

明 細 書

発明の名称： ガスバーナ

技術分野

[0001] 本開示は、ガス焚きボイラなどのガスバーナに関する。

本願は、2021年6月28日に日本国特許庁に出願された特願2021-106750号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 従来から、燃焼振動を抑制するとともに、 NO_x （窒素酸化物）の発生を抑制するガスバーナの開発が行われてきた。例えば、特許文献1には、ガスノズルの先端部にガスバーナの中心軸に対して $35^\circ \sim 45^\circ$ の噴射角度でガスを噴射する主孔と、ガスバーナの中心軸に対して $45^\circ \sim 55^\circ$ の噴射角度でガスを噴射する副孔と、が設けられたガスバーナについて開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第4600850号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1に記載の技術を適用することで、燃焼振動を抑制するとともに、ある程度の NO_x の発生を抑制可能である。しかしながら、特許文献1には、ガス燃料の種類として13A都市ガス（メタンを主成分とし、その他にエタン、プロパン及びブタンからなるガス）の例が示されているが、ガス燃料圧については示されていない。

[0005] ガス燃料の高圧化は燃焼振動等の要因のため、例えば、都市ガスやLPG（液化石油ガス）等を燃料とするボイラバーナでは、最大130KPa程度で適用され、水素を燃料とする場合でも最大80KPa程度であり、高圧化は難しいと思われていた。

[0006] 一方、 NO_x の発生は、可能な限り抑制できることが望ましく、燃焼振動を抑制するとともに NO_x の発生抑制の改良が望まれている。

[0007] 本開示は、上述する問題点に鑑みてなされたもので、ガス燃料を高圧化し、ガス燃料の噴出角度を所定範囲に設定して、燃焼振動を抑制するとともに、 NO_x の発生を抑制することができるガスバーナ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] 上記目的を達成するため、本開示に係るガスバーナは、ガス燃料が流通するノズルと、前記ノズルの周囲から前記ガス燃料に対する空気比が1未満の一次空気を供給する一次空気供給部と、を備えるガスバーナであって、前記ノズルは、前記ガスバーナの中心軸に対して25度以上45度以下の噴出角度で前記ガス燃料を噴出するように構成される少なくとも1つの主孔と、前記ガスバーナの中心軸に対して35度以上55度以下であって、前記主孔の噴出角度より大きい噴出角度で前記ガス燃料を噴出するように構成される少なくとも1つの副孔と、を含み、前記ノズル内を流通する前記ガス燃料のガス圧は、300kPa以上である。

発明の効果

[0009] 本開示のガスバーナによれば、ガス燃料を高圧化し、さらに主孔及び副孔からのガス燃料の噴出角度を所定範囲に設定することで、燃焼振動を抑制するとともに、 NO_x の発生を抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本開示の一実施形態に係るガスバーナの一部断面を示す概略側断面図、及びガスバーナへのガス燃料供給システムを示す概略構成図である。

[図2]ガスノズルの側断面図である（図3のA-A線断面矢視図）。

[図3]ガスノズルの先端部を火炉内側から見た正面図である。

[図4]水素ガスバーナ入口圧力と NO_x との関係を示す試験結果のグラフである。

[図5]副生水素を適用する場合の水素ガスバーナへのガス燃料供給システムを

示す概略構成図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本開示の実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。ただし、実施形態として記載されている、または図面に示されている構成部品の相対的配置等は、本開示の範囲をこれらに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

[0012] <一実施形態>

図1には、本開示の一実施形態のガスバーナ1の一部断面の概略側断面図を示す。火炉3の側壁のバーナスロート部5にガスバーナ1が設けられている。ガスバーナ1は、ガスバーナ1の中心軸Cの部分に配置されるガスノズル7と、該ガスノズル7の外周部に燃焼用の空気を導入する一次空気流路（一次空気供給部）9と、該一次空気流路9の外周部に設けられる二次空気流路11の三重構造からなっている。

[0013] ガスノズル7と一次空気流路9は円筒状の一次スリーブ13の内部に設けられ、二次空気流路11は一次スリーブ13の外周側に設けられた円筒状の二次スリーブ15の内部に形成される。

