

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6228434号
(P6228434)

(45) 発行日 平成29年11月8日(2017.11.8)

(24) 登録日 平成29年10月20日(2017.10.20)

(51) Int.Cl.

F 1

F23R 3/28 (2006.01)
F02C 7/22 (2006.01)F23R 3/28
F02C 7/22D
C

請求項の数 6 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2013-237305 (P2013-237305)
 (22) 出願日 平成25年11月15日 (2013.11.15)
 (65) 公開番号 特開2015-96794 (P2015-96794A)
 (43) 公開日 平成27年5月21日 (2015.5.21)
 審査請求日 平成28年10月24日 (2016.10.24)

(73) 特許権者 514030104
 三菱日立パワーシステムズ株式会社
 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3
 番1号
 (74) 代理人 110001829
 特許業務法人開知国際特許事務所
 (74) 代理人 110000350
 ポレール特許業務法人
 (72) 発明者 和田 康弘
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 株式会社日立製作所
 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】

同心円状に複数列に配列され、先端に燃料噴孔部を有する複数の燃料ノズルと、この複数の燃料ノズルのそれぞれの下流側に位置し、前記複数の燃料ノズルに対応して同心円状に複数列に配列された複数の予混合通路を形成した予混合プレートとを備え、前記複数の燃料ノズルから噴出される燃料を前記予混合通路内で空気と混合して燃焼室に供給し、燃焼させるガスタービン燃焼器であって、

前記複数の燃料ノズルの上流側から前記複数の燃料ノズルの前記燃料噴孔部へと至る空気流路を、前記同心円状に配列された複数の燃料ノズルの各列毎に複数の流路に分割する複数のガイドベーンを設け、

前記複数のガイドベーンによって分割された前記複数の流路は、前記複数の燃料ノズルの燃料噴孔部が前記複数の流路の終端部分に位置し、各流路において、空気を整流して前記燃料噴孔部へと導くように構成されていることを特徴とするガスタービン燃焼器。

【請求項 2】

前記複数のガイドベーンは、前記ガイドベーンによって形成される複数の空気流路のそれぞれで、燃料ノズルから噴射される燃料と空気の混合比が所定の値となるようにサイズと形状を決定したことを特徴とする請求項1記載のガスタービン燃焼器。

【請求項 3】

前記複数のガイドベーンとして、前記複数の燃料ノズルのうち内周側に位置する燃料ノズルの燃料噴孔部に空気を導く第1ガイドベーンと、外周側に位置する燃料ノズルの燃料

噴孔部に空気を導く第2ガイドベーンを設け、前記第2ガイドベーンの上流側への延長部を前記第1ガイドベーンよりも短くし、前記第2ガイドベーンの外径を縮小したことを特徴とする請求項1又は2記載のガスタービン燃焼器。

【請求項4】

前記複数のガイドベーンを軸方向断面で見て直線形状として、前記ガイドベーンを流れる空気の摩擦抵抗を減らしたことを特徴とする請求項1又は2記載のガスタービン燃焼器。

【請求項5】

前記複数のガイドベーンの少なくとも1つの下流端付近の内周面に円周方向に離間した複数の突起ベーンを設け、前記ガイドベーンを流れる空気を整流してそれぞれの流路に位置する燃料ノズルの燃料噴孔部に導くことを特徴とする請求項1又は2記載のガスタービン燃焼器。

10

【請求項6】

前記複数の予混合通路のうちの少なくとも一部の予混合通路を軸方向に対して傾斜させ、前記予混合通路の傾斜に合わせて前記突起ベーンを軸方向に対して傾斜して取り付け、予混合通路に入る前の空気に旋回角を与えることを特徴とする請求項5記載のガスタービン燃焼器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

本発明はガスタービン燃焼器に係わり、特に、複数本配置した燃料ノズルから燃料を予混合プレートに形成した複数の予混合通路に噴射し、燃料ノズルの燃料噴孔部に導かれる空気と燃料を予混合通路内で混合して燃焼室に供給し燃焼させるクラスタ型バーナを備えたガスタービン燃焼器に関する。

