

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-169578

(P2011-169578A)

(43) 公開日 平成23年9月1日(2011.9.1)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
F 2 3 D 11/10 (2006.01)	F 2 3 D 11/10 B	3 K 0 5 2
F 2 3 D 11/38 (2006.01)	F 2 3 D 11/38 D	3 K 0 5 6

審査請求 有 請求項の数 22 O L 外国語出願 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2011-32226 (P2011-32226)
 (22) 出願日 平成23年2月17日 (2011.2.17)
 (31) 優先権主張番号 12/708,166
 (32) 優先日 平成22年2月18日 (2010.2.18)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 591035368
 エア プロダクツ アンド ケミカルズ
 インコーポレイテッド
 AIR PRODUCTS AND CH
 EMICALS INCORPORATE
 D
 アメリカ合衆国 ペンシルヴェニア アレ
 ンタウン ハミルトン ブールヴァード
 7201
 7201 Hamilton Boule
 vard, Allentown, Pe
 nnsylvania 18195-15
 01, USA
 (74) 代理人 100099759
 弁理士 青木 篤

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液体燃料の燃焼方法及び燃焼装置

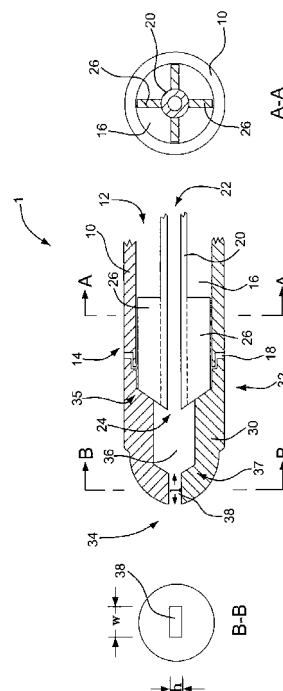
(57) 【要約】 (修正有)

【課題】液体燃料の燃焼用装置、例えば噴霧器又はバーナー、及び噴霧化液体燃料の燃焼用装置を用いた関連する方法に関し、洗浄及び/又はメンテナンスをほとんど必要としない液体燃料燃焼バーナー及び液体燃料噴霧器の提供。

【解決手段】液体燃料噴霧器 1 は、外側導管 10、内側導管 20 及びスプレー先端部 30 を有する。このスプレー先端部 30 は、液体燃料及び噴霧用ガスを受けるための混合チャンバー 36、及び液体燃料と噴霧用ガスとの混合物を噴霧化液体燃料として放出するためのオリフィス 38 を有する。内側導管 20 は、外部フィン 26 を有し、その少なくともいくつかの外部フィン 26 は、スプレー先端部 30 の内部表面 35 に接触している。

【選択図】 図 1

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

噴霧用ガス流入端部及び噴霧用ガス放出端部を有する、略シリンダー形状の外側導管；
液体燃料流入端部及び液体燃料放出端部を有する略シリンダー形状の内側導管であって、前記外側導管の内側に配置され、且つ前記外側導管との間に、前記噴霧用ガス流入端部から前記噴霧用ガス放出端部に伸びる噴霧用ガス流路を形成する、内側導管；並びに
流入端部及び放出端部を有し、前記流入端部が、前記外側導管の前記噴霧用ガス放出端部に連結しているスプレー先端部であって、次を具備するスプレー先端部：

前記液体燃料を、前記内側導管の前記液体燃料放出端部から受けるように配置されており、且つ噴霧用ガスを、前記噴霧用ガス流路から受けるように配置されている、混合チャンバー、及び

前記液体燃料と前記噴霧用ガスとを、前記混合チャンバーから受けるように配置されている、前記スプレー先端部の前記放出端部にあるオリフィスであって、前記液体燃料と前記噴霧用ガスとを、噴霧化液体燃料として前記スプレー先端部から放出するためのオリフィス

を具備する、液体燃料の燃焼装置であって、

前記内側導管が、前記内側導管の前記液体燃料放出端部で複数の外側フィンを有し、前記複数の外側フィンの少なくともいくつかは、前記スプレー先端部の前記流入端部の内側表面と接触している、液体燃料の燃焼装置。

【請求項 2】

前記オリフィスが、細長いスロットのオリフィスである、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記複数の外側フィンが、前記液体燃料放出端部の方向に向かって収束する収束外側テーパを有し、且つ前記スプレー先端部が、前記放出端部の方向に向かって収束する収束内側テーパを前記流入端部に有し、前記内側テーパが、前記複数の外側フィンの前記外側テーパと略相補的である、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 4】

前記複数の外側フィンが、長手方向フィンである、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 5】

前記複数の外側フィンの長さの、前記外側導管の外径に対する比が、 $0.1 \sim 3.0$ である、請求項 4 に記載の装置。

【請求項 6】

前記複数の外側フィンが、スパイラルフィンである、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 7】

前記複数の外側フィンが、 $3 \sim 20$ 枚ある、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 8】

前記外側導管が、 $0.1 \sim 0.2$ の、導管肉厚の導管外径に対する比を有する、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 9】

前記噴霧用ガス流路の水力直径の、前記外側導管の外径に対する比が、 $0.05 \sim 0.25$ である、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 10】

前記複数の外側フィンを有する内側導管の断面で、内側導管肉厚の、内側導管外径に対する比が、 $0.2 \sim 0.7$ である、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 11】

$0.1 \leq (N \times S) / P \leq 0.9$ であり、ここで、 N は前記複数の外側フィンの前記外側フィンの枚数、 S は前記複数の外側フィンの前記外側フィンの平均の円弧長、且つ P は前記複数の外側フィンに隣接した外側導管断面での外側導管の内側の周囲長さである、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 12】

10

20

30

40

50

前記スプレー先端部の前記流入端部が、溶接接合によって、前記外側導管の前記噴霧用ガス放出端部に接合されている、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 1 3】

前記溶接接合が、前記外側導管の前記肉厚の 25% ~ 100% 超の厚みを有する、請求項 1 2 に記載の装置。

【請求項 1 4】

前記混合チャンバーが、前記オリフィスの方向に向かって収束する、前記オリフィスに隣接した収束内側テーパを有する、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 1 5】

第一の酸化剤ガス流路流入端部と第一の酸化剤ガスの流れを放出するための第一の酸化剤ガス流路放出端部とを有する第一の酸化剤ガス流路を画定する、第一の酸化剤ガス導管部を具備し、
前記外側導管は、前記第一の酸化剤ガス導管に対して間隔をあけて配置され、前記外側導管の少なくとも一部は前記酸化剤ガス流路の内側に配置されている、
請求項 1 に記載の装置。

10

【請求項 1 6】

前記第一の酸化剤ガス流路に近接した第二の酸化剤ガス流路を画定する第二の酸化剤ガス導管部を具備し、前記第二の酸化剤ガス流路が、第二の酸化剤ガスの流れを放出するためのものである、請求項 1 5 に記載の装置。