[0014] そして、ガス燃料はガスノズル7の先端部分に形成される主孔25と副孔27から火炉3内に噴出される構造となっている。なお、二次空気流路11の外周部に三次空気流路（図示せず）を設けても良い。バーナ3からの微粉炭を高温の火炉2内に向けて噴出するために炉壁1に開口され、かつ耐火材20によりスロート状に形成された開口部4に、その耐火材20の表面に向けて空気等の冷却体を噴出する噴出口23を設ける。

[0015] 入口を形成する開口部21から流入し、一次空気流路9を流れる中心空気である一次空気F1は直進流であるが、ガスノズル7の出口部分、すなわち、一次空気流路9の出口部分に設けられたスワラ（保炎器）17によって、一次空気F1のうちの一部に旋回力が与えられ、スワラ17の後流側の火炉3内の領域に淀み領域19が形成され、この淀み領域19にガス燃料が取りこまれることで、火炎の安定保持が可能となる。

- [0016] また、二次空気流路 11 の入口部には、エアレジスタ 23 が設置されて、エアレジスタタイプの旋回装置によって二次空気流路 11 に流入する二次空気 F2 に旋回力が与えられる。
- [0017] また、火炉 3 の側壁に形成されたガスバーナ 1 用の開口部分であるバーナスロート部 5 の外周部には、開口部の周囲を冷却するように水管 6 が開口部を囲うように設置されている。
- [0018] なお、ガスノズル 7 から噴出するガス燃料に対する一次空気 F1 の空気比は、ガスノズル 7 から噴出するガス燃料に対する二次空気 F2 の空気比よりも低く、さらに、一次空気流路 9 から供給される一次空気 F1 は、噴出するガス燃料に対する空気比が 1 未満になるように設定されている。空気比とはガス燃料を完全燃焼させるのに必要な空気量を 1 としたときの空気量の比率をいう。
- [0019] 図 2、図 3 に示すように、ガスノズル 7 の先端部分には、4 つの主孔 25 と、4 つの副孔 27 が設けられている。そして、全主孔を流れるガス燃料は、全ガス燃料流量の 80～90%、全副孔を流れるガス燃料は、全ガス燃料流量の 20～10% 流れる構成になっている。すなわち、副孔 27 は、主孔 25 より孔径が小さく形成され、複数の主孔 25 の開口面積の合計を A1、複数の副孔 27 の開口面積の合計を A2 とした場合に、比率 A1 : A2 は 80 : 20～90 : 10 の間である。
- [0020] このように、副孔 27 から噴出される燃料量を主孔 25 から噴出される燃料量より少なくして、全副孔を流れるガス燃料が、全ガス燃料流量の 20～10% 流れる構成にすることで、副孔 27 から噴出される燃料を一次空気の一部に旋回力を与えるスワラ 17 の後流側に形成される淀み領域 19 に取りこまれやすくして、火炎の安定保持を図り燃焼振動の抑制が可能になる。
- [0021] さらに、副孔 27 から 20% を超えるような燃料が噴出されると、一次空気の一部に旋回力を与えるスワラ 17 に焼損を与える虞れがあるため、全副孔を流れるガス燃料は、全ガス燃料流量の 20～10% 流れる構成になっていることが好ましい。

- [0022] また、図2、3に示すように、ガスノズル7の先端部分の各主孔25は、ガスノズル7の中心軸C（ガスバーナ1の中心軸Cでもある）を挟んで対称的に中心軸Cの周りに複数（4つ）配置され、ガスノズル7の中心軸Cを挟んで噴出角度が50度～90度（中心軸Cに対する仰角25度～45度）となるように設けられている。以下、主孔25の中心軸Cに対する仰角を主孔噴出角度 $\theta 1$ という。
- [0023] また、各副孔27は、ガスノズル7の中心軸Cを挟んで対称的に中心軸Cの周りに複数（4つ）配置され、ガスノズル7の中心軸Cを挟んで噴出角度が70度～110度（中心軸Cに対する仰角35度～55度）となるように設けられている。そして、副孔27の噴出角度は、主孔25の噴出角度より大きい噴出角度でガス燃料を噴出するように構成されている。以下、副孔27の中心軸Cに対する仰角を副孔噴出角度 $\theta 2$ という。そして、副孔噴出角度 $\theta 2$ は、主孔噴出角度 $\theta 1$ より大きい噴出角度でガス燃料を噴出するように構成されている。
- [0024] 4つの主孔25と4つの副孔27はそれぞれ、中心軸Cの周りに主孔25と副孔27とが交互に均等に配置されている。すなわち、中心軸Cの周りにピッチ角度 α が等しく45度の間隔となっている。このように、主孔25は、中心軸Cの周りに中心軸Cを挟んで互いに対称となるように、ガスノズル7の先端部に複数形成されているので、主孔25から噴出されるガス燃料は、ガスバーナ1の中心に対して偏りなく均等に噴出される。
- [0025] また、副孔27についても、中心軸Cの周りに中心軸Cを挟んで互いに対称となるように、ガスノズル7の先端部に複数形成されているので、副孔27から噴出されるガス燃料は、ガスバーナ1の中心に対して偏りなく均等に噴出される。
- [0026] なお、図3に示す正面図で、主孔25の開口の中心位置25aと、副孔27の開口の中心位置27aは、ガスノズル7の中心軸Cから距離が同一となるように設けられている。また、主孔25及び副孔27の断面形状は円形状となっている。

