

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

気体燃料と空気を予め混合して燃焼室に混合ガスを噴出する予混合バーナを一つ以上備えたガスタービン燃焼器であって、

前記予混合バーナの前記燃焼室側の端面であるバーナ出口端面に接続され、かつ、前記予混合バーナの外周に配置されて前記予混合バーナを囲う円筒を備え、

前記円筒に複数の空気供給孔を有し、隣り合う前記空気供給孔同士の間隔及び前記空気供給孔と前記バーナ出口端面との間隔が、前記予混合バーナから噴出される予混合気の消炎距離よりも小さいことを特徴とするガスタービン燃焼器。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のガスタービン燃焼器であって、

前記予混合バーナとして、複数の空気孔を有する空気孔プレートと、前記空気孔プレートの空気孔に気体燃料を噴射する燃料ノズルとを備え、前記空気孔の一つと前記燃料ノズルの一つとが対となり、対となった複数の前記燃料ノズル及び前記空気孔をひとまとめにして配置して構成されるバーナを一つ以上備えたことを特徴とするガスタービン燃焼器。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載のガスタービン燃焼器であって、

隣り合う前記空気供給孔同士の間隔及び前記空気供給孔と前記バーナの出口端面との間隔が、1cmよりも狭いことを特徴とするガスタービン燃焼器。

【請求項 4】

請求項 1 ～ 3 の何れか一項に記載のガスタービン燃焼器であって、

複数の前記予混合バーナで構成されるマルチバーナを備えたことを特徴とするガスタービン燃焼器。

【請求項 5】

請求項 1 ～ 4 の何れか一項に記載のガスタービン燃焼器であって、

燃焼室を囲うライナと、

前記ライナと前記ライナに挿入された前記円筒との間に設置されて前記円筒と前記ライナを固定し、前記ライナと前記円筒との間の空気の流れを阻害するシール部材とを備え、

前記円筒に設けられた前記空気供給孔が、前記ライナと前記円筒との間を流下する空気の流れ方向について、前記シール部材の上流端から下流端までの範囲に配置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 6】

請求項 1 ～ 5 の何れか一項に記載のガスタービン燃焼器であって、

前記空気供給孔は前記バーナ出口端面に平行、または前記バーナ出口端面に向かって開口していることを特徴とするガスタービン燃焼器。

【請求項 7】

請求項 5 に記載のガスタービン燃焼器であって、

前記空気供給孔が前記円筒の周方向に長い長穴形状であることを特徴とするガスタービン燃焼器。

【請求項 8】

請求項 5 に記載のガスタービン燃焼器であって、

前記ライナと前記円筒ガイドとの間の前記空気供給孔よりも下流に、空気の流れを阻害するリップを備えたことを特徴とするガスタービン燃焼器。

【請求項 9】

請求項 5 に記載のガスタービン燃焼器であって、前記空気供給孔のうち、バーナに近接する前記空気供給孔の径がバーナから距離が離れている空気供給孔の径よりも小さいことを特徴とするガスタービン燃焼器。

【請求項 10】

請求項 2 に記載のガスタービン燃焼器であって、前記燃焼器は複数の燃料系統を備え、各バーナは空気孔および燃料ノズルが複数列の円周上に配置され、前記燃料ノズルのうち

10

20

30

40

50

内周側燃料ノズルと外周側燃料ノズルで別々の燃料系統に接続され、前記内周燃料ノズルよりも前記外周燃料ノズルに供給する1本当たりの燃料流量が少ないことを特徴とするガスタービン燃焼器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はガスタービン燃焼器に関する。

【背景技術】

【0002】

環境保護の観点からガスタービンにはさらなる低NO_x化が求められている。ガスタービン燃焼器を低NO_x化するための一方策として、予混合燃焼器があげられる。また、特許文献1には、燃焼室に燃料を供給する燃料ノズルと、この燃料ノズルの下流側に位置し、空気を供給する空気孔とを多数備え、燃料ノズルの噴出孔と空気孔とを同軸上に配置した燃料燃焼用ノズルから構成される燃焼器が示されており、耐逆火性と低NO_x燃焼を兼ね備えた燃焼器を開示している。

10

【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】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1では空気孔内部で燃料と空気の混合を促進した場合に生じる火炎の保炎位置の変化やメタル温度の上昇といった課題に対して、検討がなされていなかった。

【0005】

そこで本発明の目的は、火炎を安定に形成し、ライナやバーナ出口端面のメタル温度を低減できる燃焼器を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、気体燃料と空気を予め混合して燃焼室に混合ガスを噴出する予混合バーナを一つ以上備えたガスタービン燃焼器であって、前記予混合バーナの前記燃焼室側の端面であるバーナ出口端面に接続され、かつ、前記予混合バーナの外周に配置されて前記予混合バーナを囲う円筒を備え、前記円筒に複数の空気供給孔を有し、隣り合う前記空気供給孔同士の間隔及び前記空気供給孔と前記バーナ出口端面との間隔が、前記予混合バーナから噴出される予混合気の消炎距離よりも小さいことを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、安定した火炎を形成でき、ライナやバーナ端面のメタル温度を低減できる燃焼器を提供できる。

【図面の簡単な説明】

40

【0008】

【図1】実施例1におけるガスタービン燃焼器のバーナ部の詳細断面図と燃料系統および制御装置を示す図である。

【図2】図1に示した実施例1のバーナを燃焼室側から見た正面図である。

【図3】実施例1のガスタービン燃焼器が適用されるガスタービンプラントの概略構成を示すプラントの系統図である。

【図4】燃焼器の外側バーナ拡大断面図である。

【図5】燃焼器の外側バーナ拡大断面図である。

【図6】燃焼器の外側バーナ拡大断面図である。

【図7】実施例1の外側バーナ拡大断面図である。

50

- 【図 8】実施例 1 の外側バーナ端面と円筒ガイドの斜視図である。
- 【図 9】実施例 1 の外側バーナ拡大断面図である。
- 【図 10】予混合気中の天然ガス濃度と消炎距離の関係を示した図である。
- 【図 11】燃焼器の外側バーナ拡大断面図である。
- 【図 12】実施例 1 のバリエーションの一つを示した外側バーナ拡大断面図である。
- 【図 13】実施例 1 のガスタービン燃焼器のバリエーションの一つについて、バーナ部の詳細断面図と燃料系統および制御装置を示す図である。
- 【図 14】実施例 2 の外側バーナ拡大断面図である。
- 【図 15】実施例 3 のバーナを燃焼室側から見た正面図である。
- 【図 16】実施例 3 の外側バーナ端面と円筒ガイドの斜視図である。
- 【図 17】実施例 4 の外側バーナ端面と円筒ガイドの斜視図である。
- 【図 18】実施例 5 におけるガスタービン燃焼器のバーナ部の詳細断面図である。
- 【図 19】図 18 に示した実施例 5 のバーナを燃焼室側から見た正面図である。
- 【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、各実施例について説明する。

【0010】

(実施例 1)

図 3 は発電用ガスタービンプラントの全体構成を表すシステム図である。

【0011】

図 3 において、発電用ガスタービンは、吸い込み空気 15 を加圧して高圧空気 16 を生成する圧縮機 1 と、圧縮機 1 で生成した高圧空気 16 と気体燃料 50 とを燃焼させて高温燃焼ガス 18 を生成する燃焼器 2 と、燃焼器 2 で生成した高温燃焼ガス 18 によって駆動されるタービン 3 と、タービン 3 の駆動によって回転され電力を発生させる発電機 8 と、圧縮機 1、タービン 3 及び発電機 8 を一体に連結するシャフト 7 を備える。

【0012】

燃焼器 2 は、ケーシング 4 の内部に格納されている。また、燃焼器 2 は、その頭部に複数のバーナで構成されるマルチバーナ 6 を備え、このマルチバーナ 6 の下流側となる燃焼器 2 の内部に、高圧空気と燃焼ガスとを隔てる概略円筒状の燃焼器ライナ 10 を備える。

【0013】

この燃焼器ライナ 10 の外周に、高圧空気を流下させる空気流路を形成する外周壁となるフロースリーブ 11 が配設されている。フロースリーブ 11 は燃焼器ライナ 10 よりも直径が大きく、燃焼器ライナ 10 とほぼ同心円の円筒状に配設されている。

【0014】

燃焼器ライナ 10 の下流側は、燃焼器 2 の燃焼室 5 で発生した高温燃焼ガス 18 をタービン 3 に導くための尾筒内筒 12 が配設されている。また、尾筒内筒 12 の外周側に、尾筒外筒 13 が配設されている。

【0015】

吸い込み空気 15 は、圧縮機 1 によって圧縮された後に高圧空気 16 となる。高圧空気 16 は、ケーシング 4 内に充満した後、尾筒内筒 12 と尾筒外筒 13 の間の空間に流入し、尾筒内筒 12 を外壁面から対流冷却する。

