隣接する前記バーナ間に配置することができる。バーナについては、燃焼室のライナドーム壁部に周方向に配置し、隣接するバーナの間に予混合気噴射管がライナドーム壁部を貫通してその出口がバーナの排出口よりも下流に開口するように配置してもよい。予混合気噴射管を隣接するバーナの中心を結ぶ線分の2等分点に配置する場合には、架橋体の幅を実質的に等幅とし両側に分割した混合気をバーナからの既燃ガス中に噴射できるものが適しており、予混合気噴射管が隣接するバーナの中心を結ぶ線分から径方向に内側、あるいは外側に配置される場合には、架橋体の幅を変えて、混合気の両噴流間のなす角度がより小さなものを用いるのがよい。

【0025】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して、この発明によるガスタービン燃焼器の実施例について説明する。図1はこの発明によるガスタービン燃焼器を液体燃料焚き小型発電用ガスタービンに用いられる缶型燃焼器として適用した実施例を示す図であり、(a)は(b)における平面

10

20

30

40

50

A-Aで切断した縦断面、(b)は(a)における平面B-Bで切断した横断面図である。

【0026】

図1に示すガスタービン燃焼器10(以下、「燃焼器10」と略す。)において、缶形状の燃焼室11を形成する燃焼器ライナ12は、上流側の端壁を構成するライナドーム壁部13と、ライナドーム壁部13から下流側に延びる筒壁部14とから構成されている。ライナドーム壁部13には、燃焼器10の軸線に対して径方向に対称な位置において、同一構造を有する2本のバーナ15が燃焼器10の軸線に平行に延びる状態に貫通して取り付けられている。バーナ15は、燃料噴射器と火炎安定化手段とを備えた予混合予蒸発方式とすることができる。同じくライナドーム壁部13には、同一構造を有する2本の予混合気噴射管16が、燃焼器10の軸線に平行に延びる状態に貫通して取り付けられている。燃焼室11内において、各予混合気噴射管16の出口17は、バーナ15の排出口15aよりも下流の位置、好ましくは、バーナ15から排出される混合気の燃焼が完了する位置で開口している。各予混合気噴射管16の出口17は、後述する図4に示す構造の偏流体(架橋体43)を備えており、各予混合気噴射管16から噴流18となって噴射される混合気は、偏流体によって向きを変更され、隣接するバーナ15、15による各火炎19の下流に存在する既燃ガス19aの塊の中へと噴射されて、既燃ガス19aと混合される。

10

【0027】

無負荷時に、燃料の供給をバーナ15にのみとし、各予混合気噴射管16からの噴射を空気のみとし、更に各バーナ15からの既燃ガス19aと各予混合気噴射管16からの空気との混合領域Mの温度を、例えば1200℃以上にしておけば、出力時に各予混合気噴射管16にも燃料を供給するときでも、噴射される予混合気は燃料空気比が極めて小さい希薄混合気であるので、温度低下があっても混合領域Mの温度は十分高い。従って、従来の予混合燃焼ではいかなる大きなエネルギーを用いても点火すらできないほど希薄な可燃限界以下の混合気であっても、既燃ガス中の活性基が燃焼反応に効果的であるので、予混合気内の燃料の燃焼反応を起こさせることができる。混合気と既燃ガスとが混合した状態での滞留時間を充分に取ることができれば、完全燃焼が可能である。エンジン出力は、予混合気噴射管16に供給される燃料流量の増減により制御することができ、燃料空気比制御が極めて容易になる。出力開始後、燃料流量を増加したときには、燃焼効率を100%近くに到達させることが可能である。更に、混合気を既燃ガスと更に混合させて混合気中の燃料を燃焼させているので、通常の火炎と異なり、混合気中の燃料濃度が高い場合でも、急激な発熱が抑制され、圧力振動が抑制されることが確認されている。

