

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4205199号  
(P4205199)

(45) 発行日 平成21年1月7日(2009.1.7)

(24) 登録日 平成20年10月24日(2008.10.24)

(51) Int.Cl.		F I	
<b>F 2 3 R</b>	<b>3/28</b>	<b>(2006.01)</b>	F 2 3 R 3/28 B
<b>F 2 3 R</b>	<b>3/20</b>	<b>(2006.01)</b>	F 2 3 R 3/28 D
<b>F 2 3 R</b>	<b>3/34</b>	<b>(2006.01)</b>	F 2 3 R 3/20
			F 2 3 R 3/34

請求項の数 11 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願平10-54064	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成10年3月6日(1998.3.6)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公開番号	特開平10-318541		GENERAL ELECTRIC CO
(43) 公開日	平成10年12月4日(1998.12.4)		MPANY
審査請求日	平成17年1月27日(2005.1.27)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
(31) 優先権主張番号	08/812894		クタデイ、リバーロード、1番
(32) 優先日	平成9年3月10日(1997.3.10)	(74) 代理人	100093908
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 松本 研一
		(72) 発明者	ジェフリー・アラン・ラヴァット
			アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スコテ
			ィア、ロビンソン・ロード、3番
		(72) 発明者	スティープン・ジョージ・ゴープル
			アメリカ合衆国、ニューヨーク州、クリフ
			トン・パーク、ボールタスロール・ドライブ
			、22番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃焼火炎を動的に安定化させた低NOx 燃焼器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

上流端にドームを下流端に出口を有する燃焼室と、

前記燃焼器ドームに連結された複数個のプレミキサであって、各プレミキサが、圧縮空気を受け取るダクト入口を一端に有し、前記燃焼室と流通関係に配置されたダクト出口を反対端に有するダクトと、前記ダクト内に前記ダクト入口に隣接して配置された、ダクトを通過する空気に旋回を与えるスワラとを含む、プレミキサと、

前記プレミキサダクトのそれぞれに燃料を噴射して、前記ダクト内で空気と混合し、さらに前記燃焼室中に流入させて前記ダクト出口それぞれに燃焼火炎を発生させるための、燃料噴射手段であって、前記燃料噴射手段は、前記ドームと前記スワラとの間で互いに軸線方向に離間した複数個の燃料噴射オリフィスが、燃料を前記ドームからの異なる軸線方向多段化距離にて噴射して、燃料を燃焼から切り離して、前記燃焼火炎の動的圧力振幅を低減するように構成されている、燃料噴射手段と

を備える燃焼器であって、

前記プレミキサそれぞれがさらに、前記ダクト内に同軸配置され、前記スワラに連結された上流端をダクト入口に、ブラフ下流端を前記ダクト出口に有する中心体を含み、この中心体が前記ダクトから半径方向内方に離間してダクトとの間に流れチャンネルを画定し、

前記燃料噴射手段はさらに、第1プレミキサダクト内にかつ前記ドームから上流に共通な第1軸線方向距離に配置された複数個の第1燃料噴射オリフィスを含み、前記ダクト流

れチャンネルがドームと第 1 オリフィス間で無障害であり、さらに第 2 プレミキサダクト内にかつ前記ドームから上流に共通な第 2 軸線方向距離に配置された複数個の第 2 燃料噴射オリフィスを含み、前記第 1 オリフィスおよび第 2 オリフィスが互いに軸線方向に離間しており、

前記火炎が前記プレミキサ中に上流方向に伝播する圧力振動にて励起可能で、前記第 1 および第 2 オリフィスからの燃料空気混合物を第 1 および第 2 燃料濃度波として振動させ

、  
前記第 1 および第 2 オリフィス間の軸線方向間隔のため、前記第 1 および第 2 燃料濃度波が互いに位相のずれた関係となり、これにより前記火炎圧力振動の大きさを低減して、前記燃焼室内での動的圧力不安定性を低減し、

前記第 1 および第 2 オリフィスが前記中心体に同一平面内に配置され、前記燃焼室に障害のない流れを与え、

前記第 1 および第 2 オリフィス間に軸線方向に配置された追加の燃料噴射オリフィスを含み、これらの追加のオリフィスにより燃料を前記流れチャンネル内に軸線方向および円周方向に分布させ、多数の火炎圧力振動周波数での動的圧力振幅を同時に低減する、燃焼器。

【請求項 2】

上流端にドームを下流端に出口を有する燃焼室と、

前記燃焼器ドームに連結された複数個のプレミキサであって、各プレミキサが、圧縮空気を受け取るダクト入口を一端に有し、前記燃焼室と流通関係に配置されたダクト出口を反対端に有するダクトと、前記ダクト内に前記ダクト入口に隣接して配置された、ダクトを通過する空気に旋回を与えるスワラとを含む、プレミキサと、

前記プレミキサダクトのそれぞれに燃料を噴射して、前記ダクト内で空気と混合し、さらに前記燃焼室中に流入させて前記ダクト出口それぞれに燃焼火炎を発生させるための、燃料噴射手段であって、前記燃料噴射手段は、前記ドームと前記スワラとの間で互いに軸線方向に離間した複数個の燃料噴射オリフィスが、燃料を前記ドームからの異なる軸線方向多段化距離にて噴射して、燃料を燃焼から切り離して、前記燃焼火炎の動的圧力振幅を低減するように構成されている、燃料噴射手段と

を備える燃焼器であって、

前記プレミキサそれぞれがさらに、前記ダクト内に同軸配置され、前記スワラに連結された上流端をダクト入口に、ブラフ下流端を前記ダクト出口に有する中心体を含み、この中心体が前記ダクトから半径方向内方に離間してダクトとの間に流れチャンネルを画定し

、  
前記燃料噴射手段はさらに、第 1 プレミキサダクト内にかつ前記ドームから上流に共通な第 1 軸線方向距離に配置された複数個の第 1 燃料噴射オリフィスを含み、前記ダクト流れチャンネルがドームと第 1 オリフィス間で無障害であり、さらに第 2 プレミキサダクト内にかつ前記ドームから上流に共通な第 2 軸線方向距離に配置された複数個の第 2 燃料噴射オリフィスを含み、前記第 1 オリフィスおよび第 2 オリフィスが互いに軸線方向に離間しており、

前記火炎が前記プレミキサ中に上流方向に伝播する圧力振動にて励起可能で、前記第 1 および第 2 オリフィスからの燃料空気混合物を第 1 および第 2 燃料濃度波として振動させ

、  
前記第 1 および第 2 オリフィス間の軸線方向間隔のため、前記第 1 および第 2 燃料濃度波が互いに位相のずれた関係となり、これにより前記火炎圧力振動の大きさを低減して、前記燃焼室内での動的圧力不安定性を低減し、

前記軸線方向多段化を 1 対の前記プレミキサで行い、前記第 1 オリフィスを第 1 プレミキサに配置し、第 2 オリフィスを第 2 プレミキサに配置し、

前記火炎圧力振動が周期を有し、前記第 1 および第 2 波が前記流れチャンネルをある速度で移行し、前記軸線方向間隔が前記周期の  $1/2$  と前記速度との積にほぼ等しい、燃焼器。