【0016】

さらに高圧空気 16 は、フロースリーブ 11 と燃焼器ライナ 10 との間に形成された環状の流路を通過して燃焼器の頭部に向かって流れる。マルチバーナ 6 に流入した高圧空気 16 は、燃焼室 5 の上流側壁面に位置する空気孔プレート 31 に設けられた多数の空気孔 32 に流入する。

【0017】

空気孔 32 に流入した高圧空気 16 は、燃料ノズル 20 から噴出される気体燃料と混合し、予混合気 17 として燃焼室 5 に流入する。予混合気 17 は燃焼室 5 で燃焼して高温燃焼ガス 18 を生成する。この高温燃焼ガス 18 は尾筒内筒 12 を通じてタービン 3 に供給

10

20

30

40

50

される。タービン 3 に供給された高温燃焼ガス 18 は、タービン 3 を駆動した後に排出されて、排気ガス 19 となる。

【0018】

タービン 3 で得られた駆動力は、シャフト 7 を通じて圧縮機 1 及び発電機 8 に伝えられる。タービン 3 で得られた駆動力の一部は、圧縮機 1 を駆動して空気を加圧し高圧空気を生成する。また、タービン 3 で得られた駆動力の他の一部は、発電機 8 を回転させて電力を発生させる。

【0019】

マルチバーナ 6 は気体燃料系統 51 ~ 53 の 3 つの燃料系統を備える。それぞれの燃料系統は燃料流量調整弁 61 ~ 63 を備えており、各気体燃料系統の流量は制御装置 64 の信号で弁開度を調節することにより制御し、ガスタービンプラント 9 の発電量が制御される。また、3 つの燃料系統に分岐する上流側には、燃料を遮断するための燃料遮断弁 60 が備えられている。

10

【0020】

マルチバーナ 6 の詳細を図 1 の断面図に示し、空気孔プレート 31 を燃焼室 5 側から見た正面図を図 2 に示す。本実施例のマルチバーナ 6 は、中央バーナ 76 と 6 つの外側バーナ 77 から構成される。各バーナは多数の燃料ノズル 20 と、気体燃料を多数の燃料ノズル 20 に分配する燃料ヘッド 23 と、空気および燃料が通過する空気孔 32 が燃料ノズルに 1 対 1 に対応して配置された空気孔プレート 31 から構成される。また、図 2 の正面図に示すように、各バーナの空気孔 32 は 3 列の同心円上に配置されている。中央バーナには気体燃料系統 51 が接続しており、外側バーナは内周部と外周部の 2 つの群に分けられ、それぞれ気体燃料系統 52、53 が接続している。

20

【0021】

図 7 の外側バーナ 77 の拡大断面図に示すように、燃料ノズル 20 の先端にはリブ 28 が取り付けられ、さらに空気孔 32 の内部に燃料ノズル 20 の先端が挿入されている。そのため、空気 16 が燃料ノズル先端のリブ 28 を通過する際に渦が発生し、燃料噴流と空気 16 の混合を促進することができる。そして、短い空気孔長さで燃料と空気を予混合化することができる。

【0022】

図 1 に示すように空気孔プレート 31 に設けられた空気孔 32 は、円錐状の火炎を形成するため、燃焼室 5 に面した出口においてバーナ中心軸に対し傾斜させており、バーナ下流に旋回流 40 を形成する。旋回流 40 の中心部は負圧になるため循環流 41 が形成され、循環流 41 は燃焼室下流から高温の燃焼ガスを上流側に輸送し、予混合気と熱を供給する。この作用により火炎 43 を安定に保炎し、バーナの中心から 1 列目の空気孔を起点に円錐状の火炎 43 を形成することができる。円錐状の火炎 43 を形成することにより、空気孔 32 の出口から火炎 43 に到達するまでの距離を長くすることができるため、空気孔 32 から噴出された後も燃料と空気がさらに混合し、低 NOx 燃焼させることができる。

30

【0023】

燃焼器内部は非常に高温となり、また、場所によって温度が異なるため、ライナ 10 とフロースリーブ 11 の間に熱伸び差が生じる。そのため、バーナとライナ 10 を完全に固定してしまうと熱伸び差によって固定部に応力が発生し、破損する恐れがある。そのため、バーナの外周部にパネ状のシール部材を取付け、バーナをライナ 10 内部に挿入して固定する方法があげられる。この場合、パネ状シール部材によってライナ 10 を燃焼器半径方向に対し固定できるとともに、軸方向に対しては拘束しないためライナ 10 とフロースリーブ 11 の熱伸び差を吸収することができる。

40

【0024】

本実施例では、空気孔プレート 31 を厚くすると空気孔内に火炎が逆流し焼損するリスクが発生するため、空気孔プレート 31 を燃料と空気を混合するために必要な最小限の厚みにしている。燃料と空気の混合の観点から、空気孔プレート 31 の厚みを必要最小限としたことにより、空気孔プレート 31 だけではパネ状シール部材を固定できない。そのた

50

め、本実施例では、空気供給孔 38 を有する円筒状のガイド 36 を空気孔プレート 31 の外周部に取り付けている。そして、円筒ガイド 36 の外周にバネ状シール部材 37 を取り付け、ライナ 10 の内部にバーナを挿入している。なお、円筒ガイド 36 はバーナ出口端面 30 と接続され、マルチバーナ 6 を囲うように構成されている。

【0025】

ここで、本実施例と異なり、空気供給孔 38 が円筒ガイド 36 に配設されていない場合の外側バーナ 77 の詳細断面図を図 4 に示す。外側バーナの空気孔から噴出される予混合気 17 の流れにともない、外側バーナ 77 の最外周の空気孔と円筒ガイド 36 の間の領域において循環流 42 が生じる。さらに特許文献 1 に対しさらなる NOx 低減のため、燃料ノズル先端にリップ 28 を設け空気孔 32 の内部に挿入することによって空気孔内部で燃料と空気を予混合化すると共に、空気孔をバーナ中心軸に対し傾斜させバーナ下流に旋回流を形成することで円錐状の火炎 43 を形成して燃焼室 5 内での混合距離を長くしている。

10

【0026】

バーナの外周部空気孔から噴出された予混合気 17 は、火炎 43 に到達するまでに周囲に拡散するため、予混合気 17 の一部はバーナ外周部の循環流 42 に取り込まれ滞留する。また、マルチバーナの場合、図 2 に示すようにバーナとバーナの間には大きなデッドスペース 35 があり、より大きな循環流が形成される。燃焼室 5 内の流れ場は、旋回流により大きく変動している。そのため、この変動によって図 4 に示すように火炎 43 によって発生した高温の燃焼ガス 18 が外側バーナ 77 と円筒ガイド 36 の間の空間で一時的に上流側に逆流することがある。

20

【0027】

このとき、循環流 42 は予混合気 17 で満たされているため、高温の燃焼ガスによって予混合気が着火し、循環流全体が高温になる。一度、循環流内が高温化すると図 5 に示すように火炎 43 が変形し、外側バーナ最外周の空気孔出口周囲 47 を起点に保炎される。外側バーナ最外周の空気孔出口周囲 47 を起点に保炎された火炎 43 は、バーナ外側の循環流 42 によって高温の燃焼ガスが供給されるため、定常的に保炎されることとなる。その結果、火炎 43 が円筒ガイド 36 やライナ 10 に近接することによりメタル温度が上昇する。また、火炎位置が上流側に移動するため、燃料と空気の正味の混合距離が短くなり、NOx 排出量が増加する恐れがある。

30

【0028】

また、図 6 に示すように空気孔プレートが厚く円筒ガイドがない場合においても、空気孔 32 から噴出される予混合気 17 の流れに伴ってバーナ外周部に循環流 42 が形成される。バネ状シール部材 37 を通過した漏れ空気 45 が燃焼室 5 内部に流入するが、ライナ 10 に沿って流れ、循環流 42 とはほとんど混合しないため、循環流 42 内に予混合気が滞留し、高温の燃焼ガス 18 が上流に一時的に逆流することによって、循環流 42 中の予混合気が着火し、図 5 と同様に火炎が外側バーナ最外周の空気孔出口周囲 47 を起点に保炎される。

40

【0029】

そこで本実施例では、図 7、図 8 に示すように燃焼室 5 側のバーナ外周に取り付けた円筒ガイド 36 に空気供給孔 38 を設けている。空気供給孔 38 はバーナ出口端面 30 近傍かつバーナ出口端面 30 に対し水平方向に開口している。バネ状シール部材 37 は弾性機能を有するためにスリットが設けてあり、ライナ 10 と空気孔プレート 31 の隙間を通過した空気 44 はバネ状シール部材 37 を通過し、一部はそのままバーナ状シール部材を通過して漏れ空気 45 として燃焼室 5 に供給され、残りの空気は空気供給孔 38 を通過して空気噴流 46 として燃焼室 5 に噴出される。