【請求項 1 7】

20

前記第一の酸化剤ガス流路及び前記第二の酸化剤ガス流路と流通している酸化剤流入マニホールド；及び

前記酸化剤流入マニホールドの下流に流通しており、且つ前記第二の酸化剤ガス流路の上流に流通しているステージバルブであって、前記第二の酸化剤ガス流路に向かう前記第二の酸化剤ガスの流れを調整するための、ステージバルブ
をさらに具備する、請求項 1 6 に記載の装置。

【請求項 1 8】

前記第一の酸化剤ガス流路の上流に流通している酸化剤流入プレナムであって、その少なくとも一部が、前記外側導管の少なくとも一部のまわりに間隔を有する、酸化剤流入プレナム；及び

30

前記酸化剤流入プレナムの上流に位置する、酸化剤拡散器
をさらに具備する、請求項 1 5 に記載の装置。

【請求項 1 9】

次のステップを含む、液体燃料の燃焼方法：

請求項 1 5 に記載の装置を与えるステップ；

第一の酸化剤ガスを、前記第一の酸化剤ガス導管流路に通し、それにより前記第一の酸化剤ガスの流れを、前記第一の酸化剤ガス導管の放出端部から放出させるステップ；

前記液体燃料を、前記内側導管に通して前記混合チャンバーへと入れ、且つ前記噴霧用ガスを、前記噴霧用ガス流路に通して前記混合チャンバーへと入れ、それによって前記液体燃料と前記噴霧用ガスとの混合物を形成させるステップ；

40

前記液体燃料と前記噴霧用ガスとの前記混合物を、前記オリフィスに通し、それにより前記液体燃料と前記噴霧用ガスとの前記混合物を、前記混合チャンバーから前記第一の酸化剤ガスの流れへと、噴霧化液体燃料として放出させるステップ；及び

前記液体燃料の少なくとも一部を、前記第一の酸化剤ガスの流れの少なくとも一部で燃焼させ、それによって火炎を形成するステップ。

【請求項 2 0】

前記装置が、前記第一の酸化剤ガス流路と近接し、且つその下側に位置する第二の酸化剤ガス流路であって、第二の酸化剤ガスの流れを放出するためにある、第二の酸化剤ガス流路を画定する、第二の酸化剤ガス導管部をさらに具備する、請求項 1 9 に記載の方法であって、さらに次のステップを含む方法：

50

前記第二の酸化剤ガスの流れを前記第二の酸化剤ガス流路に通し、それによって前記第二の酸化剤ガスの流れを前記火炎の下側に放出させるステップ；及び

前記液体燃料の他の一部を前記第二の酸化剤ガスの流れの少なくとも一部で燃焼させるステップ。

【請求項 2 1】

前記液体燃料と前記噴霧用ガスとの前記混合物の、前記混合チャンバー中での平均滞留時間を 2 5 0 ~ 1 6 0 0 マイクロ秒とする、請求項 1 9 に記載の方法。

【請求項 2 2】

前記液体燃料と前記噴霧用ガスとの前記混合物を、前記スプレー先端部から速度 v_1 で放出させ、前記第一の酸化剤ガスを、前記第一の酸化剤導管の放出端部から速度 v_2 で放出させ、且つ $1 \leq v_1 / v_2 \leq 100$ となるようにする、請求項 1 9 に記載の方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

特許文献 1 ~ 5 で示されるように、燃焼の分野において、噴霧器ノズルの使用が周知である（これら文献は、参照によりそれら全体が本明細書に組み込まれる）。特許文献 1 に記載されているように、噴霧器ノズルは、様々な生産品、例えば金属、ガラス、セラミック材料等のための工業的な溶融炉で用いられている。

【背景技術】

【0002】

20

燃焼の用途において、液体燃料を噴霧する多くの方法がある。そのノズルを、二つの大きなグループに分けることができる：

（a）圧力噴霧器

これは、比較的高い圧力の液体燃料を用いて、流れを小さなオリフィスに通らせ、液体を液滴に噴霧する。これらの噴霧器は、比較的単純である。しかし、これらのターンダウン比は限られており、流れの条件に幅広い変化がある系に関して、ノズルの変更を必要とする。

（b）二流体噴霧器

これは、噴霧用ガスを用いて、液体の噴霧を支援する。噴霧用ガスを、通常、比較的高い圧力で導入しながら、液体燃料を、比較的低い圧力で供給することができる。このグループのノズルは、さらに次のように分類できる：

30

（1）外部混合

これは、高速の噴霧用ガスが、低速の液体燃料と外部で交わり、液体ジェット分散（liquid-jet breakup）、すなわち噴霧化をもたらす。これらのノズルは、通常、非常に頑丈であるが、火炎の形状及び噴霧化の品質は、ほとんどの場合、特に酸素 - 燃料バーナーの用途で、準最適（sub-optimal）である。この火炎は、短く、タイトであり、不均一な熱供給と局所的過熱をもたらす。

（2）内部混合又はエマルション

これは、噴霧用ガス及び液体燃料を、内部のチャンバー内で混合する。そして、2つの相の混合物を、出口オリフィスから噴出させ、内部で混合したガス相を減圧化することによって液体噴霧をもたらす。これらのノズルは、優れた且つ制御可能な噴霧、優れた火炎形状及び均一な伝熱を与える。

40

【0003】

内部混合噴霧器が、空気 - 燃料燃焼において幅広く用いられている一方で、酸素 - 燃料バーナーでの内部混合噴霧器の使用は、冷却の懸念及び火炎の逆火の問題の可能性に起因して限られている。非水冷バーナーを用いる場合、主な酸化剤が、噴霧化ノズルを冷却する。主な酸化剤が空気である空気 - 燃料バーナーに関して、冷却は、完全燃焼のために必要で且つ与えられる大量の空気（主な酸化剤）によってなされる。しかし、酸素 - 燃料バーナーに関しては、空気より高い O_2 濃度を有する主な酸化剤を用いるので、減少した体積の主な酸化剤による噴霧化ノズルの冷却は、不十分な場合がある。例えば、100パー

50

セントの O_2 酸化剤の場合、燃焼のために化学量論的に必要な酸素の量が与えられるならば、噴霧化ノズルを冷却するのに利用可能な主な酸化剤は、空気 - 燃料バーナーの場合よりも、約80%小さい体積となるであろう。加えて、酸素 - 燃料バーナーは、ずっと高い火炎温度を有する。これらの理由から、酸素 - 燃料バーナーにおける噴霧化ノズルは、空気 - 燃料バーナーよりもずっと高い温度に達すると予想される。

【0004】

内部混合ノズルの比較的高い温度は、いくつかの潜在的な問題をもたらす：

(1) ノズルの高い温度は、液体燃料の炉への導入前に、その化学的劣化をもたらす場合がある。より具体的には、燃料オイル、例えば高い硫黄含量を有する重油、及び炭素の高い残留値を有するオイル、例えば、高い値のコンラドソン残留炭素分(CCR: Conradson Carbon Residue)で示されるようなオイル(例えば、高い水準のアスファルテンを有する燃料オイルに通常見られるもの)に関して、ノズルの高い温度は、内部にコークスの堆積及びノズルの目詰まりを引き起こす場合がある。コークスの堆積及びノズルの目詰まりは、使用する噴霧用ガスにかかわらず懸念事項である。