10

20

30

40

50

## 【請求項3】

上流端にドームを下流端に出口を有する燃焼室と、

前記燃焼器ドームに連結された複数個のプレミキサであって、各プレミキサが、圧縮空気を受け取るダクト入口を一端に有し、前記燃焼室と流通関係に配置されたダクト出口を反対端に有するダクトと、前記ダクト内に前記ダクト入口に隣接して配置された、ダクトを通過する空気に旋回を与えるスワラとを含む、プレミキサと、

前記プレミキサダクトのそれぞれに燃料を噴射して、前記ダクト内で空気と混合し、さらに前記燃焼室中に流入させて前記ダクト出口それぞれに燃焼火炎を発生させるための、燃料噴射手段であって、前記燃料噴射手段は、前記ドームと前記スワラとの間で互いに軸線方向に離間した複数個の燃料噴射オリフィスが、燃料を前記ドームからの異なる軸線方向多段化距離にて噴射して、燃料を燃焼から切り離して、前記燃焼火炎の動的圧力振幅を低減するように構成されている、燃料噴射手段とを備える燃焼器であって、

前記プレミキサそれぞれがさらに、前記ダクト内に同軸配置され、前記スワラに連結された上流端をダクト入口に、ブラフ下流端を前記ダクト出口に有する中心体を含み、この中心体が前記ダクトから半径方向内方に離間してダクトとの間に流れチャンネルを画定し、

前記燃料噴射手段はさらに、第1プレミキサダクト内にかつ前記ドームから上流に共通な第1軸線方向距離に配置された複数個の第1燃料噴射オリフィスを含み、前記ダクト流れチャンネルがドームと第1オリフィス間で無障害であり、さらに第2プレミキサダクト内にかつ前記ドームから上流に共通な第2軸線方向距離に配置された複数個の第2燃料噴射オリフィスを含み、前記第1オリフィスおよび第2オリフィスが互いに軸線方向に離間しており、

前記火炎が前記プレミキサ中に上流方向に伝播する圧力振動にて励起可能で、前記第1および第2オリフィスからの燃料空気混合物を第1および第2燃料濃度波として振動させ、

前記第1および第2オリフィス間の軸線方向間隔のため、前記第1および第2燃料濃度波が互いに位相のずれた関係となり、これにより前記火炎圧力振動の大きさを低減して、前記燃焼室内での動的圧力不安定性を低減し、

前記軸線方向多段化を1対の前記プレミキサで行い、前記第1オリフィスを第1プレミキサに配置し、第2オリフィスを第2プレミキサに配置し、

前記燃料噴射手段がさらに、それぞれ前記中心体から半径方向外方に延在し、かつ円周方向に離間した第1および第2燃料スポークを含み、前記第1オリフィスが前記第1スポークに配置され、前記第2オリフィスが前記第2スポークに配置され、これにより前記燃料を前記流れダクトに半径方向および円周方向に分布させた、燃焼器。

## 【請求項4】

上流端にドームを下流端に出口を有する燃焼室と、

前記燃焼器ドームに連結された複数個のプレミキサであって、各プレミキサが、圧縮空気を受け取るダクト入口を一端に有し、前記燃焼室と流通関係に配置されたダクト出口を反対端に有するダクトと、前記ダクト内に前記ダクト入口に隣接して配置された、ダクトを通過する空気に旋回を与えるスワラとを含む、プレミキサと、

前記プレミキサダクトのそれぞれに燃料を噴射して、前記ダクト内で空気と混合し、さらに前記燃焼室中に流入させて前記ダクト出口それぞれに燃焼火炎を発生させるための、燃料噴射手段であって、前記燃料噴射手段は、前記ドームと前記スワラとの間で互いに軸線方向に離間した複数個の燃料噴射オリフィスが、燃料を前記ドームからの異なる軸線方向多段化距離にて噴射して、燃料を燃焼から切り離して、前記燃焼火炎の動的圧力振幅を低減するように構成されている、燃料噴射手段とを備える燃焼器であって、

前記プレミキサそれぞれがさらに、前記ダクト内に同軸配置され、前記スワラに連結された上流端をダクト入口に、ブラフ下流端を前記ダクト出口に有する中心体を含み、この

10

20

30

40

50

中心体が前記ダクトから半径方向内方に離間してダクトとの間に流れチャンネルを画定し、

前記燃料噴射手段はさらに、第1プレミキサダクト内にかつ前記ドームから上流に共通な第1軸線方向距離に配置された複数個の第1燃料噴射オリフィスを含み、前記ダクト流れチャンネルがドームと第1オリフィス間で無障害であり、さらに第2プレミキサダクト内にかつ前記ドームから上流に共通な第2軸線方向距離に配置された複数個の第2燃料噴射オリフィスを含み、前記第1オリフィスおよび第2オリフィスが互いに軸線方向に離間しており、

前記火炎が前記プレミキサ中に上流方向に伝播する圧力振動にて励起可能で、前記第1および第2オリフィスからの燃料空気混合物を第1および第2燃料濃度波として振動させ

10

前記第1および第2オリフィス間の軸線方向間隔のため、前記第1および第2燃料濃度波が互いに位相のずれた関係となり、これにより前記火炎圧力振動の大きさを低減して、前記燃焼室内での動的圧力不安定性を低減し、

前記軸線方向多段化を前記複数のプレミキサのうち共通な1つのプレミキサで行い、前記第1および第2オリフィス両方が前記ダクト流れチャンネルと流通関係に配置され、これにより燃料を流れチャンネル内に2つの軸線方向に離間した平面で吐出する、燃焼器。

【請求項5】

複数の空気および燃料プレミキサが流通関係に配置された燃焼室においての燃焼を動的に安定化させるにあたり、

20

前記プレミキサで燃料と空気を混合して燃料空気混合物を形成し、

前記燃料空気混合物を前記燃焼室に吐出し、

前記燃料空気混合物を前記燃焼室で燃焼させて、上流方向にプレミキサ中に伝播する圧力振動にて励起可能な火炎を形成し、これにより前記燃料空気混合物を燃料濃度波として振動させ、

前記燃料空気混合物を前記プレミキサ内で軸線方向に多段化して、対応する燃料濃度波が互いに位相のずれた関係となるようにし、燃料を燃焼から切り離し、これにより火炎圧力振動の大きさを低減し、燃焼室内での動的圧力不安定性を低減する、

工程を含む、燃焼の動的安定化方法であって、

前記軸線方向多段化を各プレミキサで行い、2つ以上の前記燃料濃度波をプレミキサに形成して、単一周波数での動的圧力を低減し、

30

前記2つの燃料濃度波が合一燃料濃度波を形成し、この合一波が前記燃焼室に吐出され、燃焼にさらされ、前記火炎圧力振動との位相のずれた関係で熱を発生する、方法。

【請求項6】

上流端を有する燃焼室と、

前記燃焼室の上流端に連結され、圧縮空気を受け取るダクト入口を一端に有し、前記燃焼室と流通関係に配置されたダクト出口を反対端に有するダクトを含む、プレミキサと、

前記ダクト出口から上流に第1距離にて燃料を前記プレミキサダクト内に噴射し、前記ダクト内で空気と混合し、さらに前記燃焼室中に流入させて前記ダクト出口に燃焼火炎を発生させるための、燃料噴射手段とを備え、前記燃焼火炎が前記ダクト内で上流に前記燃料噴射手段に向けて伝播する圧力振動を有し、これにより前記燃料および空気がダクト内で燃料濃度波として振動し、