- [0027] 次に、図 1 を参照してガスバーナ 1 にガス燃料を供給するシステム構成について説明する。ガス燃料が貯蔵されるガスタンク 29 の出口には、入口弁 31 が設けられガスタンク 29 からのガス燃料の供給及び遮断が制御され、入口弁 31 の出口側に減圧弁 33 が設けられ所定の圧力に減圧される。
- [0028] 減圧弁 33 の下流側には図 1 に示すように順に、流量計 35、温度計 37、遮断弁 39、圧力計 41、流量調整弁 43、遮断弁 45、バーナ入口圧力計 47、バーナ入口弁 49 が設けられている。バーナ入口弁 49 を開弁することで、ガスバーナ 1 のガスノズル 7 にガス燃料が供給される。
- [0029] 従って、主孔 25 及び副孔 27 からのガス燃料の噴出圧力は、ガスノズル 7 内を流通するガス燃料のガス圧であり、ガスバーナ 1 入口の圧力であり、バーナ入口圧力計 47 で計測される。ガスタンク 29 には、300 kPa を超える高圧ガス燃料が加圧されて貯蔵されており、減圧弁 33 等によって減圧されて使用される 300 kPa 以上の目標ガス圧に減圧されてガスバーナ 1 に供給される。
- [0030] 以上のように構成された一実施形態によれば、ガス燃料のガス圧を 300 kPa 以上に高圧化し、さらに、主孔 25 及び副孔 27 からのガス燃料の噴出角度を所定範囲に設定することで、燃焼振動を抑制するとともに、NO_x の発生を抑制することが可能となる。
- [0031] すなわち、空気比を低くすると、燃料が燃焼する領域の温度が低くなり、NO_x の発生は抑制されることより、ガスノズル 7 内を流通するガス燃料のガス圧を 300 kPa 以上とすることで、ガス燃料と空気比が 1 未満の一次空気との混合を促進させ、ガス燃料を温度の低い領域で燃焼させる割合が相対的に増加する。これによって、NO_x の発生を抑制することができる。
- [0032] また、一実施形態によれば、ガスバーナ 1（ガスノズル 7）の中心軸 C に対して 25 度以上 45 度以下の噴出角度の主孔 25 と、ガスバーナ 1 の中心軸 C に対して 35 度以上 55 度以下の副孔 27 とを有する。
- [0033] 主孔噴出角度 $\theta 1$ を 45 度より小さくすることで、火炎の長炎化による緩慢燃焼を促進させることができる。45 度を超えると火炉 3 内の圧力変動に

よる燃焼振動のポテンシャルが大きくなる。主孔噴出角度 $\theta 1$ が25度未満になると、長炎化が過剰となりボイラの熱吸収特性に影響を与える。従って、主孔噴出角度 $\theta 1$ を25度以上45度以下とすることにより、火炎の安定化と長炎化が両立されることから、燃焼振動を抑制できると共に、長炎化による緩慢燃焼で火炎温度が低減し低 NO_x 化を達成できる。

[0034] 副孔27については、副孔噴出角度 $\theta 2$ を55度より小さくしていくことで、 NO_x の発生量を低減できる。副孔噴出角度 $\theta 2$ が55度を超えると、スワラ17近傍での保炎性が強くなりすぎるため、スワラ17の焼損ポテンシャルが大きくなると共に NO_x の上昇が懸念される。副孔噴出角度 $\theta 2$ が35度未満であると保炎効果が弱くなり振動ポテンシャルが上昇する。従って、副孔噴出角度 $\theta 2$ を35度以上55度以下とすることで、燃焼振動を抑制できると共に、 NO_x の発生量を低減することができる。