【背景技術】

【0002】

ガスタービン燃焼器において、燃料と空気を予め混合した後に燃焼室で火炎を形成する予混合燃焼方式は、大気汚染物質である窒素酸化物(NO_x)の排出を低く抑えることが可能である。この予混合燃焼方式として、燃料と空気とを同軸噴流として燃焼室に供給して燃焼させる同軸噴流燃焼方式のバーナ(以下、クラスタ型バーナと表記)が知られており、その一例が特許文献1に記載されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2003-148734号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

クラスタ型バーナを採用する場合、燃料ノズルを同心円状に周方向に数列並べた構造となるため、燃焼用空気が外周側から内周側へと流入するとき、外周側に位置する燃料ノズルが抵抗となり、燃焼用空気は抵抗の少ない外周側の燃料ノズル部へ流れる量が多く、内周側に位置する燃料ノズルへ流れる空気量は少なくなる。この結果、内周側の燃料ノズルでは空気量が少ないために燃料と空気の混合比(以下、燃空比と表記)が高くなり、燃焼温度が上昇することで NO_x 値も高くなる。また、空気流量が位置によって不安定となるため燃焼安定性も低下するという問題が発生する。

40

【0005】

このため一般的には燃料供給系統を分割することで、内周側、外周側ノズルへの燃料供給量をそれぞれ設定することで燃空比を制御しているが、燃料系統を増やすことによる部品点数の増加、製造コストの増加、メンテナンスの煩雑さなどが問題となる。

【0006】

50

本発明は上述の課題を鑑みて創出されたものであり、その目的は、燃料ノズルを複数配置したクラスタ型バーナを備えたガスタービン燃焼器において、内外周の燃料ノズル部分へ任意の流量の燃焼用空気を供給できるようにすることで、燃焼状態を安定させることにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するために、本発明は、同心円状に複数列に配列され、先端に燃料噴孔部を有する複数の燃料ノズルと、この複数の燃料ノズルのそれぞれの下流側に位置し、前記複数の燃料ノズルに対応して同心円状に複数列に配列された複数の予混合通路を形成した予混合プレートとを備え、前記複数の燃料ノズルから噴出される燃料を前記予混合通路内で空気と混合して燃焼室に供給し、燃焼させるガスタービン燃焼器であって、前記複数の燃料ノズルの上流側から前記複数の燃料ノズルの前記燃料噴孔部へと至る空気流路を、前記同心円状に配列された複数の燃料ノズルの各列毎に複数の流路に分割する複数のガイドベーンを設け、前記複数のガイドベーンによって分割された前記複数の流路は、前記複数の燃料ノズルの燃料噴孔部が前記複数の流路の終端部分に位置し、各流路において、空気を整流して前記燃料噴孔部へと導くように構成されていることを特徴とするものとする。

【0008】

これにより燃焼器内での圧力変動や燃料ノズル自体の流路抵抗による内周側、外周側の燃料ノズル噴孔部での空気量差を抑制し、燃料ノズル噴孔部への空気量を任意の値とすることができる、空気の流れをバーナ部の軸方向へ整流する効果もあるため、結果として燃焼の安定性を向上させることができるとなる。また、燃料供給系統を分割しなくても、燃焼状態を安定させることができるために、燃料供給系統を1つに統一して燃料供給系統を簡素化することができる。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、任意の燃焼用空気量を各燃料ノズルの燃料噴孔部に導くことができ、燃料ノズルの周方向配列ごとに燃空比を安定的に任意の値とすることができます。この結果、燃焼状態の安定性を向上させ、かつNO_x排出量の低減が可能となる。また、燃料供給系統を1つに統一し、燃料供給系統を簡素化することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1A】本発明の第1の実施形態のガスタービン燃焼器のバーナ部の構造を示す断面図である。