20

30

【0028】

図1に示すバーナ15と予混合気噴射管16とをそれぞれ2本備えた燃焼器10において、各予混合気噴射管16の出口17の位置を燃焼室11の軸方向に変えて配置し、それぞれへの燃料供給を独立に行うこともできる。そうした場合、燃料を含む混合気は二段階に軸方向に距離を置いて分けて噴射されるので、混合後のガス温度の低下を抑制することができ、更に広いエンジンの出力範囲にわたって排気中のNOx濃度を低く保ったまま燃焼効率の落ち込みを一層小さくすることができる。更に、予混合気噴射管16の空気流量を増加させると、高い燃焼効率と低NOxの範囲をより広げることができる。

40

【0029】

燃焼器10について、以下に、エンジン作動条件との関係を詳述する。エンジンの始動から無負荷運転状態までの間は、上記の各バーナ15に燃料が等配分され、各予混合気噴射管16からは空気だけが噴出する。燃焼器10を吸込み空気量が一定(燃焼器10への全空気量も一定)のエンジンに用いた場合には、部分負荷時の出力は、バーナ15の燃料流量を無負荷時と同じ流量に保ち、予混合気噴射管16に供給する燃料流量を増減するだけで制御することができるので、エンジンの出力制御は極めて容易となる。燃焼器10を吸込み空気量が出力と共に増大するエンジンに用いた場合には、燃焼器10への空気の温度、圧力も変化するので、バーナ15への燃料流量も出力と共に増加させることが必要で

50

あるが、空気温度も上昇するので、空気流量の変化の比率ほど燃料流量の比率を変化させなくても安定燃焼が可能である。

【0030】

図6は、図1に示した燃焼器を回転数一定のガスタービンの作動を模擬して試験したときに得られた排気中の NO_x 濃度及び燃焼効率と負荷との関係を示すグラフである。図6から、無負荷付近を除くほぼエンジンの全負荷範囲で、排気中の極めて低い NO_x 濃度とほぼ100%の燃焼効率 η とが達成されていることが分かる。この燃焼器では、予混合気の噴流18と火炎19の下流に存在する既燃ガス19aとの混合領域Mでのガス温度が1200℃になるように、各バーナ15及び各予混合気噴射管16への空気配分が設計されている。予混合気噴射管16からの噴出空気の温度は、液体燃料が混合気から蒸発熱を奪うことに起因した混合気の温度低下が大きいことを考慮して、高めに設定されている。試験における燃焼器10の運転状況については、上記したように、始動から無負荷までは2本の予混合燃焼バーナ15により運転し、その後定格負荷までは予混合気噴射管16への燃料供給量を増大させて運転した。試験結果としては、 NO_x 濃度は全負荷範囲にわたりほぼ10ppmと低く、燃焼効率 η も30%以上の負荷ではほぼ100%で、実質的に完全燃焼とすることができる。 NO_x 濃度は、予混合気噴射管16からの燃料噴射開始後は下降するが、その後、燃料流量を増加するに従ってもほとんど増えず定格出力に至る。燃焼効率 η についても、予混合気噴射管16に燃料供給開始直後に若干の低下が見られるが、そのような条件の元で燃焼器10を長時間運転することはないので、実用上の問題はない。

【0031】

比較のために、本実施例に使用したバーナ15（予混合燃焼バーナ）と同一仕様の4本のバーナを備えた燃焼器（以下、マルチバーナ方式と呼ぶ）の NO_x 濃度と燃焼効率 η の出力に対するシミュレーション結果も示してある。運転パターンは、始動から無負荷までは2本のバーナで、無負荷から1/2負荷までは他の1本のバーナを追加して作動させ、1/2負荷から定格負荷までは4本目のバーナを追加して作動させるパターンである。この場合、燃料の制御系統は、本発明の燃焼器10では2系統であるのに対し、3系統必要なことに注意しなければならない。どのバーナも一旦その定格状態（エンジン定格燃料流量の1/4での運転）に達した後は、その状態を保って運転することとした。これは、実用上、重要な定格運転を含む高負荷時の NO_x 排出量を最も少なくする燃料配分制御である。3本目と4本目のバーナの燃焼量負担に差をつけると、燃焼量の少ない方のバーナの NO_x 排出の減少量を多い方のバーナの増加量が上回ってしまうことは明らかである。更に、燃焼効率 η の落ち込みが大きくなるか、落ち込みが小さくなるものの1/2負荷よりも高負荷側に移動するという問題が生じる。