40

【0030】

空気噴流 46 はバーナ出口端面 30 に沿ってバーナ中心方向に向かって流れ、外側バーナ 77 のバーナ最外周部の空気孔出口周囲 47 に流入する。また、本実施例では、隣り合う空気供給孔 38 の間隔 D1 を火炎の消炎距離より短くしており、空気供給孔 38 とバーナ出口端面 30 との間隔 D2 についても火炎の消炎距離より短くしている。

50

【0031】

保炎の起点となり得る外側バーナ最外周の空気孔出口周囲47において、空気噴流46が直接到達する領域では燃料が存在せず火炎が保炎することができない。また、隣り合う空気噴流46の間隔、空気噴流46とバーナ出口端面30の間隔が消炎距離以下であるため、たとえその空間における燃空比が高くても火炎が保炎することができない。そのため、火炎形状の変化を抑制し、円錐状の火炎43を維持することができる。

【0032】

図9に示すようにバーナ外周部に到達した空気噴流46は、予混合気流17によって流れ方向を変えられ、予混合気17の一部が循環流42に取り込まれる代わりに空気流46が取り込まれる。そのため、循環流42の燃空比が大幅に低下し、循環流内で火炎が伝播することを防ぐことができる。

10

【0033】

ただし、空気噴流46の噴出流速が空気孔32から噴出される予混合気噴流17に比べて十分に速く、さらに空気供給孔38と空気孔32の出口が非常に近接している場合、予混合気流17の流れを阻害して燃焼不安定を引き起こす可能性がある。また、さらに空気孔32に近接している空気供給孔38から噴出された空気噴流46は循環流42に取り込まれなくなる恐れがある。

【0034】

このような問題に対しては、例えば、バネ状シール部材上流側37aの通過断面積を空気供給孔38とバネ状シール部材下流側37bの通過断面積よりも小さくし、空気噴流46の噴出流速を低減することが考えられる。これにより、空気噴流46の慣性力を弱め、空気孔32が噴出される予混合気流の流れへの影響を最小限にし、確実に循環流42に取り込まれるようにすることができる。

20

【0035】

以上のように、バーナを囲う円筒ガイドに空気供給孔38を設け、隣り合う空気供給孔38同士の間隔D1及び空気供給孔38とバーナ出口端面30との間隔D2を予混合気の消炎距離よりも小さく構成することによって、火炎の形状変化や近接によるメタル温度上昇を抑制することができ、さらに空気噴流46がバーナ出口端面30を沿って流れることによりバーナ表面に空気の層を形成し、バーナ出口端面30の温度を低減することができる。即ち、安定した火炎を形成でき、ライナやバーナ端面のメタル温度を低減できる。

30

【0036】

さらに、空気孔プレート31に設けられた複数の空気孔を介して燃料と空気の予混合気を燃焼室に供給する予混合バーナにおいては、燃料に空気孔プレート31を厚くすると、空気孔内に火炎が逆流し焼損するリスクがある。また、単純にプレートの厚みを薄くした場合、シール部材の取り付けが困難となる場合がある。しかしながら本実施例の構成であれば、円筒ガイドによってシール部材の取り付けスペースを確保でき、空気孔プレート31を燃料と空気を混合するために必要な最小限の厚みにすることができる。これにより、空気孔内に火炎が逆流するリスクをも低減することが可能となるため、安定した火炎の形成とライナやバーナ端面のメタル温度の低減をより顕著に得る事ができる。

40

【0037】

ガスタービンの効率向上のため、タービン入口のガス温度が上昇する傾向にある。しかし、火炎の温度が1600を超えると予混合燃焼でも多量のNOxを排出し、拡散燃焼と同等、または条件によっては多く排出されることから、ガスタービン燃焼器では予混合燃焼方式は1600以下で適用されることがほとんどである。ここで、ガスタービン定格負荷条件の圧縮機出口の平均的な温度である空気温度400において、火炎温度が1600となる予混合気中の天然ガス濃度は約5%である。この場合、図10の予混合気中の天然ガス濃度と消炎距離のグラフに示すように天然ガス濃度5%における消炎距離は約1cmである。したがって、上記の条件で運用される予混合燃焼を採用したガスタービン燃焼器において、D1およびD2を1cm以下とすることは、予混合バーナの外周部に火炎を付着することを防止することに有効である。

50

【0038】

図10の消炎距離は、大気圧、室温のデータであり、圧力、空気温度の上昇によって消炎距離は小さくなる傾向にあるが、図8に示すように空気噴流46は周囲に広がりながら噴出され、さらに空気供給孔38は燃焼器の中心に向かって噴出される。そのため、空気噴流46の間隔は中心に近づくほど狭まり、バーナ外周部到達時における隣り合う空気噴流46の間隔D1'および空気噴流46とバーナ出口端面30との間隔D2'はD1やD2に比べて小さくなる。

【0039】

また、空気噴流46が空気供給孔38から噴出される際に後流48が発生し、空気噴流46の一部は、空気噴流46と空気噴流46の間にも流れ出る。そして、バーナ最外周空気孔出口近傍において空気噴流46と空気噴流46の間に一定量の空気が流入し、局所燃空比を低減することによって消炎距離を長くする効果が得られる。そのため、D1およびD2を1cm以下とすることによりD1'およびD2'を消炎距離よりも十分に短くすることができ、火炎付着防止に有効な効果を得ることができる。D1およびD2を1cm以下とすることは他の実施例においても同様に有効な効果を得ることができる。

10

【0040】

バネ状シール部材37は、円筒ガイド36とライナ10との間の空気の流れを阻害する部材である。そのため、図11に示すように、バネ状シール部材下流側37bよりも下流に空気供給孔38を配置した場合は、空気供給孔の前後で差圧がほとんど生じないため、空気44のほとんどがバネ状シール部材37を通過した後はそのまま下流方向に沿って流れて漏れ空気45となる。そのため、十分な空気が空気供給孔に流入しなくなることによって、バーナ外周部に火炎が付着することを防止できなくなる恐れがある。

20

【0041】

これに対し本実施例では、図9に示したように、ライナ10と円筒ガイド36との間を流下する空気44、45の流れ方向について、バネ状シール部材の上流側37aから下流側37bまでの範囲に空気供給孔38を配置している。そのため、バネ状シール部材下流側37bが抵抗となるため、十分な空気を空気供給孔38に流入させることができ、外側バーナ外周への火炎付着を抑制することができる。

【0042】

空気供給孔38は、図12に示すようにバーナ出口端面30に向かって開口しても良い。空気供給孔38から噴出された空気噴流46は、バーナ出口端面30に衝突し、その後、バーナ出口端面30に沿ってバーナ中心方向に流れ、バーナ外周に流入する。バーナ出口端面30に衝突した空気噴流46は噴出方向に対し垂直方向にも広がるため、空気噴流間の間隔が狭まり、図8に示したD1'およびD2'がさらに小さくなり、火炎の付着をさらに抑制することができる。

30

【0043】

また、本実施例は図1に示したように複数の燃料系統を備えており、外側バーナの中心から1列目の燃料ノズルには燃料系統52が接続され、外周2、3列目の燃料ノズルに対しては燃料系統53が接続され、別々に気体燃料を供給することができる。そのため、外周2、3列目燃料ノズル1本あたりに供給する燃料割合を1列目に比べて少なくし、バーナ最外周空気孔から噴出される予混合気中の燃料濃度を低下させることができる。

40

【0044】

バーナ外側の循環流42に取り込まれる予混合気はバーナ最外周空気孔から噴出される予混合気であるため、バーナ外周に火炎が保炎した場合、火炎の特性はバーナ最外周空気孔から噴出される予混合気の燃空比に支配される。そのため、外周2、3列目燃料ノズル1本あたりに供給する燃料割合を1列目に比べて少なくすることによって火炎の消炎距離を長くすることができ、外側バーナ外周への火炎付着をさらに抑制することができる。

【0045】

本実施例はバーナを複数備えたマルチバーナの構成として示したが、図13に示すように予混合バーナを一つだけ備えた燃焼器においても有効である。マルチバーナのような大

50

きなデッドスペース 35 が無い場合でも、バーナ外周部にはマルチバーナと同様に空気孔 32 から噴出される予混合気の流れに伴って循環流 42 が形成される。そのため、空気供給孔 38 がない場合は循環流 42 内に予混合気が滞留し、火炎がバーナ出口の外周部に保炎してしまう可能性がある。しかし、本実施例で示したように円筒ガイド 36 に空気供給孔 38 を設け、D1 および D2 をバーナから噴出する予混合気の消炎距離よりも小さく（例えば 1cm 以下）することにより、バーナ出口の外周部に火炎が保炎することを防止し、ライナやバーナ端面のメタル温度が上昇することを防止することができる。

