

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6025587号
(P6025587)

(45) 発行日 平成28年11月16日 (2016.11.16)

(24) 登録日 平成28年10月21日 (2016.10.21)

(51) Int.Cl.	F 1	
F 2 3 R 3/06 (2006.01)	F 2 3 R 3/06	
F 2 3 R 3/18 (2006.01)	F 2 3 R 3/18	
F 2 3 R 3/28 (2006.01)	F 2 3 R 3/28	D
F 2 3 R 3/32 (2006.01)	F 2 3 R 3/32	
F 0 2 C 7/22 (2006.01)	F 0 2 C 7/22	C

請求項の数 12 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2013-18481 (P2013-18481)	(73) 特許権者	514030104
(22) 出願日	平成25年2月1日 (2013.2.1)		三菱日立パワーシステムズ株式会社
(65) 公開番号	特開2014-149127 (P2014-149127A)		神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号
(43) 公開日	平成26年8月21日 (2014.8.21)	(74) 代理人	100089118
審査請求日	平成27年9月3日 (2015.9.3)		弁理士 酒井 宏明
		(74) 代理人	100118762
			弁理士 高村 順
		(72) 発明者	井上 慶
			東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
		(72) 発明者	斉藤 圭司郎
			東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃焼器およびガスタービン

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

パイロットバーナと、

前記パイロットバーナを中心とした半径方向外側に周方向に沿って複数設けられて、メインバーナ筒内にメインノズルが配置されたメインバーナと、

各前記メインバーナの前記メインバーナ筒から下流側に延在して設けられており、前記メインバーナ筒に繋がる入口が円形状で、下流側の出口が半径方向に平行な2つの半径方向エッジ、および各前記半径方向エッジの両端を連結するように周方向に沿う2つの周方向エッジで形成された延長管と、

前記メインバーナ筒の外側に設けられた空気通路と、

前記延長管の入口側であって前記半径方向の内側の周方向エッジに対応する位置に設けられ前記空気通路と前記延長管内とを連通する内側連通穴と、

を備え、

前記内側連通穴は前記延長管に形成されることを特徴とする燃焼器。

【請求項 2】

前記内側連通穴は、前記延長管の出口に向くように斜めに形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の燃焼器。

【請求項 3】

前記延長管の入口側であって、前記内側連通穴の位置を除き、少なくとも前記半径方向の外側の周方向エッジと前記半径方向エッジとが連通する角部に対応する位置に設けられ

前記空気通路と前記延長管内とを連通する角部連通穴をさらに備えることを特徴とする請求項 1 に記載の燃焼器。

【請求項 4】

前記角部連通穴は、前記延長管の出口に向くように斜めに形成されていることを特徴とする請求項 3 に記載の燃焼器。

【請求項 5】

前記内側連通穴が周方向に連続して形成され、前記角部連通穴が前記半径方向の外側の周方向エッジと前記半径方向エッジとが連通する角部に対応する位置で周方向に連続して形成されていることを特徴とする請求項 3 に記載の燃焼器。

【請求項 6】

前記内側連通穴が前記角部連通穴よりも開口面積を大きく形成されていることを特徴とする請求項 5 に記載の燃焼器。

【請求項 7】

前記内側連通穴が周方向に連続して形成され、前記角部連通穴が周方向で断続して形成されていることを特徴とする請求項 3 に記載の燃焼器。

【請求項 8】

パイロットバーナと、

前記パイロットバーナを中心とした半径方向外側に周方向に沿って複数設けられて、メインバーナ筒内にメインノズルが配置されたメインバーナと、

各前記メインバーナの前記メインバーナ筒から下流側に延在して設けられており、前記メインバーナ筒に繋がる入口が円形状で、下流側の出口が半径方向に平行な 2 つの半径方向エッジ、および各前記半径方向エッジの両端を連結するように周方向に沿う 2 つの周方向エッジで形成された延長管と、

前記メインバーナ筒の外側に設けられた空気通路と、

前記延長管の入口側であって前記半径方向の外側の周方向エッジと前記半径方向エッジとが連通する角部に対応する位置に設けられ前記空気通路と前記延長管内とを連通する角部連通穴と、

を備え、

前記角部連通穴は前記延長管に設けられることを特徴とする燃焼器。

【請求項 9】

前記角部連通穴の位置以外の前記延長管の入口側であって前記半径方向の内側の周方向エッジに対応する位置に設けられ、前記空気通路と前記延長管内とを連通する内側連通穴をさらに備えることを特徴とする請求項 8 に記載の燃焼器。

【請求項 10】

前記角部連通穴は、前記延長管の出口に向くように斜めに形成されていることを特徴とする請求項 5 または 8 に記載の燃焼器。

【請求項 11】

前記メインバーナ筒内で半径方向に延在して設けられた複数のメインスワラを有し、前記メインスワラの下流端に対応する位置に設けられて前記空気通路と前記メインバーナ筒内とを連通する翼部連通穴をさらに備えることを特徴とする請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 つに記載の燃焼器。

【請求項 12】

圧縮機と、燃焼器と、タービンとを備えるガスタービンにおいて、

請求項 1 ~ 11 のいずれか 1 つに記載の燃焼器が適用されることを特徴とするガスタービン。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、予混合燃焼を行うバーナ（メインバーナ）を有する燃焼器および当該燃焼器が適用されるガスタービンに関する。

