

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4959620号
(P4959620)

(45) 発行日 平成24年6月27日 (2012.6.27)

(24) 登録日 平成24年3月30日 (2012.3.30)

(51) Int. Cl.	F I
F 2 3 R 3/28 (2006.01)	F 2 3 R 3/28 D
F 2 3 R 3/12 (2006.01)	F 2 3 R 3/12
F 2 3 R 3/20 (2006.01)	F 2 3 R 3/20
F 2 3 R 3/34 (2006.01)	F 2 3 R 3/34
F 2 3 R 3/46 (2006.01)	F 2 3 R 3/46

請求項の数 9 (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2008-89154 (P2008-89154)	(73) 特許権者	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(22) 出願日	平成20年3月31日 (2008.3.31)	(74) 代理人	100100310 弁理士 井上 学
(65) 公開番号	特開2008-292139 (P2008-292139A)	(74) 代理人	100098660 弁理士 戸田 裕二
(43) 公開日	平成20年12月4日 (2008.12.4)	(72) 発明者	三浦 圭祐 茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社 日立製作所 電力・電機開発研究所内
審査請求日	平成21年12月24日 (2009.12.24)	(72) 発明者	井上 洋 茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社 日立製作所 電力・電機開発研究所内 最終頁に続く
(31) 優先権主張番号	特願2007-116305 (P2007-116305)		
(32) 優先日	平成19年4月26日 (2007.4.26)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

(54) 【発明の名称】 燃焼器及び燃焼器の燃料供給方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

燃料と空気が混合燃焼する燃焼室と、
 該燃焼室の壁面に設けられ、前記燃焼室に燃料と空気の同軸噴流が噴出する複数の空気孔が複数列の同心円状に配置された空気孔プレートと、
 内周側の前記空気孔列に燃料を噴出する該燃料噴孔の近傍において、周囲の空気流の乱れを抑制する構造を有した第1の燃料ノズル及び周囲の空気流の乱れを促進する構造を有した第2の燃料ノズルを備え、
 前記空気孔列のうち内周側から1列目又は2列目の少なくとも一方の空気孔列について、前記第1の燃料ノズルが前記第2の燃料ノズルに対し1つ置きまたは2つ置きに並んで配置されていることを特徴とする燃焼器。

【請求項2】

請求項1記載の燃焼器であって、前記第1の燃料ノズルが燃料を供給する空気孔の直径が、前記第2の燃料ノズルが燃料を供給する空気孔の直径に比べて小さいことを特徴とする燃焼器。

【請求項3】

請求項1記載の燃焼器であって、前記空気孔の中に前記燃料ノズルの先端を挿入して配置されることを特徴とする燃焼器。

【請求項4】

請求項1記載の燃焼器であって、前記第1の燃料ノズルの先端にテーパを設け、前記第

2の燃料ノズルの先端にリブを設けることを特徴とする燃焼器。

【請求項5】

請求項1記載の燃焼器であって、前記第2の燃料ノズルの先端部が傾斜拡大した形状を有することを特徴とする燃焼器。

【請求項6】

請求項1記載の燃焼器であって、前記空気孔プレートは、該空気孔プレートに対して前記空気孔に傾斜角を付与する内側領域と、該空気孔プレートに対して垂直に前記空気孔を設けた外側領域によって構成されることを特徴とする燃焼器。

【請求項7】

請求項6記載の燃焼器であって、前記内側領域に設けられた前記第1の燃料ノズルが、前記第2の燃料ノズルに対し1つ置きまたは2つ置きに並んで配置されていることを特徴とする燃焼器。

10

【請求項8】

請求項6記載の燃焼器であって、前記外側領域に設けられた空気孔及び該空気孔に燃料を供給する燃料ノズルは、該燃料ノズルと該空気孔の中心軸をずらして配置することを特徴とする燃焼器。

【請求項9】

請求項1記載の燃焼器であって、前記第1の燃料ノズル群と第2の燃料ノズル群の分散性能の調整を、前記燃料ノズルの先端形状を異ならしめることによって行うことを特徴とする燃焼器。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃焼器及び燃焼器の燃料供給方法に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1の燃焼器は、空気噴流と燃料噴流を同軸または同軸に近い位置に配置した同軸噴流が噴出する空気孔を多数配置した構造である。この燃焼器は、燃料と空気を均等に分散させて燃焼室に供給し、短い距離で燃料と空気を混合することによって、逆火を防ぐとともに低NO_x燃焼を図っている。また、一部の空気孔に旋回角を施すことで、燃焼室に旋回流を形成し、旋回流中心部に循環領域または低流速領域を作ることによって火炎を保持している。特開2003-148734号公報があげられる。

30

【0003】

【特許文献1】特開2003-148734号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1の燃焼器では、NO_x低減のために燃料と空気の混合度を更に上げると、保炎領域における火炎の燃焼速度が遅くなり、火炎の安定性が損なわれるといった課題があった。

40

【0005】

本発明は、同軸噴流を用いた燃焼器においてNO_xを更に減少させても、燃焼安定性を維持することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、燃料と空気が混合燃焼する燃焼室と、該燃焼室の壁面に設けられ、前記燃焼室に燃料と空気の同軸噴流が噴出する複数の空気孔が複数列の同心円状に配置された空気孔プレートと、内周側の前記空気孔列に燃料を噴出する該燃料噴孔の近傍において、周囲の空気流の乱れを抑制する構造を有した第1の燃料ノズル及び周囲の空気流の乱れを促進する構造を有した第2の燃料ノズルを備え、前記空気孔列のうち内周側から1列目又は2

50

列目の少なくとも一方の空気孔列に設けられた前記第 1 の燃料ノズルが、前記第 2 の燃料ノズルに対し 1 つ置きまたは 2 つ置きに並んで配置されていることを特徴とする。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、同軸噴流を用いた燃焼器においてNO_xを更に減少させても、燃焼安定性を維持することが出来る。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

図6は、ガスタービン全体の概略図である。

【0009】

圧縮機10で圧縮された空気19は、外筒2と燃焼器ライナ3の間を通過する。その空気19の一部は、燃焼器ライナ3の冷却空気20として燃焼室1に流入する。また、その空気19の残りは燃焼空気21として空気孔49を通り燃焼室1に流入する。

【0010】

本実施例では、燃料供給系統12および燃料供給系統13は制御弁14aを備えた燃料供給系統14から分割されている。また、燃料供給系統12には制御弁12a、燃料供給系統13は制御弁13aを備えており、個別に制御をおこなうことができる。また、その下流にはそれぞれに遮断弁12b, 13bが備えられている。

【0011】

図に示すように、本実施例の燃焼器では複数本の燃料ノズル40を備えており、その燃料ノズル40は複数個の燃料ノズルに燃料を分配する燃料ヘッダー15, 16に接続されている。燃料ヘッダー15には燃料供給系統12から燃料が供給され、燃料ヘッダー16は燃料供給系統13から燃料が供給される。各燃料供給系統には制御弁を備えているため、複数本ある燃料ノズル40のうちの一部を一纏めにして制御することが可能である。

【0012】

燃料ノズル40と空気孔49は、それぞれが対となっている。燃料ヘッダー15, 16に供給された燃料は、燃料ノズル40から空気孔49に噴出される。空気孔49から噴出された燃料と空気は、燃焼室1に流入・混合し、均質で安定な火炎を形成する。発生した高温燃焼ガスはタービン11に供給され、仕事をして排出される。

【実施例1】

【0013】

図1は燃焼器100の斜視図を示す。燃焼器100において、燃料ノズル40と空気孔(51, 53, 54)の一つ一つが対となっており、この燃料ノズル及び空気孔が多数配置されている。燃焼空気21は、燃焼器ライナ3と外筒2の間を通過して燃料ノズル40の周囲を流れ、空気孔から燃焼室1に噴出する。空気孔プレート50の破線52内の空気孔(53, 54)は、燃焼器の円周方向に噴流が旋回する旋回角を有する。そして、空気孔(53, 54)から噴出した噴流は、パーナ下流に旋回流22を形成する。燃焼器の軸中心に形成される循環流23によって、火炎24を保炎する。この旋回流22は、燃焼器の中心軸に対して円周方向に空気孔(53, 54)から同軸噴流が噴出することにより、複数の同軸噴流が環状に連なって形成された、大きな螺旋状の流れをいう。