(2) さらに、酸素を噴霧用ガスとして用いる場合、高いノズル温度及び不適切なノズルの設計は、火炎の逆火及び破壊的なノズルの障害をもたらす場合がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】米国特許第5,547,368号

【特許文献2】米国特許第5,567,141号

【特許文献3】米国特許第5,393,220号

【特許文献4】米国特許第5,617,997号

【特許文献5】米国特許第7,500,849号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

産業界は、酸素 - 燃料燃焼炉での使用に適切な液体燃料燃焼バーナー及び液体燃料噴霧器を望んでいる。

【0007】

産業界は、洗浄及び/又はメンテナンスをほとんど必要としない液体燃料燃焼バーナー及び液体燃料噴霧器を望んでいる。

【0008】

産業界は、洗浄するのに容易な液体燃料燃焼バーナーと液体燃料噴霧器を望んでいる。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は、液体燃料の燃焼用装置に関する。この燃焼用装置は、液体燃料噴霧器とすることもできる。この液体燃料噴霧器は、(a) 噴霧用ガス流入端部及び噴霧用ガス放出端部を有する略シリンダー形状の外側導管；(b) 液体燃料流入端部及び液体燃料放出端部を有する略シリンダー形状の内側導管であって、上記外側導管の内側に配置され、且つ上記外側導管との間に、噴霧用ガス流入端部から噴霧用ガス放出端部に伸びる噴霧用ガス流路を形成している内側導管；並びに(c) 流入端部及び放出端部を有するスプレー先端部であって、その流入端部が外側導管の噴霧用ガス放出端部に連結しているスプレー先端部を具備する。このスプレー先端部は、(i) 内側導管の液体燃料放出端部から液体燃料を受けると配置されており、且つ噴霧用ガス流路の噴霧用ガス放出端部から噴霧用ガスを受けると配置されている混合チャンバー、及び(ii) 液体燃料及び噴霧用ガスを混合チャンバーから受けると配置されている、スプレー先端部の放出端部にあるオリフィスであって、液体燃料及び噴霧用ガスを、噴霧化液体燃料としてスプレー先端部から放出するためのオリフィスを有する。内側導管は、その液体燃料放出端部で複数の外側フィン

の内側表面と接触している。

【0010】

液体燃料のオリフィスは、細長いスロットのオリフィスとすることができる。

【0011】

複数の外側フィンは、液体燃料放出端部の方向に向かって収束する収束外側テーパーを有することができる。スプレー先端部は、放出端部の方向に向かって収束する収束内側テーパーを流入端部に有することができる。この内側テーパーは、複数の外側フィンの外側テーパーと略相補的である。

【0012】

複数の外側フィンは、長手方向フィンとすることができる。

10

【0013】

複数の外側フィンは、長手方向フィンとすることができ、且つ複数の外側フィンの長さの、外側導管の外径に対する比は、 $0.1 \sim 3.0$ とすることができる。

【0014】

複数の外側フィンは、スパイラルフィンとすることができる。

【0015】

複数の外側フィンは、 $3 \sim 20$ 枚又は $6 \sim 10$ 枚とすることができる。

【0016】

外側導管は、導管肉厚の導管外径に対する比を $0.1 \sim 0.2$ とすることができる。

【0017】

20

この装置は、噴霧用ガス流路の水力直径(hydraulic diameter)の、外側導管の外径に対する比を、 $0.05 \sim 0.25$ とすることができる。

【0018】

この装置は、複数の外側フィンを有する内側導管の断面で、内側導管肉厚の、内側導管外径に対する比を $0.2 \sim 0.7$ とすることができる。

【0019】

この装置は、 $0.1 < (N \times S) / P < 0.9$ とすることができ、ここで、 N は複数の外側フィンの外側フィンの枚数、 S は複数の外側フィンの外側フィンの平均の円弧長、且つ P は複数の外側フィンに隣接した外側導管断面での外側導管の内側の周囲長さである。

【0020】

30

溶接接合によって、スプレー先端部の流入端部を、外側導管の噴霧用ガス放出端部に接合することができる。

【0021】

溶接接合は、外側導管の肉厚の $25\% \sim 100\%$ 超の厚みとすることができる。

【0022】

混合チャンバーは、オリフィスの方向に向かって収束する、オリフィスに隣接した収束内側テーパーを有することができる。

【0023】

燃焼用装置は、酸素-燃料バーナーとすることができる。このバーナーは、(i)第一の酸化剤ガス流路を画定する第一の酸化剤ガス導管部であって、その第一の酸化剤ガス流路が、第一の酸化剤ガス流路流入端部、及び第一の酸化剤ガスの流れを放出するための第一の酸化剤ガス流路放出端部を有する、第一の酸化剤ガス導管部；並びに(ii)第一の酸化剤ガス導管に対して間隔をあけて配置されている液体燃料噴霧器であって、その少なくとも一部が、第一の酸化剤ガス流路の内側に配置されている液体燃料噴霧器を具備する。この液体燃料噴霧器は、(a)噴霧用ガス流入端部、及び噴霧用ガス放出端部を有する略シリンダー形状の外側導管；(b)液体燃料流入端部、及び液体燃料放出端部を有する略シリンダー形状の内側導管であって、上記外側導管の内側に配置されており、且つ上記外側導管と上記内側導管との間に、噴霧用ガス流入端部から噴霧用ガス放出端部に伸びる噴霧用ガス流路を形成している内側導管；並びに(c)流入端部及び放出端部を有するスプレー先端部であって、その流入端部が外側導管の噴霧用ガス放出端部に連結しているスプ

40

50

レー先端部を具備する。このスプレー先端部は、(i) 内側導管の液体燃料放出端部からの液体燃料を受けるように配置されており、且つ噴霧用ガス流路の噴霧用ガス放出端部から噴霧用ガスを受けるように配置されている混合チャンバー；及び(ii) 混合チャンバーからの液体燃料と噴霧用ガスとを受けるように配置されている、スプレー先端部の放出端部にあるオリフィスであって、液体燃料と噴霧用ガスとを噴霧化液体燃料として、スプレー先端部から第一の酸化剤ガスの流れに放出するためのオリフィスを有する。内側導管は、内側導管の液体燃料放出端部で、複数の外側フィンを有する。この複数の外側フィンの少なくともいくつかは、スプレー先端部の流入端部の内部表面と接触している。

【 0 0 2 4 】

オリフィスを、細長いスロットのオリフィスとすることができる。

10

【 0 0 2 5 】

複数の外側フィンは、液体燃料放出端部の方向に向かって収束する収束外側テーパーを有することができる。ここでは、スプレー先端部が、放出端部の方向に向かって収束する収束内側テーパーを流入端部に有することができる。この内側テーパーは、複数の外側フィンの外側テーパーと略相補的である。