10

20

30

40

50

【背景技術】

【0002】

例えば、特許文献1には、予混合方式を採用する燃焼器が示されている。この燃焼器は、予混合燃焼を行うメインバーナに加え、予混合燃焼を安定に維持するために拡散燃焼を行うパイロットバーナが設けられている。パイロットバーナによって生成される拡散炎が、メインバーナが予混合炎を生成するための種火として使用され、これによって予混合燃焼が維持される。一般的な燃焼器では、メインバーナは、パイロットバーナを中心とした半径方向外側に周方向に等間隔で配置される。

【0003】

メインバーナは、円筒形のバーナ外筒（メインバーナ筒）内に、メインノズルおよびメ
インスワラを備えている。バーナ外筒は、その先端に延長管が接続されている。そして、
メインバーナは、その内部で燃料と空気とを混合して予混合気を生成し、生成された予混
合気を延長管の先端から噴出する。より詳細には、メインスワラの上流において、圧縮機
（図示せず）から供給される圧縮空気に対してメインノズルによって燃料を噴射し、メイ
ンスワラによって空気および燃料の流れを旋回させる。これにより、空気と燃料とが混合
された予混合気が生成されるとともに、予混合気の旋回流（スワール流れ）が発生する。
そして、予混合気は、延長管から噴出され、さらに、パイロットバーナにより生成された
拡散炎を用いて延長管の下流側で燃焼され、これにより、予混合燃焼が実現される。

【0004】

ところで、延長管の内壁面近傍は低流速となるため、メインバーナの逆火（フラッシュ
バック）が発生しやすい。フラッシュバックの発生は燃焼器の焼損を招くため、フラッ
シュバックは、可能な限り抑えられなくてはならない。特許文献1においては、このフラ
ッシュバックを防止するために、延長管の形状を工夫したり、バーナ外筒と延長管との接続
部から膜状の空気（フィルム空気）を取り入れたりすることが示されている。延長管の形
状としては、入口がバーナ外筒に合わせて円形状であり、出口が、2つの半径方向エッジ
と、各半径方向エッジを連結する半径方向内側および半径方向外側の各周方向エッジとで
台形状に形成されている。

【0005】

【特許文献1】特開2006-78127号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上述した特許文献1のように、延長管の出口を台形状とし、フィルム空気を取り入れる
ことでフラッシュバックを防止することが可能である。しかし、延長管は、入口が円形状
で出口を台形状に変形させたものであり、延長管の出口において流速が高い部分と低い部
分とが生じる。このため、取り入れたフィルム空気に偏りが発生するおそれがある。しか
も、延長管の出口において流速が低い部分にフラッシュバックが発生しやすいことから、
特にこの部分にフィルム空気を取り入れることが望まれている。

【0007】

本発明は上述した課題を解決するものであり、フラッシュバックの発生を抑制しつつ、
フィルム空気の偏りを抑制することのできる燃焼器およびガスタービンを提供することを
目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上述の目的を達成するために、第1の発明の燃焼器は、パイロットバーナと、前記パイ
ロットバーナを中心とした半径方向外側に周方向に沿って複数設けられて、メインバーナ
筒内にメインノズルが配置されたメインバーナと、各前記メインバーナの前記メインバー
ナ筒から下流側に延在して設けられており、前記メインバーナ筒に繋がる入口が円形状で
、下流側の出口が半径方向に平行な2つの半径方向エッジ、および各前記半径方向エッジ
の両端を連結するように周方向に沿う2つの周方向エッジで形成された延長管と、前記メ

10

20

30

40

50

インバーナ筒の外側に設けられた空気通路と、前記延長管の入口側であって前記半径方向の内側の周方向エッジに対応する位置に設けられ前記空気通路と前記延長管内とを連通する内側連通穴と、を備えることを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

この燃焼器によれば、内側連通穴を設けることにより、空気通路から内側連通穴を介してメインバーナ筒に空気が導入され、フィルム状の空気となってメインバーナ筒および延長管の内壁面に沿って下流側に流れる。このフィルム状の空気は、壁面近傍の低流速領域の燃料濃度を低減する。このため、フラッシュバックの発生を抑制することができる。特に、半径方向内側の周方向エッジは、パイロットバーナからの火炎に近くフラッシュバックの影響が大きい部分であるため、この部分に対応してフィルム状の空気を供給することで、フラッシュバックの発生を抑制しつつ、フィルム状の空気の偏りを抑制することができる。

10

【 0 0 1 0 】

また、第2の発明の燃焼器は、第1の発明において、前記延長管の入口側であって、前記内側連通穴の位置を除き、少なくとも前記半径方向の外側の周方向エッジと前記半径方向エッジとが連通する角部に対応する位置に設けられ前記空気通路と前記延長管内とを連通する角部連通穴をさらに備えることを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

この燃焼器によれば、周方向エッジと半径方向エッジとが連通する角部は、円形状の入口から半径方向に広がって流体を拡散させ流速が特に低くなりやすい部分であり、この角部に対応する内側連通穴を設けることにより、フラッシュバックの発生を抑制しつつ、フィルム状の空気の偏りを抑制する効果を顕著に得ることができる。

20

【 0 0 1 2 】

また、第3の発明の燃焼器は、第2の発明において、前記内側連通穴が周方向に連続して形成され、前記角部連通穴が前記半径方向の外側の周方向エッジと前記半径方向エッジとが連通する角部に対応する位置で周方向に連続して形成されていることを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