【0014】

空気孔プレート50の破線52内の空気孔(53, 54)に対応する燃料ノズルは、燃料供給系統12から燃料ヘッダー15を経由して燃料が供給される。空気孔プレート50の破線52より外側の空気孔51は、燃料供給系統13から燃料ヘッダー16を経由して燃料が供給される。また、燃料ヘッダー15, 16は2重管構造となっており、燃料供給系統12と燃料供給系統13からの燃料を分けて供給することができる。

【0015】

10

20

30

40

50

図2は、空気孔プレートの拡大図を示す。複数の空気孔が、燃焼器100の中心軸に対して周方向に配置されて、一つの列を成している。図1において、燃焼器の中心軸は円筒状の燃焼器ライナ3の円筒中心軸と一致する。また、空気孔は、半径方向に同心円状に配置されており、図2では3列となっている。そして、空気孔プレート50の破線52内には、6孔の空気孔53, 54が配置されている。中央破線52の内側領域に設けられた空気孔53, 54は、空気孔プレート50に対して傾斜角を有する。空気孔53, 54から噴出する同軸噴流が、燃焼器の中心軸に対して円周方向に噴出することにより、中央破線52の内側領域で火炎を保炎することが出来る。また、中央破線52の外側領域に設けられた空気孔51は、空気孔プレート50の燃焼室壁面に対して垂直に形成されている。

【0016】

本実施例では、中央破線52の内側に設けられた空気孔と対になる燃料ノズルは、第1の燃料ノズル群及び第2の燃料ノズル群によって構成される。空気孔53と一对の燃料ノズルは、第1の燃料ノズル群を形成する。また、空気孔54と一对の燃料ノズルは、第2の燃料ノズル群を形成する。

【0017】

そして、第1の燃料ノズル群及び第2の燃料ノズル群から噴出する燃料は、空気孔の出口断面における空気に対する燃料の分散性能が異なる。図2では、空気孔54における燃料の分散性能が、空気孔53における燃料の分散性能より高くなる。なお、燃料の分散性能とは、空気孔の出口断面において燃料が均一に分散する度合いとする。そのため、燃料の分散性能が高いほど、空気孔の出口断面における燃料分布が均一となる。

【0018】

図3, 図4は、図2に示す中央破線52内の燃料ノズル及び空気孔プレートの構成を示す。中央破線52内の空気孔のうち、空気孔53の3孔は、先端にテーパ70をつけた燃料ノズル42である第1の燃料ノズル群と一对になる。残りの空気孔54の3孔は、先端にリブ71を付けた燃料ノズル43である第2の燃料ノズル群と一对になる。

【0019】

図3(a)は、空気孔53(第1の燃料ノズル群)における拡大図である。空気孔の内部において燃料流の外周側に空気流が形成されるように、燃料ノズルと空気孔が配置されている。燃料ノズル42から噴出した燃料噴流27は、空気孔53の壁面に衝突する。そして、燃料流27は空気孔53の壁面に沿って燃焼室1に噴出する。そのため、空気孔53では燃料流27と空気流26との混合が進まずに、空気孔から噴出する。

【0020】

図3(a)のグラフ60は、空気孔53の出口断面における燃料濃度分布を示す。横軸は空気孔出口の位置、縦軸は燃料濃度を示す。実線61が燃料ノズル42における燃料濃度分布、破線62が、完全に燃料と空気が混合したときの燃料濃度を表している。実線61に示すとおり、空気孔の出口断面において、燃料が分散しておらず、局所的に燃料濃度の高い領域が存在する。そのため、空気噴流と燃料噴流の混合が進んでいないまま、燃焼室1に噴出する。

【0021】

図3(b)は、(a)のX-X断面(空気孔の出口部)における燃料分布を示す。図3(c)は、(a)のY-Y断面(燃料ノズルの燃料噴孔)における燃料分布を示す。燃料ノズルの燃料噴孔から噴出した直後の燃料流は、その断面積が燃料噴孔の断面積とほぼ同一となる。また、燃料ノズルの形状が周囲の空気流を阻害しない形状であるため、燃料流は空気流を貫通して空気孔53の側壁に衝突する。空気孔53の出口においても、燃料流が空気孔53の側壁に沿って偏って流れるため、空気流と混合が進まず、燃料流の形状を維持したまま燃焼室に噴出するものと考えられる。従って、空気孔の出口断面における燃料の分散性能は低くなる。

【0022】

図4(a)は、空気孔54(第2の燃料ノズル群)における空気孔の拡大図である。燃料ノズル43の先端(燃料噴孔の近傍)には、リブ71を取付けている。リブ71は、燃

10

20

30

40

50

料ノズル43の円筒面に設けられた突起物であり、空気流に乱れが生じればよい。このリブ71により、燃料ノズル先端に空気流の渦31が発生している。この渦31によって燃料と空気が攪拌されて、混合が急速に進むと考えられる。そのため、グラフ60に示すように、空気孔の出口断面における燃料濃度分布61は全体的になだらかとなり、均一化されている。

【0023】

図4(b)は、(a)のX-X断面(空気孔の出口部)における燃料分布を示す。図4(c)は、(a)のY-Y断面(燃料ノズルの燃料噴孔)における燃料分布を示す。燃料ノズルの燃料噴孔から噴出した燃料流28は、リブ71の働きにより生成された渦31によって、燃料噴孔の断面積より大きな面積に分散する。そして、燃料流28が空気孔54を流れる間にも、渦31により燃料流28と空気流26の混合が進む。そのため、空気孔54の出口断面においては、燃料が均一に分散して、燃料の分散性能が高くなると考えられる。

10

【0024】

第1の燃料ノズル42及び第2の燃料ノズル43の下流側に配置された空気孔の出口断面における濃度分布を比較すると、以下の関係がある。即ち、第1の燃料ノズル42から噴出した燃料流は空気流との混合が不十分なまま燃焼室に排出されるため、図3(b)の領域27における燃料濃度が上昇し、形成される火炎の燃焼温度も上昇する。これに対し、第2の燃料ノズル43から噴出した燃料流は空気流との十分な混合がなされた後に燃焼室へ排出されるため、図4(b)の領域28における燃料濃度は低く、燃焼温度の上昇を抑制することができる。従って、空気孔の出口断面における燃料噴流の燃料濃度は、燃料の分散性能を低くするほど高くなり、その結果、形成される火炎の温度も上昇させることができる。

20

【0025】

このように、燃料ノズルによって燃料の分散性能を異ならせることにより、それぞれの燃料ノズルから噴出する燃料流の燃料濃度に差異をつけることができる。また、領域27の燃料濃度が領域28の燃料濃度より高くなるため、第1の燃料ノズルによって保炎性能を向上させることが可能である。

【0026】

特に、燃料の分散性能が低い燃料ノズル42から噴出した燃料流によって、空気孔出口に1600以上の火炎を形成させれば、バーナ火炎を保炎して燃焼安定性を維持することが可能である。

30

【0027】

図5は、中央破線52内の空気孔プレートについて、円周方向に展開した展開図であり、図2の曲線Aに沿って展開している。本実施例では、中央破線52内の空気孔53,54に旋回角を施している。また、先端にテーパを施した燃料ノズル42(第1の燃料ノズル群)とリブを取付けた燃料ノズル43(第2の燃料ノズル群)を交互に配置する。そして、燃料ノズル42,43は、空気孔の内部に挿入されている。

【0028】

前述したように、テーパ型の燃料ノズル42では燃料流と空気流の混合が進まずに、燃料流と空気流が燃焼室に噴出する。そのため、第1の燃料ノズル群と対になる空気孔の出口において、局所的に燃料濃度の高い領域が存在している。また、空気孔出口の近傍には、低流速循環領域29が形成される。

40

【0029】

局所的に燃料濃度の高い領域は、低流速循環領域29に隣接するため、低流速循環領域29は多くの燃料を取込む。そして、低流速循環領域29が火炎基部25となって、火炎が安定に保炎されると考えられる。特に、火炎基部25では燃料と空気の混合が進んでいないため、拡散燃焼に近い状態となり、燃焼安定性が良い。

【0030】

なお、拡散燃焼ではNOxが多く排出される。しかし、第1の燃料ノズル群が燃料を供

50

給する空気孔には、第2の燃料ノズル群が燃料を供給する空気孔に比べて多くの空気が供給されるため、火炎基部25から発生するNO_xを低減する効果が得られる。また、火炎基部25より下流側に形成される火炎24は、燃料と空気の混合が進んでいるため希薄な予混合燃焼となる。そのため、火炎基部25が生成するNO_x排出量は最小限に抑えることが出来る。