[0035] また、ガス燃料は圧縮性流体であり、高圧化する程ガスノズル7の出口部で軸方向及び半径方向に一気に拡がる特性がある。従って、圧力の影響として、噴出角度を狭角化しても、副孔27による保炎性の確保及び主孔25による長炎化への悪影響回避に有効に作用する。従って、従来技術（特許文献1）に開示の噴出角度の仰角下限角度を低減して噴出角度を狭角化しても、燃焼振動を抑制できると共に、 NO_x の発生量を低減することが可能になる。

[0036] <他の実施形態>

次に、他の実施形態について説明する。他の実施形態は、ガス燃料が水素を含むガス燃料であり、主孔25の主孔噴出角度 $\theta 1$ は、25度以上35度以下であり、副孔27の副孔噴出角度 $\theta 2$ は、35度以上45度以下に構成されている。

[0037] なお、「水素を含むガス燃料」には、水素と他の燃料を含むもの（混焼）と、水素のみ（専焼）とがあり、さらに、水素と他の燃料を含むものでも、水素が主たる燃料（水素の体積割合が50%以上）、他の燃料が主たる燃料（水素の体積割合が50%未満）に区分できる。「水素を含むガス燃料」と

は、これらの場合をすべて含む。

[0038] 図1のガス燃料供給システムの構成において、ガスタンク29は、水素を含むガス燃料が貯蔵されている水素ガスタンク129であり、ガスバーナ1は、水素を含むガス燃料を噴出して燃焼させる水素ガスバーナ101である。その他のガス燃料供給システムの構成は図1に示す一実施形態と同様である。また、水素ガスバーナ101の構造は、図1～3に示す構造と同様である。

[0039] 水素ガスタンク129には、300kPaを超える高圧（例えば15MPa）の水素を含むガス燃料が加圧されて貯蔵されており、減圧弁33等によって減圧されて使用される300kPa以上の目標ガス圧に減圧されて水素ガスバーナ101に供給される。

[0040] また、工場で生成される副生水素51を適用する場合は、供給圧力が3～50kPaと低いので、図5に示すように、高圧化するためにブースタ53を適用して、使用される300kPa以上の目標ガス圧に上昇して水素ガスバーナ101に供給される。

[0041] 図4に、水素を含むガス燃料の水素ガスバーナ101の入口圧力（主孔25及び副孔27からの噴出圧力）とNO_xとの関係を示す試験結果の関係図を示す。試験条件は表1に示すとおりである。

[0042] [表1]

試験条件	
燃料種類	水素専焼
燃料量	95m ³ N/h
全空気比	1.1
1次／2次空気比率	30／70

[0043] また、試験は、水素ガスバーナ101の入口圧力を、80kPa（比較ベース）、300kPa、500kPa、900kPaの4条件について確認した。噴出圧力の変更は、水素ガスバーナ101の構造は変えずに、燃料量を一定にしてガスノズル7の先端部に形成される主孔25及び副孔27の孔径を変更することで試験した。例えば、表2に示すような孔径に変更した。また、燃焼試験時の主孔25及び副孔27の噴出角度は、主孔噴出角度θ1

が 40° 、副孔噴出角度 θ_2 が 45° である。

[0044] [表2]

噴出圧力	主孔	副孔
900 KPa	$\phi 1.1$	$\phi 0.5$
500 KPa	$\phi 1.4$	$\phi 0.7$
300 KPa	$\phi 1.7$	$\phi 0.9$
80 KPa	$\phi 2.5$	$\phi 1.3$

[0045] 一般的に、都市ガスやLPG等を燃料とするボイラバーナでは、最大1300 KPa程度で適用され、水素を燃料とする場合でも最大800 KPa程度であるため、800 KPaを基準として比較した。図4の試験結果のグラフに示すように、300 KPa、500 KPa、900 KPaと低減することが確認された。900 KPaでは約30%のNO_x低減効果が見られた。従って、NO_x低減効果が認められた300 KPa以上を高圧化の設定圧力とした。さらに望ましくは、500 KPa以上に設定するとよい。