【図1B】図1AのA-A線矢視図である。

【図2】第1の実施の形態のクラスタ型バーナをガスタービン燃焼器に適用した実施の形態を示す図である。

【図3】第1の実施の形態のクラスタ型バーナをガスタービン燃焼器に適用した他の実施の形態を示す図である

【図4】本発明の第2の実施形態のガスタービン燃焼器のバーナ部の構造を示す断面図である。

【図5】本発明の第3の実施形態のガスタービン燃焼器のバーナ部の構造を示す断面図である。

【図6A】本発明の第4の実施形態のガスタービン燃焼器のバーナ部の構造を示す断面図である。

【図6B】図6AのB-B線断面図である。

【図7】本発明と従来構造の空気流量比較トレンドを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。

【0012】

図1A及び図1Bは、本発明の第1の実施形態のガスタービン燃焼器のバーナ部の構造を示す図であり、図1Aは断面図、図1Bは図1AのA-A線矢視図である。

【0013】

図1A及び図1Bにおいて、ガスタービン燃焼器のバーナ部は、複数の燃料ノズル2と、この複数の燃料ノズル2のそれぞれの下流側に位置する複数の予混合通路3を形成した予混合プレート4とからなるクラスター型バーナであり、複数の燃料ノズル2は燃料ノズルヘッダ1の端面に接続され、予混合プレート4は中央サポートロッド5と複数の外周サポートロッド6とを介して燃料ノズルヘッダ1の端面に接続されている。複数の燃料ノズル2は、同心円状に配列されかつそれぞれ周方向に等間隔に離間して配列された内周側燃料ノズル2a、中央燃料ノズル2b、外周側燃料ノズル2cの3列の燃料ノズルを有し、複数の予混合通路3は、内周側燃料ノズル2a、中央燃料ノズル2b、外周側燃料ノズル2cに対応して、周方向に等間隔に離間して配列された内周側予混合通路3a、中央予混合通路3b、外周側予混合通路3cを有している。複数の予混合通路3は、好ましくは、予混合通路3の少なくとも一部が通路の中心軸線が軸方向に対して傾斜するよう形成され、予混合通路3内の燃料と空気の混合気流に燃焼室軸回りの旋回力を与え、混合を促進する構造となっている。

【0014】

また、ガスタービン燃焼器のバーナ部は、その特徴的構成として、複数の燃料ノズル2の周囲の上流側から複数の燃料ノズル2の燃料噴孔部へ至る空気流路を複数の流路7に分割し、各流路7において、空気を整流して導く内周側ガイドベーン34、中央ガイドベーン35、外周側ガイドベーン36を備えている。

【0015】

内周側ガイドベーン34は、中央サポートロッド5と燃料ノズル2に挿通する構造を有し、中央サポートロッド5に支持されている。また、内周側ガイドベーン34は燃料ノズルヘッダ1の端面に当接し、溶接等で固定される。中央ガイドベーン35及び外周側ガイドベーン36は複数の外周サポートロッド6に挿通する構造を有し、溶接等で外周サポートロッド6に固定保持される。

【0016】

ガイドベーン34、35、36によって分割される複数の空気流路7は、内周側ガイドベーン34と中央ガイドベーン35によって分割し形成される内周側空気流路7aと、中央ガイドベーン35と外周側ガイドベーン36によって分割し形成される中央空気流路7bと、外周側ガイドベーン36によって分割し形成される外周側空気流路7cとを有している。内周側燃料ノズル2aの燃料噴孔部は内周側空気流路7aの終端部分に位置し、中央燃料ノズル2bの燃料噴孔部は中央空気流路7bの終端部分に位置し、外周側燃料ノズル2cの燃料噴孔部は外周側空気流路7cの終端部分に位置している。

【0017】

このようにバーナ部の空気流路は、内周側ガイドベーン34、内周側ガイドベーン35、外周側ガイドベーン36によって、同心円状に配列された燃料ノズル2a、2b、2cの各列毎に複数の空気流路7a、7b、7cに分割され、燃料ノズル2のそれぞれの燃料噴孔部に燃焼用空気を導くようになっている。

【0018】

ガイドベーン34、35、36は、ガイドベーン34、35、36によって形成された空気流路7a、7b、7cのそれぞれにおいて、任意の量の空気を対応する燃料ノズル2a、2b、2cの噴孔部に供給し、燃料と空気の混合比、すなわち燃空比が所定の値になるように、それらのサイズと形状が決定されている。