【0031】

一方、リブ型燃料ノズル43から構成される第2の燃料ノズル群では、空気孔の出口断面における燃料の分散度が高い。そのため、十分に混合された燃料と空気が空気孔から噴出する。従って、空気孔出口に形成される循環流30に、燃料が多く取り込まれない。また、燃料と空気が均一に混合されているため、火炎の伝播速度が遅くなる。そのため、第2の燃料ノズル群が有する空気孔54の出口には、火炎基部25が形成されず、NO_xの生成を抑制できる。

10

【0032】

このように、第1の燃料ノズル群と第2の燃料ノズル群を交互に配置することで、第1の燃料ノズル群によって形成される安定な火炎が、第2の燃料ノズル群によって形成される火炎に、熱や活性化化学種を供給する。そのため、第2の燃料ノズル群から噴出する希薄予混合気の燃焼を補助し、下流側に一つのまとまった火炎24を形成するため、安定に燃焼できる。また、第2の燃料ノズル群及び空気孔から噴出した燃料と空気が火炎24に到達するまでに距離があるため、燃料と空気が更に混合され、NO_xの排出量を減少させることができる。

20

【0033】

以上のように、中央破線52の内側において、拡散的に燃焼する火炎基部の生成数を限定し、拡散燃焼と予混合燃焼が互いに熱量を補うことによって、火炎の燃焼安定性を維持しつつNO_xの排出量を削減することができる。

【0034】

また、1つのバーナに対して燃料の分散性能が低い燃料ノズルが少なくとも1本あれば、全ての燃料ノズルにおいて燃料の分散性能が高い場合と比較して、火炎の燃焼安定性を向上させることができる。

【0035】

次に、第1の燃料ノズル群と第2の燃料ノズル群において、空気孔に流入する空気量を比較する。燃料ノズル42の先端はテーパ70を備えており、空気流26の流れを阻害しない形状となっている。一方、燃料ノズル43のリブ71は、空気孔の入口を塞ぐように配置されているため、空気流26が空気孔に流入することを阻害する。そのため、第2の燃料ノズル群に比べて第1の燃料ノズル群の方が、空気孔に空気が流入しやすい。従って、供給する燃料の流量が同じであれば、第1の燃料ノズル群の方が、燃空比は低くなる。なお、燃空比は以下の式で定義する。

30

【0036】

$$\text{燃空比} = \text{燃料量} / \text{空気量} \quad (\text{式1})$$

前述のように、テーパ型燃料ノズル(第1の燃料ノズル群)は、リブ型燃料ノズル(第2の燃料ノズル群)に比べて燃料の分散性能が低くなり、NO_xが発生しやすくなる。しかし、第1の燃料ノズル群は、第2の燃料ノズル群に比べて燃空比が低いため、火炎基部25に多くの空気を供給することが出来る。従って、第1の燃料ノズル群から発生するNO_xの排出量を抑制することができる。

40

【0037】

図7は、大気圧における燃焼実験の結果である。横軸は燃焼ガス温度、縦軸はNO_x排出量である。縦軸のNO_x排出量は、15%O₂、実機圧力条件(15ata)相当に換算した値である。実線は、本発明を採用した燃料ノズルの配置であり、1列目(中央破線の内側)はリブ型燃料ノズルとテーパ型燃料ノズルを交互に配置し、2・3列目は全ての燃料ノズルがリブ型となっている。破線は、1~3列目において、すべての燃料ノズルにリブ型燃料ノズルを採用している。本実験では、1列目の燃料ノズルに供給する燃料と2・3

50

列目に供給する燃料の配分を変えて試験を行っており、図7の結果はその代表例である。

【0038】

燃料配分を変えると、図7のように燃焼温度に対するNO_xの排出量が増える。しかし、ある一定の燃焼温度以下における失火限界(1)では、NO_x排出量はほぼ同じ値となった。なお、失火限界(2)においてNO_xが高い理由は、NO_xを下げるために1列目の燃料配分を少なくして、極端に燃料流量が少なくなり燃焼安定性が大幅に低下したためである。

【0039】

すべてリブ型燃料ノズルを採用した場合(破線)、失火限界(1)におけるNO_x排出量は約7ppmである。本発明のように1列目燃料ノズルにおいて、リブ型燃料ノズルとテーパ型燃料ノズルを交互に配置する場合(実線)、失火限界(1)におけるNO_xの排出量が4ppmまで下げることができる。

10

【0040】

通常、NO_x排出量と燃焼安定性はトレードオフの関係にある。ある燃焼温度に対するNO_x排出量が少なければ、燃焼安定性が低下する。そのため、失火点における燃焼温度が上昇し、失火限界におけるNO_x排出量に限界があった。しかし、本発明は燃焼安定性と低NO_x燃焼の両立が達成された結果、より低いNO_x排出量でも燃焼安定性の低下を防ぎ、火炎を保持することが可能となる。

【0041】

なお、中央部破線52内の空気孔は、楕円上に配置しても良い。

20

【0042】

また、図25、図26のように、保炎領域を拡大して火炎の安定性を向上させるため、中央部破線52の半径を大きくして、1列目の空気孔の配置を外周側に広げることが望ましい。この場合、1列目の空気孔の個数は8個、10個と増やし、旋回流を増やすことで、旋回流を安定・強化して、火炎が安定する。ただし、1列目の空気孔の個数はこの限りではない。

【0043】

また、ガスタービンの発電負荷が低く、燃焼器全体の燃空比が低い運転条件では、火炎基部25が火炎全体を保持するために、十分な燃料を供給する必要がある。図1に示すように、燃料供給系統を2つに分けているため、燃焼器全体の燃空比が低い条件においても、燃料供給系統12から中央部破線52内の空気孔と対になる燃料ノズルに供給する燃料を一定量維持して、広い運転条件において安定に火炎を保持することができる。

30

【0044】

なお、運転条件によっては、中央部破線52の内側領域に配置された一つの空気孔から噴出する噴流の燃空比が、中央部破線52の外側領域に配置された一つの空気孔から噴出する噴流の燃空比よりも高くなる場合がある。ただし、燃焼器全体の燃空比が低いため、NO_xの排出量が多くなることはない。このような運用方法は他の実施例でも有効である。

【実施例2】

【0045】

空気孔の出口断面における燃料の分散性能が低い燃料ノズルの実施例を示す。図8に示すように、外径が細く、先端が加工されていない直管形状の燃料ノズル46では、燃料ノズル46の肉厚が薄い。そして、燃料ノズル先端に大きな乱れが発生せず、燃料と空気の分散性能が低下する。そのため、グラフ60に示すように空気孔出口において局所的に燃料濃度の高い領域が存在する。また、中央破線より外側の領域に配置された空気孔に燃料を供給する燃料ノズルに比べ径を細くすることによって、空気がより多く空気孔に流入する。

40

【0046】

次に、空気孔の出口断面における燃料の分散性能が高い燃料ノズルの他の実施例を示す。図9と図10は、燃料ノズルと空気孔の拡大図である。

50

【 0 0 4 7 】

図 9 において、燃料ノズル 4 4 の先端部は、傾斜拡大している。リブ型燃料ノズル 4 3 と同様に、燃料ノズル 4 4 の先端部は大きな渦 3 1 を形成する。渦 3 1 が生成する乱れによって燃料と空気の混合が進み、空気孔出口の燃料濃度は平均化される。

【 0 0 4 8 】

図 1 0 は、図 9 の燃料ノズルに比べて、外径が太く、先端が加工されていない直管形状の燃料ノズル 4 5 を示す。燃料ノズル 4 5 の肉厚が厚いため、図 1 0 の燃料ノズル先端に大きな渦 3 1 が形成され、燃料と空気の混合が良くなる。グラフ 6 0 に示すように、空気孔の出口断面において燃料濃度が平均化されている。

【 0 0 4 9 】

図 1 1 は中央部破線 5 2 内の空気孔プレートを円周方向に展開した図である。本実施例では、中央部破線 5 2 内において、6 本の燃料ノズルのうち 3 本は、外径が細く先端加工のない直管形状の燃料ノズル 4 6、残りの 3 本の燃料ノズルは、外径が太く先端加工のない直管形状の燃料ノズル 4 5 とし、これらを交互に配置している。