40

前記第1距離を適切に選択して、前記燃料濃度波が前記ダクト出口に到達し、燃焼にさらされて、前記火炎圧力振動とは位相のずれた関係で熱を発生するようにした、燃焼器。

【請求項7】

前記熱発生が前記火炎圧力振動とは180°位相のずれた関係となるように前記第1距離を選択した、請求項6に記載の燃焼器。

【請求項8】

前記火炎圧力振動が2つの異なる周波数で起こり、前記第1距離は、前記熱発生がこれ

50

ら 2 つの周波数両方での前記火炎圧力振動とは位相のずれた関係となるように選択した、請求項 6 に記載の燃焼器。

【請求項 9】

前記ダクトの空気入口が前記ダクト出口から軸線方向上流に、前記第 1 距離より長い第 2 距離に配置され、この第 2 距離は、第 1 距離と関連して、位相のずれた熱発生と火炎圧力振動とが生じるように選択する、請求項 6 に記載の燃焼器。

【請求項 10】

1 つの空気および燃料プレミキサが流通関係に配置された燃焼室においての燃焼を動的に安定化させるにあたり、

前記プレミキサで燃料と空気を混合して燃料空気混合物を形成し、

前記燃料空気混合物を前記燃焼室に吐出し、

前記燃料空気混合物を前記燃焼室で燃焼させて、上流方向にプレミキサ中に伝播する圧力振動を有する火炎を形成し、これにより前記燃料空気混合物を燃料濃度波として振動させ、

前記プレミキサにおける前記燃料濃度波の燃焼熱発生を時間的に遅延させて、前記燃焼室内の火炎圧力振動と位相のずれた関係とし、これにより燃焼室内での動的圧力不安定性を低減する、

工程を含む、燃焼の動的安定化方法。

【請求項 11】

前記時間遅延工程は、燃料を前記プレミキサ中の空気中に、前記火炎から上流に適当な軸線方向距離にて噴射して、前記火炎圧力振動の位相に対する燃料濃度波の位相を調節することによって行う、請求項 10 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

この発明はガスタービンエンジン、特にその低 NO<sub>x</sub> 燃焼器に関する。

【0002】

【従来の技術】

工業用発電ガスタービンエンジンは、圧縮機と燃焼器を備え、圧縮機で圧縮した空気を燃料と混合し、燃焼器で点火して、燃焼ガスを発生する。燃焼ガスはタービンに流れ、タービンで燃焼ガスからエネルギーを抽出して、圧縮機に動力を供給するシャフトを駆動するとともに、代表的には、発電機に動力を供給するための出力動力を生成する。エンジンは代表的には、たとえば送電線路網に電力を生成する発電機に動力を供給するために、比較的高い基本負荷にて、長期間にわたって運転される。したがって、燃焼ガスからの排出ガス（エミッション）は重大な関心事であり、法定限度規制を受ける。

【0003】

具体的には、工業用ガスタービンエンジンは、代表的には、低排出エミッション運転、特に低 NO<sub>x</sub> 運転にふさわしく設計された燃焼器を備える。低 NO<sub>x</sub> 燃焼器は、代表的には、複数のバーナ缶をエンジンの円周まわりに円周方向に互いに隣接させた形態で、各バーナ缶には複数のプレミキサがその上流端に接続されている。各プレミキサは代表的には、円筒形ダクトを備え、このダクト内にダクト入口からダクト出口まで延在する管状中心体が同軸配置され、ダクト出口で、ダクトは、バーナ缶の上流端を規定するとともに燃焼室を画定するより大きなドームに接続している。

【0004】

複数の円周方向に離間したベーンを有するスワラがダクト入口に配置されて、エンジン圧縮機から受け取る圧縮空気に旋回を与える。スワラの下流に配置された適当な燃料インジェクタは、代表的には、1 列の円周方向に離間された燃料スポークからなり、各スポークには複数の半径方向に離間した燃料噴射オリフィスが設けられ、これらのオリフィスは、通常どおり中心体を通して燃料、たとえばメタンガスを受け取り、燃焼器ドームの上流のプレミキサダクト中に吹出す。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 5 】

燃料インジェクタは燃焼室から軸線方向上流に配置されているので、燃料および空気が混ざり合い、予蒸発するのに十分な時間を持つことができる。このようにして、予混合、予蒸発した燃料空気混合物は、燃焼室でのそのクリーンな燃焼を維持し、排出エミッションを低減する。燃焼室は、代表的には、無孔であり、このためプレミキサに到達する空気の量が最大になり、したがって生成するNO<sub>x</sub>エミッション排出量が低くなる。このようにして得られる燃焼器は法定の排出エミッション限度を満たすことができる。

## 【 0 0 0 6 】

リーン（希薄）予混合低NO<sub>x</sub>燃焼器は、燃焼火炎の動的圧力振動により表わされるように、燃焼室における燃焼不安定性を受けやすい。動的圧力振動は、適当に励起されると、大きな騒音を生成したり、燃焼器に加速された高サイクル疲労損傷を与える原因となり、望ましくない。火炎圧力振動は種々の基本または主共鳴周波数およびその高次高調波で起こる。火炎圧力振動は燃焼室から上流に各プレミキサ中に伝播し、次いで、そこで発生する燃料空気混合物を振動させる、つまり揺らさせる。

10

## 【 0 0 0 7 】

たとえば、特定の火炎圧力振動周波数で、燃料噴射オリフィスに隣接する圧力は高い値と低い値の間で変化し、このような変化が、今度は、そこから吐出される燃料の流量を高い値から低い値まで変化させ、かくして得られる燃料空気混合物が変動する燃料空気濃度波を規定し、これがその後下流に燃焼室中に流れ、そこで点火され、燃焼過程で熱を発生する。もしも燃料濃度波からのこの熱発生の位相が対応する火炎圧力振動周波数の位相と合致すると、その励起が起こり、圧力の大きさが共鳴的に増大し、大きな騒音と高サイクル疲労損傷を惹起し望ましくない。

20

## 【 0 0 0 8 】

燃焼の動的安定性を高めるために、1つ以上の特定周波数で、燃料濃度波からの熱発生の位相を火炎圧力振動の位相とは不一致とし（すなわち、高燃料濃度を高圧力振動とは180°位相のずれた関係とする必要がある）、両者間の協働を分離し、それによる火炎圧力振動を減衰させることができるであろう。この発明は、燃料の燃焼火炎圧力振動からの動的切り離しをさらに改良し、燃焼器不安定性を軽減することを目的とする。

## 【 0 0 0 9 】

## 【発明の概要】

この発明の低NO<sub>x</sub>燃焼器および方法は、燃料空気混合物により与えられる燃焼火炎の動的安定性を改良する。燃焼器は、複数のプレミキサが接続されているドームを一端に有する燃焼室を含む。各プレミキサは、ダクトと、ダクト内に配置され空気に旋回を与えるスワラと、燃料を旋回空気中に噴射する複数の燃料インジェクタとを含み、燃料空気混合物は燃焼室に流れそこに燃焼火炎を発生する。燃料インジェクタは、ドームから異なる軸線方向距離で軸線方向に多段階にし、これにより燃料を燃焼から切り離し、燃焼火炎の動的圧力振幅を低減する。