【0019】

一般的に、燃焼室に燃料を直接噴射して形成する拡散火炎は、燃料と空気を予め混合した後に形成する予混合火炎よりも、火炎温度が高いために火炎安定性が高い。これに対し、特許文献1に記載されるようなクラスター型バーナは、火炎安定性が低い反面、同心円状

10

20

30

40

50

に多数設けた燃料ノズルから噴出した燃料を空気と予混合してから燃焼させるため、NO_x排出量の低減を実現している。

【0020】

クラスタ型バーナで火炎安定性が低い理由として燃焼器内の圧力変動による空気量の変動により各燃料ノズルからの燃料と空気の混合が不安定になることが挙げられる。また、クラスタ型バーナは、限られたスペースの中に多数の燃料ノズルを配置するため、周方向に複数列のノズルを設けた構造とする必要があり、図7に示すように外周側の燃料ノズルが流路抵抗となることで外周側と内周側で空気流量に差が生まれ、内周側の燃料ノズル位置に流入する燃焼用空気流量が少くなり、かつ空気の流速も遅くなる。その結果、構造によっては空気量自体も変動することと相俟って、設計どおりの燃空比とならず、空気量が少ない場合は燃空比増加によるNO_x排出量増、空気量が多い場合は着火性が悪化し不安定燃焼となる。

【0021】

図1A及び図1Bに示す本実施の形態では、内周側燃料ノズル2a或いは中央燃料ノズル2bへ積極的に空気を導くことを目的としてガイドベーン34, 35, 36が設置されている。これにより図1A及び図1Bに示すような3列の燃料ノズル2a, 2b, 2cを配置する燃焼器のバーナ部では、内周側ガイドベーン34と中央ガイドベーン35によって形成される内周側空気流路7aで流量が規定され、この内周側空気流路7aを内周側燃焼用空気41が整流されて通過し、内周側予混合通路3aに導かれる。内周側予混合通路3aでは、内周側燃料ノズル2aから噴出される燃料と内周側燃焼用空気41が混合され、内周側予混合通路3aを通過して燃焼室内で着火・燃焼する。

【0022】

同様に中央ガイドベーン35と外周側ガイドベーン36によって形成される中央空気流路7bを規定流量の中央燃焼用空気42が整流されて通過し、中央予混合通路3bに導かれ、外周側ガイドベーン36の外周側に形成される外周側空気流路7cを規定流量の外周側燃焼用空気43が整流されて通過し、外周側予混合通路3cに導かれ、それぞれ、中央及び外周側予混合通路3b, 3cで燃料と空気が混合され、燃焼室内で着火・燃焼する。

【0023】

これにより本実施の形態では、燃焼器内の圧力変動や燃料ノズル自体の流路抵抗による内周側、外周側の燃料ノズル噴孔部での空気量差を抑制し、燃料ノズル噴孔部への空気量を任意の値とすることができます、空気の流れをバーナ部の軸方向へ整流する効果もあるため、結果として燃焼の安定性を向上させることが可能となる。

【0024】

図2は、本実施の形態のクラスタ型バーナをガスタービン燃焼器に適用した実施の形態を示す図である。図2では、燃焼器を含む発電プラント向けガスタービン設備全体を示している。

【0025】

空気圧縮機110から導入された高圧空気120は、燃焼器250のディフューザ130からケーシング131内の車室140に導入され、尾筒150と尾筒フロースリーブ152との間隙に流入する。その後、ライナ160とライナ外周の同心円上に配置されたライナフロースリーブ161との間隙を流れた後に流れを反転させ、バーナ部300から噴射される燃料と混合して、ライナ内部の燃焼室170で火炎を形成し高温高圧の燃焼ガス180となる。

【0026】

バーナ部300は、図1A及び図1Bに示したクラスタ型バーナを7台備えたマルチクラスタ型バーナであり、中央部のクラスタ型バーナ300aと、その周囲に同心円状に等間隔に配置された6台のクラスタ型バーナ300b～300g（図2では上下のクラスタ型バーナ300b, 300eのみ図示）とから構成されている。クラスタ型バーナ300a～300gはそれぞれの燃料供給系統260a～260g（図2では燃料供給系統260a, 260b, 260eのみ図示）から燃料が供給される。図2では、図示の都合上、