【 0 0 2 6 】

複数の外側フィンは、長手方向フィンとすることができる。

【 0 0 2 7 】

この装置は、複数の外側フィンの長さの、外側導管の外径に対する比は、 $0.1 \sim 3.0$ とすることができる。

20

【 0 0 2 8 】

複数の外側フィンは、スパイラルフィンとすることができる。

【 0 0 2 9 】

複数の外側フィンは、 $3 \sim 20$ 枚又は $6 \sim 10$ 枚とすることができる。

【 0 0 3 0 】

外側導管は、導管肉厚の導管外径に対する比を $0.1 \sim 0.2$ とすることができる。

【 0 0 3 1 】

この装置は、噴霧用ガス流路の水力直径の、外側導管の外径に対する比を、 $0.05 \sim 0.25$ とすることができる。

【 0 0 3 2 】

30

この装置は、複数の外側フィンを有する内側導管の断面で、内側導管肉厚の、内側導管外径に対する比を $0.2 \sim 0.7$ とすることができる。

【 0 0 3 3 】

スプレー先端部の流入端部を、溶接接合によって外側導管の噴霧用ガス放出端部に接合することができる。

【 0 0 3 4 】

溶接接合は、外側導管の肉厚の $50\% \sim 100\%$ 超の厚みとすることができる。

【 0 0 3 5 】

混合チャンバーは、オリフィスの方向に向かって収束する、オリフィスに隣接した収束内側テーパーを有することができる。

40

【 0 0 3 6 】

このパーナーは、第一の酸化剤ガス流路に隣接している第二の酸化剤ガス流路を画定する、第二の酸化剤ガス導管部分をさらに具備することができる。ここで、第二の酸化剤ガス流路は、第二の酸化剤ガスの流れを放出するためのものである。この第二の酸化剤ガス流路を、第一の酸化剤ガス流路の上に又は下に位置させることができる。

【 0 0 3 7 】

第一の酸化剤ガス流路は、異なる寸法の幅と高さを有する断面形状を有することができる。ここで第一の酸化剤ガス流路は、 $5 \sim 30$ の幅対高さ比を有し、且つ第二の酸化剤ガス流路は、異なる寸法の幅と高さを有する断面形状を有し、ここで第二の酸化剤ガス流路は、 $5 \sim 30$ の幅対高さ比を有する。

50

【 0 0 3 8 】

バーナーは、第一の酸化剤ガス流路及び第二の酸化剤ガス流路と流通している酸化剤流入マニホールド、及びその酸化剤流入マニホールドの下流に流通しており、且つ第一の及び第二の酸化剤ガス流路の上流に流通しているステージバルブ (s t a g i n g v a l v e) であって、第一の及び第二の酸化剤ガスの流れの間で、それぞれ第一の及び第二の酸化剤ガス流路への流れの分配を調整するためのステージバルブをさらに具備する。

【 0 0 3 9 】

バーナーは、第一の酸化剤ガス流路と上流に流通している酸化剤流入プレナムを、さらに具備することができる。酸化剤流入プレナムは、液体燃料噴霧器の少なくとも一部の間隔を有することができる。バーナーは、酸化剤流入プレナムの上流に流通して位置する酸化剤拡散器を、さらに具備することができる。

10

【 0 0 4 0 】

また、本発明は液体燃料の燃焼方法に関する。この方法は、(A) (I) 酸化剤ガス流路を画定する第一の酸化剤ガス導管部であって、この第一の酸化剤ガス流路が、第一の酸化剤ガス流路流入端部、及び第一の酸化剤ガスの流れを放出するための第一の酸化剤ガス流路放出端部を有する第一の酸化剤ガス導管部、並びに(II) 酸化剤ガス流路内に配置されている液体燃料噴霧器を具備するバーナーを与えるステップを含む。この液体燃料噴霧器は、(a) 噴霧用ガス流入端部、及び噴霧用ガス放出端部を有する略シリンダー形状の外側導管；(b) 液体燃料流入端部、及び液体燃料放出端部を有する略シリンダー形状の内側導管であって、外側導管の内側に配置されており、且つ外側導管と内側導管との間に、噴霧用ガス流入端部から噴霧用ガス放出端部に伸びている噴霧用ガス流路を形成している内側導管；並びに(c) 流入端部及び放出端部を有するスプレー先端部であって、その流入端部が外側導管の噴霧用ガス放出端部に連結しているスプレー先端部を具備する。このスプレー先端部は、(i) 内側導管の液体燃料放出端部から液体燃料を受けるように配置されており、且つ噴霧用ガス流路の噴霧用ガス放出端部からの噴霧用ガスを受けるように配置されている混合チャンバー；及び(ii) 液体燃料及び噴霧用ガスを混合チャンバーから受けようように配置されている、スプレー先端部の放出端部にあるオリフィスであって、液体燃料及び噴霧用ガスを噴霧化液体燃料として、スプレー先端部から第一の酸化剤ガスの流れに放出するためのオリフィスを有する。内側導管は、内側導管の液体燃料放出端部で、複数の外側フィンを有する。複数の外側フィンの少なくともいくつかは、スプレー先端部の流入端部の内部表面と接触している。この方法は、(B) 第一の酸化剤ガスを第一の酸化剤ガス流路に通し、それにより第一の酸化剤ガスの流れを第一の酸化剤ガス流路放出端部から放出させるステップ、(C) 液体燃料を、内側導管に通して混合チャンバーへと入れ、且つ噴霧用ガスを、噴霧用ガス流路に通して混合チャンバーへと入れ、それによって液体燃料と噴霧用ガスとの混合物を形成させるステップ、(D) 液体燃料と噴霧用ガスとの混合物をオリフィスに通し、それにより液体燃料と噴霧用ガスとの混合物を噴霧化液体燃料として、混合チャンバーから第一の酸化剤ガスの流れへと放出させるステップ、及び(E) 噴霧化液体燃料の少なくとも一部を、第一の酸化剤ガスの流れの少なくとも一部で燃焼させ、それにより火炎を形成するステップをさらに含む。

20

30

【 0 0 4 1 】

この方法で用いられるバーナーは、第二の酸化剤ガス流路を画定している、第二の酸化剤ガス導管部をさらに具備する。第二の酸化剤ガス流路は、第一の酸化剤ガス流路と近接し、且つその上側又は下側に位置することができる。第二の酸化剤ガス流路は、第二の酸化剤ガスの流れを放出するためにある。この方法は、第二の酸化剤ガスの流れを第二の酸化剤ガス流路に通し、それによって第二の酸化剤ガスの流れを火炎の下側に放出させるステップ、及び液体燃料の他の一部を第二の酸化剤ガスの流れの少なくとも一部で燃焼させるステップをさらに含むことができる。

40

【 0 0 4 2 】

この方法において、液体燃料と噴霧用ガスとの混合物は、混合チャンバー中で70～3200マイクロ秒の、160～2400マイクロ秒の、又は250～1600マイクロ秒

50

の平均滞留時間を有することができる。

【 0 0 4 3 】

この方法において、液体燃料と噴霧用ガスとの混合物を、スプレー先端部から速度 v_1 で放出させることができ、第一の酸化剤ガスを第一の酸化剤導管の放出端部から速度 v_2 で放出させることができる。ここで、 $1 \leq v_1 / v_2 \leq 100$ である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 4 】