【0046】

本実施例に示すような構成は水素などを多く含む石炭ガス化ガスやコークス炉ガスなどをガスタービンの燃料として使用する場合についても効果的である。水素は非常に燃焼速度が速いため、バーナ外周部の循環流を伝播して、空気孔出口周囲に保炎しやすい。しかし、本発明を適用することにより外側バーナ外周に形成される循環流の燃空比を低減し、火炎が外側循環流を伝わって上流側に伝播することを防止できる。また、水素は天然ガスに比べて非常に消炎距離が短いため、円筒ガイド 36 に空気供給孔 38 を設けるとともに、図 1 に示す燃料系統 53 に供給する燃料流量を少なくし、外側バーナ外周部における局所燃空比をバーナ中心部に比べて小さくすることにより、最外周の空気孔から噴出される予混合気の消炎距離を長くすることが有効である。

【0047】

(第 2 の実施例)

第 2 の実施例を図 14 に示す。図 14 に示すようにバネ状シール部材を通過した空気 44 は、空気供給孔 38 を通過して燃焼室 5 に流入するとともに、一部はそのままバネ状シール部材を再度通過し、漏れ空気 45 として燃焼室 5 に流入する。本実施例では、第 1 の実施例に対し、ライナ 10 と円筒ガイド 36 との間であって空気導入孔 38 の下流にリブ 39 を配置しており、バーナ軸方向への流れを阻害している。これにより空気供給孔 38 の入口で静圧が回復し、より多くの空気が空気供給孔 38 から燃焼室 5 に流入する。

【0048】

漏れ空気 45 は、火炎のバーナ外周端面付着防止に寄与せず、漏れ空気量が多くなると燃焼用空気が減少し、火炎温度が上昇して NOx 排出量が増加してしまう。そのため、漏れ空気量を最小限に抑制し、火炎付着防止に必要な空気量を空気供給孔 38 から供給することで、NOx 排出量の増加を抑制しつつ火炎のバーナ付着を防止することができる。

【0049】

なお、本実施例ではより効果的に空気を空気導入孔 38 に導く構成として、リブ 39 を円筒ガイド 36 に設けた場合を例に説明している。しかしながら、リブ 39 は必ずしも円筒ガイド 36 に設ける必要は無く、ライナ 10 と円筒ガイド 36 との間であって空気導入孔 38 の下流側に設けることで、空気供給孔 38 に流入する空気量を増加させることが可能である。

【0050】

(第 3 の実施例)

第 3 の実施例を図 15、図 16 に示す。図 15 に示すように外側バーナ近傍領域 49 の空気供給孔 38 と外側バーナ 77 の距離が近いことから、空気噴流 46 の予混合気噴流 17 への流れ影響が他の空気供給孔からの空気噴流に対して相対的に大きい。そこで本実施例では、予混合気噴流 17 の流れに対する空気噴流 46 の影響を最小限にするため、図 16 に示すように第 1 の実施例と同様に隣り合う空気供給孔 38 の間隔 D1 および空気供給孔とバーナ出口端面 30 との間隔 D2 をバーナ最外周空気孔から噴出される予混合気の消炎距離よりも狭くするとともに、外側バーナ近傍領域 49 の空気供給孔 38 の直径をそれ以外の領域の空気供給孔の直径に比べて小さくしている。

【0051】

噴流のポテンシャルコアの長さは直径に比例するため、直径が小さいほど噴流の減衰は早く、予混合気流 17 の流れの阻害を防止することができる。また、外側バーナ近傍領域 49 から供給される空気量が減少するが、外側バーナ近傍領域 49 の円筒ガイド 36 と外

10

20

30

40

50

側バーナ77の間のデッドスペースは図15に示すようにその他の領域に比べて狭くなっており、このデッドスペース下流に形成される循環流のサイズも小さくなる。したがって、より少ない空気供給孔38からの空気量でバーナ外周側循環流の燃空比を低減できる。

【0052】

そのため、必要最小限の空気供給孔38からの空気量でバーナ外周部の全周にわたり火炎の付着を抑制し円錐状の火炎を形成することができる。さらに、空気供給孔38から供給する空気量を最小限とすることで空気孔32に流入する空気量を多くすることができ、火炎帯における局所燃空比の低下によってNOx排出量を低減することができる。

【0053】

(第4の実施例)

第4の実施例を図17に示す。本実施例は、第1の実施例に対し、空気供給孔38がバーナ周方向に長穴になっており、空気供給孔38の全開口面積を広くすることができる。また、第1の実施例と同様に隣り合う空気供給孔38の間隔D1および空気供給孔38とバーナ出口端面30の間隔D2はバーナ最外周空気孔から噴出される予混合気の消炎距離より狭くなっている。

【0054】

本実施例は、第1の実施例に比べて周方向により均等に空気を供給することができ、かつ空気供給孔38の開口面積をパネ状シール部材の空気通過断面積より十分に広くすることで空気噴流46の噴出流速を遅くすることができる。そのため、空気孔32から噴出される予混合気流の流れの阻害を最小限にして空気孔出口周囲に空気を供給することができる。

【0055】

これにより、第1の実施例と同様に外側バーナの最外周空気孔の出口周囲に火炎が保炎できる領域が排除され、火炎がバーナ外周部に保炎することを防ぎ安定な円錐火炎を形成し、メタル温度が上昇することを防止することができる。

【0056】

(第5の実施例)

第5の実施例の燃焼器を図18、図19に示す。本実施例の燃焼器は、液体燃料と気体燃料のどちらも焚くことのできる燃焼器であり、ライナ10の上流の軸中心位置には拡散バーナ72が設けられ、その周囲には低NOx化に有効な予混合バーナ73を複数配置している。拡散バーナ72と予混合バーナ73の外周には、各バーナを堅持するためのバーナ本体75を配置している。また、各バーナの軸中心上流位置には液体燃料56、57を噴射するための液体燃料ノズル70、71を配置している。

【0057】

本実施例の予混合バーナ73は、燃料と空気の混合を促進し、かつ液体燃料ノズル71から噴射された液体燃料57の蒸発を促進する混合室74を備えている。混合室74の壁面には、その内部に空気16を導入するための空気孔34を軸方向に3列(1列でも複数列でも可)、周方向に複数個形成している。予混合バーナ73に形成した空気孔34は混合室74内部で旋回流れを形成させるため、周方向に偏向して配置している。

【0058】

予混合バーナ73の空気孔34の内部壁面には、気体燃料噴出孔24が開口しており、気体燃料52、53を空気孔34内部に噴出する。気体燃料と空気は混合室74で旋回流れを形成しながら混合が進み、予混合気となって燃焼室5に噴出される。予混合気は燃焼室5に噴出される際、流路の急拡大によってバーナ下流に強い循環流41が形成され、安定な火炎43を形成することができる。そして、同時にバーナ外周部にも循環流42が形成される。

【0059】

バーナ本体75の先端にはパネ状シール部材37を支えるために円筒ガイド36が取り付けられている。また、本実施例は第2の実施例と同様にガイド36のバーナ出口端面30近傍に空気供給孔38をバーナ出口端面30に水平に開口させている。隣り合う空気供

10

20

30

40

50

給孔 3 8 の間隔および空気供給孔 3 8 とバーナ出口端面 3 0 の間隔は、火炎 4 3 の消炎距離よりも狭くなっている。

【 0 0 6 0 】

このような空気供給孔 3 8 を円筒ガイド 3 6 に設けることによってバーナ出口周囲に空気噴流 4 6 を供給することができ、保炎の起点となり得る領域を排除し、かつバーナ外側循環流 4 2 内の燃空比を低減することにより、バーナ出口周囲に火炎が付着することを防止することができる。そして、ライナ 1 0 やバーナ出口端面 3 0 のメタル温度が上昇することを抑制できる。

【 0 0 6 1 】

以上のように、各実施例に記載の燃焼器は、予混合バーナを備え、バーナ先端に円筒ガイドを備える燃焼器において、円筒ガイドに空気供給孔を設けることで予混合バーナ出口周囲に火炎が保炎することを防止し、ライナやバーナ端面のメタル温度が上昇することを抑制することを可能としている。