【0032】

上記のシミュレーションにおいて、負荷条件での NO_x 濃度及び燃焼効率は、予混合バーナの燃料空気比に対する NO_x の生成と燃焼効率の変化に基づいて予測している。このマルチバーナ方式は、すべてのバーナが希薄予混合燃焼であると仮定しているので、無負荷時の NO_x 濃度は本発明による燃焼器10のものと同一であり、部分負荷での値もほぼ同じである。一方、燃焼効率には、顕著な違いがある。3本目のバーナを追加すると、しばらくは未燃焼状態のために燃焼効率は下がり、やがて部分的燃焼によって回復しだし、このバーナの設計点では100%に達する。4本目のバーナを追加するときにも、相対的には小さくなるが、燃焼効率の同様の落ち込みが起きる。落ち込みを小さくするには、バーナの本数を増やすか、あるいは3、4本目のメインバーナの空気流量を減らし、同一燃料流量での燃料空気比を大きくすることであるが、後者の場合、3、4本目のメインバーナの燃料流量が定格に近づくにつれて、 NO_x 濃度が急増することは避けられない。

【0033】

燃焼器10によれば、エンジンを部分負荷で使用する場合に、排出ガスをクリーンにすることができる。ガスタービンの出力は大気温度の影響を強く受ける（気温が高いほど出力は小さく効率も低くなる）ので、燃料空気比に対する NO_x 濃度レベルの変化が大きい

従来の希薄予混合燃焼では、気温が高い条件で同一出力を出そうとすると、エンジン運転の燃料空気比は NO_x 濃度が急増する燃料空気比となる。従って、 NO_x 規制を遵守するには、従来ではエンジン出力を落とさざるを得なかったが、本発明による燃焼器10であれば、混合気は空気中よりも酸素濃度が低く且つ空間に分散されるので NO_x の生成を抑制することができ、燃料空気比に対する NO_x 濃度レベルの変化が小さい領域が広いので、設計によってその問題を回避することができる。

【0034】

図2は、この発明によるガスタービン燃焼器の別の実施例を示す図であり、(a)はその一部縦断面図であって(c)に示す平面C-Cで切断した図、(b)は(c)に示す平面D-Dで切断した一部縦断面図、(c)は一部横断面図である。図2に示すガスタービン燃焼器20(以下、「燃焼器20」と略す。)は環状燃焼器として構成されており、図1に示す燃焼器10の構成要素と同じ機能を有する要素には同じ符号が付されている。今日では、航空用エンジンには、ほぼ例外なくこの環状構造をした燃焼器が用いられている。燃焼器20においては、内部に環状燃焼室21を形成している燃焼器ライナ22は、環状ドーム壁部23と、環状ドーム壁部23から延びる内側筒壁部24及び外側筒壁部25とから構成されている。環状ドーム壁部23には、複数のバーナ15と予混合気噴射管16とが燃焼器20の軸線方向に平行に延びる状態に交互に隔置して配置されている。予混合気噴射管16は、その出口17が、図1に示した缶形の燃焼器10の場合と同様に、環状燃焼室21において、バーナ15の排出口15aよりも下流の位置で開口するように配置され、好ましくは、各予混合気噴射管16の出口17は、バーナ15から排出される混合気の燃焼が完了する位置より下流で開口する状態に配置される。各予混合気噴射管16の出口17の構造は、後述する図4又は図5に示す構造を備えるのが好ましい。各予混合気噴射管16から二つに分割されて噴射される混合気の噴流18は、バーナ15からの火炎19の下流に存在する既燃ガスの塊の中に入り込み、この既燃ガスと混合される。