【図 1】内部導管上に外側フィンを有する液体燃料噴霧器の断面表示であり、ここでその外側フィンは、外側フィンの一部にわたってテーパ状にされている。

【図 2】内部導管上に外側フィンを有する液体燃料噴霧器の断面表示であり、ここでその外側フィンは、外側フィンの全長にわたってテーパ状にされている。

【図 3】内部導管上に外側フィンを有する液体燃料噴霧器の断面表示であり、ここでその外側フィンは、テーパ状にされていない。

【図 4】液体燃料噴霧器を組み込んでいるバーナーの斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 4 5 】

明細書及び特許請求の範囲に記載された本発明の実施態様におけるあらゆる要素 (feature) に適用する場合、ここで用いられる単数の表現 (「a」及び「an」) は、一以上を意味する。単数の表現の使用は、制限が特に記載されていない限り、1 個の要素に制限されない。単数の名詞若しくは複数の名詞、又は名詞句の前に付く語「その」は、特定の指定の要素を示し、且つそれが使用されている文脈に依存して単数又は複数の意味を有する場合がある。形容詞「あらゆる」は、1 つ、いくつか、又はどんな量かに無差別に全てを意味する。

【 0 0 4 6 】

表現「少なくとも一部」は、「一部又は全て」を意味する。

【 0 0 4 7 】

一態様において、本発明の開示は、液体燃料の燃焼用装置に関する。この装置を、バーナーでの使用に適切な液体燃料噴霧器とすることもできる。

【 0 0 4 8 】

図 1 を参照すると、液体燃料噴霧器 1 は、噴霧用ガス流入端部 1 2 及び噴霧用ガス放出端部 1 4 を有する略シリンダー形状の外側導管 1 0 を具備する。液体燃料噴霧器 1 は、液体燃料流入端部 2 2 及び液体燃料放出端部 2 4 を有する略シリンダー形状の内側導管 2 0 も具備する。内側導管 2 0 は、外側導管 1 0 の内側に配置されており、外側導管 1 0 と内側導管 2 0 との間に噴霧用ガス流路 1 6 を形成している。噴霧用ガス流路 1 6 は、噴霧用ガス流入端部 1 2 から、噴霧用ガス放出端部 1 4 へと伸びている。単数の表現が流路要素に適用される場合、一以上を意味するので、一以上の流路を、外側導管 1 0 と内側導管 2 0 の間に形成することができる。その上、流路 1 6 が噴霧用ガス流入端部 1 2 から噴霧用ガス放出端部への連続の流路を与えるようにしつつ、流路 1 6 が噴霧用ガス流入端部 1 2 から噴霧用ガス放出端部 1 4 に伸びるようにして、分けること及び / 又は分けて再連結させることができる。

【 0 0 4 9 】

外側導管 1 0 の肉厚の、外側導管 1 0 の外径に対する比を、 $0.034 \sim 0.35$ 、 $0.1 \sim 0.2$ 、又は $0.14 \sim 0.18$ とすることができる。導管の肉厚の、外側導管の外径に対する比を $0.1 \sim 0.2$ にする利益は、より小さい値の比と比較して、2 つある。第一に、これは、熱に対して増大した断面積を与えて、液体燃料噴霧器 1 の外表面にあるホット (hot spot) スポットから熱を逃がす。ホットスポットは典型的には、スプレー先端部 3 0 の放出端部 3 4 と 3 外側導管 1 0 直径の上流との間のどこかに存在する。第二に、これは外側導管 1 0 の肉厚によって、比較的厚い結合部をもたらし、これは熱に対して増大した断面積を与えて、液体燃料噴霧器 1 の外表面にあるホットスポットから熱を逃がす。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 0 】

外側導管 1 0 は、第一の長手方向の軸を有することができ、また内側導管 2 0 は第二の長手方向の軸を有することができ、この第一の長手方向の軸及び第二の長手方向の軸は、実質的に同軸である。実質的に同軸とは、軸が合致しているか、平行であり且つ合致させる内側導管の内径の 5 % 以内の位置にあるか、又は軸が 2 ° 以内に平行のわずかな斜めで且つ噴霧用ガス放出端部 1 4 及び液体燃料放出端部 2 4 の位置で内側導管の内径の 5 % 以内の位置にあるか、である。

【 0 0 5 1 】

内側導管 2 0 は、その導管 2 0 の内部で、又は混合チャンバー 3 6 に隣接している導管 2 0 の放出端で測定される有効内径、若しくはその付近で測定される有効内径を有する。円形の導管断面の場合、その有効径は直径と等しい。わずかに真円形ではない導管又は非円形導管の場合、非円形導管の断面積と同じ断面積を与える有効径を計算することができる。内側導管 2 0 の有効内径は、1 . 2 7 mm ~ 1 2 . 7 mm とすることができる。

10

【 0 0 5 2 】

また、液体燃料噴霧器 1 は、流入端部 3 2 及び放出端部 3 4 を有するスプレー先端部 3 0 を具備する。スプレー先端部 3 0 の流入端部 3 2 を、外側導管 1 0 の噴霧用ガス放出端部 1 4 に、接合 1 8 によって接合させる。接合 1 8 は、溶接接合、圧入接合、ねじ接合、又は本分野で知られている他の適切な接合とすることができる。接合 1 8 は、好ましくは溶接接合である。溶接接合は、スプレー先端部の冷却のために比較的良好な熱伝導性を与えることができる。溶接接合は、外側導管 1 0 の肉厚の 5 0 % ~ 1 0 0 % 超の厚みを有することができる。溶接接合を、できるだけ厚く形成することが望ましいことがある。広い溶接接合は、外側導管とスプレー先端部の重なり領域での一方の厚みを薄くすることを必要とし、そしてそれにより溶接している間に比較的変形しやすくなり、これは望ましくない。

20

【 0 0 5 3 】

内側導管を、洗浄のために液体燃料噴霧器からの内側導管の取り外しを可能とするねじ接続又は他の適切な接続（示されていない）によって、流入端部で外側導管に、着脱可能な状態で、接続させることができる。

【 0 0 5 4 】

スプレー先端部 3 0 は、内側導管 2 0 の液体燃料放出端部 2 4 から液体燃料を受けるように配置され、且つ噴霧用ガス流路 1 6 から噴霧用ガスを受けるように配置される混合チャンバー 3 6 を有する。混合チャンバー 3 6 は、流入端部 3 2 と放出端部 3 4 との間にある。また、スプレー先端部 3 0 は、スプレー先端部 3 0 の放出端部 3 4 でオリフィス 3 8 を有する。オリフィス 3 8 を、混合チャンバー 3 6 から液体燃料及び噴霧用ガスを受けるように、且つスプレー先端部 3 0 から、噴霧化液体燃料として液体燃料と噴霧用ガスとを放出するように、配置する。