10

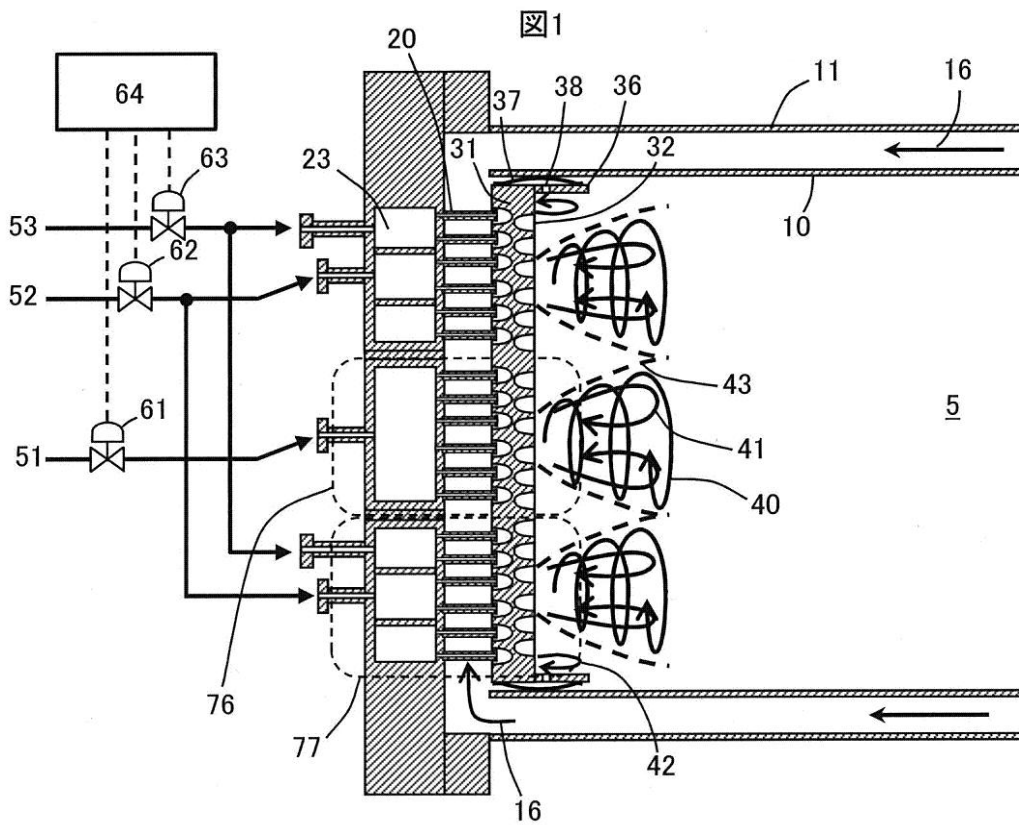
【符号の説明】

【 0 0 6 2 】

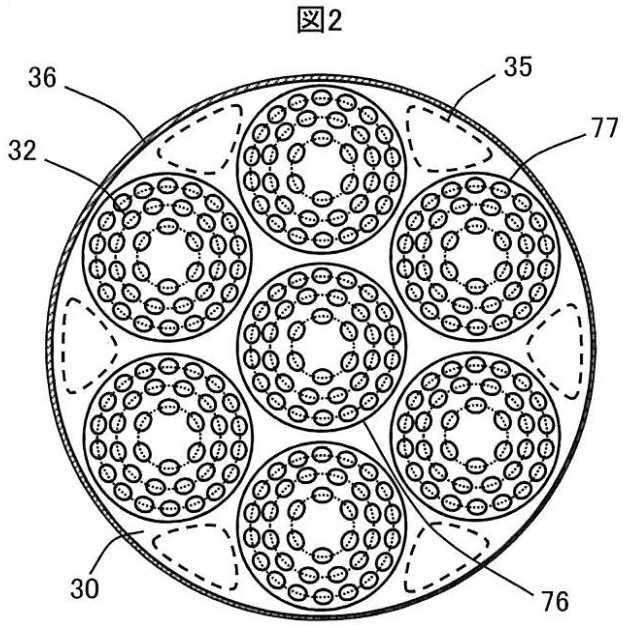
1	圧縮機	
2	燃焼器	
3	タービン	
4	ケーシング	
5	燃焼室	20
6	マルチバーナ	
7	シャフト	
8	発電機	
9	ガスタービンプラント	
1 0	燃焼器ライナ	
1 1	フロースリーブ	
1 2	尾筒内筒	
1 3	尾筒外筒	
1 5	吸い込み空気	
1 6	高圧空気	30
1 7	予混合気	
1 8	高温燃焼ガス	
1 9	排気ガス	
2 0、2 1	燃料ノズル	
2 3	燃料ヘッド	
2 4	気体燃料噴出孔	
2 8、2 9	リップ	
3 0	バーナ出口端面	
3 1	空気孔プレート	
3 2、3 3、3 4	空気孔	40
3 5	バーナ外周デッドスペース	
3 6	円筒ガイド	
3 7	バネ状シール部材	
3 8	空気供給孔	
4 0	旋回流	
4 1、4 2	循環流	
4 3	火炎	
4 4、4 5、4 6	空気	
4 7	バーナ出口周囲	
4 9	外側バーナ近傍領域	50

- 50 ~ 53 気体燃料系統
- 56、57 液体燃料
- 60 燃料遮断弁
- 61 ~ 63 燃料流量調節弁
- 64 制御装置
- 70、71 液体燃料ノズル
- 72 拡散バーナ
- 73 予混合バーナ
- 74 混合室
- 75 バーナ本体
- 76 中央バーナ
- 77 外側バーナ