[0046] なお、水素ガスバーナ101の入口圧力（主孔25及び副孔27からの噴出圧力）とNO_xとの関係を示す試験結果の傾向は、水素を含むガス燃料以外の都市ガスやLPG等のガス燃料においても同等の傾向であると考えられる。LPGを用い燃焼試験で、噴出圧力700 KPaでのベースNO_xに対して300 KPa時に約20%、500 KPa時に約25%のNO_x低減が確認された。従って、NO_x低減効果が認められた300 KPa以上を高圧化の設定圧力とした。さらに望ましくは、500 KPa以上に設定するとよい。

[0047] 水素を含むガス燃料の場合においては、主孔噴出角度 θ_1 が35度を超えると火炉3内の圧力変動による燃焼振動のポテンシャルが大きくなる。また、主孔噴出角度 θ_1 が25未満になると、長炎化が過剰となりボイラの熱吸収特性に影響を与える。従って、主孔噴出角度 θ_1 を25度から35度とすることにより、火炎の安定化と長炎化が両立されることから、燃焼振動を抑制できると共に、長炎化による緩慢燃焼で火炎温度が低減し低NO_x化を達成できる。

[0048] 水素は、都市ガスやLPGに比較して燃焼速度が速く燃焼性に優れている

ので、相対的に短炎となるため、一実施形態に比べて主孔噴出角度 $\theta 1$ を25度以上35度以下の範囲に狭めても燃焼振動への影響は問題ない。すなわち、水素を含むガス燃料では、高圧化しても燃焼振動が起きにくいので、主孔25からの噴出角度を狭めても高圧化による長炎化によって緩慢燃焼で火炎温度が低減し、低 NO_x 化をより効果的に達成できる。

[0049] また、副孔27については、副孔噴出角度 $\theta 2$ が35度未満であると保炎効果が弱くなり振動ポテンシャルが上昇する。また、副孔噴出角度 $\theta 2$ が45度を超えると、バーナ近傍での保炎のバランスが崩れ振動ポテンシャルが大きくなる。従って、副孔噴出角度 $\theta 2$ は35度から45度が適正範囲である。

[0050] 水素は、都市ガスやLPGに比較して燃焼速度が速く燃焼性に優れているので、保炎性が良いため、一実施形態に比べて副孔噴出角度 $\theta 2$ を35度以上45度以下の範囲に狭めても燃焼振動への影響は問題ない。すなわち、副孔27においても、主孔25の場合と同様に、水素を含むガス燃料では、高圧化しても燃焼振動が起きにくいので、副孔27からの噴出角度を狭めても高圧化による長炎化によって緩慢燃焼で火炎温度が低減し、低 NO_x 化をより効果的に達成できる。

[0051] 以上の他の実施形態によれば、水素を含むガス燃料の噴出圧力を300kPa以上に高圧化するとともに、主孔25からの噴出角度を25度から35度とし、副孔27からの噴出角度35度以上45度以下に設定することにより、燃焼振動を抑制できると共に、 NO_x の発生量をより低減することができる。

[0052] その他、本開示の趣旨を逸脱しない範囲で、上記した実施形態における構成要素を周知の構成要素に置き換えることは適宜可能であり、また、上記した実施形態に適宜組み合わせてもよい。

[0053] 上記各実施形態に記載の内容は、例えば以下のように把握される。

[0054] (1) 一の態様に係るガスバーナは、ガス燃料が流通するノズル（一実施形態記載のガスノズル7）と、前記ノズルの周囲から前記ガス燃料に対する空

気比が1未満の一次空気を供給する一次空気供給部（一実施形態記載の一次空気流路9）と、を備えるガスバーナであって、前記ノズルは、前記ガスバーナの中心軸（一実施形態記載の中心軸C）に対して25度以上45度以下の噴出角度（一実施形態記載の主孔噴出角度 $\theta 1$ ）で前記ガス燃料を噴出するように構成される少なくとも1つの主孔（一実施形態記載の主孔25）と、前記ガスバーナの中心軸に対して35度以上55度以下であって、前記主孔の噴出角度より大きい噴出角度（一実施形態記載の副孔噴出角度 $\theta 2$ ）で前記ガス燃料を噴出するように構成される少なくとも1つの副孔（一実施形態記載の副孔27）と、を含み、前記ノズル内を流通する前記ガス燃料のガス圧は、300kPa以上である。