10

20

30

40

50

燃料ノズル及び予混合通路を同心円状の2列配置の断面で示し、ガイドベーンについても中央と外周側のガイドベーンを1つのガイドベーンで示し、内周側ガイドベーンを省略している。燃料供給系統260a～260gからバーナ部300に流入した空気はクラスタ型バーナ300a～300gの燃料ノズル2(図1A及び図1B参照)から噴射される燃料と予混合プレート4の予混合通路3(図1A参照)内で混合して燃焼室170に供給される。

【0027】

このように燃焼器で生成された燃焼ガス180は尾筒150からタービン190に導入される。タービン190では、高温高圧の燃焼ガス180が断熱膨張する際に発生する仕事量を軸回転力に転換し、発電機200から出力を得る。またこの軸回転力をを利用して、発電機200の代わりに別の圧縮機を回転させることで、ガスタービンを流体圧縮の動力源として使用することもできる。

10

【0028】

図3は、本実施の形態のクラスタ型バーナをガスタービン燃焼器に適用した他の実施の形態を示す図である。この適用例において、燃焼器251は、中央部のパイロットバーナを本実施の形態のクラスタ型バーナ301とし、外周部のメインバーナを、燃料ノズル21を備え予混合火炎23を形成する一般的な予混合バーナ302としている。クラスタ型バーナ301には燃料供給系統261から燃料が供給される。図3でも、図示の都合上、燃料ノズル及び予混合通路を同心円状の2列配置の断面で示し、ガイドベーンについても中央と外周側のガイドベーンを1つのガイドベーンで示し、内周側ガイドベーンを省略している。

20

【0029】

図2及び図3の適用例の燃焼器250, 251においては、クラスタ型バーナ300a～300g、或いは301に対し、燃料供給系統を複数に分割しなくても、ガイドベーンを設けることで、任意の燃焼用空気量を各燃料ノズル噴出口に導くことができ、燃料ノズルの周方向配列ごとに燃空比を安定的に任意の値とすることができます。この結果、燃料供給系統260a～260g(図2)又は261(図3)をクラスタ型バーナ毎で1つに統一し、燃料供給系統を簡素化するとともに、燃焼状態の安定性を向上させ、かつ予混合であるためNOx排出量の低減が可能となる。

【0030】

30

本発明の第2の実施の形態を図4を用いて説明する。図4は、第2の実施形態のガスタービン燃焼器のバーナ部の構造を示す、図1Aと同様な断面図である。

【0031】

図4において、本実施の形態の燃焼器のバーナ部は、図1Aの外周側ガイドベーン36に代えて小型の外周側ガイドベーン37を備えている。外周側ガイドベーン37(第2ガイドベーン)は、上流側への延長部を中央ガイドベーン35(第1ガイドベーン)よりも短くすることで、図1Aの外周側ガイドベーン36に対し上流側へのベーン延長部を短くし、外周側ガイドベーン37の外径を縮小したものである。これによりバーナの径方向寸法を抑えることができ、省スペースでの設置が可能となる。中央燃料ノズル2bの燃料噴孔部に流れる空気の流路抵抗となるのは外周側燃料ノズル2cのみであるため、内周側燃料ノズル2aに比べて流路抵抗は少なく、中央ガイドベーン35と小型外周側ガイドベーン37の間隙を図1Aの実施の形態よりも広げ、外周側と中央部の空気流量を調整することで、図1Aの実施の形態と同様の効果を得ることが可能となる。

40

【0032】

本発明の第3の実施の形態を図5を用いて説明する。図5は、第3の実施形態のガスタービン燃焼器のバーナ部の構造を示す、図1Aと同様な断面図である。

【0033】

本実施の形態は、軸方向断面で見た内周側ガイドベーン51、中央ガイドベーン52、外周側ガイドベーン53を図1のような曲線ではなく、シンプルな直線形状としたものである。これによりガイドベーン51, 52, 53を流れる空気の摩擦抵抗が減り、燃空比