この燃焼器によれば、速度が低い部分に対応してフィルム状の空気を供給するため、フラッシュバックの発生を抑制しつつ、フィルム状の空気の偏りを抑制する効果を顕著に得ることができる。

30

【 0 0 1 4 】

また、第4の発明の燃焼器は、第3の発明において、前記内側連通穴が前記角部連通穴よりも開口面積を大きく形成されていることを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

この燃焼器によれば、半径方向内側の周方向エッジは、パイロットバーナからの火炎に近くフラッシュバックの影響が大きい部分であるため、フラッシュバックの発生を抑制する効果を顕著に得るため、内側連通穴が角部連通穴よりも開口面積を大きく形成されていることが好ましい。

【 0 0 1 6 】

また、第5の発明の燃焼器は、第2の発明において、前記内側連通穴が周方向に連続して形成され、前記角部連通穴が周方向で断続して形成されていることを特徴とする。

40

【 0 0 1 7 】

この燃焼器によれば、角部連通穴が、内側連通穴を除く範囲で断続して形成されているため、パイロットバーナからの火炎に近くフラッシュバックの影響が大きい部分である半径方向内側の周方向エッジに対応する内側連通穴側に比較的多くの空気を供給することができる。

【 0 0 1 8 】

また、第6の発明の燃焼器は、パイロットバーナと、前記パイロットバーナを中心とした半径方向外側に周方向に沿って複数設けられて、メインバーナ筒内にメインノズルが配置されたメインバーナと、各前記メインバーナの前記メインバーナ筒から下流側に延在し

50

て設けられており、前記メインバーナ筒に繋がる入口が円形状で、下流側の出口が半径方向に平行な２つの半径方向エッジ、および各前記半径方向エッジの両端を連結するように周方向に沿う２つの周方向エッジで形成された延長管と、前記メインバーナ筒の外側に設けられた空気通路と、前記延長管の入口側であって前記半径方向の外側の周方向エッジと前記半径方向エッジとが連通する角部に対応する位置に設けられ前記空気通路と前記延長管内とを連通する角部連通穴と、を備えることを特徴とする。

【００１９】

この燃焼器によれば、周方向エッジと半径方向エッジとが連通する角部は、円形状の入口から半径方向に広がって流体を拡散させ流速が特に低くなりやすい部分であり、この角部に対応する内側連通穴を設けることにより、フラッシュバックの発生を抑制しつつ、フィルム状の空気の偏りを抑制する効果を顕著に得ることができる。

10

【００２０】

また、第７の発明の燃焼器は、第１～第６のいずれか１つの発明において、前記メインバーナ筒内で半径方向に延在して設けられた複数のメインスワラを有し、前記メインスワラの下流端に対応する位置に設けられて前記空気通路と前記メインバーナ筒内とを連通する翼部連通穴をさらに備えることを特徴とする。

【００２１】

メインスワラの上流側は、流速が低くなりやすく燃料濃度が高い傾向となる。従って、メインスワラの下流端に対応する位置に翼部連通穴を設けることで、この翼部連通穴からメインバーナ筒に導入された空気により、フラッシュバックの火炎を堰き止めることができる。

20

【００２２】

上述の目的を達成するために、本発明のガスタービンは、圧縮機と、燃焼器と、タービンとを備えるガスタービンにおいて、第１～第６のいずれか１つの発明に記載の燃焼器が適用されることを特徴とする。

【００２３】

このガスタービンによれば、フラッシュバックの抑制により燃焼器の損傷を防ぐことで、タービン性能を維持することができる。

【発明の効果】

【００２４】

本発明によれば、フラッシュバックの発生を抑制しつつ、フィルム空気の偏りを抑制することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【００２５】

【図１】図１は、本発明の実施形態に係る燃焼器を有するガスタービンの概略構成図である。

【図２】図２は、図１の燃焼器の拡大図である。

【図３】図３は、図２の燃焼器の内部構成を概略的に示す側面図である。

【図４】図４は、図３の燃焼器のメインバーナを下流側から見た拡大図である。

【図５】図５は、図３の燃焼器のメインバーナの拡大図である。

40

【図６】図６は、貫通穴の配置を示す図である。

【図７】図７は、貫通穴の配置の他の例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００２６】

以下に、本発明に係る実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施形態によりこの発明が限定されるものではない。また、下記実施形態における構成要素には、当業者が置換可能かつ容易なもの、あるいは実質的に同一のものが含まれる。

【００２７】

図１は、本実施形態に係る燃焼器を有するガスタービンの概略構成図である。図１に示すように、ガスタービン１０は、流体の流れ方向の上流側から順番に、圧縮機１１と、燃

50

焼器 1 2 と、タービン 1 3 と、排気室 1 4 とを有する。タービン 1 3 には、図示しない発電機が連結されている。ガスタービンは、回転軸 L を中心に回転可能なロータ 2 4 を有する。

【 0 0 2 8 】

圧縮機 1 1 は、空気を取り込む空気取入口 1 5 を有し、圧縮機車室 1 6 内に複数の静翼 1 7 と動翼 1 8 とが交互に設けられている。燃焼器 1 2 は、圧縮機 1 1 で圧縮された圧縮空気（燃焼用空気）に対して燃料を供給し、バーナで点火することで燃焼可能となっている。タービン 1 3 は、タービン車室 2 0 内に複数の静翼 2 1 と動翼 2 2 とが交互に設けられている。排気室 1 4 は、タービン 1 3 に連続する排気ディフューザ 2 3 を有している。ロータ 2 4 は、圧縮機 1 1、燃焼器 1 2、タービン 1 3、排気室 1 4 の径方向中心部を貫通するように位置する。ロータ 2 4 は、圧縮機 1 1 側の端部が軸受部 2 5 により支持され、排気室 1 4 側の端部が軸受部 2 6 により支持されて回転軸 L を中心にして回転自在に設けられている。ロータ 2 4 は、複数のディスクプレートが固定され、各動翼 1 8、2 2 が連結されている。また、ロータ 2 4 は、圧縮機 1 1 側の端部に、図示しない発電機の駆動軸が連結されている。