[0055] 本開示に係るガスバーナによれば、ガス燃料のガス圧を300kPa以上に高圧化し、さらに、ガスバーナの中心軸に対して25度以上45度以下の噴出角度の主孔と、ガスバーナの中心軸に対して35度以上55度以下の副孔とを有することで、燃焼振動を抑制するとともに、NO_xの発生を抑制することが可能となる。

[0056] 空気比を低くすると、燃料が燃焼する領域の温度が低くなり、NO_xの発生は抑制される。構成（1）によれば、ノズル内を流通するガス燃料のガス圧を300kPa以上とすることで、燃料ガスと空気比が1未満の一次空気との混合を促進させ、燃料ガスを温度の低い領域で燃焼させる割合が相対的に増加する。これによって、NO_xの発生を抑制することができる。

[0057] また、構成（1）によれば、ガスバーナの中心軸に対して25度以上45度以下の噴出角度の主孔と、ガスバーナの中心軸に対して35度以上55度以下の副孔とを有する。主孔からのガス燃料の噴出角度（ガスバーナの中心軸に対する仰角）を45度より小さくすることで、火炎の長炎化による緩慢燃焼を促進させることができる。45度を超えると火炉内の圧力変動による燃焼振動のポテンシャルが大きくなる。主孔の噴出角度が25度未満になると、長炎化が過剰となりボイラの熱吸収特性に影響を与える。従って、主孔の噴出角度を25度以上45度以下とすることにより、火炎の安定化と長炎

化が両立されることから、燃焼振動を抑制できると共に、長炎化による緩慢燃焼で火炎温度が低減し低 NO_x 化を達成できる。

[0058] 副孔については、副孔の噴出角度を 55° より小さくしていくことで、 NO_x の発生量を低減できる。副孔の噴出角度が 55° を超えると、バーナ近傍での保炎のバランスが崩れ振動ポテンシャルが大きくなる。副孔の噴出角度が 35° 未満であると保炎効果が弱くなり振動ポテンシャルが上昇する。従って、副孔の噴出角度を 35° 以上 55° 以下とすることで、燃焼振動を抑制できると共に、 NO_x の発生量を低減することができる。

[0059] (2) 別の態様に係るガスバーナは、(1)に記載のガスバーナであって、前記ガス燃料は水素を含む。

[0060] このような構成(2)によれば、水素は、従来技術(特許文献1)のガス燃料として示される13A都市ガス(メタンを主成分とし、その他にエタン、プロパン及びブタンからなるガス)に比較して、燃焼速度が速く燃焼性が良いため、保炎性は強化され、燃焼振動のポテンシャルは都市ガスやLPG(液化石油ガス)より低減できる。

[0061] (3) さらに別の態様に係るガスバーナは、(2)に記載のガスバーナであって、前記主孔の噴出角度は、 25° 以上 35° 以下であり、前記副孔の噴出角度は、 35° 以上 45° 以下である。

[0062] このような構成(3)によれば、水素は、都市ガスやLPGに比較して燃焼速度が速く、相対的に短炎となるため、都市ガスやLPGの燃料の場合に比べて燃焼振動のポテンシャルが低減できるので、構成(1)の主孔からの噴出角度 $25^\circ \sim 45^\circ$ の範囲を $25^\circ \sim 35^\circ$ の範囲に狭めてもボイラの熱吸収特性への影響は問題なく、燃焼振動を抑制できると共に、長炎化による緩慢燃焼で火炎温度が低減し低 NO_x 化を達成できる。

[0063] また、副孔についても、水素は、都市ガスやLPGに比較して燃焼速度が速く、保炎性が良いため、都市ガスやLPGの燃料の場合に比べて燃焼振動のポテンシャルが低減できるので、構成(1)の副孔からの噴出角度 $35^\circ \sim 55^\circ$ の範囲を $35^\circ \sim 45^\circ$ の範囲に狭めても燃焼振動への影響は問題

なく、燃焼振動を抑制できると共に、長炎化による緩慢燃焼で火炎温度が低減し低 NO_x 化を達成できる。

[0064] (4) さらに別の態様に係るガスバーナは、(1) から (3) の何れかに記載のガスバーナであって、前記少なくとも 1 つの主孔は、前記ガスバーナの前記中心軸の周りに前記ガスバーナの前記中心軸を挟んで互に対称となるように、前記ノズルの先端部に複数形成されている。