50

の変動を抑え、より安定的な燃焼を可能とするとともに、ガイドベーンの製造コスト低減が可能となる。

【0034】

本発明の第4の実施の形態を図6A及び図6Bを用いて説明する。図6Aは、図1Bのバーナ部の中央サポートロッド5と中央ガイドベーン35の上半分に相当する図である。図6Bは図6AのB-B線断面図である。

【0035】

本実施の形態では、ガイドベーン35に加えて、ガイドベーン35の下流端付近の内周表面に、軸方向へ燃焼用空気を整流する突起ベーン63を設けたことを特徴とする。突起ベーン63は、図示の如く、横断面で見て頂点がベーン中心軸を向いた三角ベーンである。この三角ベーン63を円周方向に離間して、軸方向と平行に複数取りつけることで、燃焼用空気を軸方向に整流してそれぞれの流路7が位置する燃料ノズル2の燃料噴孔部に導くことができる。図6A及び図6Bでは中央ガイドベーン35の内周表面に突起ベーン63を設けた場合を示したが、外周側ガイドベーン36の下流端付近の内周表面にも同様の突起ベーンを設けることで、同様な効果を得ることができる。また、ガイドベーン34, 35, 36の下流端付近の外周表面にも突起ベーンを設けてもよい。

10

【0036】

また、予混合通路3を軸方向に対して傾斜させ燃料と空気の混合気流に旋回力を与える構成とした場合は、予混合通路3の傾斜に合わせて突起ベーン63を軸方向に対して角度をつけて取り付けることにより、予混合流路3に入る前の燃焼用空気に旋回角を与えることができ、これにより燃料ノズル2から軸方向に噴射される燃料との混合を更に促進することが可能となる。

20

【0037】

なお、上記実施の形態では、燃料ノズルを同心円状に3列に配置し、内周側ガイドベーン34、内周側ガイドベーン35、外周側ガイドベーン36を設けて各列毎に空気流路が形成されるよう分割したが、空気流路の分割数は燃料ノズルの列数に必ずしも対応していなくてもよい。また、燃料ノズルの同心円状の列数は3列でなく、それ以外の列数（例えば2列又は4列）であってもよく、この場合は、燃料ノズルの同心円状の列数に応じた数のガイドベーンを配置し、各列毎に空気流路が形成されるよう分割すればよい。

30

【符号の説明】

【0038】

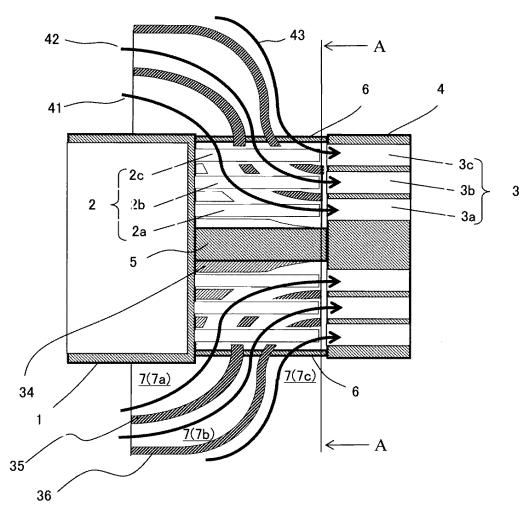
- 1 ノズルヘッダ
- 2 燃料ノズル
- 2 a 内周側燃料ノズル
- 2 b 中央燃料ノズル
- 2 c 外周側燃料ノズル
- 3 予混合通路
- 3 a 内周側予混合通路
- 3 b 中央予混合通路
- 3 c 外周側予混合通路
- 4 予混合プレート
- 5 中央サポートロッド
- 6 外周サポートロッド
- 7 流路
- 7 a 内周側空気流路
- 7 b 中央空気流路
- 7 c 外周側空気流路
- 3 4 内周側ガイドベーン
- 3 5 中央ガイドベーン
- 3 6 外周側ガイドベーン