【0035】

図2に示す環状の燃焼器において、図2(d)に示す燃焼器20aのように、予混合気噴射管16を内側筒壁部24と外側筒壁部25とにそれぞれ沿う位置に寄せて1本ずつ配置することもできる。この場合、内周側と外周側の予混合気噴射管16の出口17の位置を燃焼器20の軸方向に互いにずらせて配置し、各予混合気噴射管16から噴射される混合気に含まれる燃料流量を独立して制御することができる。例えば、内周側に配置される予混合気噴射管16の出口17は、外周側のそれよりも下流側に配置される。そうした配置により、既燃ガスから受ける熱的影響を軽減しながら、一層広いエンジンの燃料空気比の範囲において、低 NO_x 濃度と完全燃焼とを両立させることができる。

【0036】

図3は、この発明によるガスタービン燃焼器の他の実施例を示す図であり、(a)は(b)における平面E-Eについての一部縦断面図、(b)は(a)における平面F-Fについての一部横断面図である。図3に示すガスタービン燃焼器30(以下、「燃焼器30」と略す。)では、燃焼器ライナ32は、環状の空間に形成されている燃焼室31の一部が上流側に張り出した二重環状構造に形成されている。バーナ15は燃焼器ライナ32の環状の基端部33において周方向に隔置して配置されている。また、予混合気噴射管16は、燃焼器ライナ32の一部として基端部33の外周側に形成される張出し部34において互いに周方向に隔置し、バーナ15に対しても周方向にずれて配置されている。その結果、予混合気噴射管16の燃焼室31内への突出量が少なくなり、予混合気噴射管16は十分燃焼し切った後の既燃ガス中に混合気を噴流18として噴射し、既燃ガスと混合させることができる。予混合気噴射管16が燃焼室31から受ける熱的影響を軽減することができる。予混合気噴射管16は、環状の燃焼器ライナ32の内側と外側に接するように配置することもできる。この場合、燃焼器20の場合と同様に、予混合噴射器16の出口17の位置を燃焼室31の流れ方向にずらせて配置し、それぞれへの燃料流量を独立に制御するようにすれば、より広いエンジンの燃料空気比の範囲において低 NO_x 性能と完全燃焼とを両立することができる。燃焼器30においては、予混合気噴射管16の出口17の

構造として、図４に示す構造を採用するのが好ましい。

【００３７】

図４は、図１及び図３に示す型式のガスタービン燃焼器において採用することができる予混合気噴射管の出口形状の例を示す拡大図であり、（ａ）はその一例の側面図、（ｂ）はその端面図、（ｃ）は別の例の側面図、（ｄ）はその端面図である。図４（ａ）及び（ｂ）に示すように、予混合気噴射管４０は、ストレート管部４１とストレート管部４１から湾曲して延びて出口１７に至る湾曲口部４２とを備えている。出口１７は、湾曲口部４２の構造によって、ストレート管部４１の軸線４１ａに対して傾斜した状態で開口している。湾曲口部４２は、例えば、ストレート管部４１の管端壁をその断面形状を実質的に保った状態で管端壁に接する接線４１ｂに回りに回動して延ばすことにより形成することができる。湾曲口部４２の湾曲壁部分は（ａ）及び（ｂ）に示すように平板状壁部分４４ａであっても、また（ｃ）及び（ｄ）に示すように曲面板状壁部分４４ｂであってもよい。平板状壁部分４４ａは、湾曲口部４２の一部を内側に平面４４ｃでカットした状態に傾斜して形成することができる。また、出口１７となる湾曲口部４２の開口縁４６は、必ずしも同じ面内にある必要はなく、滑らかに形成されていれば前方に進出又は後方に後退して形成されていてもよい。