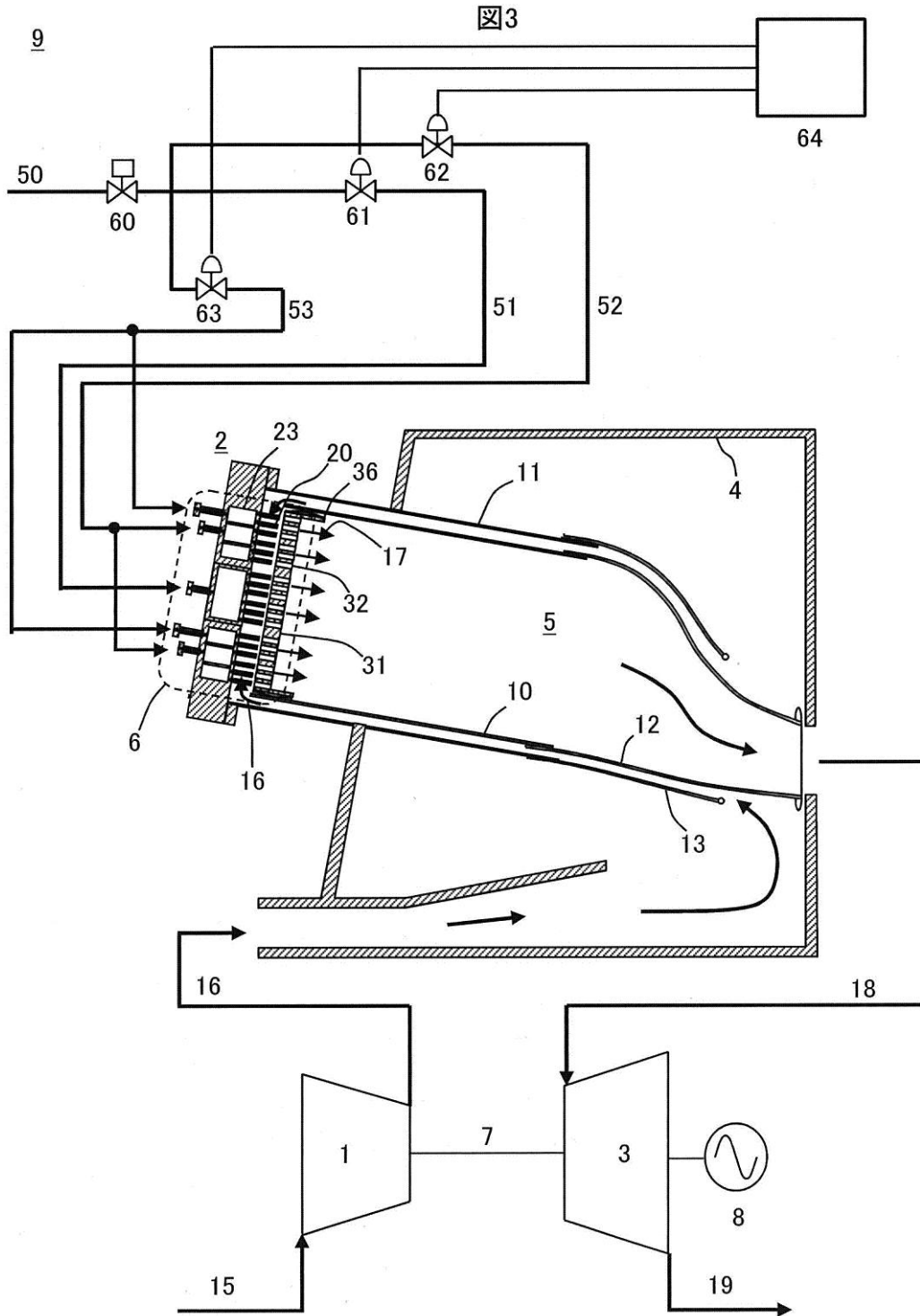
【図1】



【 図 2 】

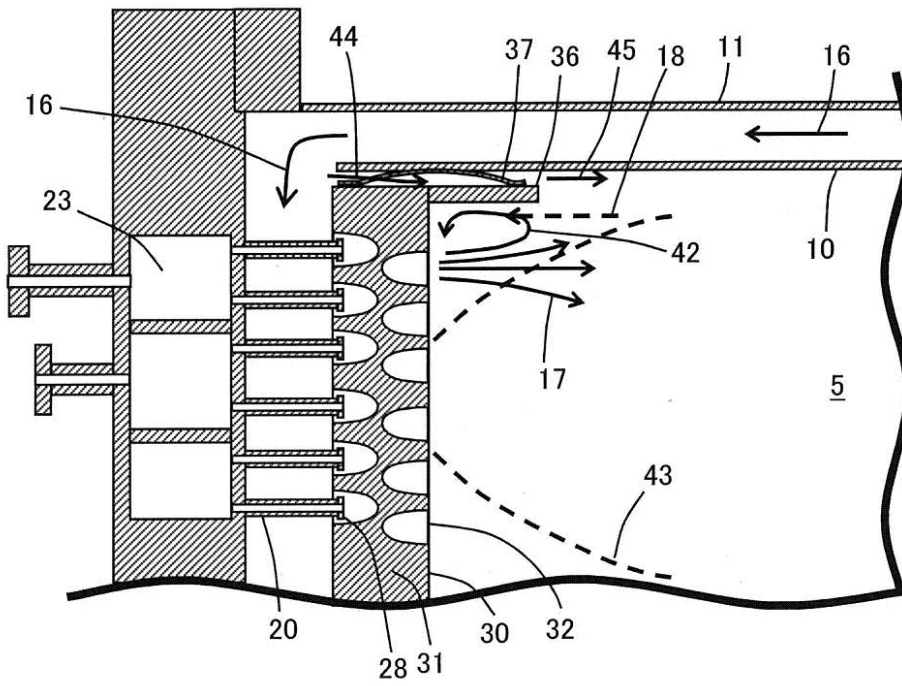


【図3】



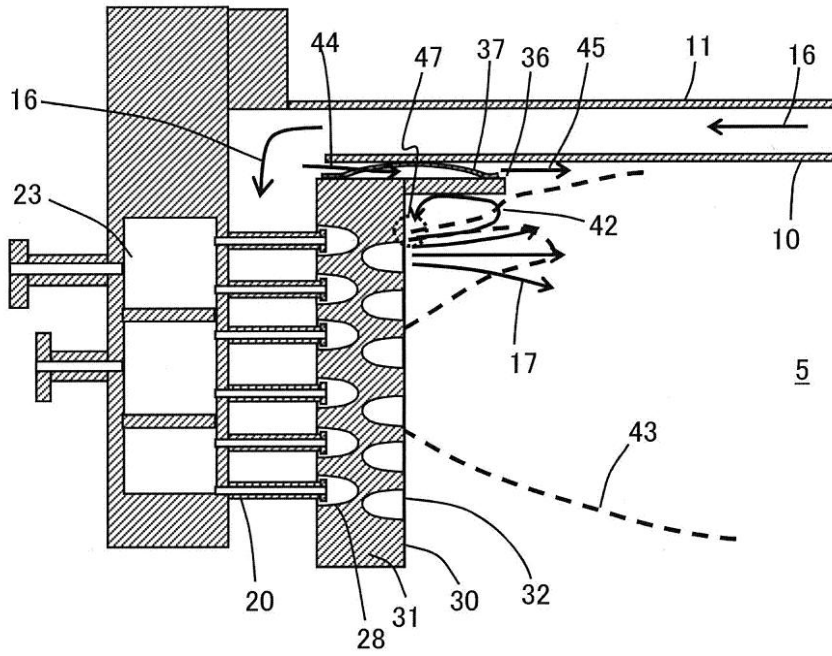
【 図 4 】

図4

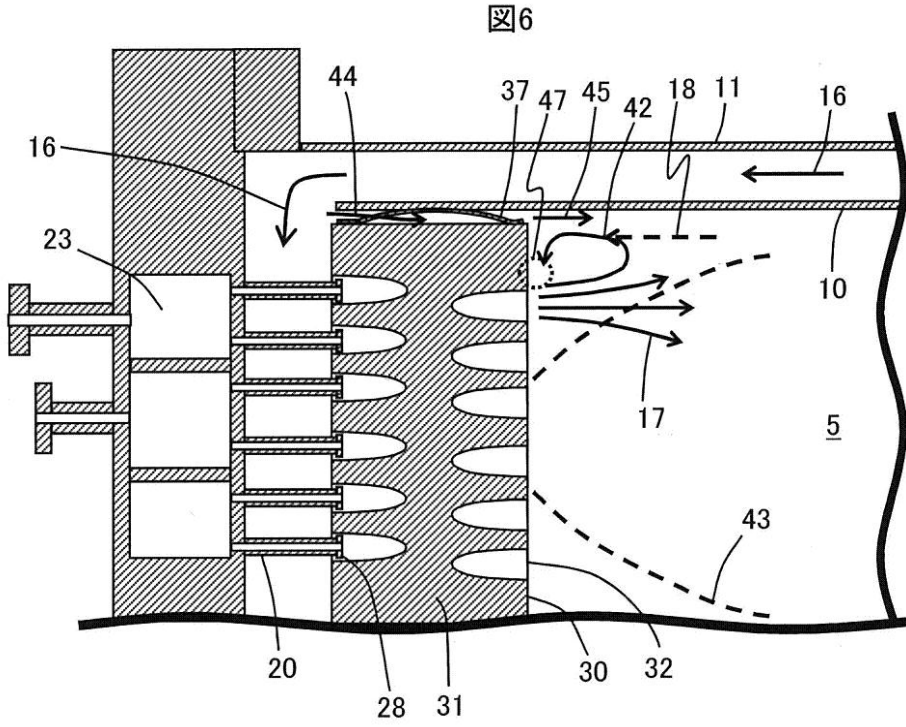


【 図 5 】

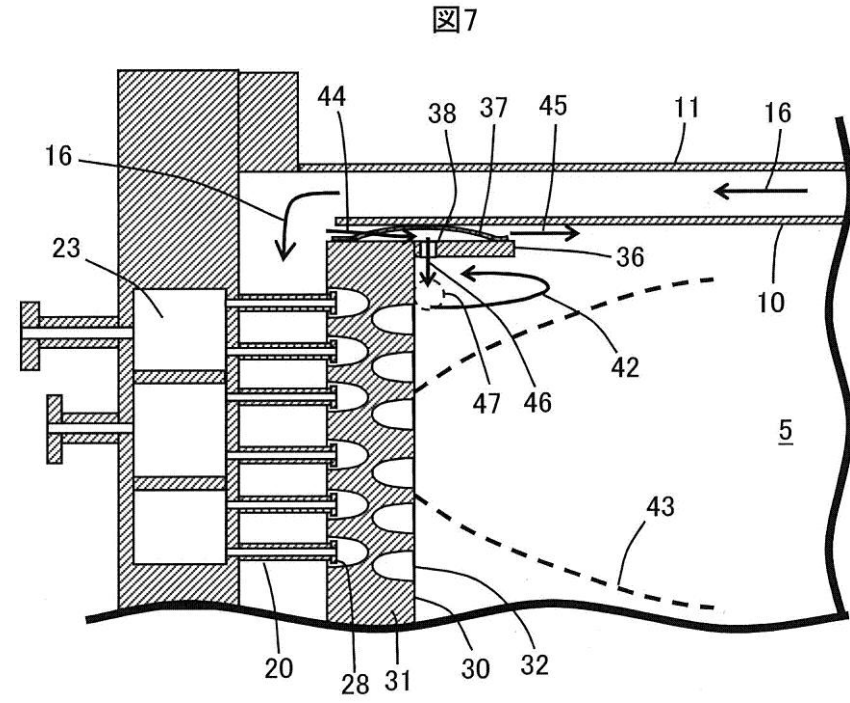
図5



【 図 6 】

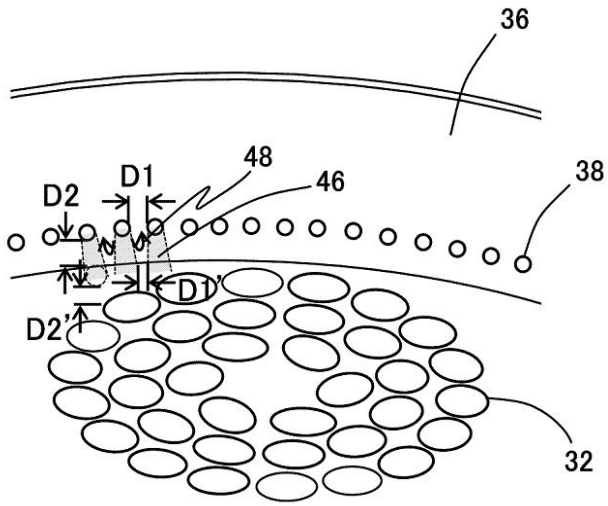


【 図 7 】