30

【 0 0 5 5 】

混合チャンバー 3 6 は、有効径と長さを有する。混合チャンバーの長さは、内側導管 2 0 の放出端から、混合チャンバーのオリフィス 3 8 のチャンバー側までを測定する。混合チャンバー 3 6 は、シリンダー状として示されるが、シリンダー形状及び / 又は円形断面形状に限定されない。混合チャンバーの断面が円形である場合、有効径はその直径と同じである。混合チャンバーの断面が非円形である場合、同じ断面積を与える有効径を計算することができる。混合チャンバー 3 6 は、内側導管の有効内径の 2 倍以下の長さを有する。噴霧用ガスと液体燃料とを十分に混合した後に火炎形成オリフィス 3 8 から放出させるために、混合チャンバーの長さは、内側導管 2 0 の内径の 0 . 5 ~ 2 . 0 倍とすることができる。あるいは、混合チャンバーの長さを、内側導管 2 0 の有効内径の 1 ~ 2 倍、又は約 1 . 7 倍とすることができる。設計燃焼量 (f i r i n g r a t e) とするために、液体燃料及び噴霧用ガスは、7 0 ~ 3 2 0 0 マイクロ秒の、1 6 0 ~ 2 4 0 0 マイクロ秒の、又は 2 5 0 ~ 1 6 0 0 マイクロ秒の平均滞留時間で混合チャンバーにとどまる必要がある。液体燃料及び噴霧用ガスに、エマルジョンチャンバーで混合する機会を与える場

40

50

合、コークスの蓄積が減少し、ノズルを洗浄するメンテナンスが減る。

【0056】

図1で示されるように、混合チャンバーは、オリフィス38の方向に収束する、収束内側テーパ37を有することができる。収束内側テーパは、比較的簡単な洗浄ができる利点を与える。収束内側テーパと相補的な形状である、ドリルビットの端のような形状をした洗浄用具を用いて、スプレー先端部を洗浄することができる。あるいは、混合チャンバーは、オリフィスに向かって位置する、球状又は楕円形状等のテーパ部を有することができる、また図示されたようなものよりも長い又は短い長さの混合チャンバーに広がるすることができる。エマルションチャンバーは、図1において混合チャンバーの大部分にわたって一定の断面で示されているが、混合チャンバーを、燃料流入からオリフィスまでの大部分又はその全長にわたって断面が縮小し、それによりテーパ化された混合チャンバーを与えて、形成することもできる。

10

【0057】

内側導管20は、内側導管20の液体燃料放出端部24で、複数の外側フィン26を有する。ここで、複数の外側フィン26の少なくともいくつかは、スプレー先端部30の流入端部32の内部表面35に接触している。複数の外側フィン26の全てが、スプレー先端部30の流入端部32の内部表面35に接触することができる。外側フィンは、内側導管20の外側表面に溝を画定する外側突起物である。スプレー先端部の内部表面と接触している外側フィン26は、スプレー先端部からの追加の熱伝導路を与える利益、及び内側導管20の液体燃料流入端部22とスプレー先端部30の流入端部32との間に、噴霧用ガス流路16用の所定の隙間を設ける利益を有する。この隙間は、外側フィンにより設けられ、また外側フィンを変更することによらなければ調節不可能である。

20

【0058】

複数の外側フィン26は、3~20枚、又は6~10枚とすることができる。複数の外側フィン26は、長手方向フィンとすることができる、ここでは、フィンは、真直ぐであり、且つ内側導管20の長手方向の軸と平行である軸を有する。あるいは、複数の外側フィン26は、内側導管の長さ方向に対してスパイラル状又はらせん状とすることができる。外側フィンは、一部で真直ぐとし、且つ内側導管20の放出端部24付近でスパイラル状又はらせん状とすることもできる。

【0059】

30

図1で示すように、複数の外側フィン26は、液体燃料放出端部24の方向に収束する収束外側テーパを有することができる。さらに図1で示すように、スプレー先端部30は、放出端部34の方向に収束する収束内側テーパを、流入端部32に有することができる。スプレー先端部30の内側テーパは、複数の外側フィン26の外側テーパと略相補的とすることができる。収束外側テーパは、複数の外側フィン26の一部の長さにわたる場合がある。あるいは、図2で液体燃料噴霧器2に関して示したように、収束外側テーパは、複数の外側フィン26の全長にわたる場合がある。

【0060】

図3で液体燃料噴霧器3に関して示したように、複数の外側フィン26は、収束外側テーパがない状態とすることができる。スプレー先端部30も、流入端部32で収束内側テーパのない状態とすることができる。

40

【0061】

液体燃料噴霧器を用いて、工業炉の用途で用いられるあらゆる液体燃料を噴霧化することができる。液体燃料には、例えば、第一蒸留油(No. 1 distillate oil)、第二蒸留燃料油(No. 2 distillate fuel oil)、ディーゼル燃料、バイオディーゼル及びその副生成物(例えばグリコール)、ケロシン、第四燃料油(No. 4 fuel oil)、第五残留油(No. 5 residual oil)、第六残留燃料油(No. 6 residual fuel oil)、C型燃料油(Bunker-C type fuel oil)並びに当業者に知られた他の液体燃料がある。噴霧用ガスは、工業炉用途で用いられるあらゆる公知の噴霧用ガス、例えば空

50

気、天然ガス、工業グレードの酸素、酸素富化ガス、プロパン、窒素、二酸化炭素、水素又はこれらのガスの二以上の混合物とすることができる。

【0062】

炉のいくつかの用途に関して、例えばガラス溶融炉に関して、略平面状の火炎が好ましい場合がある。略平面状の火炎を生成するために、オリフィス38は、扁平のスプレーパターンを形成するように機能する、細長いスロットのオリフィスとすることができる。スロットオリフィスは、幅寸法と高さ寸法を有するスロットの開孔であり、幅寸法は高さ寸法よりも大きい。幅は、3mm~25.4mmの範囲とすることができ、高さは0.75~7.62mmの範囲とすることができる。スロット断面は、長方形、楕円形、又は適切な非円形形状とすることができる。細長いスロットのオリフィスは、長さの寸法も有し、これは水力直径の少なくとも2倍である。この長さの寸法は、水力直径の2~10倍とすることもできる。スロットの断面は、長さ方向に沿って変化してもよく、例えば、幅寸法は、流れの方向に増加してもよく、したがって開度を有してもよい。水力直径の2倍超の長さ寸法は、スプレーパターンをオリフィス形状及び開度によって形状化することを可能にする。水力直径 D_H は、次の通常の方法で定義される： $D_H = (4 \times \text{断面積}) / \text{潤辺}$ 。水力直径が細長いスロットの長さ方向に沿って変化する場合、必要な直径寸法は、オリフィスの流入平面でとる。

10

【0063】

外側導管10、内側導管20及びスプレー先端部30を、あらゆる適切な材料、例えばステンレス鋼で作製することができ、本分野で知られた方法を用いて構築することができる。複数の外側フィン26を、内側導管20の表面に、その外側表面に溝を切り込むことによって、機械加工して取り付けることができる。