10

【 0 0 2 9 】

このようなガスタービンにおいて、圧縮機 1 1 の空気取入口 1 5 から取り込まれた空気は、複数の静翼 1 7 と動翼 1 8 とを通過して圧縮され、高温・高圧の圧縮空気となる。この圧縮空気は、燃焼器 1 2 において、圧縮空気に対して所定の燃料が供給されることで燃焼する。燃焼器 1 2 で生成された作動流体である高温・高圧の燃焼ガスは、タービン 1 3 を構成する複数の静翼 2 1 と動翼 2 2 とを通過し、ロータ 2 4 を回転駆動する。これによりロータ 2 4 に連結された発電機を駆動する。ロータ 2 4 を通過した排気ガスは、排気室 1 4 の排気ディフューザ 2 3 で静圧に変換されてから大気に放出される。

20

【 0 0 3 0 】

図 2 は、図 1 の燃焼器の拡大図である。燃焼器 1 2 は、外筒 3 1 の内部に所定間隔をあけて空気通路 3 0 を形成するように内筒 3 2 が支持され、内筒 3 2 の先端部に尾筒 3 3 が連結されることで、回転軸 L に対して傾斜した中心軸 S に沿って延在する燃焼器ケーシングが構成されている。

【 0 0 3 1 】

外筒 3 1 は、タービン車室 2 0 を構成する車室ハウジング 2 7 に対して固定されている。内筒 3 2 は、その中心部に、中心軸 S に沿ってパイロットバーナ 3 5 が設けられている。また、内筒 3 2 は、その内部であってパイロットバーナ 3 5 の周囲に、メインバーナ 3 6 が複数設けられている。メインバーナ 3 6 は、パイロットバーナ 3 5（中心軸 S）を中心とした半径方向外側に、パイロットバーナ 3 5 を取り囲むように中心軸 S を中心とする周方向に沿って等間隔で、かつパイロットバーナ 3 5 と平行に設けられている。尾筒 3 3 は、その基端が円筒状に形成されて内筒 3 2 に連結されている。尾筒 3 3 は、先端側にかけて断面積が小さくかつ湾曲して形成され、タービン 1 3 の 1 段目の静翼 2 1 に向けて開口している。

30

【 0 0 3 2 】

図 3 は、図 2 の燃焼器の内部構成を概略的に示す図であり、図 4 は、図 3 の燃焼器のメインバーナを下流側から見た拡大図であり、図 5 は、図 3 の燃焼器のメインバーナの拡大図である。

40

【 0 0 3 3 】

パイロットバーナ 3 5 は、その先端部のパイロットノズル 3 5 a が、筒状で先端側が広角して形成された燃焼筒 3 5 A 内に配置されている。また、パイロットバーナ 3 5 は、その外周面と燃焼筒 3 5 A の内周面との間にパイロットスワラ 3 5 B が設けられている。

【 0 0 3 4 】

メインバーナ 3 6 は、その先端部のメインノズル 3 6 a が、円筒状のメインバーナ筒 3 6 A 内に配置されている。メインバーナ筒 3 6 A は、メインノズル 3 6 a により燃料が噴射される下流側（図 3 および図 5 の右側）に、延長管 3 6 B が設けられている。延長管 3

50

6 B は、メインバーナ筒 3 6 A から下流側に延在して設けられている。

【 0 0 3 5 】

延長管 3 6 B は、図 4 および図 5 に示すように、メインバーナ筒 3 6 A に繋がる入口 3 6 B a がメインバーナ筒 3 6 A と同様の円形状に形成されている。また、延長管 3 6 B は、下流側の出口 3 6 B b が、中心軸 S を中心とした半径方向に対して平行な 2 つの半径方向エッジ 3 6 B c と、各半径方向エッジ 3 6 B c の両端を連結するように中心軸 S を中心とした周方向に沿う 2 つの周方向エッジ 3 6 B d とで台形状に形成されている。周方向エッジ 3 6 B d は、中心軸 S に対して半径方向で近い内側の周方向エッジ 3 6 B d と、中心軸 S に対して半径方向で遠い外側の周方向エッジ 3 6 B d とがある。また、半径方向エッジ 3 6 B c と周方向エッジ 3 6 B d とが連結する角部 3 6 B e は、円弧状に形成されている。この延長管 3 6 B は、入口 3 6 B a 側の円形状から出口 3 6 B b 側の台形状に滑らかに変化して形成されている。