【 0 0 5 0 】

燃料ノズル 4 6 を有した第 1 の燃料ノズル群は、燃料と空気の混合が悪く、局所的に燃料の濃い領域が存在する。また、空気との混合が進んでいない燃料噴流 2 7 が空気孔出口周囲の低流速循環領域 2 9 に隣接するため、低流速循環領域 2 9 を基点に火炎が安定に保炎される。そして、他の燃料ノズルに比べて空気が流入しやすいため、火炎基部 2 5 の下流では空気と燃料の混合が進み、希薄な予混合燃焼となる。

【 0 0 5 1 】

一方、燃料ノズル 4 5 を有した第 2 の燃料ノズル群では、空気孔の中で燃料と空気の混合が進んでいるため、空気孔出口付近の低流速循環領域 3 0 に火炎基部 2 5 が形成されない。第 1 の燃料ノズル群によって形成される安定な火炎により、混合の進んだ燃料と空気の予混合気は安定に予混合燃焼され、NO_xの低減に寄与する。

【 0 0 5 2 】

本実施例でも火炎基部 2 5 による安定燃焼と希薄な予混合燃焼を組み合わせ、一つの火炎 2 4 を形成することによって、火炎の安定化と低 NO_x 燃焼を同時に達成することができる。

【 実施例 3 】

【 0 0 5 3 】

本実施例は実施例 1 に対し、空気孔プレートの半径が大きくなっており、半径方向に 4 列の空気孔が配置されている。図 1 2 には、燃焼器のバーナ端面である空気孔プレート 5 0 のみを示している。

【 0 0 5 4 】

中央部破線 5 2 内の空気孔 5 3 はテーパ型燃料ノズル 4 2 と組になっており、テーパ型燃料ノズル 4 2 である第 1 の燃料ノズル群は、燃料の分散性能が低い。そのため、空気孔出口において局所的に燃料濃度の高い領域が存在している。また、中央部破線 5 2 内の空気孔 5 4 はリブ型燃料ノズル 4 3 と組になっており、リブ型燃料ノズル 4 3 である第 2 の燃料ノズル群は、燃料の分散性能が高い。そのため、空気孔出口における燃料濃度分布は平均化されている。

【 0 0 5 5 】

本実施例のように燃焼器自体が大きくなることで、空気孔プレートが大きくなる場合、より安定で大きな旋回流を形成するために中央部破線 5 2 内の旋回領域も径方向に拡大し、空気孔の数が増加している。このとき、拡散的に燃焼して、NO_x が比較的多く排出される火炎基部の個数を削減するため、第 1 の燃料ノズル群に属する燃料ノズルを 2 つ置きに配置することが望ましい。

【 0 0 5 6 】

図 1 3 は、中央部破線 5 2 内における空気孔プレートを円周方向に展開した図であり、図 1 2 の B - B 曲線に沿って展開している。第 2 の燃料ノズル群から噴出した燃料は、隣

10

20

30

40

50

り合う第2の燃料ノズル群が形成する安定な火炎により、安定に燃焼することができる。また、一つ置きや二つ置きのように規則正しく配置するのではなく、不規則に配置しても良い。

【0057】

なお、局所的に火炎の安定性を図るため、図14のように混合性能の低い第1の燃料ノズルを隣り合わせて配置することも考えられる。ただし、第1の燃料ノズルの個数が増えればNO_xの排出量は増加する。逆に、第1の燃料ノズルが極端に少ないと、第2の燃料ノズルから噴出される燃料に熱や活性化学種が十分に供給されず、火炎の安定性が低下する点に留意する。

【0058】

また、バーナ構造を大きく変更することなく、中央部破線内に配置された燃料ノズルの形状を変えるだけで、拡散的に燃焼する火炎基部25の個数や位置を細かく調整できる。本発明の燃焼器をガスタービンに使用する場合、天然ガスだけでなく、ジメチルエーテルや水素の混ざった混合ガスなどの非常に燃焼しやすいガスや、カロリーの低いガスを燃料として利用したいというニーズがある。そのため、これらの燃料を安定に、かつ、低NO_xで燃焼させることが求められる。ガスの組成によって、形成される火炎の特性が大きく変わる。従って、バーナ構造を大きく変えることなく、中央部破線内の燃料ノズルの形状を変えるだけで、燃焼安定性を強化したり、逆に低NO_x化を図ることができ、容易に多種な燃料に対応することが可能になる。

【0059】

また、水素のように、反応性に富み燃焼速度の速い燃料の場合、火炎基部25の個数を調整する以外に、第1の燃料ノズル群における燃料の分散性能を改善することもできる。反応性に富み燃焼速度の速い燃料であれば、燃料と空気の分散性能を低下させ、拡散的に燃焼させなくても良い。燃料濃度の濃い領域が一部だけ残っていれば、火炎基部25が形成され、必要な燃焼速度が確保されるからである。そのため、火炎全体を安定に保持するために必要な火炎基部25を確保しつつ、さらなるNO_x低減を実現することができる。

【0060】

このように、本発明では各種燃料に対し燃料ノズルの形状を一部変更し、火炎基部を形成する燃料ノズルの分散性能を調整することにより、火炎基部の強さ(大きさ)を調整でき、多種多様な燃料に対応することができる。

【実施例4】

【0061】

図15は、実施例4における空気孔プレートを示す。本実施例は、実施例3に対し、中央部破線52内の空気孔を半径方向に2列に増やし、旋回流を強化している点が異なる。本実施例においても、空気孔53はテーパ型燃料ノズル42と組になっており、テーパ型燃料ノズル42である第1の燃料ノズル群は燃料の分散性能が低い。また、中央部破線52内の空気孔54はリブ型燃料ノズル43と組になっており、リブ型燃料ノズル43である第2の燃料ノズル群は燃料の分散性能が高い。1列目空気孔56, 2列目空気孔57ともに、空気孔の上流側には第1の燃料ノズル群と第2の燃料ノズル群を交互に配置している。

【0062】

本実施例では、拡散的に燃焼する火炎基部25の個数が多く、NO_xの排出量に関して不利である。しかし、空気孔プレートの半径が大きいために、より大きな火炎を形成する必要がある場合、保炎領域における燃焼安定性を向上させることができる。また、空気孔プレートの半径が大きくなり、火炎基部25以外の燃焼量が増えれば、火炎基部25から発生するNO_x排出量は相対的に減少する。そのため、全体としてのNO_x排出量は低く抑えることができる。

【0063】

なお、図16に示すように、2列目の空気孔57において燃料の分散性能が低い第1の

10

20

30

40

50

燃料ノズル群を2つおきに配置してもよい。拡散的に燃焼する火炎基部25を減らすことによって、より一層のNO_x低減を図ることができる。また、1列目の火炎基部25からも熱や活性化学種が供給されるため、2列目の火炎基部25の個数が減っても安定に燃焼させることができる。

【0064】

また、図17に示すように、1列目の空気孔56をすべて燃料の分散性能が高い第2の燃料ノズル群としても良い。1列目の空気孔56から噴出される燃料は、2列目に設けられた第1の燃料ノズル群による火炎基部25から熱や活性化学種を伝達され、安定に燃焼することができる。図16に比べ、拡散的に燃焼する火炎基部25が少ないため、低NO_x燃焼には有利である。また、図16に比べ、火炎基部が2列目に位置し、3列目から5

10

【実施例5】

【0065】

本実施例は、実施例1と比較して、中央部破線52の内側に配置した空気孔だけでなく、中央部破線52の外側の空気孔にも燃料の分散性能が低い第1の燃料ノズル群を使用している点が異なる。

【0066】

図18は、本実施例における空気孔プレートの拡大図である。図19は、空気孔55の拡大図を示す。空気孔55は旋回角を有しておらず、先端にテーパ70を施した燃料ノズル42と一対になっている。また、空気孔55と燃料ノズル42の中心軸をずらすとともに、空気孔55の中に燃料ノズル42の先端を挿入していない。

20

【0067】

図19に示す第1の燃料ノズル群では、燃料ノズル42の先端に乱れが生じない。また、空気の流れに対し燃料噴流が偏っているため、燃料と空気の混合が十分に進まない。そのため、グラフ60に示すように、空気孔出口で局所的に燃料濃度の濃い領域が残り、空気孔の出口断面における燃料の分散性能は低い。また、空気孔出口の低流速循環領域29に隣接するため、この低流速循環領域29に燃料が取込まれ、低流速循環領域29を起点に火炎が形成される。