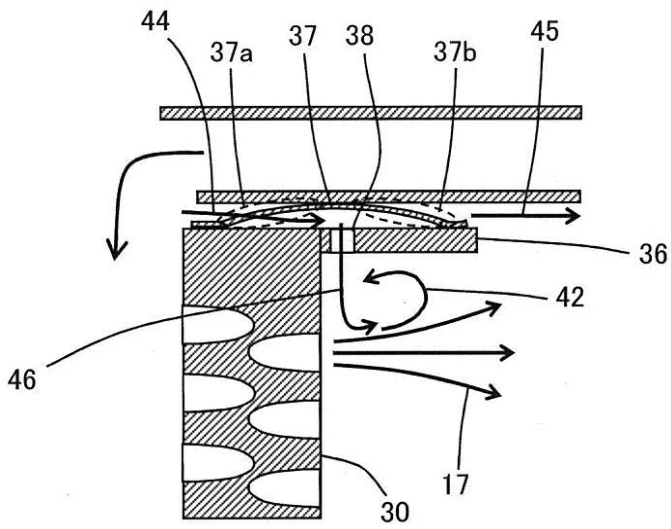
【 図 8 】

図8



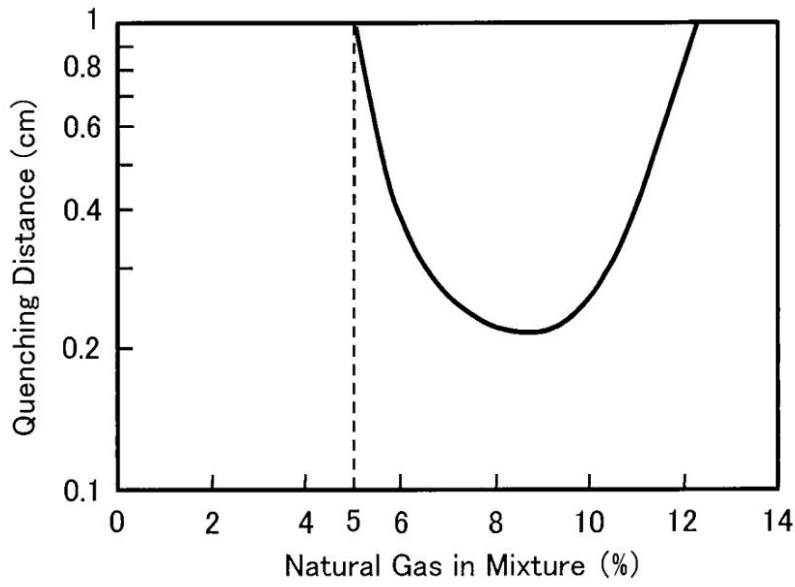
【 図 9 】

図9



【 図 1 0 】

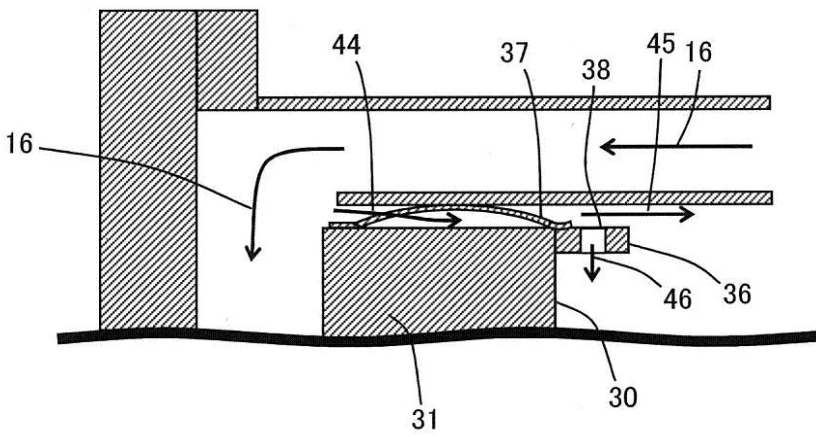
図10



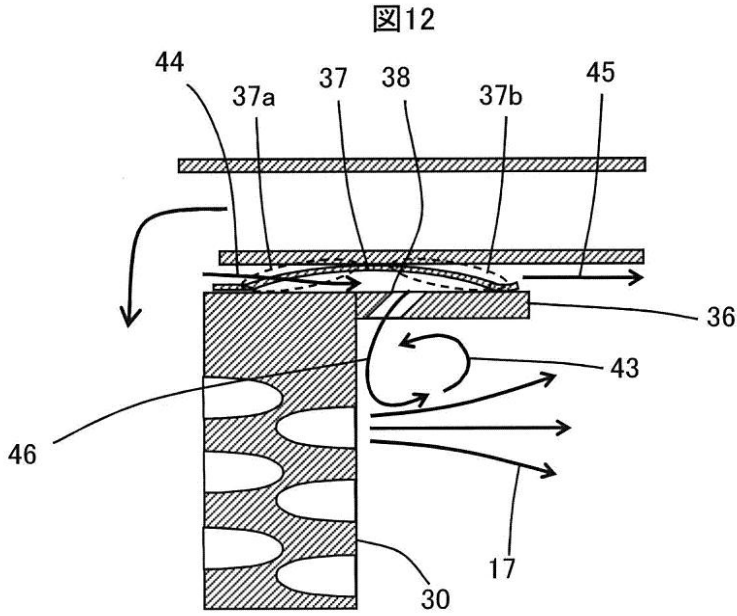
※引用文献: Lewis, B., von Elbe, G.: Combustion, Flames and Explosions of Gases, 2ns ed., Academic Press (1961):