10

【００３８】

予混合気を分割すると共に側方に曲げて噴射するため、偏流体としての架橋体４３が、湾曲口部４２の湾曲内側から湾曲外側へと湾曲口部４２を横断する状態で設けられている。架橋体４３は、例えば、管端における端壁の切断・塑性加工によって形成可能である。架橋体４３は、横断面の形状が尖端を上流に向けたＶ字状の壁面４７を有しており、両端が接続部分４５ａ、４５ｂとなって出口１７の開口縁４６に繋がっている。架橋体４３の幅は、湾曲内側の接続部分４５ａで狭いが、湾曲外側の接続部分４５ｂに至るに従って次第に広くされている。架橋体４３の壁面４７は、予混合気噴射管４０を横断する方向に延びる直線状の母線４７ａに基づいて平面又は滑らかな曲面に形成されているので、架橋体４３の製作が容易になり製作コストを低減させることができる。

20

【００３９】

予混合気噴射管４０においては、架橋体４３は出口１７を二つの出口部分４９に分割しているので、予混合気は、各出口部分４９から噴射管４０の軸線に対して側方で且つ斜めの成分を持って互いに遠ざかる二つの噴流４８にて噴射される。特に、各バーナ１５が予混合気噴射管４０と斜めに離間した位置に設けられる場合には、単純な管に比べて、短い距離で各バーナ１５からの既燃ガス中に予混合気を噴射し混合させることができる。予混合気噴射管１６の出口１７を湾曲口部４２に形成し且つ湾曲口部４２の幅を湾曲外側で広くすることにより、比較的大きな角度に混合気を曲げて噴射できる。この構造は、燃焼器１０の筒壁部１４に沿って予混合気噴射管４０を配置する場合に見られるように、大きく曲がった噴流４８が必要とされるときに都合が良い。なお、同じ作用を期待して、湾曲口部４２に代えて湾曲内外共に曲がり長さが存在する曲がり管を用いると、内側曲がり部に流れの剥離が起きるため、火炎が侵入しやすかったり、高温・高圧では、その部分で反応が進んで自然発火が起きる危険性がある等の問題がある。

30

【００４０】

図５は、図２に示す実施例において採用される予混合気噴射管５０の出口形状の一例を示す拡大図であり、（ａ）は（ｂ）の平面Ｇ－Ｇで切断した縦断面図、（ｂ）は（ａ）の端面図である。図５に示すように、予混合気噴射管５０を構成するストレート管５１の出口５２において、予混合気を分割すると同時に側方に曲げるため、出口５２を横断する態様で偏流体としての架橋体５３が設けられている。架橋体５３は、横断面の形状が尖端を上流に向けたＶ字状の壁面５４を有しており、且つ幅が一様であって両端が接続部分５５、５５となってストレート管５１の管端に繋がっている。出口５２は、架橋体５３によって二つの出口部分５７、５７に分割されている。架橋体５３の壁面５４は、予混合気噴射管５０を横断する方向に延びる直線状の母線５４ａに基づいて平面又は滑らかな曲面に形成されているので、架橋体５３の製作が容易になり且つ製作コストを低減させることがで

40

50

きる。

【0041】

出口52を定める開口縁56は、架橋体53に対向した両側において、架橋体53との接続部分55、55から離れるに従って予混合気噴射管50の軸方向に後退して斜めに延び、出口52を斜めに開口させている。このような出口52を形成するには、架橋体53の両側で予混合気噴射管50の管端を軸方向後側に傾斜した平面で切断するのみで良く、製作が容易であり、且つ製作コストも安価である。出口52をこのように構成した予混合気噴射管50は、ストレート管51を流れる混合気を分割すると同時に、分割された各混合気を出口52から側方、即ち、ストレート管51の軸線に沿う方向から壁面54に沿うように互いに遠ざかる方向に曲げて噴流58として噴射する。従って、単純な開口を有する従来の管に比べ短い距離で各バーナ15からの既燃ガス中に混合気を噴射し既燃ガスと混合させることができる。管端を斜めに切断して形成した出口52であっても、架橋体53の偏流作用によって、広い角度に予混合気を側方に曲げて各噴流58として噴射させることができ、短い距離で既燃ガスとの混合を促進させることができる。