20

【0064】

液体燃料燃焼用装置は、上記のような液体燃料噴霧器を有するバーナーとすることができる。このバーナーを適合させて、0.10~1.2MWの、又は0.25~6MWの燃焼量で運転させることができる。

【0065】

図4を参照すると、バーナー60は、第一の酸化剤ガス流路54を画定している第一の酸化剤ガス導管部分40、第一の酸化剤ガス流路流入端部44及び第一の酸化剤ガスの流れを放出するための第一の酸化剤ガス流路放出端部46を有する第一の酸化剤ガス流路54、並びに酸化剤ガス導管部分40に対して間隔をあけて配置している液体燃料噴霧器5であって、その少なくとも一部が第一の酸化剤ガス流路54の内側に配置されている液体燃料噴霧器5を具備する。

30

【0066】

液体燃料噴霧器5は、上記の通りであり、本明細書に記載されたあらゆる液体燃料噴霧器の特徴を有することができる。

【0067】

第一の酸化剤ガスは、燃焼に適切なあらゆる酸化剤ガスとすることができ、例えば、空気、酸素富化ガス、及び工業グレードの酸素とすることができる。

【0068】

第一の酸化剤ガス流路54は、幅と高さの異なる寸法の断面形状を有することができる。第一の酸化剤ガス流路54は、幅の高さに対する比を、5~30とすることができる。第一の酸化剤ガス流路54は、非円形形状の断面を有することができ、且つ各断面は、中心点又は重心によって特徴付けることができ、ここで重心とは、通常の数値的定義を有する。ガス流路54を、流路の断面と直行し、且つ流路断面の重心につながる直線として定義される長手軸によって、さらに特徴付けることができる。

40

【0069】

バーナー60は、第二の酸化剤ガスの流れを放出するための、いわゆる酸化剤分岐(oxidant staging)のための、第二の酸化剤ガス流路56を画定している第二の酸化剤ガス導管部分70を具備する。第二の酸化剤ガス流路56は、第一の酸化剤ガ

50

ス流路 5 4 と近接しており、第一の酸化剤ガス流路 5 4 の下に位置することができる。第二の酸化剤ガス流路 5 6 は、幅と高さの異なる寸法の断面形状を有することができる。第二の酸化剤ガス流路 5 6 は、幅の高さに対する比を、5 ~ 3 0 とすることができる。第二の酸化剤ガス流路 5 6 は、非円形形状の断面を有することができ、且つ各断面は、中心点又は重心によって特徴付けることができ、ここで重心とは、通常の幾何学的定義を有する。第二の酸化剤ガス流路 5 6 を、流路の断面と直行し、且つ流路断面の重心につながる直線として定義される長手軸によって、さらに特徴付けることができる。第一の酸化剤ガス流路 5 4 の長手軸及び第二の酸化剤ガス流路 5 6 の長手軸は、実質的に平行とすることができる。

【 0 0 7 0 】

第二の酸化剤ガスは、燃焼に適切なあらゆる酸化剤ガスとすることができ、例えば、空気、酸素富化ガス、及び工業グレードの酸素とすることができる。第一の酸化剤ガス及び第二の酸化剤ガスは、同じ組成とすることができ、同じ供給源から由来することもできる。

【 0 0 7 1 】

第一の酸化剤ガス導管部分 4 0 及び第二の酸化剤ガス導管部分 7 0 を、分離され且つ別個となる導管から構築してもよく、又は材料の単一のブロック、例えば図 4 に示すようなバーナーブロックから構築しても良い。図 4 は、共通のバーナーブロック 5 0 で形成される第一の酸化剤ガス流路 5 4 及び第二の酸化剤ガス流路 5 6 を示す。図 4 に示すように、バーナーブロック 5 0 は、第一の酸化剤ガス流路部分 4 0 及び第二の酸化剤ガス流路部分 7 0 を具備することができる。

【 0 0 7 2 】

同じ酸化剤ガスを、第一の酸化剤ガス流路 5 4 と第二の酸化剤ガス流路 5 6 とに供給して、それによって第二の酸化剤ガスの流れが、第一の酸化剤ガスの流れと同じ酸素濃度を有するように、バーナーを構築することができる。あるいは、第一の酸化剤ガス流路 5 4 に供給されるのとは異なる酸化剤ガスを、第二の酸化剤ガス流路 5 6 へ供給して、それによって第二の酸化剤ガスの流れを、第一の酸化剤ガスの流れとは異なる酸素濃度となるように、バーナーを構築することもできる。

【 0 0 7 3 】

図 4 で示されるように、バーナー 6 0 は、酸化剤流入マニホールド 5 7 をさらに具備することができる。酸化剤ガスは、酸化剤流入マニホールド 5 7 を通って、そして最終的に第一の酸化剤ガス流路 5 4 と第二の酸化剤ガス流路 5 6 とに流れる。酸化剤流入マニホールド 5 7 は、第一の酸化剤ガス流路 5 4 と第二の酸化剤ガス流路 5 6 との上流に流通している。ステージバルブ 6 4 を用いて、酸化剤ガスの流れを、第二の酸化剤ガス流路 5 6 へと変える又は調節することができる。ステージバルブ 6 4 は、酸化剤流入マニホールド 5 7 の下流に流通しており、且つ第一の及び第二の酸化剤ガス流路 5 6 の上流に流通している。

【 0 0 7 4 】

バーナー 6 0 は、第一の酸化剤ガス流路 5 4 の上流に流通している酸化剤流入プレナム 8 2 をさらに具備する。酸化剤流入プレナムは、液体燃料噴霧器の少なくとも一部のまわりに間隔を有することができ、且つ第一の酸化剤ガス流路 5 4 の少なくとも一部は、スプレー先端部のまわりに間隔を有することができる。バーナーは、酸化剤プレナム 8 2 の上流に位置する拡散器 8 0 を、さらに具備することができる。この拡散器の目的は、酸化剤流入プレナムに入る酸化剤の流れの分配を促進することである。

【 0 0 7 5 】

スプレー先端部 3 0 の放出端は、バーナーブロック 5 0 のホットフェース (h o t f a c e) 5 2 と同一表面で取り付けことができ、又は第一の酸化剤ガス流路 5 4 の内部に埋め込むことができる。スプレー先端部 3 0 をバーナーブロック 5 0 に埋め込むことは、混合チャンバーの比較的冷えた運転温度を維持することに役立つであろう。しかし、スプレー先端部 3 0 を埋め込むことができる範囲は、下記のように、バーナー 6 0 の運転条

10

20

30

40

50

件に依存するであろう。

【 0 0 7 6 】

他の一態様において、本発明は、液体燃料を本明細書に記載したようなバーナーを用いて燃焼させる方法に関する。この方法では、0.10～1.2 MWの間、又は0.25～6 MWの間の燃焼量で運転させることができる。

【 0 0 7 7 】

液体燃料を燃焼させる方法は、本明細書に記載したような液体燃料噴霧器を伴う本明細書に記載したようなバーナーを与えるステップを有する。そのバーナー及び液体燃料噴霧器は、本明細書に記載したあらゆるバーナー又は液体燃料噴霧器の、それぞれの特徴を有することができる。