【0068】

本実施例のように、中央部破線52の外側領域に、燃料の分散性能が低い燃料ノズルを配置することによって、安定的に燃焼する火炎基部25を増やしたため、火炎の燃焼安定性を向上させることができる。

30

【実施例6】

【0069】

図20は、実施例6におけるバーナ面を示す。本実施例は、実施例1のバーナを一つのセクターバーナ80とし、マルチ状に配置して一つのバーナを構成している。それぞれのバーナにおいて、中央部破線52内の空気孔53、54は旋回角を施しており、第1の燃料ノズル群と第2の燃料ノズル群を交互に配置している。そのため、個々のセクターバーナ80に火炎がそれぞれ形成される。セクターバーナ80によって形成する火炎の個数を変

40

【0070】

図27は、7つのセクターバーナのうち、外周6個のセクターバーナ81における中央1列目をすべて第2の燃料ノズル群(燃料ノズルがリブ型ノズル)としている。図7に示すように、1つのセクターバーナにおいて、燃料の分散性能が高い燃料ノズル(第2の燃料ノズル群)のみを配置すると、失火限界におけるNO_xの排出量は本発明に比べ高くなる。そこで、本実施例のようにマルチ配列にすると、中央のセクターバーナ80が周囲のセクターバーナ81に熱及び化学活性種を供給する。そのため、セクターバーナ81が単独で燃焼する場合に比べて、燃焼安定性が向上する。従って、図20に比べて燃焼安定性を維持し、かつ、外周のセクターバーナが全て第2の燃料ノズル群を採用している分だけ

50

、さらなる低NO_x化を実現できる。なお、図27に示すバーナの直径は、220mmである。そして、1つのセクターバーナの直径は、約70mmとなる。

【0071】

図28は、中央セクターバーナ80において、1列目の空気孔に囲まれた面積が広がっている。このように、中央セクターバーナ80の中央部に設けられた保炎領域が大きくなることで、中央セクターバーナ自体の燃焼安定性が向上する。また、中央セクターバーナから周囲のセクターバーナに供給される熱および化学活性種の量が増加するため、バーナ全体の燃焼安定性を向上できる。

【実施例7】

【0072】

図21はバーナ端面図である。本実施例は、空気孔53（第1の燃料ノズル群）の直径を、他の空気孔の直径に比べて小さくしている。また、燃料ノズル42の内部流路47の直径も、小さくしている。図22は、中央部破線52内に配置された空気孔プレートの円周方向における展開図（図21のC曲線に沿って展開した図）を示す。

【0073】

空気孔53の直径を他の空気孔に比べて小さくしているため、空気孔53に流入する空気流26の量を減らすことができる。また、燃料ノズル42の内部流路47の直径を、燃料ノズル43の内部流路48の直径に比べて小さくすることで、1本の燃料ノズル42が空気孔53に供給する燃料流量を、他の燃料ノズル43が空気孔に供給する燃料流量よりも少なくしている。

【0074】

このとき、空気孔53に流入する空気量と、燃料ノズル42から噴出する燃流量が、他の空気孔・燃料ノズルに比べて少ないため、火炎基部25の燃焼量が火炎24の燃焼量に比べて小さくなる。そして、燃焼器全体でのNO_x排出量を低く抑えることができる。また、火炎基部25の個数は変わらないため、燃焼安定性を大きく損なうことはない。本実施例は他の実施例でも同様に有効である。

【0075】

燃料の分散性能が低く、空気孔出口において局所的に燃料濃度の高い第1の燃料ノズル群に供給する1本あたりの燃料流量を、燃料の分散性能が高く、空気孔出口における燃料濃度分布が平均化されている第2の燃料ノズル群に供給する1本あたりの燃料流量に比べて少なくする方法は、他の実施例でも有効である。火炎基部を形成する第1の燃料ノズル群に供給する燃料流量を減らし、火炎基部を縮小することにより、さらなるNO_xの低減を図ることができる。

【0076】

本実施例では、中央部破線52内で火炎基部25を形成する空気孔53の直径を、他の燃料ノズルの空気孔直径に比べて小さくすることにより、空気孔53に流入する空気量を減らしている。しかし、空気孔53と組み合わせる燃料ノズルを太くしても同様の効果が得られる。なお、先端に空気循環流が形成されないように、燃料ノズル先端にテーパを設ける必要がある。

【実施例8】

【0077】

本実施例は、実施例1と比較して、中央部破線内の燃料ノズルに供給する燃料を2系統に分けて制御する点が異なる。図23に示すように、第1の燃料ノズル群の燃料ノズル42は燃料供給系統83から燃料を供給され、第2の燃料ノズル群の燃料ノズル43は燃料供給系統84から燃料を供給される。それぞれの燃料系統は、流調弁85、86を備え、別々に燃料流量を制御することができる。

【0078】

本構成とすることにより、起動から定格負荷条件の幅広い運転条件において、常に最適な燃焼量の火炎基部25を形成することができる。定格負荷条件の火炎基部25は、必要最小限の燃焼量とし、火炎基部25から発生するNO_xの排出量を最小限に抑えることが

10

20

30

40

50

出来る。

【 0 0 7 9 】

一方、ガスタービンの発電負荷が少なく燃焼器全体の燃空比が低い条件における火炎基部 2 5 は、火炎 2 4 を維持するために燃焼量を増加させる。そのために、空気孔内の空気に対する第 1 の燃料ノズル群から噴出する燃料量は、第 2 の燃料ノズル群から噴出する燃料量より大きくするように運用する。前記運用によって、ガスタービンの運用負荷範囲を広くすることができる。また、ガスタービンの発電負荷の低い条件では、火炎全体の燃空比が低いため NO_x の排出量も抑えることが出来る。

【実施例 9】

【 0 0 8 0 】

図 2 4 は、本実施例における燃料ノズルと空気孔の拡大図を示す。本実施例は実施例 1 に比べて、空気孔の直線部 5 8 を設け、燃料と空気が混合するための予混合距離を長くしている。また、先端にテーパを設けた燃料ノズル 4 2 も長くし、先端部を空気孔 5 3 の傾斜部まで伸ばしている。一方、リブを設けた燃料ノズル 4 3 の燃料噴孔は、空気孔の直線部 5 8 の入口に配置する。図 2 4 において、第 1 の燃料ノズル群は燃料ノズル 4 2 に該当し、第 2 の燃料ノズル群は燃料ノズル 4 3 に該当する。このような構成とすることにより、第 1 の燃料ノズル群は、燃料が空気と混合されないで空気孔出口から噴出される。そのため、局所的に燃料濃度の濃い領域が残存する。

【 0 0 8 1 】

一方、第 2 の燃料ノズル群では、燃料ノズル 4 3 から噴出した燃料が空気と混合する予混合距離を、第 1 の燃料ノズル群より長く取られている。そのため、第 2 の燃料ノズル群では、空気孔の出口断面における燃料の分散性能が高い。この結果、火炎 2 4 の燃焼安定性を維持しつつ、より一層の NO_x 排出量の低減を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 8 2 】