30

## 【 0 0 1 0 】

## 【具体的な構成】

図1に、この発明の1実施例による低NO<sub>x</sub>燃焼器を、圧縮機およびタービンと流通関係で接続した、工業用ガスタービンエンジンの一部を線図的に示す。この工業用ガスタービンエンジンは、多段軸流圧縮機12、低NO<sub>x</sub>燃焼器14および単段または多段タービン16を直流流通関係に配置した構成である。タービン16は駆動シャフト18により圧縮機12に連結され、この駆動シャフト18の一部はタービンからさらに延在して発電機（図示せず）を駆動して発電を行うようになっている。運転中、圧縮機12は圧縮空気20を燃焼器14に吐出し、そこで圧縮空気20を燃料22と混合し、点火して燃焼ガスまたは火炎24を発生し、ついでタービン16により燃焼ガスからエネルギーを抽出し、シャフト18を回転させ、圧縮機12を駆動するとともに、発電機その他の適当な外部負荷を駆動する出力動力を生成する。

40

## 【 0 0 1 1 】

50

この具体例では、燃焼器 1 4 は、円周方向に隣接する複数個のバーナ缶または燃焼室 2 6 を含み、各燃焼室 2 6 は管状燃焼ライナー 2 6 a で画定される。ライナー 2 6 a は、NO<sub>x</sub> エミッション（生成物）を減らすために、プレミキサに到達する空気の量を最大にするよう無孔とするのが好ましい。各燃焼室 2 6 はさらに、上流端にほぼ平坦なドーム 2 6 b を、下流端に出口 2 6 c を有する。通常の移行部材（図示せず）により複数個の缶出口を連結して、タービン 1 6 への共通環状排出部を構成する。

#### 【 0 0 1 2 】

各燃焼器ドーム 2 6 b には複数個の、その数は、たとえば 4 または 5 であるプレミキサ 2 8 が連結されている。プレミキサ 2 8 は、下記の点以外は互いに同一であるのが好ましいので、その同一構成要素には共通の参照符号をつける。各プレミキサ 2 8 は、管状ダクト 3 0 を含み、このダクト 3 0 は、圧縮機 1 2 からの圧縮空気 2 0 を受け取る入口 3 0 a を上流端に有し、またドーム 2 6 b に設けた対応する穴を通して燃焼室 2 6 と流通関係に適切に配置された出口 3 0 b を反対側の下流端に有する。ドーム 2 6 b は、代表的には、その半径方向の広がり

、複数のプレミキサ 2 8 の半径方向の広がり合計より大きく、このため、プレミキサ 2 8 はその吐出物を燃焼室 2 6 が画定する大容積空間に吐出することが可能になる。さらに、ドーム 2 6 b はブラフボディを構成し、これが、運転中、燃焼火炎 2 4 がそこから下流に伸びる保炎板として作用する。

#### 【 0 0 1 3 】

各プレミキサ 2 8 は、好ましくは、通常のスワラ 3 2 を含み、このスワラ 3 2 は、ダクトを通過する圧縮空気 2 0 に通常通りに旋回を与えるための複数個の円周方向に離間したペーンを、ダクト 3 0 内にダクト入口 3 0 a に隣接して配置した構成である。燃料インジェクタ 3 4 は、燃料 2 2、たとえば天然ガスを複数個のダクト 3 0 中に噴射し、これをダクト 3 0 内の旋回空気 2 0 と混合し、さらに燃焼室 2 6 に流入させてダクト出口 3 0 b に燃焼火炎 2 4 を発生する。

#### 【 0 0 1 4 】

図 1 に示した具体例では、各プレミキサ 2 8 がさらに、ダクト 3 0 内に同軸配置された細長い中心体 3 6 を含む。この中心体 3 6 は、スワラ 3 2 に連結されかつスワラの中心を貫通する上流端 3 6 a をダクト入口 3 0 a に有し、またブラフ即ち、平坦な下流端 3 6 b をダクト出口 3 0 b に有する。中心体 3 6 はダクト 3 0 から半径方向内方に離れて、両者間に円筒形流れチャンネル 3 8 を画定する。

#### 【 0 0 1 5 】

燃料インジェクタ 3 4 は、代表的には、燃料タンク、配管、弁そして燃料 2 2 を複数個の中心体 3 6 中に導くのに必要なポンプなどの、通常構成要素を含む。燃料 2 2 が天然ガスなどの気体燃料である例では、燃料 2 2 だけを中心体 3 6 に導入すればよく、霧化用の加圧空気の追加は不要である。

この発明の 1 実施例によれば、燃料インジェクタ 3 4 はさらに、ドーム 2 6 b とスワラ 3 2 との間で互いに軸線方向に離間した、符号 4 0 を前に付した符号で表される複数の燃料噴射オリフィスを含む。燃料噴射オリフィス 4 0 は、ドーム 2 6 b（ここから火炎 2 4 が下流に伸びる）から上流方向に測定して、異なる軸線方向多段化距離（たとえば、 $X_1$ 、 $X_2$ ）にて、燃料 2 2 を噴射し、燃料を燃焼から切り離し、運転中の火炎 2 4 の動的圧力振幅を低減する。これについては、後で詳述する。

#### 【 0 0 1 6 】

前述したように、プレミキサを有する低 NO<sub>x</sub> 燃焼器が生成する燃焼火炎 2 4 は、通常、運転中に動的圧力変動または振動を呈する。燃焼火炎 2 4 は、代表的には基本共鳴周波数とその高調波を含む、種々の周波数で圧力振動を生じる流体である。

運転中に燃焼器 1 4 の動的安定性を適切に維持するためには、圧力振動の種々の周波数が比較的低い圧力振幅に留まり、高レベルの音響ノイズまたは高いサイクル疲れ損傷または両方として表わされる燃焼器不安定性につながる、不適切な大きな圧力振幅での共鳴を避けることが必要である。燃焼器の安定性は、従来、音響エネルギーを吸収する穴あき燃焼

10

20

30

40

50

ライナーを用いて、減衰を与えることによって達成される。しかし、穴が気膜冷却空気を通し、これが燃焼ガスを局部的に急冷し、COレベルを増大するので、この方法は、低エミッション燃焼器には適切でない。NO<sub>x</sub>排出量(エミッション)を低減するためには、プレミキサに達する空気の量を最大にするのが好ましい。

【0017】

別の従来の構成では、燃焼室に導入される燃料空気混合物の熱発生を軸線方向に広げて、熱発生を燃焼室内の圧力波腹から切り離す。しかし、この解決方法は構成が機械的に非常に困難である。