10

【0042】

【発明の効果】

この発明であるガスタービン燃焼器は、燃焼器ライナと、その壁面に取り付けられたバーナと、予混合気噴射管とで構成され、この予混合気噴射管は、燃料と空気との混合気を形成し、出口開口からその混合気をバーナによる既燃ガス中に噴射・混合されるようになっている。既燃ガスは高温でしかも活性基を多量に含有しているのので、従来の火炎としての燃焼が不可能な非常に希薄な燃料の混合気でも反応させることができ、温度と時間を適切にすることにより完全燃焼をさせることができる。したがって、非常に希薄な混合気でも反応させることができ、このガスタービン燃焼器をジェットエンジンやガスタービンに用いた場合には、予混合気噴射管を流れる燃料流量制御のみによって、比較的容易に且つ従来のガスタービン燃焼器では不可能であった広い出力範囲にわたって完全燃焼（高い燃焼効）と非常に低い低NO_x濃度との両立を容易に実現できるガスタービン燃焼器を提供することができる。混合気をバーナからの既燃ガス中に噴射する手段の一つとして、予混合気噴射管の出口において、上流側が尖端となり下流側が末広がり状の壁面を有する架橋体を配置し、混合気が予混合気噴射管の軸方向に対して大きな角度で曲げて側方に噴射させる構造を採用することができる。

20

30

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明によるガスタービン燃焼器の一実施例を示す図である。

【図2】 この発明によるガスタービン燃焼器の別の実施例を示す図である。

【図3】 この発明によるガスタービン燃焼器の他の実施例を示す図である。

【図4】 この発明によるガスタービン燃焼器の特に燃料噴射管の一実施例を示す図である。

【図5】 図2に示す実施例において採用される予混合気噴射管の出口形状の一例を示す拡大図である。

【図6】 この発明によるガスタービン燃焼器の排気ガス中のNO_x濃度及び燃焼効率と出力との関係を、従来のマルチバーナ方式の燃焼器の特性と共に示すグラフである。

40

【図7】 燃焼用空気と希釈空気との流量を調節する流量調節機構を用いた従来の空気配分制御式ガスタービン燃焼器の一例を示す概念図である。

【図8】 従来のマルチバーナ方式のガス焼きガスタービンの燃焼器の一例を示す縦断面図である。

【図9】 従来のマルチバーナ方式の燃焼器のエンジン試験によるNO_x排出濃度と燃焼効率の負荷に対する変化の様子の一例を示すグラフである。

【符号の説明】

10, 20, 30 ガスタービン燃焼器

11, 31 燃焼室

21 環状燃焼室

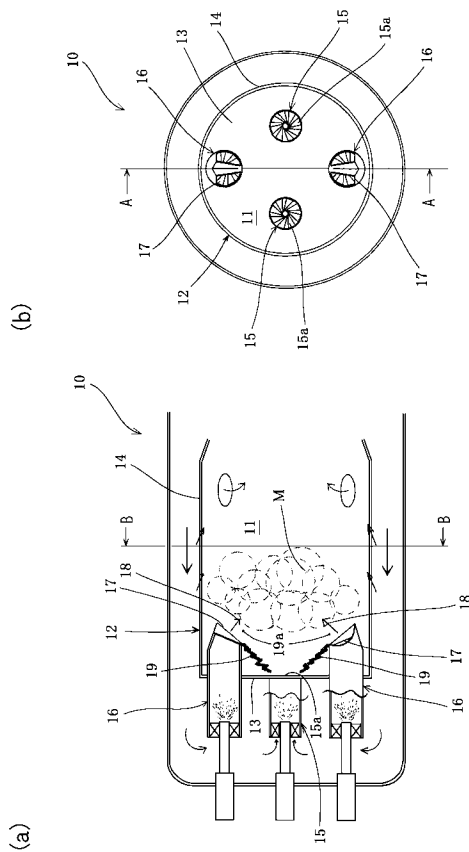
50

- 1 2, 2 2, 3 2 燃焼器ライナ
 1 3 ライナドーム壁部
 2 3 環状ドーム壁部
 1 4 筒壁部
 2 4 内側筒壁部
 2 5 外側筒壁部
 1 5, 1 1 1 バーナ
 1 6, 4 0, 5 0 予混合気噴射管
 1 7, 5 2 出口
 1 8, 4 8, 5 8 噴流
 1 9 火炎
 1 9 a 既燃ガス
 3 3 基端部
 3 4 張出し部
 4 1, 5 1 ストレート管
 4 2 湾曲口部
 4 3, 5 3 架橋体 (偏流体)
 4 7, 5 4 壁面
 4 5, 5 5 接続部分
 4 6, 5 6 開口縁
 4 9, 5 7 出口部分
 M 混合領域