40

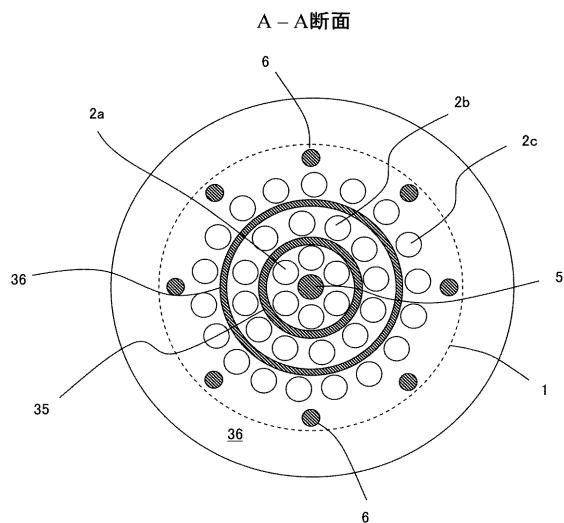
50

3 7	外周側ガイドベーン	
4 1	内周側燃焼用空気	
4 2	中央燃焼用空気	
4 3	外周側燃焼用空気	
5 1	内周側ガイドベーン	
5 2	中央ガイドベーン	
5 3	外周側ガイドベーン	
6 3	突起ベーン	
1 1 0	空気圧縮機	
1 2 0	高圧空気	10
1 3 0	ディフューザ	
1 3 1	ケーシング	
1 4 0	車室	
1 5 0	尾筒	
1 5 2	尾筒フロースリーブ	
1 6 0	ライナ	
1 6 1	ライナフロースリーブ	
1 7 0	燃焼室	
1 8 0	燃焼ガス	
2 0 0	発電機	20
2 5 0	燃焼器	
2 5 1	燃焼器	
2 6 0 a ~ 2 6 0 g	燃料供給系統	
2 6 1	燃料供給系統	
3 0 0	バーナ部	
3 0 0 a , 3 0 0 b , 3 0 0 e	クラスタ型バーナ	
3 0 1	クラスタ型バーナ	
3 0 2	予混合バーナ	