この発明によれば、プレミキサ28における燃料空気混合物を軸線方向多段にして、燃焼燃料空気混合物からの熱発生を燃焼室26内の燃焼炎圧力振動から切り離す。軸線方向燃料多段による動的非結合は、燃焼器運動力学の見掛け理論を理解することにより、よく理解できる。運転中、燃料22と空気20をプレミキサ28で予混合して、燃料空気混合物を形成し、これを各ダクト出口30bを通して共通燃焼室26に送り出す。最初の燃料空気混合物を通常通りに点火して燃焼火炎24を確立すれば、あとは引き続きこの燃焼炎24が到来する燃料空気混合物を点火する。燃焼炎24は、基本音響周波数を含む種々の圧力振動周波数で励起可能である。たとえば、基本音響周波数は50ヘルツ(Hz)で、高次の高調波が100Hzおよび150Hzに生じるであろう。

【0018】

特定の圧力振動周波数が各プレミキサ30中に上流に向けて、音速から流れチャンネル38を通る空気流または燃料空気混物流の平均流速を引いた値にほぼ等しい速度で伝播する。火炎圧力振動が上流時間遅延ののちに燃料噴射オリフィス40に到達すると、圧力振動がそれと相互作用し、吐出される燃料の量に変動またはゆらぎを与える。したがって、オリフィス40から下流に展開された燃料空気混合物は、対応する火炎圧力振動周波数での振動として挙動し、燃料濃度波を生じる。この波は、オリフィス40から下流に伝わり、流れチャンネル38を空気流または波の平均速度で伝わることに起因する別の時間遅延ののちに、ドーム26bにて燃焼炎24に到達する。この波は次に燃焼にさらされるが、この時熱がそこから放出される前に、約0.1~1msの追加の時間遅延が加えられる。

【0019】

燃焼室26に対する合計時間遅延は、成分ごとに、簡単に計算することができ、まず、火炎圧力振動の上流方向伝播については、 $X_1$ などの対応する軸線方向距離を音速-流れチャンネル38を通る前進流の平均速度の差で割る。第二に、燃料濃度波の下流方向伝播については、同じ距離 $X_1$ を平均流れ速度で割る。そして、最後に、燃焼している燃料空気混合物から熱を化学的に発生するための時間遅延を加える。

【0020】

こうして時間遅延がわかったら、特定の軸線方向距離 $X_1$ を選定して、燃焼室26における燃料濃度波からの熱発生が、特定の周波数での火炎24の圧力振動と位相ずれとなるようにし、こうしてその周波数での火炎24の圧力振幅を減衰する。たとえば、周波数50Hzについての振動の周期は周波数の逆数であり、これは20msに等しい。また、流れチャンネル38における特定の平均流速について、火炎24からオリフィス40へ上流方向へそしてまた逆に戻る合算の時間遅延は、熱発生遅延を含めて、簡単に計算することができ、約10msの半周期を有する必要な距離 $X_1$ を決定し、燃料濃度波からの熱発生と火炎圧力振動との間に180°の位相ずれを確保する。

【0021】

しかし、燃料濃度波のプレミキサ28における滞留または対流時間は、予混合および予蒸発を行って低NO<sub>x</sub>燃焼を達成するのに適切な長さとする必要があるが、燃料空気混合物を、プレミキサダクト30の内側での火炎24の望ましくない逆火を促進する自動点火温度に加熱するほど長過ぎてはいけなく、ことを認識すべきである。逆火は、プレミキサ30を損傷する恐れがあるので、望ましくないのはもちろんで、燃焼器ドーム26bおよび中心体下流端36bがともにブラフボディであり、保炎能力を保証し、運転中に火炎24を適切に係止する。したがって、燃料噴射オリフィス40の特定の軸線方向距離を適切に

10

20

30

40

50

限定して、運転中に適当な逆火余裕を確保し、またオリフィス40をスワラ32の下流に配置して、ダクト30の全長を最小にするとともに、スワラ32自身が保炎能力を有する障害物を形成しないことを保証するのが好ましい。

【0022】

最適なプレミキサ形状は、所定の燃焼器についての特定条件に依存する。そこで、数学的モデルを用いて、燃焼室圧力と火炎面に到達する燃料濃度波との間の位相関係を決定する。火炎面でのゆらぎ圧力 $P$ が正弦波であると仮定すると、

$$P = P_c \cdot \sin(\omega t)$$

となる。ここで $P_c$ は動的振幅を示す。

【0023】

燃料噴射オリフィス40が火炎面から距離 $X_f$ に配置されているとすると、オリフィス40に到達する圧力波は、室圧力に関して、時間 $X_f / (c - V)$ だけ遅れる(ここで $c$ は音速であり、 $V$ はプレミキサ28内の空気流速である)。同様に、スワラ32に到達する圧力波は、室圧力に関して、時間 $X_a / (c - V)$ だけ遅れる(ここで $X_a$ はスワラの火炎面からの距離である)。

【0024】

燃料噴射オリフィス40およびスワラ32を通る質量流量(それぞれ $m_f$ および $m_a$ )はオリフィス式に従って計算され、したがって、次のとおりとなる。

【0025】

【数1】

$$\dot{m}_f = A_{ef} \sqrt{\frac{2g}{RT_f} P_{sf} (P_{sf} - P_{ave} - P')}$$

【0026】

【数2】

$$\dot{m}_a = A_{ea} \sqrt{\frac{2g}{RT_a} P_{sa} (P_{sa} - P_{ave} - P')}$$

【0027】

ここで、 $A_{ef}$ は燃料噴射オリフィス40の有効面積を示し、 $A_{ea}$ はスワラ32の有効面積を示し、 $P_{sf}$ は燃料噴射オリフィス40での供給圧力を示し、 $P_{sa}$ はスワラ32での供給圧力を示し、 $P_{ave}$ は燃焼器内の平均圧力を示す。このようにして発生した燃料波は、その後、プレミキサ28を通しての流れ対流によるさらなる時間遅延 $X_f / V$ の後、火炎面に到達する。同様に、空気流を、スワラ32により生成され、さらなる遅延 $X_a / V$ 後に火炎面に到達する波として記述することができる。したがって、燃料流は火炎面に

$$t_f = X_f / (c - V) + X_f / V$$

の合計遅延時間後に到着し、空気流は火炎面に

$$t_a = X_a / (c - V) + X_a / V$$

の合計遅延時間後に到着する。

【0028】

すべてを室圧力と関連させると、火炎での流量は

【数3】

10

20

30

40

$$\dot{m}_f = A_{ef} \sqrt{\frac{2g}{RT_f} P_{sf} (P_{sf} - P_{ave} - P_c \sin(\omega(t - \tau_f)))}$$

$$\dot{m}_a = A_{ea} \sqrt{\frac{2g}{RT_a} P_{sa} (P_{sa} - P_{ave} - P_c \sin(\omega(t - \tau_a)))}$$

10

で与えられる。

【0029】

各時点での燃料流量を空気流量で割った商は、燃焼器内の圧力波に関する瞬間の燃料/空気比を規定し、これは

【数4】

$$\frac{f}{a} = \frac{\dot{m}_f}{\dot{m}_a}$$

20

で与えられる。

【0030】

この燃料/空気比は燃料濃度ゆらぎを表わす。上記モデルはさらに、比較的小さなゆらぎについては、発熱量  $Q'$  が燃料/空気比に

【数5】

$$Q' \propto \frac{f}{a} - \frac{f}{a} \Big|_{avg}$$

30

の比で比例すると仮定している。

【0031】

燃料濃度波が火炎面に到達する時間と熱発生が起こる時間との間の燃焼遅延も包含することができる。この時間遅延は通常  $0.1 \sim 1.0$  ms 程度である。