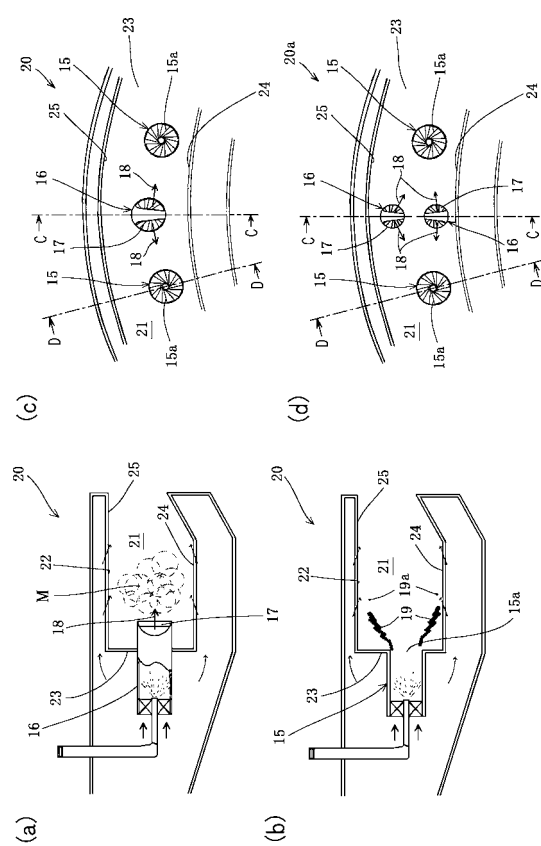
10

20

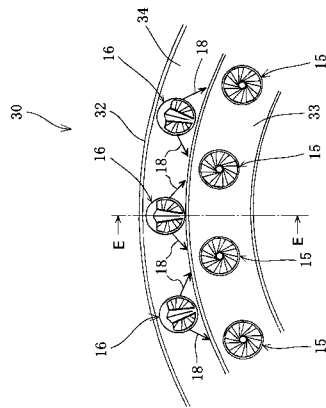
【図 1】



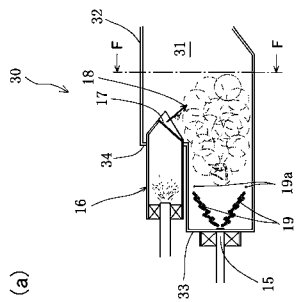
【図 2】



【図 3】

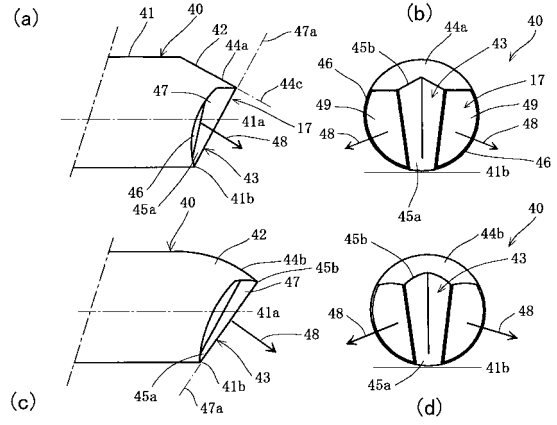


(b)