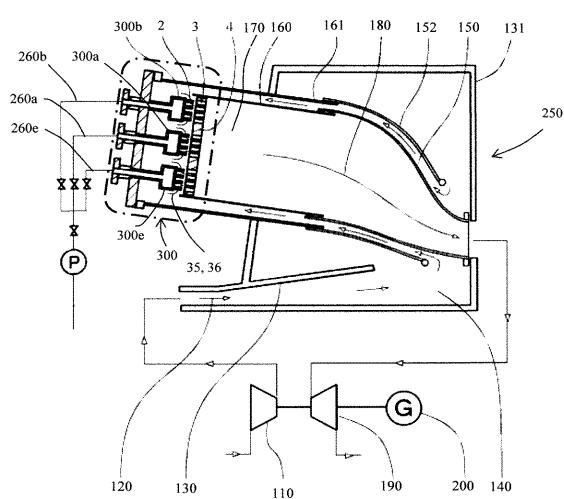
【図1A】



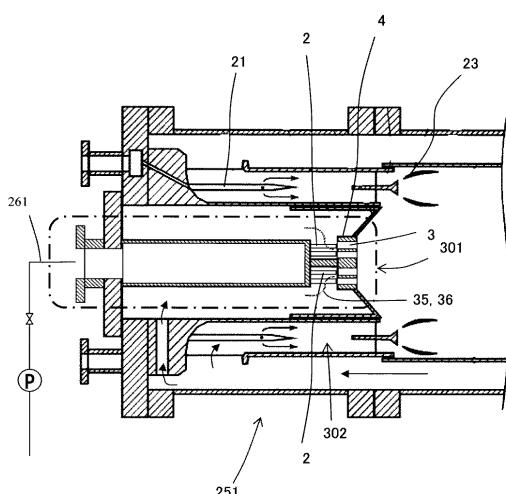
【図1B】



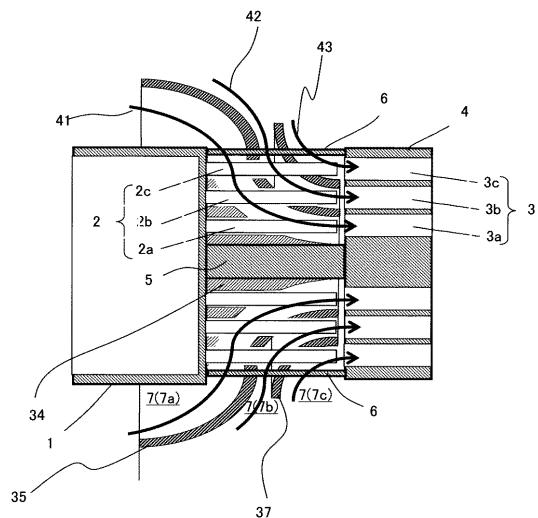
【図2】



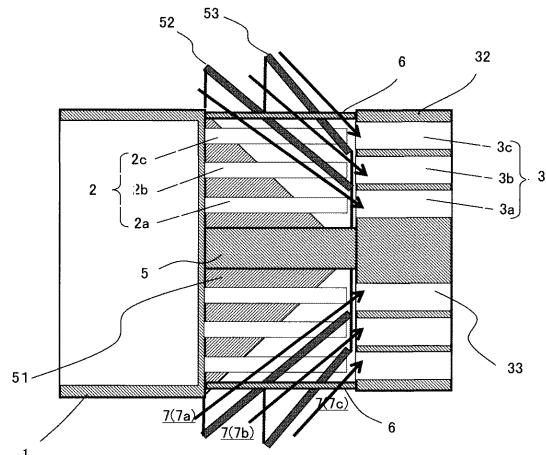
【図3】



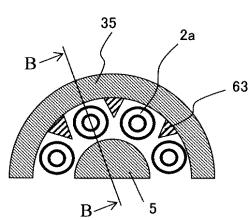
【図4】



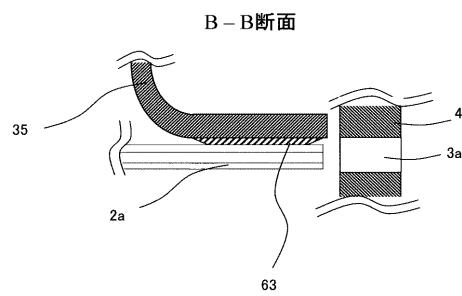
【図5】



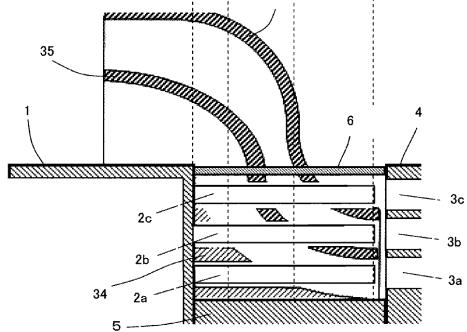
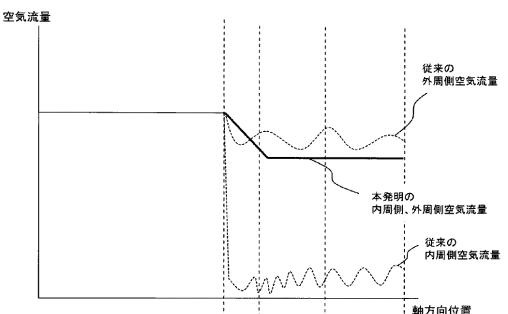
【図6A】



【図6B】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 笹尾 俊文

東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号

株式会社日立製作所内

(72)発明者 斎藤 武雄

東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号

株式会社日立製作所内

審査官 倉田 和博

(56)参考文献 米国特許出願公開第 2013 / 0025285 (U S , A 1)

特開 2000 - 346361 (J P , A)

特開 2007 - 232234 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.CI. , D B 名)

F 23 R 3 / 28, 3 / 34, 3 / 42

F 02 C 7 / 22