燃料濃度波の燃焼器動力学性能に対する最終的な効果を決定するには、レイリー (Rayleigh) 基準を考慮する。したがって、ゲイン (GAIN) 因子をゆらぎ圧力  $P'$  にゆらぎ熱発生  $Q'$  を掛けた積分値として計算する。

【0032】

【数6】

$$GAIN = \int_0^T P' Q' dt$$

40

【0033】

ここで、 $T$  は1つの完全な周期 (周波数の逆数) を示す。このゲインが正であれば、熱エネルギーの機械的エネルギーまたは圧力への正味の転換があり、圧力振動が増強される。ゲインが負であれば、濃度ゆらぎの結果として振動が減少する。ゲインの実値は任意で

50

ある。したがって、ゲインを最小にすることにより、圧力ゆらぎを最小にすることができる。

【0034】

上記モデルを、所定の燃焼器について予測される条件に適用して、燃焼室26内の圧力と位相のずれた燃料濃度波を与えるプレミキサ28の形状を決定し、こうして燃焼不安定を軽減する。所定の燃焼用途について、燃料噴射オリフィス40およびスワラ32の有効面積を特定し、そして上記モデルを用いて、これらの要素が火炎24を確立する位置から離れている距離 $X_f$  および $X_a$  についての最適値を求める。

【0035】

たとえば、ある燃焼器についての距離 $X_f$  に対する正味のゲイン因子が所定の距離 $X_a$  を有し、周波数50Hzおよび100Hzで燃焼不安定性を示すモデル予測を考えてみる。燃料噴射オリフィス40は、両方の周波数について比較的低いゲインを与え、したがって両方の周波数についてプレミキサを最適化するような、火炎面からの距離に位置させる必要がある。上記モデルを反復使用して、 $X_f$  および $X_a$  両方が変数である場合の最適値を決定することもできる。

10

【0036】

この発明によれば、燃料の燃焼からの切り離しをさらに強化するために、複数オリフィス40からの複数の燃料空気混合物を互いに位相がずれるように軸線方向に多段化し、これによりプレミキサ28から吐出される対応する燃料濃度波の振幅を小さくし、火炎24の動的安定性をさらに向上させる。運転中に、噴射された燃料をプレミキサ28内で軸線方向に広げることにより、発生する燃料濃度波の対応する強さを大幅に低減し、そして、おそらくその結果として、最適な形状では、種々の燃料源が互いに打ち消し合い、かくして実質的に一定な燃料濃度がプレミキサ28から出てくることになり、このような一定な燃料濃度は燃焼火炎24の圧力振動を助長したり、励起したりすることができない。

20

【0037】

この発明は種々の形態で実施することができる。図1に示す1実施例では、燃料インジェクタ34は、好ましくは、複数個の第1燃料噴射オリフィス40aが、プレミキサのうちの第1プレミキサ28aのダクト30内に、ドーム26bおよびダクト出口30bから上流の共通な第1軸線方向距離 $X_1$  に配置された構成である。この際、ダクト流れチャンネル38をオリフィス-ダクト出口間で無障害とし、この領域での望ましくない火炎保持能力を回避するのが好ましい。燃料インジェクタ34にはまた、複数個の第2燃料噴射オリフィス40bが、第2プレミキサ28bのダクト30内に、ドーム26bおよび対応するダクト出口30bから上流の共通な第2軸線方向距離 $X_2$  に配置されている。第1オリフィス40aと第2オリフィス40bは互いに所定の軸線方向距離 $S$  だけ軸線方向に離間している。第2プレミキサ28bの流れチャンネル38も同様に、第2オリフィス40bから下流にダクト出口30bまで無障害とし、この領域でいかなる火炎保持能力も回避するのが好ましい。

30

【0038】

このようにして、燃料22の軸線方向多段化を対応する対のプレミキサ28に実現する。第1プレミキサ28aおよび第2プレミキサ28b両方の流れチャンネル38それぞれを、第1オリフィス40aおよび第2オリフィス40bから下流にドーム26bまで無障害とし、逆火の心配をなくす。したがって、燃料22を第1オリフィス40aおよび第2オリフィス40bそれぞれから、合計燃料流に対する割合(%)に制限なしに、吹出すことができる。ただし、第1オリフィス40aおよび第2オリフィス40b両方について、燃料の流量を等しくするのが望ましい。

40

【0039】

前述したように、運転理論から、特定の周波数での火炎24の圧力振動がプレミキサ28のそれぞれにおいて上流に伝播し、軸線方向距離 $X_1$  および $X_2$  の差による対応した遅延を受けることがわかる。上流に伝播する火炎圧力振動は第1オリフィス40aおよび第2オリフィス40bそれぞれに到達し、一方そこで、そこから吹出される燃料22の量を変

50

動させ、それぞれ対応する第1および第2燃料濃度波を発生する。これらの2つの波は、対応する周波数での火炎圧力振動と関連して振動する。第1オリフィス40aおよび第2オリフィス40b間の軸線方向間隔Sを適当に選定することにより、そこからの第1および第2燃料濃度波を互いに位相ずれ状態とし、これらが同時に燃焼室26中に吹出される際の、その合算振幅を低減し、こうして、今度は、火炎圧力振動の大きさを低減し、燃焼室26内の動的圧力不安定性を減らす。このようにして、プレミキサ28aおよび28bから吹出される燃料を、少なくとも部分的に、燃焼火炎24から切り離し、燃焼室26内での火炎24の動的安定性を高める。

#### 【0040】

好適な実施例では、対象の特定周波数、たとえば基本励起周波数での火炎圧力振動は対応する周期（簡単には周波数の逆数である）を持ち、そして、第1および第2燃料濃度波が下流にそれぞれのプレミキサ28aおよび28bを、そこを通る空気20の平均流速にほぼ等しい速度で、通過する。軸線方向間隔Sを、周期の1/2と流速との積にだいたい等しくなるように選択して、第1および第2燃料濃度波間の180°位相ずれを実現するのが好ましい。

10

#### 【0041】

たとえば、火炎圧力振動周波数150Hzについて、対応する周期は6.6msである。この周期の1/2は3.3msである。たとえば、流れチャンネル38を通る空気流速約150ft/secの場合、軸線方向間隔Sについて得られる値は約6インチである。もちろん、この軸線方向間隔（差）Sは、個別の第1軸線方向距離 $X_1$ および第2軸線方向距離 $X_2$ の種々の組み合わせを用いて、実現すればよい。1例では、第1軸線方向距離 $X_1$ を約4インチとし、一方第2軸線方向距離 $X_2$ を約10インチとして、両者間に上例の6インチの差を与える。