【 図 1 1 】

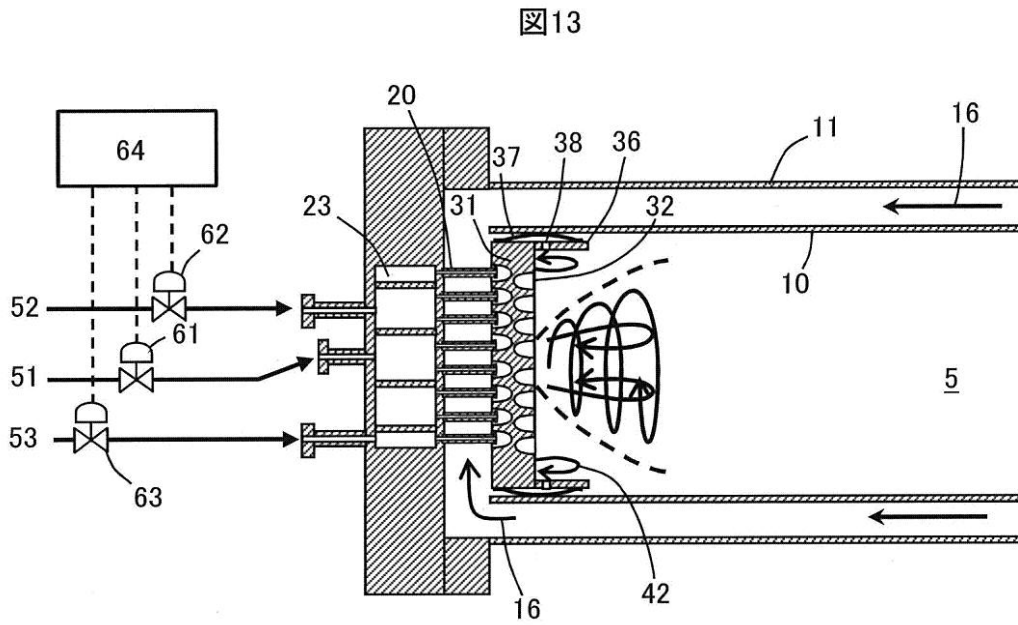
図11



【 図 1 2 】

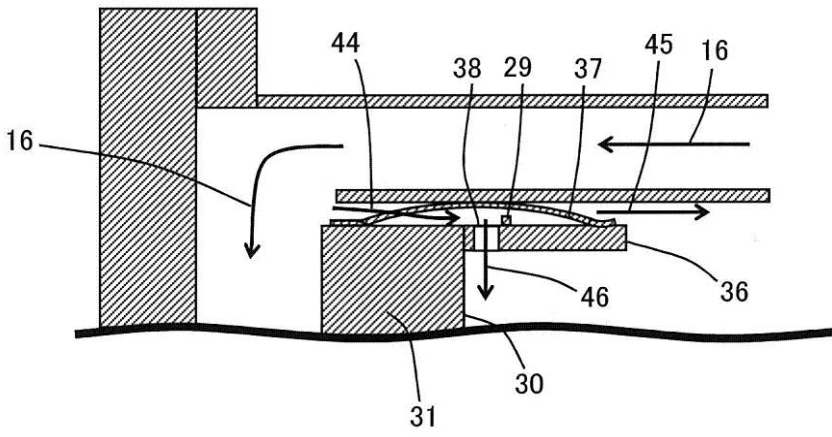


【 図 1 3 】



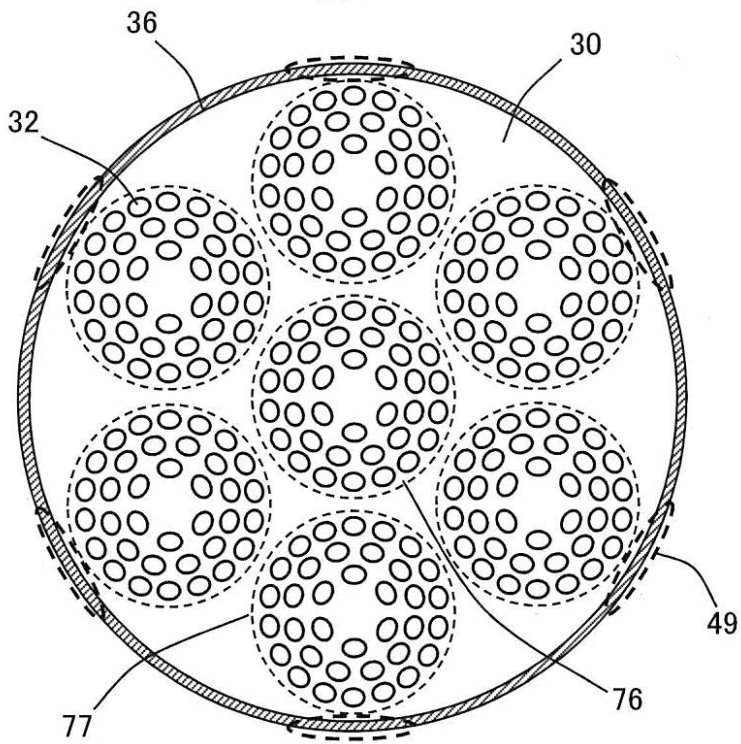
【 図 1 4 】

図14



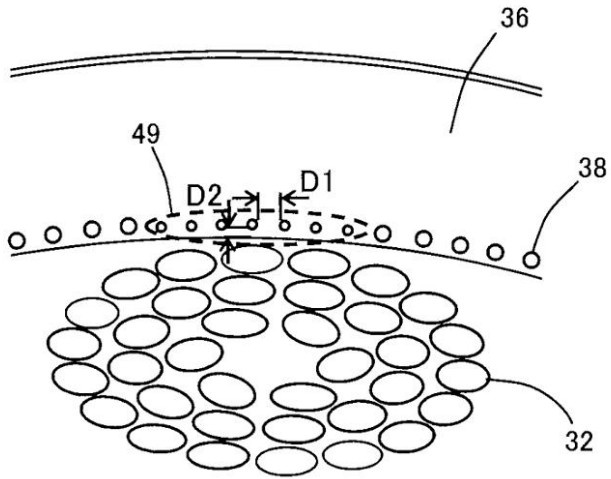
【 図 1 5 】

図15



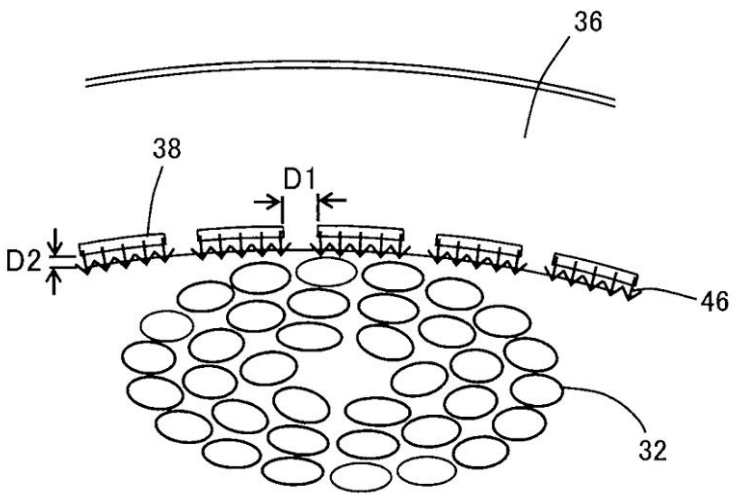
【 図 1 6 】

図16

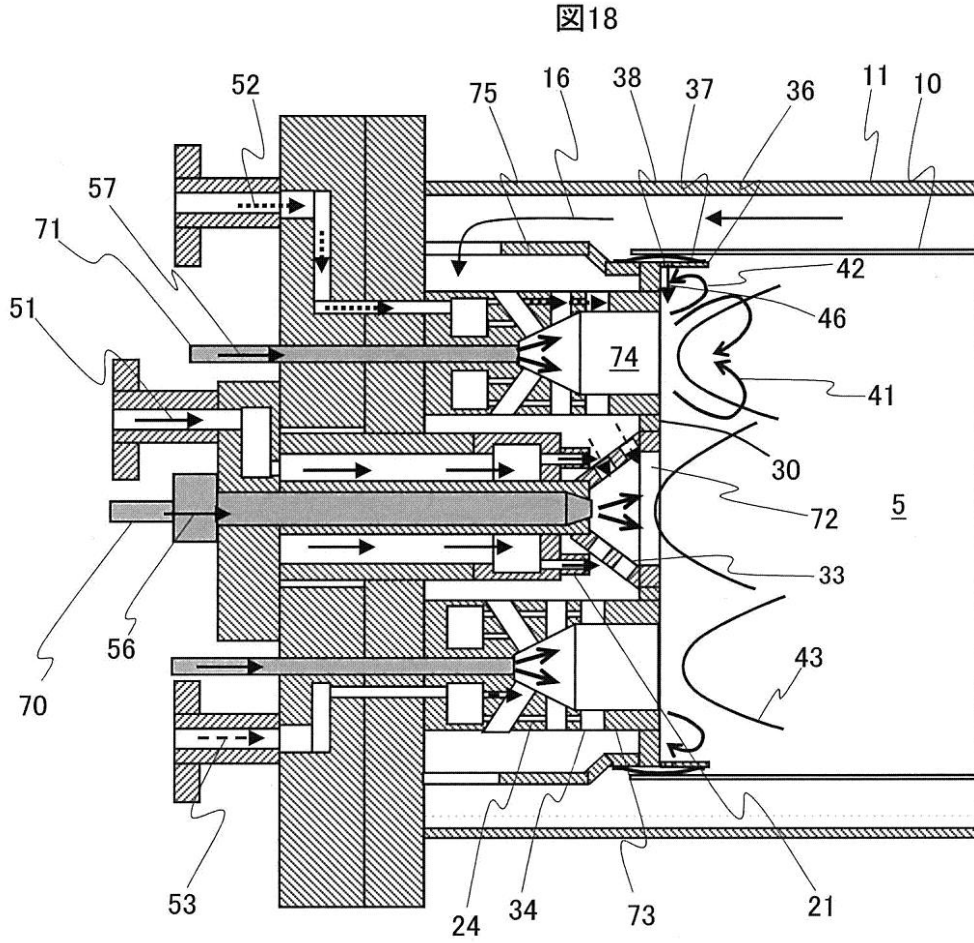


【 図 1 7 】

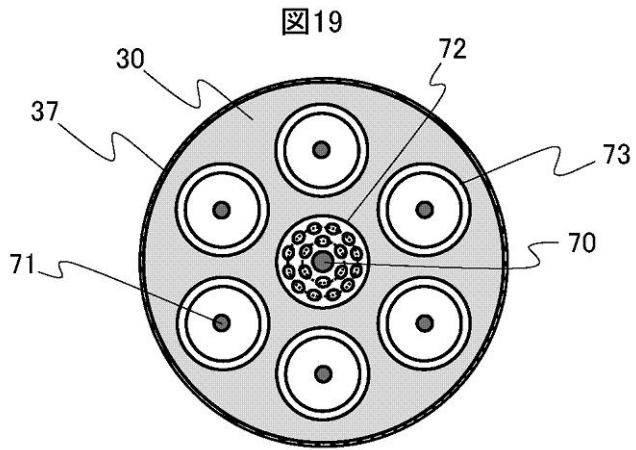
図17



【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
	F 0 2 C 7/22	B
	F 0 2 C 7/22	C
(72)発明者 百々 聡		
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号		株式会社日立製作所日立研究所内
(72)発明者 小金沢 知己		
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号		株式会社日立製作所日立研究所内
(72)発明者 平田 義隆		
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号		株式会社日立製作所日立研究所内
(72)発明者 阿部 一幾		
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号		株式会社日立製作所日立研究所内