10

【 0 0 3 6 】

また、メインバーナ 3 6 は、メインノズル 3 6 a の外周面とメインバーナ筒 3 6 A の内周面との間にメインスワラ 3 6 C が設けられている。

【 0 0 3 7 】

外筒 3 1 は、その基端部にトップハット部 3 4 が設けられている。トップハット部 3 4 は、外筒 3 1 の基端部の内周面に沿って配置されて、外筒 3 1 の外側に空気通路 3 0 の一部を形成する筒状部材 3 4 A と、当該筒状部材 3 4 A の基端側の開口を閉塞する蓋部材 3 4 B とで構成されている。蓋部材 3 4 B は、上述のパイロットバーナ 3 5 の基端が支持され、当該パイロットバーナ 3 5 の燃料ポート 3 5 C が外側に配置されている。この燃料ポート 3 5 C は、図示しないパイロットバーナ燃料ラインが接続されてパイロットバーナ 3 5 に燃料が供給される。また、蓋部材 3 4 B は、上述のメインバーナ 3 6 の基端が支持され、当該メインバーナ 3 6 の燃料ポート 3 6 D が外側に配置されている。この燃料ポート 3 6 D は、図示しないメインバーナ燃料ラインが接続されてメインバーナ 3 6 に燃料が供給される。

20

【 0 0 3 8 】

外筒 3 1 は、トップハット部 3 4 の筒状部材 3 4 A 内において、基端側に隔壁 3 7 が設けられている。この隔壁 3 7 により空気通路 3 0 が内筒 3 2 に連通される。外筒 3 1 (トップハット部 3 4 の筒状部材 3 4 A) と内筒 3 2 との間であって、空気通路 3 0 の入口部分には、整流板 3 8 が設けられている。整流板 3 8 は、空気通路 3 0 を塞ぐように設けられ、空気通路 3 0 の上流側と下流側とを連通する孔が多数形成された多孔板である。

30

【 0 0 3 9 】

このようなガスタービン燃焼器 1 2 では、高温・高圧の圧縮空気が空気通路 3 0 に流れ込むと、圧縮空気は、整流板 3 8 を通過して整流されつつ、内筒 3 2 の基端部で隔壁 3 7 により反転されて、パイロットバーナ 3 5 の燃焼筒 3 5 A およびメインバーナ 3 6 のメインバーナ筒 3 6 A に誘導される。そして、圧縮空気は、メインバーナ 3 6 において、メインバーナ筒 3 6 A 内でメインスワラ 3 6 C によって旋回する気流となり、メインノズル 3 6 a から噴射された燃料と延長管 3 6 B 内で混合され予混合気となって尾筒 3 3 内に流れ込む。また、圧縮空気は、パイロットバーナ 3 5 において、燃焼筒 3 5 A 内でパイロットスワラ 3 5 B によって旋回する気流となり、パイロットノズル 3 5 a から噴射された燃料と混合され、図示しない種火により着火されて燃焼し、燃焼ガスとなって尾筒 3 3 内に噴出する。このとき、燃焼ガスの一部が尾筒 3 3 内に火炎を伴って周囲に拡散するように噴出することで、各メインバーナ 3 6 から尾筒 3 3 内に流れ込んだ予混合気に着火されて燃焼する。

40

【 0 0 4 0 】

すなわち、パイロットバーナ 3 5 から噴射したパイロット燃料による拡散火炎により、メインバーナ 3 6 からの希薄予混合燃料の安定燃焼を行うための保炎を行うことができる。また、メインバーナ 3 6 によって燃料を予混合することで、燃料濃度を均一化し低 NO_x 化を図ることができる。このとき、メインバーナ 3 6 のメインバーナ筒 3 6 A および延

50

長管 3 6 B の内部が予混合領域となり、パイロットバーナ 3 5 からの拡散火炎によって予混合気が燃焼する領域が燃焼領域となる。燃焼領域は、燃焼筒 3 5 A の下流であり、尾筒 3 3 の内部にある。従って、予混合気が燃焼した燃焼ガスは、尾筒 3 3 の内部を流れる。

【 0 0 4 1 】

ところで、このような予混合方式の燃焼器 1 2 では、メインスワラ 3 6 C の下流において、メインバーナ筒 3 6 A 内を流れる予混合気が旋回流となる。このため、燃焼領域から予混合領域への逆火（フラッシュバック）が生じやすい。具体的に、メインノズル 3 6 a から噴射された燃料は、旋回流によってメインバーナ筒 3 6 A の内部全体にわたって均一化される。このため、燃料の濃度分布は、メインバーナ筒 3 6 A の中央部から内壁面にかけてほぼ一定である。これに対し、予混合気の速度は、内壁面において 0 となり、内壁面から離れるに従い速度が上昇し（速度境界層）、速度境界層の外側（メインバーナ筒 3 6 A の中央部側）で速度はほぼ一定となる。すなわち、メインバーナ筒 3 6 A および延長管 3 6 B の内壁面の近傍には、速度が低い速度境界層が存在するのに対し、速度境界層において燃料濃度が高いため、この速度境界層に燃焼領域からのフラッシュバックが生じやすくなる。

【 0 0 4 2 】

特に、本実施形態では、延長管 3 6 B が、入口 3 6 B a を円形状に形成され、出口 3 6 B b を台形状に形成されている。これにより、延長管 3 6 B の出口 3 6 B b において流速の低い部分が生じることが発明者等の研究により判明した。具体的には、半径方向内側の周方向エッジ 3 6 B d の部分と、半径方向外側の両角部 3 6 B e とが顕著である。このため、流速の低い部分において、フラッシュバックが生じやすく、延長管 3 6 B の内壁面が高温となり、燃焼器 1 2 が損傷するおそれがある。これを避けるため、本実施形態では、以下のようにメインバーナ 3 6 を構成する。