20

#### 【0042】

第1軸線方向距離 $X_1$ および第2軸線方向距離 $X_2$ のいずれか一方を、さらに第1および第2燃料濃度波の少なくとも一方自身が対応する周波数での火炎圧力振動とも位相はずれとなるように、決定することができ、こうして $X_1$ と $X_2$ の組み合わせから一層向上した安定性を達成する。第1軸線方向距離 $X_1$ および第2軸線方向距離 $X_2$ はまた、通常の技法に従って、逆火を心配する必要なしに、第1プレミキサ28aおよび第2プレミキサ28bに有効量の予混合および予蒸発を保証するように、決定することも必要である。好適な実施例では、燃料噴射をそれぞれのスワラ32の下流で行い、スワラ32が（個々のプレミキサ28への逆火を促進するおそれのある）保炎要素を構成しないようにする。

30

#### 【0043】

図1に示した具体例では、燃料インジェクタ34がさらに、複数組の円周方向に離間した、かつそれぞれの中心体36から半径方向外方へ延在する、第1燃料スポーク42aおよび第2燃料スポーク42bも含むのが好ましい。第1オリフィス40aは複数の第1スポーク42aに配置され、各スポークにおいて互いに半径方向に離間しており、一方、第2オリフィス40bも同様に複数の第2スポーク42bに配置され、各スポークにおいて互いに半径方向に離間している。このように、燃料を、通常の態様で、対応する流れダクト38において半径方向および円周方向両方でかなり均一に分布させる。第1軸線方向距離 $X_1$ および第2軸線方向距離 $X_2$ での燃料の軸線方向多段化がなければ、プレミキサ28はその他の点では従来通りとすることができる。従来の燃焼器では、プレミキサがすべて同一であり、対応する燃料スポークがドーム26bから同じ軸線方向距離に配置されているのが代表的で、プレミキサに発生する対応する燃料濃度波間の位相関係をなんら顧慮しておらず、また特定の周波数での燃焼火炎振動の位相に対する熱発生位の相についてもなんら顧慮していない。従来の燃料スポークは、代表的には、同一形状に形成され、予混合および予蒸発を最大にし、燃焼火炎からの排出エミッション量を最小にするように配列されている。

40

#### 【0044】

したがって、第1燃料オリフィス40aおよび第2燃料オリフィス40bを経ての燃料の

50

比較的簡単な軸線方向多段化を行うことによって、個別のプレミキサ 28 における望ましくない逆火について心配することなく、低 NOx エミッションを維持しながら、燃焼器の動的安定性を改良することができる。

前述したように、プレミキサ 28 それぞれから送り出される燃料濃度波は、その成分として燃料と空気の両方を含む。図 1 に示した具体例では、燃料自体を軸線方向に多段化して、所望の対応する燃料濃度波を実現している。別の例では、燃料を共通な軸線方向平面で噴射し、その代わりに、空気を多段化することにより、軸線方向多段化を行う。空気の多段化は、スワラ 32 を互いに並べ換えることによって実現することができる。したがって、この発明の効果をj得るためには、プレミキサ 28 において空気および燃料の少なくとも一方を多段化して、軸線方向多段化を実現すればよい。

10

#### 【0045】

図 2 に、この発明の別の実施例を略図で示す。この例では、燃料の軸線方向多段化を、複数のプレミキサのそれぞれ、つまり共通な第 3 プレミキサ 28c において行う。この例では、第 3 プレミキサ 28c それぞれが互いに同一であり、燃料空気混合物を共通な燃焼室 26 に吹出す。この実施例は下記の点以外は図 1 の実施例と実質的に同一である。第 1 燃料スポーク 42a、第 2 燃料スポーク 42b および対応する第 1 燃料噴射オリフィス 40a、第 2 燃料噴射オリフィス 40b が、同じ流れチャンネル 38 内に一緒に配置され、燃料を軸線方向に離れた 2 平面で吹出す。これら 2 平面は対応する第 1 軸線方向距離  $X_1$  および第 2 軸線方向距離  $X_2$  で特定され、両者間には軸線方向間隔 (差)  $S$  がある。

#### 【0046】

この実施例では、第 2 スポーク 42b およびそこに設けられた第 2 オリフィス 40b が、軸線方向にて、スワラ 32 と第 1 オリフィス 40a が設けられた第 1 スポーク 42a との間に配置されている。第 3 プレミキサ 28c は、上述した第 1 および第 2 プレミキサ 28a および 28b と同じ作動条件を有するので、同じ軸線方向距離を用いることができる。すなわち、たとえば周波数 150 Hz での燃焼火炎振動を減衰するには、第 1 軸線方向距離  $X_1$  を約 4 インチとし、第 2 軸線方向距離  $X_2$  を約 10 インチとし、両者間の軸線方向間隔  $S$  を約 6 インチとする。

20

第 1 オリフィス 40a はそこから下流に伝播する第 1 燃料濃度波を生成し、第 2 オリフィス 40b はそこから下流に伝播する第 2 燃料濃度波を生成する。第 2 濃度波は第 1 濃度波と混合し、2 つの波が合一燃料濃度波を生成し、これが燃焼室 26 に送り出され、そこで燃焼にさらされる。前述したように、第 1 オリフィス 40a および第 2 オリフィス 40b を互いに軸線方向間隔  $S$  にて多段化し、かくして対応する第 1 および第 2 波が互いに位相はずれ関係にあり、その結果それらから得られる合一燃料濃度波は圧力変動がいちじるしく軽減され、大きさがより一層ほとんど一定になる。合一燃料濃度波が依然として周期変動を生成する限りで、第 1 軸線方向距離  $X_1$  または第 2 軸線方向距離  $X_2$  いずれかも、合一燃料濃度波からの熱発生も火炎圧力振動と位相はずれ関係になることを保証する値とするのがよく、こうして、対応する単一周波数での火炎 24 の動的圧力をさらに低減する。

30

#### 【0047】

しかし、この実施例では、第 1 燃料スポーク 42a を第 2 燃料スポーク 42b とダクト出口 30b との間に配置し、したがって火炎を保持できる構造を構成する。このため、第 2 軸線方向距離  $X_2$  を適切に選定して、第 2 燃料スポーク 42b から下流の燃料の予蒸発が、第 1 燃料スポーク 42a で保炎してダクト 30 内上流への火炎 24 の逆火の原因となる望ましくない自動点火温度に近づかないことを保証する必要がある。このような逆火はプレミキサを損傷するおそれがあり、したがって第 2 軸線方向距離  $X_2$  を限定するか、上流の第 2 燃料オリフィス 40b への燃料流れ割合を限定して、そこから下流にリーンな燃料濃度波を形成することにより、適当な逆火余裕を維持するべきである。

40

#### 【0048】

上例では、燃料噴射を軸線方向に多段化するための 2 つの異なる軸線方向平面を示したが、この発明によれば、追加の軸線方向燃料多段化平面を用いて、多数の燃焼動的周波数を減衰または抑制することができる。しかし、燃料噴射面を導入するのに用いられる燃料ス

50

ポーク 4 2 a および 4 2 b それぞれは、望ましくない圧力降下を生じ、それぞれの流れチャンネル 3 8 において流れ妨害の原因となり、このことは前述した理由で望ましくない。