【図 1】本発明の実施例 1 におけるガスタービン燃焼器の図である。

【図 2】本発明の実施例 1 におけるバーナ端面図である。

【図 3】本発明の実施例 1 におけるテーパ型燃料ノズルと空気孔およびその位置関係、ならびに空気および燃料噴流の流れを示した側断面図である。

【図 4】本発明の実施例 1 におけるリブ型燃料ノズルと空気孔およびその位置関係、ならびに空気および燃料噴流の流れを示した側断面図である。

【図 5】本発明の実施例 1 における燃料ノズルと空気孔および燃料噴流、低流速循環領域と火炎との関係を示した側断面図である。

【図 6】ガスタービン燃焼器の全体を表す縦断側面の概略図である。

【図 7】燃焼ガス温度と NO_x との関係を示した図である。

【図 8】本発明を構成する燃料ノズルの一例として示した図である。

【図 9】本発明を構成する燃料ノズルの一例として示した図である。

【図 10】本発明を構成する燃料ノズルの 1 例として示した図である。

【図 11】本発明の実施例 2 における燃料ノズルと空気孔および燃料噴流、低流速循環領域と形成される火炎との関係を示した側断面図である。

【図 12】本発明の実施例 3 におけるバーナ端面図である。

【図 13】本発明の実施例 3 における燃料ノズルと空気孔および燃料噴流、低流速循環領域と形成される火炎との関係を示した側断面図である。

【図 14】本発明の実施例 3 の一例として示したバーナ端面図である。

【図 15】本発明の実施例 4 におけるバーナ端面図である。

【図 16】本発明の実施例 4 の一例として示したバーナ端面図である。

【図 17】本発明の実施例 4 の一例として示したバーナ端面図である。

【図 18】本発明の実施例 5 におけるバーナ端面図である。

【図 19】本発明の実施例 5 における燃料ノズルと空気孔およびその位置関係ならびに空気、および燃料噴流の流れを示した側断面図である。

10

20

30

40

50

【図 20】本発明の実施例 6 におけるバーナ端面図である。

【図 21】本発明の実施例 7 におけるバーナ端面図である。

【図 22】本発明の実施例 7 における燃料ノズルと空気孔およびその位置関係ならびに空気および燃料噴流の流れを示した側断面図である。

【図 23】本発明の実施例 8 における燃料ノズルと空気孔およびその位置関係を示した側断面図である。

【図 24】本発明の実施例 9 における燃料ノズルと空気孔およびその位置関係ならびに燃料系統を示した側断面図である。

【図 25】実施例 1 におけるバーナ端面図である。

【図 26】実施例 1 におけるバーナ端面図である。

【図 27】実施例 6 におけるバーナ端面図である。

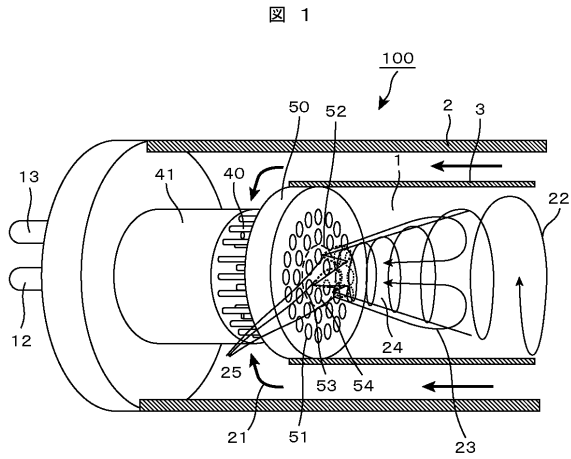
【図 28】実施例 6 におけるバーナ端面図である。

【符号の説明】

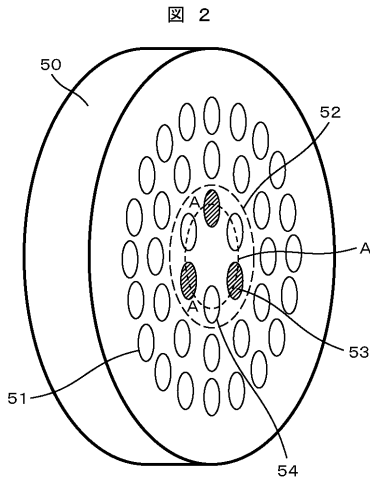
【0083】

1	燃焼室	
2	外筒	
3	燃焼器ライナ	
10	圧縮機	
11	タービン	
12, 13, 14, 83, 84	燃料供給系統	20
15, 16, 41	燃料ヘッダー	
19	空気	
20	冷却空気	
21	燃焼空気	
22	旋回流	
23	循環流	
24	火炎	
25	火炎基部	
26	空気流	
27, 28	燃料流	30
29, 30	低流速循環領域	
31	渦	
40, 42, 43, 44, 45, 46	燃料ノズル	
47, 48	内部流路	
49, 51, 53, 54, 55	空気孔	
50	空気孔プレート	
52	破線	
56	1列目空気孔	
57	2列目空気孔	
58	空気孔直線部	40
60	グラフ	
61	実線	
62	完全混合時の燃料濃度	
70	テーパ	
71	リブ	
80, 81	セクターバーナ	