【 0 0 4 3 】

図 5 に示すように、メインバーナ筒 3 6 A の外側に空気通路 3 6 E を有する。空気通路 3 6 E は、内筒 3 2 の内側にメインバーナ筒 3 6 A の外側を覆う外周筒 3 9 が設けられ、内筒 3 2 の内周面の一部および外周筒 3 9 の内周面と、メインバーナ筒 3 6 A の外周面との間に形成されている。この空気通路 3 6 E は、空気通路 3 0 に通じている。また、延長管 3 6 B の入口 3 6 B a 側に、空気通路 3 6 E と延長管 3 6 B 内とを連通する連通穴 H 1 を有する。延長管 3 6 B の入口 3 6 B a 側とは、メインノズル 3 6 a よりも下流側の位置であって、円形状に形成された位置である。また、連通穴 H 1 は、延長管 3 6 B 内の開口が、延長管 3 6 B の出口 3 6 B b 側（下流側）に向くように斜めに形成されている。連通穴 H 1 は、延長管 3 6 B の出口 3 6 B b における流速の低い部分に対応し、以下のように配置されている。

【 0 0 4 4 】

図 6 は、貫通穴の配置を示す図であり、図 7 は、貫通穴の配置の他の例を示す図である。図 6 および図 7 では、図 4 と同様にメインバーナ 3 6 を下流側から視ている。連通穴 H 1 は、延長管 3 6 B の出口 3 6 B b において、半径方向内側の周方向エッジ 3 6 B d の部分と、半径方向外側の両角部 3 6 B e とに対応して設けられている。

【 0 0 4 5 】

図 6 において、連通穴 H 1 は、半径方向内側の周方向エッジ 3 6 B d の部分に対応して設けられた内側連通穴 H 1 a と、両角部 3 6 B e の部分にそれぞれ対応して設けられた角部連通穴 H 1 b とが、各部分に分けて設けられ、かつ所定範囲でスリット状に連続して形成されている。

【 0 0 4 6 】

所定範囲について説明する。図 6 に示すように、メインバーナ 3 6 を下流側から視て旋回流が反時計回りの場合において、半径方向外側の周方向エッジ 3 6 B d の中央を 0 d e g とする。半径方向内側の周方向エッジ 3 6 B d に対応する内側連通穴 H 1 a は、図 6 中の二点差線の間 A - B の範囲に設けられる。また、角部 3 6 B e（旋回流の上流側（図 6 の右側））に対応する角部連通穴 H 1 b は、図 6 中の二点差線の間 E - F の範囲に設けら

10

20

30

40

50

れる。さらに、角部 3 6 B e (旋回流の下流側 (図 6 の左側) に対応する角部連通穴 H 1 b は、図 6 中の二点差線の間 C - D の範囲に設けられる。このように、各連通穴 H 1 a , H 1 b は、周方向に不均等な配置であり、これは旋回流の影響を加味したものである。具体的には、上述したように、メインスワラ 3 6 C の下流において、メインバーナ筒 3 6 A 内を流れる予混合気が旋回流となる。図 6 ではメインバーナ 3 6 を下流側から見て旋回流が反時計回りであり、各連通穴 H 1 a , H 1 b からメインバーナ筒 3 6 A に導入された空気通路 3 0 の圧縮空気の一部は、旋回流に流されるように反時計回りに流動しつつ下流側に流れる。このため、旋回流の流れ方向や、各連通穴 H 1 a , H 1 b から延長管 3 6 B の出口 3 6 B b までの距離などによる影響を加味し、各連通穴 H 1 a , H 1 b の範囲を旋回流とは逆方向となる時計回りにずらした範囲とすることで、延長管 3 6 B の出口 3 6 B b において、半径方向内側の周方向エッジ 3 6 B d の中央位置 (1 8 0 d e g) を基準としたほぼ対称の範囲や、角部 3 6 B e の最も窄まった位置を基準としたほぼ対称の範囲に、各連通穴 H 1 a , H 1 b からメインバーナ筒 3 6 A に導入された空気が至ることになる。

【 0 0 4 7 】

図 6 に示すように、連通穴 H 1 を設けることにより、空気通路 3 0 の圧縮空気の一部が空気通路 3 6 E から連通穴 H 1 を介してメインバーナ筒 3 6 A に導入され、図 5 に示すように、フィルム状の空気 (フィルム空気) となってメインバーナ筒 3 6 A および延長管 3 6 B の内壁面に沿って下流側に流れる。このフィルム空気は、壁面近傍の低流速領域の燃料濃度を低減する。このため、フラッシュバックの発生を抑制することができる。

【 0 0 4 8 】

特に、本実施形態の燃焼器 1 2 は、延長管 3 6 B の出口 3 6 B b における流速の低い部分に対応し、内側連通穴 H 1 a と角部連通穴 H 1 b とを設けたことで、フラッシュバックの発生を抑制しつつ、フィルム空気の偏りをより抑制することができる。

【 0 0 4 9 】

なお、上述した実施形態の燃焼器 1 2 において、内側連通穴 H 1 a および角部連通穴 H 1 b の双方を設けることで、フラッシュバックの発生を抑制しつつ、フィルム空気の偏りを抑制する効果を顕著に得ることが可能である。内側連通穴 H 1 a または角部連通穴 H 1 b の一方であっても、フラッシュバックの発生を抑制しつつ、フィルム空気の偏りを抑制する効果を得ることができる。内側連通穴 H 1 a または角部連通穴 H 1 b の一方の場合、パイロットバーナ 3 5 からの火炎に近くフラッシュバックの影響が大きい部分である半径方向内側の周方向エッジ 3 6 B d に対応する内側連通穴 H 1 a を設けることが好ましい。また、内側連通穴 H 1 a または角部連通穴 H 1 b の一方の場合、半径方向に広がって流体を拡散させ流速が特に低くなりやすい部分である角部 3 6 B e に対応する角部連通穴 H 1 b を設けることが好ましい。