【 0 0 4 9 】

このよう観点から、図 3 にこの発明の第 3 の実施例を示す。この実施例で用いる、例示の第 4 のプレミキサ 2 8 d は、下記の点以外は前述のプレミキサと同一である。燃料スポークを使用せず、その代わりに、第 1 燃料噴射オリフィス 4 0 a および第 2 燃料噴射オリフィス 4 0 b を共通流れチャンネル 3 8 内の各プレミキサ内の中心体 3 6 の外面にそれと同一平面に配置し、こうして燃焼室 2 6 への障害のない流れを形成する。このようにして、軸線方向燃料多段化を多数の軸線方向位置で行うことができ、そこから多数の燃料濃度波を発生して、複数の異なる周波数での燃焼火炎 2 4 の動的圧力を低減する。

10

【 0 0 5 0 】

この実施例における中心体 3 6 では、第 1 オリフィス 4 0 a および第 2 オリフィス 4 0 b 間の種々の軸線方向平面に追加の、すなわち第 3 の燃料噴射オリフィス 4 0 c を配置して、流れチャンネル 3 8 への燃料 2 2 を軸線方向および円周方向に分配して、多数の火炎圧力振動周波数での動的圧力振幅を同時に低減することができる。燃料 2 2 を中心体 3 6 から半径方向にかつ外向きにダクト 3 0 の内面向かって分配することができ、そのためには、種々のオリフィス 4 0 a、4 0 b、4 0 c から吹出される燃料ジェットが燃料チャンネル 3 8 に、そこに流れる流体流れの種々の半径方向位置にて貫入するように、燃料ジェット速度および運動量を適当に変化させる。図 3 に示すように、オリフィス 4 0 a - 4 0 c の中心体 3 6 における直径を下流方向に大きくすることができ、こうして上流のオリフィス 4 0 b が燃料 2 2 を半径方向最小範囲に噴射するようにし、半径方向貫入距離が下流に向けてオリフィス寸法が増加するにつれて、最大直径の第 1 オリフィス 4 0 a まで増加する。オリフィスのパターンおよび直径は所望通りに変えることができる。

20

【 0 0 5 1 】

燃料噴射を多数の軸線方向位置に振り分けるこの方法は、前述した燃料インジェクタを複数の特定位置に配置して位相のずれた燃料濃度波を生成する方法よりも有利である。前述したように、単一の燃料噴射平面を特定位置に位置させて、燃焼火炎 2 4 の特定の振動周波数を減衰することができる。多数の周波数が互いに近く、燃料濃度波が少なくとも部分的に周波数それぞれと位相ずれ関係にあるならば、単一の燃料噴射平面は多数の周波数を減衰することもできる。2 つの軸線方向燃料噴射平面を使用すれば、1 つ以上の振動周波数をより効果的に減衰することができる。別々の軸線方向噴射平面を用いることは、前述したように実用上の理由から制限され、したがって、対象となるすべての高調波周波数を減衰するのに有効でない。

30

【 0 0 5 2 】

しかし、図 3 に示す実施例は、流れチャンネル 3 8 を妨害することなく、多数の軸線方向平面で燃料を噴射する実際的な解決策を与え、したがって、運転中に火炎 2 4 の振動の高調波周波数をより広い範囲にわたって減衰することができる。このように燃料噴射を軸線方向に分布することは、効果的なバンド幅を増加することにより、火炎の動的圧力との位相がずれた燃料濃度波を生成するのに有用である。

【 0 0 5 3 】

以上説明した種々の実施例は、軸線方向燃料噴射をプレミキサ 2 8 内の複数の特定の軸線方向位置にて導入し、これによりプレミキサから吹出される複数の燃料濃度波の振幅変化を減衰して、燃焼器の安定性を向上させる、比較的簡単かつ実用的な手段を構成する。そして、複数の燃料濃度波を燃焼室 2 6 中に吐出し、そこからの熱発生を燃焼火炎と位相のずれた関係とし、その動的応答をさらに減衰することができる。

40

【 0 0 5 4 】

以上、この発明の好適と考えられる例示の実施例について説明したが、当業者であれば、上述した説明からこの発明の種々の変更を想起できるであろう。このような変更もすべてこの発明の要旨の範囲内に包含されるものである。

【 図面の簡単な説明 】

50

【図1】この発明の第1実施例による低NOx燃焼器を圧縮機およびタービンと流通関係で配置した工業用ガスタービンエンジンの一部を示す線図的断面図である。

【図2】この発明の第2実施例による、プレミキサを含む燃焼器の一部を示す略図の断面図である。

【図3】この発明の第3実施例による、プレミキサを含む燃焼器の一部を示す略図の断面図である。

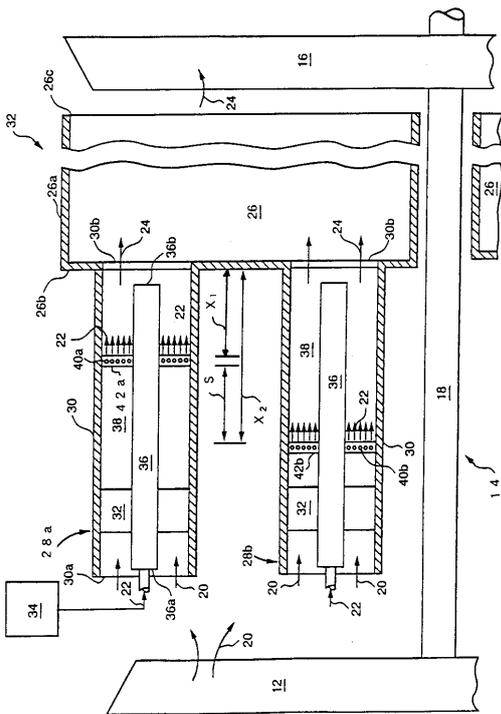
【符号の説明】

- 14 燃焼器
- 22 燃料
- 24 火炎
- 26 燃焼室
- 26b ドーム
- 26c 出口
- 28 プレミキサ
- 30 ダクト
- 30a 入口
- 30b 出口
- 32 スワラ
- 36 中心体
- 38 流れチャンネル
- 40 オリフィス
- 42 スポーク

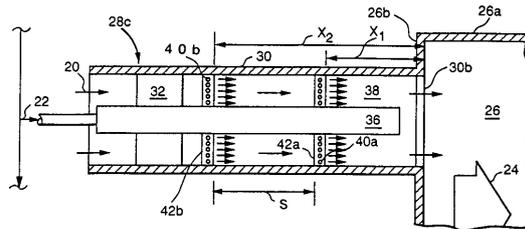
10

20

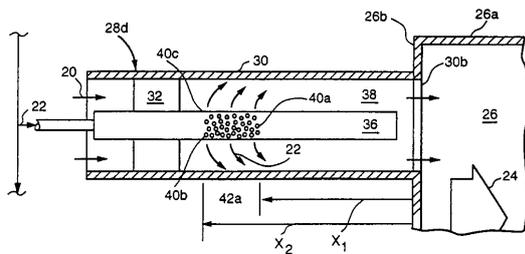
【図1】



【図2】



【図3】



---

フロントページの続き

審査官 寺町 健司

- (56)参考文献 特開平08-296852(JP,A)  
特開平08-135970(JP,A)  
特開平06-002851(JP,A)  
特開平06-018037(JP,A)  
特開平08-054119(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F23R 3/02-38

F23C 11/00

F23C 14/02