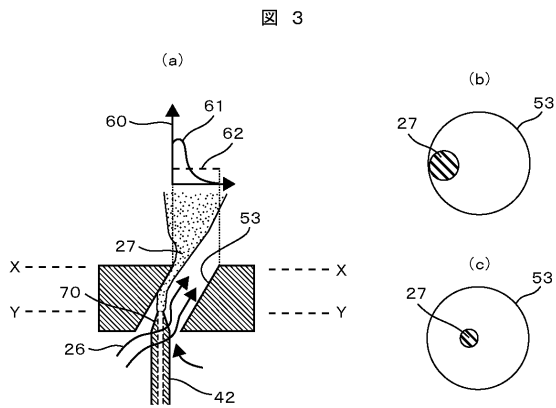
【 図 1 】



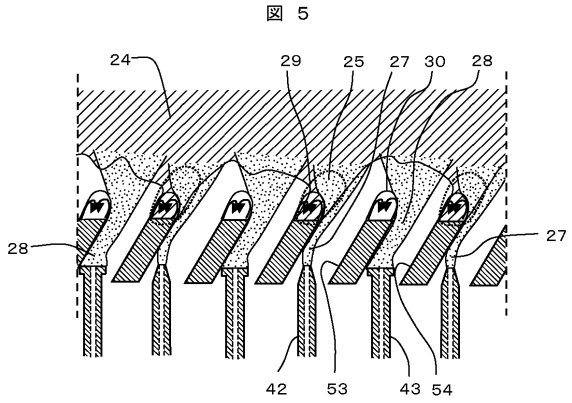
【 図 2 】



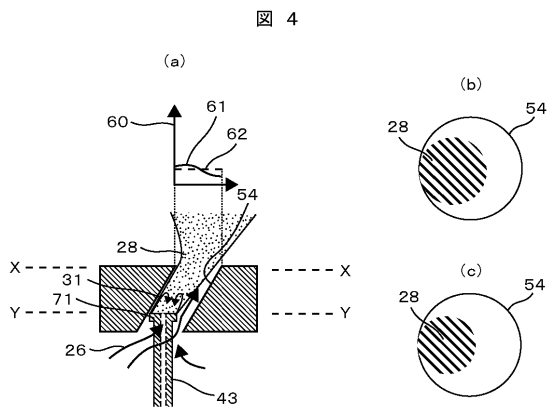
【 図 3 】



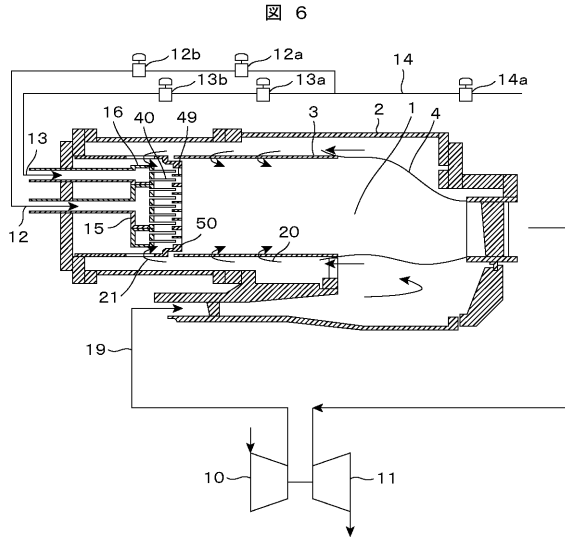
【 図 5 】



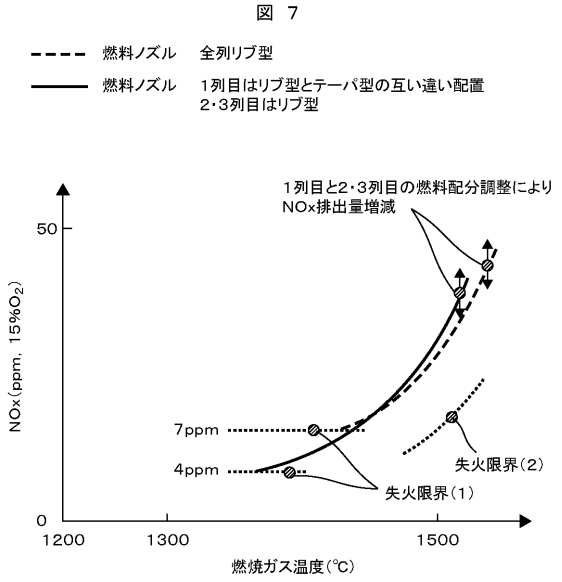
【 図 4 】



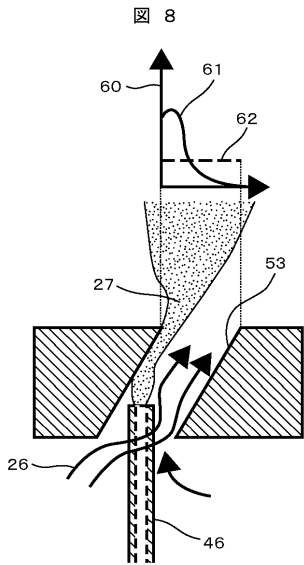
【図6】



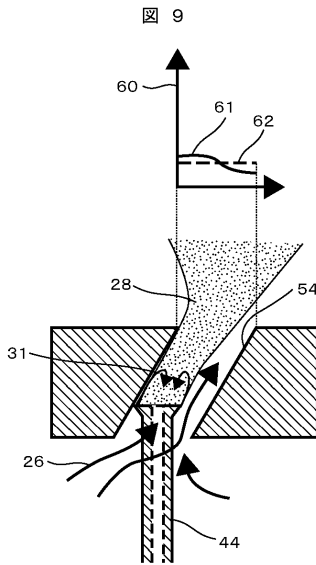
【図7】



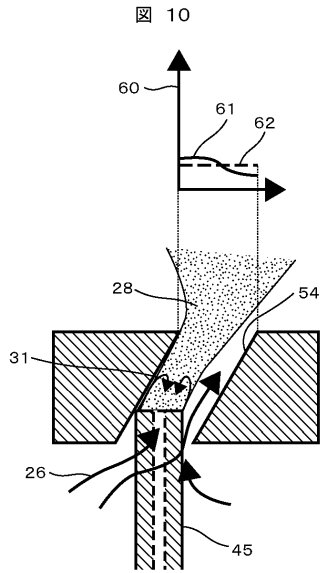
【図8】



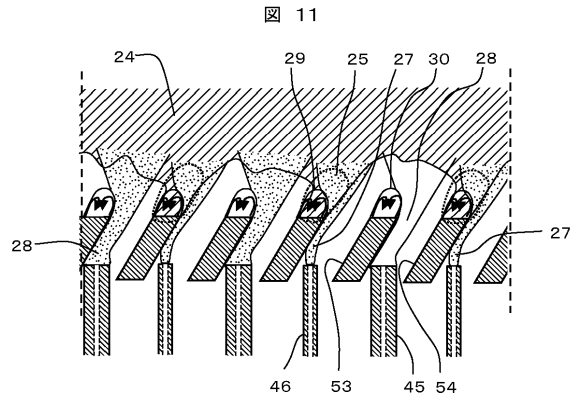
【図9】



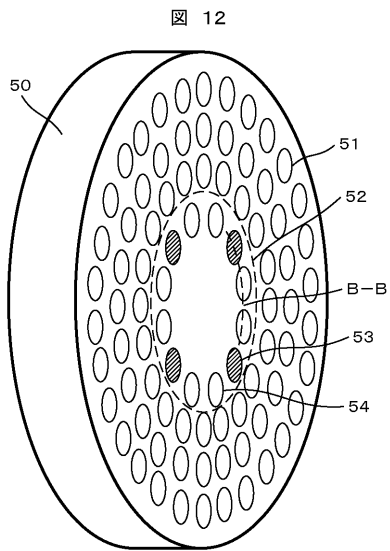
【図10】



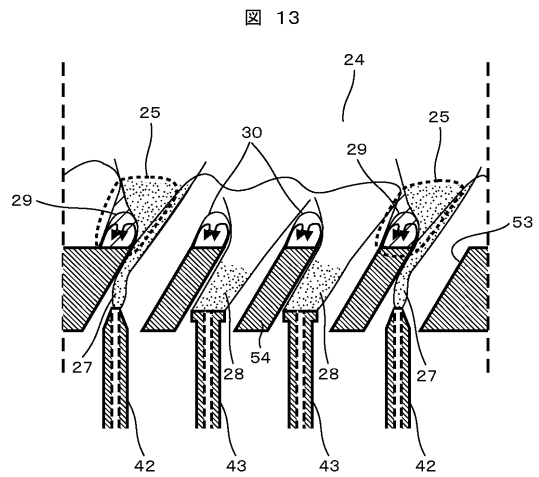
【図11】



【図12】

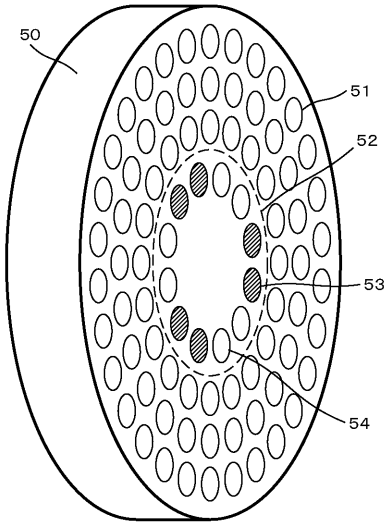


【図13】



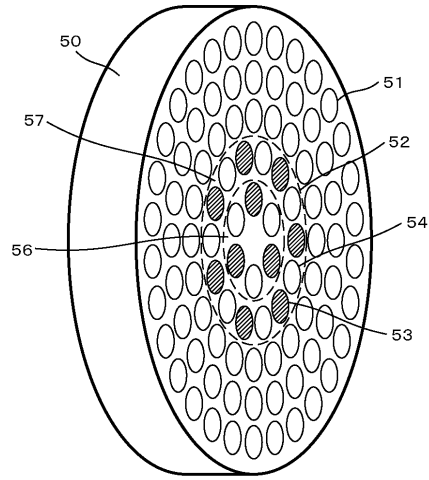
【図 14】

図 14



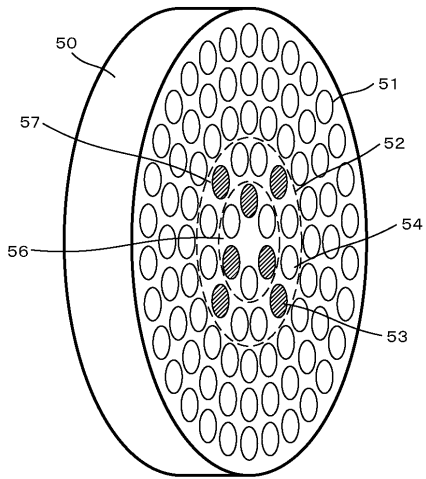
【図 15】

図 15



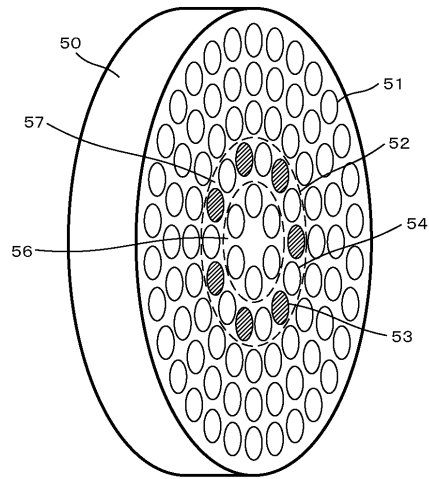
【図 16】

図 16



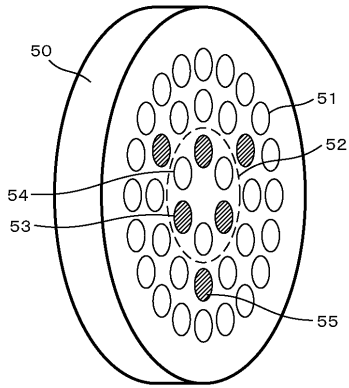
【図 17】

図 17



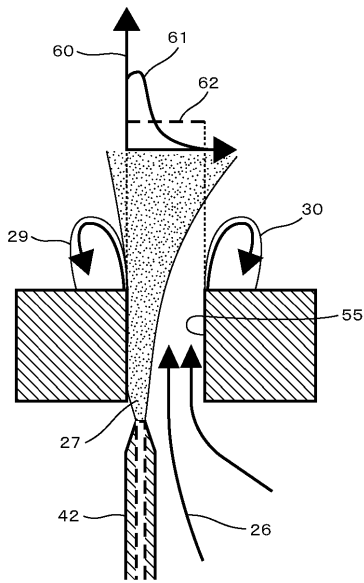
【図18】

図 18



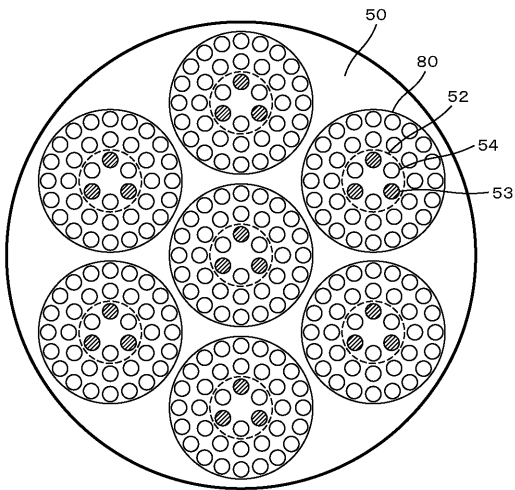
【図19】

図 19