【 0 0 5 0 】

また、半径方向内側の周方向エッジ 3 6 B d は、パイロットバーナ 3 5 からの火炎に近くフラッシュバックの影響が大きい部分であるため、内側連通穴 H 1 a および角部連通穴 H 1 b の双方を設ける場合は、フラッシュバックの発生を抑制する効果を顕著に得るため、内側連通穴 H 1 a が角部連通穴 H 1 b よりも開口面積が大きく形成されていることが好ましい。

【 0 0 5 1 】

図 7 において、連通穴 H 1 は、半径方向内側の周方向エッジ 3 6 B d の部分に対応して設けられた内側連通穴 H 1 a と、両角部 3 6 B e の部分にそれぞれ対応して設けられた角部連通穴 H 1 b とが、周方向に沿って設けられている。この場合、内側連通穴 H 1 a は所定範囲でスリット状に連続して形成され、角部連通穴 H 1 b は、内側連通穴 H 1 a を除く範囲で断続して形成されている。

【 0 0 5 2 】

所定範囲について説明する。図 7 に示すように、メインバーナ 3 6 を下流側から見て旋回流が反時計回りの場合において、半径方向外側の周方向エッジ 3 6 B d の中央を 0 d e g とする。半径方向内側の周方向エッジ 3 6 B d に対応する内側連通穴 H 1 a は、図 7 中

10

20

30

40

50

の二点差線の間 A - B の範囲に設けられる。また、角部 3 6 B e に対応する角部連通穴 H 1 b は、残りの範囲で、断続した小孔として設けられる。連通穴 H 1 a は、周方向に不均等な配置であり、これは上述したように旋回流の影響を加味したものである。

【 0 0 5 3 】

図 7 に示すように、連通穴 H 1 を設けることにより、空気通路 3 0 の圧縮空気の一部が空気通路 3 6 E から連通穴 H 1 を介してメインバーナ筒 3 6 A に導入され、図 5 に示すように、フィルム状の空気（フィルム空気）となってメインバーナ筒 3 6 A および延長管 3 6 B の内壁面に沿って流れる。このフィルム空気は、壁面近傍の低流速領域の燃料濃度を低減する。このため、フラッシュバックの発生を抑制することができる。

【 0 0 5 4 】

特に、本実施形態の燃焼器 1 2 は、延長管 3 6 B の出口 3 6 B b における流速の低い部分に対応し、内側連通穴 H 1 a と角部連通穴 H 1 b とを設けたことで、フィルム空気の偏りを抑制することができ、フラッシュバックの発生を抑制する効果を顕著に得ることができる。しかも、角部連通穴 H 1 b が、内側連通穴 H 1 a を除く範囲で断続して形成されているため、パイロットバーナ 3 5 からの火炎に近くフラッシュバックの影響が大きい部分である半径方向内側の周方向エッジ 3 6 B d に対応する内側連通穴 H 1 a 側に比較的多くの空気を供給することができる。

【 0 0 5 5 】

ところで、メインスワラの上流側は、流速が低くなりやすく燃料濃度が濃い傾向となる。従って、メインスワラの下流端に対応する位置に翼部連通穴 H 2 を設けることで、この翼部連通穴 H 2 からメインバーナ筒 3 6 A に導入された圧縮空気により、フラッシュバックの火炎を堰き止めることができる。

【 0 0 5 6 】

また、上述した燃焼器 1 2 を備えるガスタービン 1 0 によれば、フラッシュバックの抑制により燃焼器 1 2 の損傷を防ぐことで、タービン性能を維持することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 7 】

- 1 0 ガスタービン
- 1 1 圧縮機
- 1 2 燃焼器
- 1 3 タービン
- 3 5 パイロットバーナ
- 3 6 メインバーナ
- 3 6 a メインノズル
- 3 6 A メインバーナ筒
- 3 6 B 延長管
- 3 6 B a 入口
- 3 6 B b 出口
- 3 6 B c 半径方向エッジ
- 3 6 B d 周方向エッジ
- 3 6 B e 角部
- 3 6 C メインスワラ
- 3 6 E 空気通路
- H 1 a 内側連通穴
- H 1 b 角部連通穴
- H 2 翼部連通穴