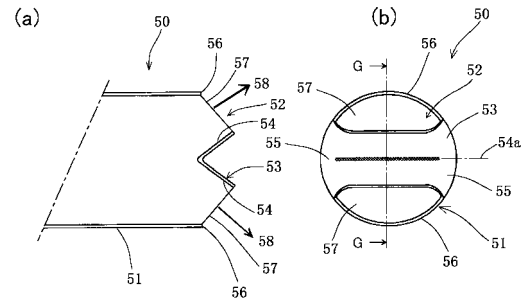


(a)

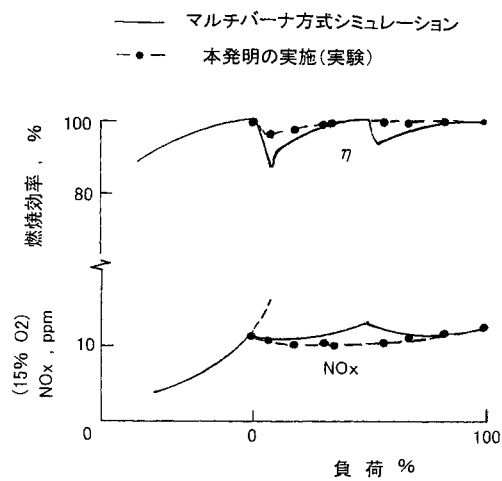
【図 4】



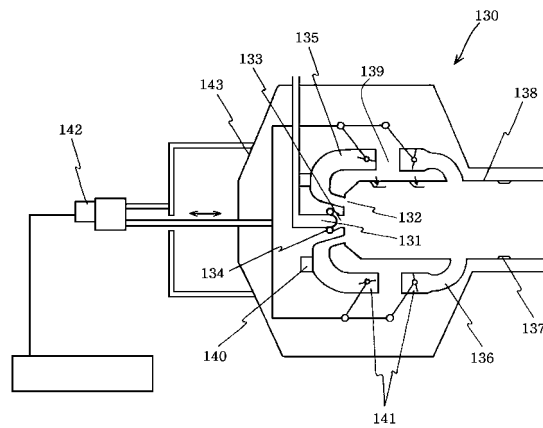
【図 5】



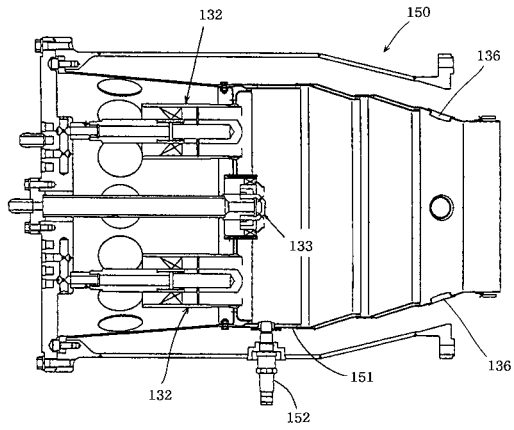
【図 6】



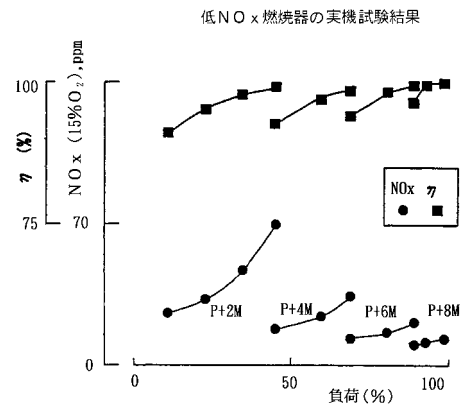
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

合議体

審判長 深澤 幹朗

審判官 金澤 俊郎

審判官 石井 孝明

- (56)参考文献 特開平8-28871 (JP, A)
特開平4-103906 (JP, A)
特開平5-187637 (JP, A)
特開平8-14565 (JP, A)
特開平7-280265 (JP, A)
特開平4-98014 (JP, A)
特開昭61-110817 (JP, A)
特開平4-198622 (JP, A)
特開2001-132951 (JP, A)
特開2002-257342 (JP, A)
特開平6-294516 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02C 1/00 - 9/58

F23R 3/00 - 7/00