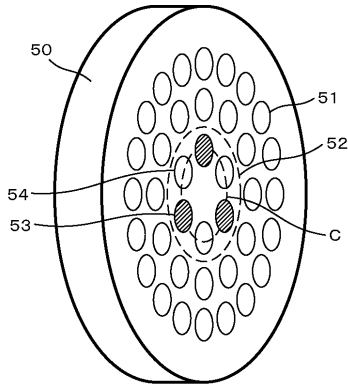
【図20】

図 20



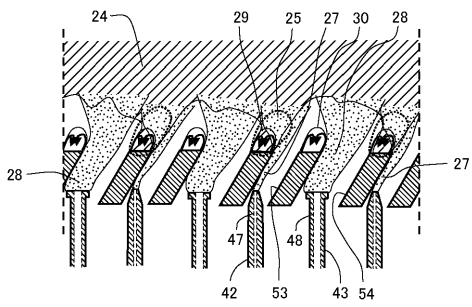
【図21】

図 21

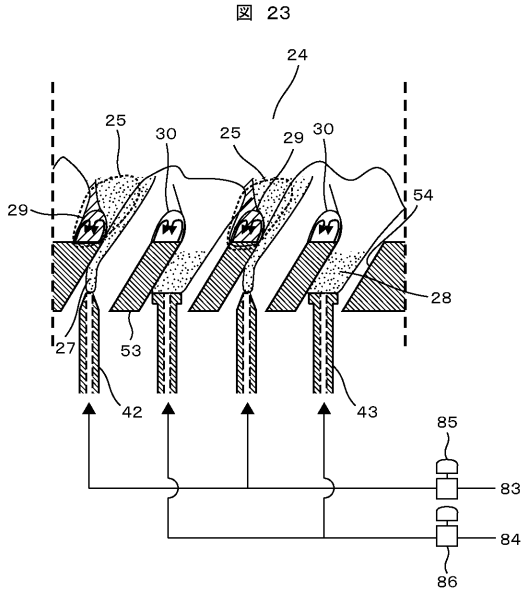


【図22】

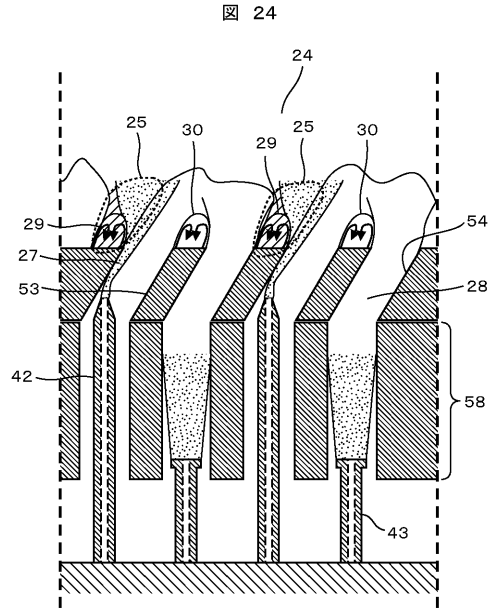
図 22



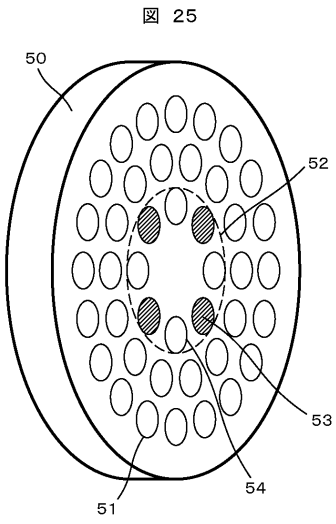
【図 23】



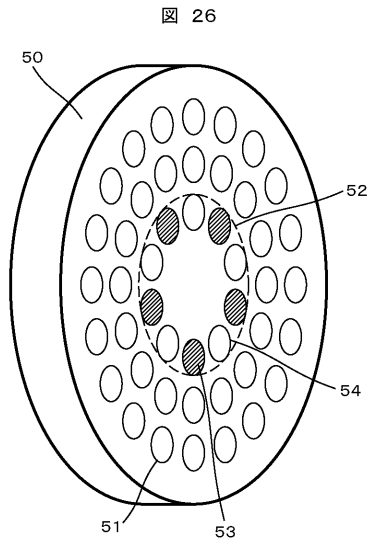
【図 24】



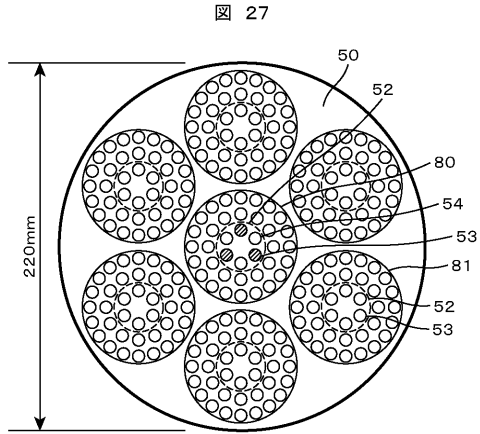
【図 25】



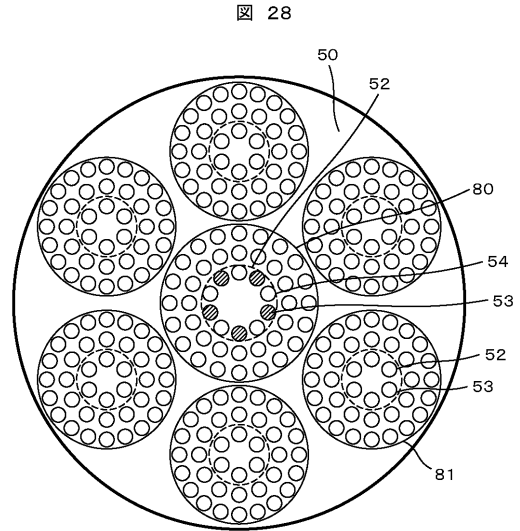
【図 26】



【 27 】



【 28 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I
F 0 2 C 7/232 (2006.01) F 0 2 C 7/232 B
F 2 3 R 3/02 (2006.01) F 2 3 R 3/02

(72) 発明者 小山 一仁
茨城県日立市大みか町七丁目 2 番 1 号 株式会社 日立製作所 電力・電
機開発研究所内

(72) 発明者 齋藤 武雄
茨城県日立市大みか町七丁目 2 番 1 号 株式会社 日立製作所 電力・電
機開発研究所内

審査官 藤原 弘

(56) 参考文献 特開 2 0 0 6 - 0 1 7 3 8 1 (J P , A)
特開昭 6 4 - 0 3 8 5 2 2 (J P , A)
特開 2 0 0 5 - 0 3 0 6 6 7 (J P , A)
特開 2 0 0 4 - 1 7 0 0 1 0 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 1 4 8 7 3 4 (J P , A)

(58) 調査した分野(Int.Cl. , DB名)

F 0 2 C 1 / 0 0 - 9 / 5 8
F 2 3 R 3 / 0 0 - 7 / 0 0