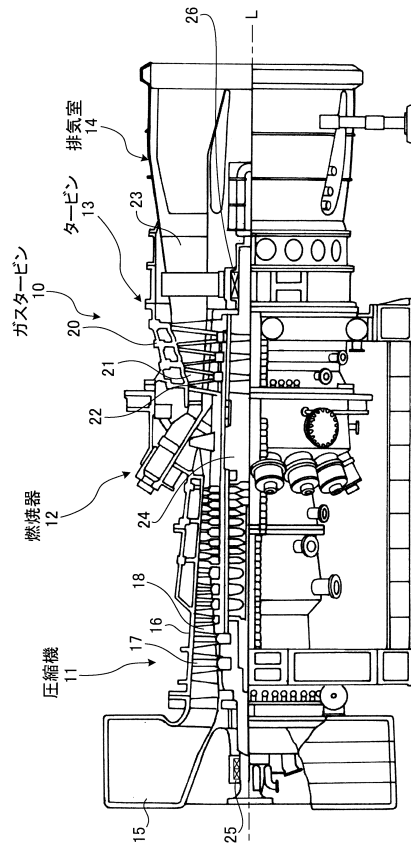
10

20

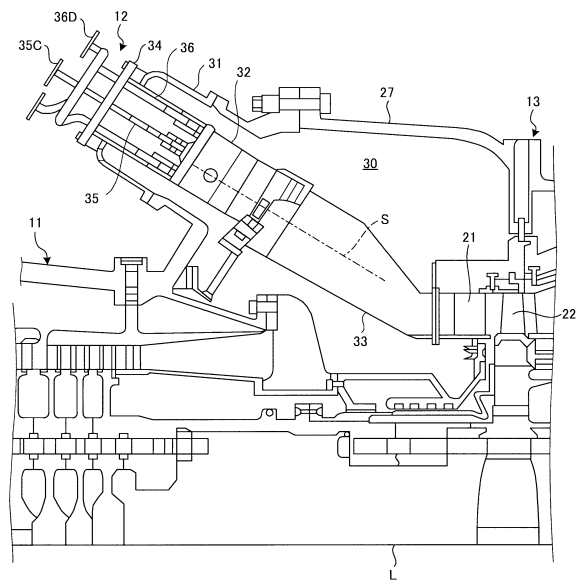
30

40

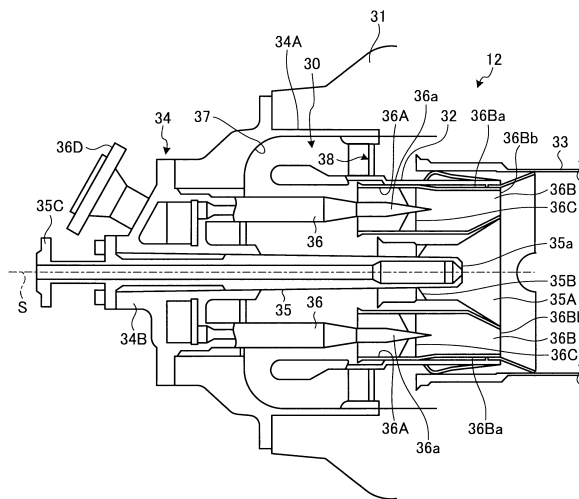
【図 1】



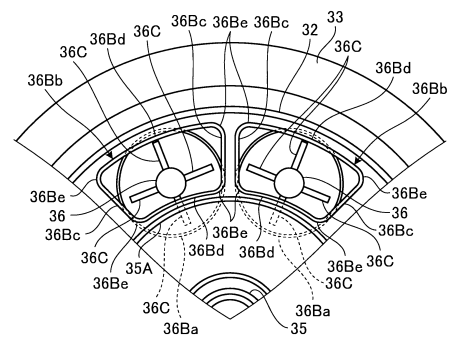
【図 2】



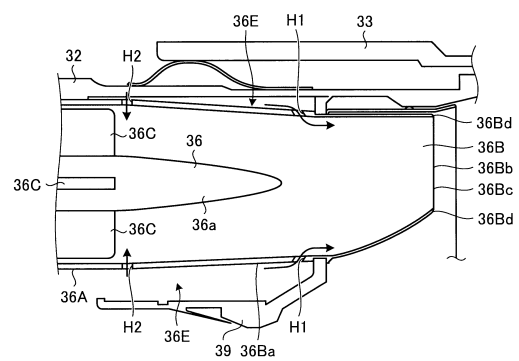
【図 3】



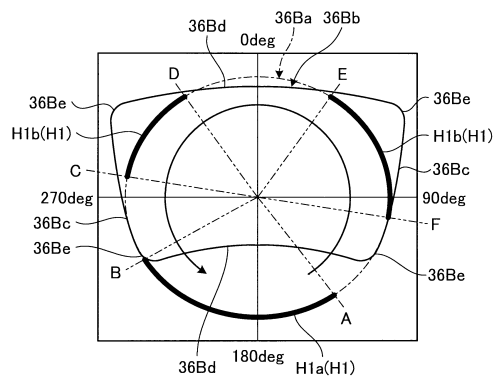
【図 4】



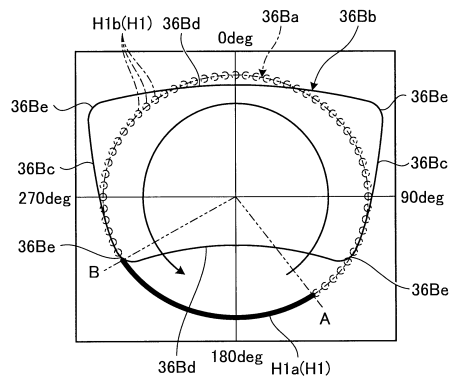
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

- (72)発明者 片野 光
東京都港区港南二丁目１６番５号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 中村 聡介
東京都港区港南二丁目１６番５号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 磯野 充典
東京都港区港南二丁目１６番５号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 湯浅 厚志
東京都港区港南二丁目１６番５号 三菱重工業株式会社内

審査官 米澤 篤

- (56)参考文献 特開２００６－７８１２７（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－１４２３２（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－１３０６７５（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－２３６７３９（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)

F 2 3 R 3 / 0 6 - 3 / 3 2
F 0 2 C 7 / 2 2