[0065] このような構成 (4) によれば、主孔から噴出される水素を含むガス燃料は、ガスバーナの中心に対して偏りなく均等に噴出できるので、長炎による緩慢燃焼化を滞りなく対応できる。

[0066] (5) さらに別の態様に係るガスバーナは、(1) から (4) の何れかに記載のガスバーナであって、前記少なくとも 1 つの副孔は、前記ガスバーナの前記中心軸の周りに前記ガスバーナの前記中心軸を挟んで互に対称となるように、前記ノズルの先端部に複数形成されている。

[0067] このような構成 (5) によれば、副孔からの噴出される水素を含むガス燃料は、ガスバーナの中心に対して偏りなく均等に噴出できるので、スワラ（保炎器）廻りの保炎領域を均等に形成し、燃焼振動のポテンシャルを低減可能。

[0068] (6) さらに別の態様に係るガスバーナは、(1) から (5) の何れかに記載のガスバーナであって、複数の前記主孔の開口面積の合計を A_1 、複数の前記副孔の開口面積の合計を A_2 とした場合に、比率 $A_1 : A_2$ は $80 : 20 \sim 90 : 10$ の間である。

[0069] このような構成 (6) によれば、副孔から噴出される適正量の保炎用燃料を一次空気の一部に旋回力を与えるスワラ（保炎器）の後流側に形成される保炎に適した低流速の淀み領域に取りこまれやすくして、スワラ近傍の火炎の安定保持を図り燃焼振動の抑制が可能になるとともに、副孔から 20% を超えるような燃料が噴出されると、一次空気の一部に旋回力を与えるスワラに焼損を与える虞れがあるため、このような虞れを防止できる。

符号の説明

- [0070] 1 ガスバーナ
- 3 火炉
- 5 バーナスロット部
- 6 水管
- 7 ガスノズル（ノズル）
- 9 一次空気流路（一次空気供給部）
- 11 二次空気流路
- 13 一次スリーブ
- 15 二次スリーブ
- 17 スワラ（保炎器）
- 19 淀み領域
- 21 開口部
- 23 エアレジスタ
- 25 主孔
- 27 副孔
- 29 ガスタンク
- 31 入口弁
- 33 減圧弁
- 35 流量計
- 37 温度計
- 39、45 遮断弁
- 41 圧力計
- 43 流量調整弁
- 47 バーナ入口圧力計
- 49 バーナ入口弁
- 51 副生水素
- 53 ブースタ
- 101 水素ガスバーナ

1 2 9 水素ガスタンク

C ガスバーナ及びガスノズルの中心軸

F 1 一次空気

F 2 二次空気

θ 1 主孔噴出角度

θ 2 副孔噴出角度

請求の範囲

- [請求項1] ガス燃料が流通するノズルと、
 前記ノズルの周囲から前記ガス燃料に対する空気比が1未満の一次空気を供給する一次空気供給部と、を備えるガスバーナであって、
 前記ノズルは、
 前記ガスバーナの中心軸に対して25度以上45度以下の噴出角度で前記ガス燃料を噴出するように構成される少なくとも1つの主孔と、
 前記ガスバーナの中心軸に対して35度以上55度以下であって、前記主孔の噴出角度より大きい噴出角度で前記ガス燃料を噴出するように構成される少なくとも1つの副孔と、を含み、
 前記ノズル内を流通する前記ガス燃料のガス圧は、300kPa以上であるガスバーナ。
- [請求項2] 前記ガス燃料は水素を含む請求項1に記載のガスバーナ。
- [請求項3] 前記主孔の噴出角度は、25度以上35度以下であり、前記副孔の噴出角度は、35度以上45度以下である請求項2に記載のガスバーナ。
- [請求項4] 前記少なくとも1つの主孔は、前記ガスバーナの前記中心軸の周りに前記ガスバーナの前記中心軸を挟んで互に対称となるように、前記ノズルの先端部に複数形成されている請求項1に記載のガスバーナ。
- [請求項5] 前記少なくとも1つの副孔は、前記ガスバーナの前記中心軸の周りに前記ガスバーナの前記中心軸を挟んで互に対称となるように、前記ノズルの先端部に複数形成されている請求項1に記載のガスバーナ。
- [請求項6] 複数の前記主孔の開口面積の合計をA1、複数の前記副孔の開口面積の合計をA2とした場合に、比率A1:A2は80:20～90:10の間である請求項1に記載のガスバーナ。