10

【 0 0 7 8 】

図1及び図4を参照して、この方法は、第一の酸化剤ガスを第一の酸化剤ガス導管部分40に通し、それにより第一の酸化剤ガスの流れを第一の酸化剤ガス導管の放出端部46から放出させるステップを有する。この方法は、液体燃料を、内側導管20を通して混合チャンバー36へと入れ、且つ噴霧用ガスを、噴霧用ガス流路16を通して混合チャンバー36へと入れ、それによって液体燃料と噴霧用ガスとの混合物を形成させるステップをさらに有する。この方法は、液体燃料と噴霧用ガスとの混合物を、オリフィス38に通し、それにより液体燃料と噴霧用ガスとの混合物を、噴霧化液体燃料として混合チャンバー36から第一の酸化剤ガスの流れへと放出させるステップをさらに有する。この方法は、液体燃料の少なくとも一部を、第一の酸化剤ガスの流れの少なくとも一部で燃焼させ、それによって火炎を形成するステップをさらに含む。

20

【 0 0 7 9 】

この方法は、酸化剤の分岐も含むことができる。第二の酸化剤ガスを、第二の酸化剤流路56に通し、それによって第二の酸化剤ガスの流れを、火炎の下で放出し、そして液体燃料の少なくとも一部を、第二の酸化剤ガスの流れの少なくとも一部で燃焼させることができる。

【 0 0 8 0 】

この方法では、液体燃料と噴霧用ガスとの混合物は、混合チャンバーにおいて、70～3200マイクロ秒の、160～2400マイクロ秒の、又は250～1600マイクロ秒の平均滞留時間を有する場合がある。

30

【 0 0 8 1 】

平均滞留時間は、混合チャンバーの全体積（前に定義したエマルションチャンバーの長さにわたる）を、エマルション混合物の体積流量で割ることによって計算される。このエマルション混合物の体積流量は、液体燃料と噴霧用ガスとの両方の体積流量を加えることによって計算される。噴霧用ガスは圧縮性なので、このガスの実際の体積流量は、圧力に関して補正することによって得られる。例えば、液体燃料の流量が70リットル/時、噴霧用ガス流量が単位時間当たり11標準立方メートル（Nm³/時）、エマルションチャンバー内の圧力が2.4 bar、且つ混合チャンバー内の温度が373 Kである場合、エマルション混合物の体積速度は、次の通りとなる。

【 0 0 8 2 】

40

【 数 1 】

$$\left(\frac{70 \text{ l/h}}{1000 \text{ l/m}^3} + \frac{(11 \text{ Nm}^3/\text{h})(1.01325 \text{ bar})}{2.4 \text{ bar}} \times \frac{373 \text{ K}}{273.15 \text{ K}} \right) \times \frac{\text{h}}{3600 \text{ s}} = 0.0018 \text{ m}^3/\text{s}.$$

【 0 0 8 3 】

50

790 mm^3 のエマルションチャンバー体積を有するノズルに関して、平均滞留時間は、下記ようになる： $790\text{ mm}^3 \times (1\text{ m}^3 / 0.0018\text{ m}^3 / \text{時}) \times (1 / 10^9\text{ mm}^3) = 443\text{ マイクロ秒}$

【0084】

この方法では、液体燃料と噴霧用ガスとの混合物を、スプレー先端部から速度 v_1 で放出し、第一の酸化剤ガスを第一の酸化剤導管放出端部から速度 v_2 で放出し、 $1 - v_1 / v_2 = 100$ とすることができる。この範囲で運転させることは、正確な火炎の形状を維持する利益を与える。液体燃料の燃焼では、この火炎の形状は、燃料液滴を含むスプレー先端部から発する領域によって、主に決められる。燃焼の発生に関して、燃料液滴は、まず蒸発するが、これは、(燃焼前の)液滴の蒸発であり、蒸発する液滴の周りで拡散火炎として進行する燃焼プロセスにおいて、律速段階となる (Lefebvre, "Atomization and Sprays," p. 309, Hemisphere Publishing, 1989)。液体燃料と噴霧用ガスとの混合物の速度 v_1 を、第一の酸化剤ガス速度 v_2 より高く保つことによって、液体燃料と噴霧用ガスとの混合物は、第一の酸化剤ガスを、液体燃料液滴を含む領域に、液体燃料液滴を含む領域の形状に重大な影響を与えずに引き込む傾向があるであろう。この方法では、火炎の形状は、酸化剤ガスの流れによって重大な影響を受けないが、代わりに液体燃料噴霧器の設計によって比較的大きく影響を受ける。言い換えると、火炎の外被 (flame envelope) は、噴霧器のスプレーパターンと強い関係がある。

10

【0085】

比 v_1 / v_2 が 100 を超えると、噴霧用ガス速度 v_1 が非常に高くなるか、第一の酸化剤ガス速度 v_2 が非常に低くなるかのどちらかである。液体燃料と噴霧用ガスとの混合物の速度 v_1 が非常に高い場合、これは噴霧用ガスと液体燃料の高い供給圧力を必要とする不利点を有する。第一の酸化剤ガス速度 v_2 が非常に低い場合、これは第一の酸化剤ガスがスプレー先端部に有益な冷却を与えるであろう範囲を縮小する影響があり、結果としてスプレー先端部 30 及び外側導管 10 の周りに第一の酸化剤ガスの不均一な分布をもたらす場合がある。この理由から、100 を超える比 v_1 / v_2 は、望ましくない。

20

【0086】

第一の酸化剤ガス速度 v_2 が、液体燃料と噴霧用ガスとの混合物の速度 v_1 より高い場合、液体燃料液滴を含む領域、すなわち火炎は、形状を変え始め、そして場合によっては振動するであろう。これは、液体燃料液滴の領域、すなわち火炎を、バーナーブロック 50 の第一酸化剤ガス流路 54 の内部表面に接触させて、結果としてバーナーブロック 50 にダメージを与える可能性を増大させる。加えて、これは、尖頭 (lance) をバーナーブロックの内部に埋め込むことができる範囲を大きく制限するであろう。

30

【0087】

混合物の速度 v_1 は、液体燃料と噴霧用ガスとの体積流量を加え、そしてその結果をオリフィスの断面積で割ることにより計算される。上記のように、噴霧用ガスは圧縮性なので、そのガスに関する実際の体積流量は、圧力に関して補正することによって得られる。例えば、液体燃料流量が 70 リットル / 時、噴霧用ガス流量が $11\text{ Nm}^3 / \text{時}$ 、混合チャンバー内の圧力が 2.4 bar、混合チャンバー内の温度が 373 K であり、且つオリフィスの断面積が 30 mm^2 である場合、混合物の速度は、次の通りとなる。

40

【0088】

【数 2】

$$\left(\frac{70 \text{ l/h}}{1000 \text{ l/m}^3} + \frac{(11 \text{ Nm}^3/\text{h})(1.01325 \text{ bar})}{2.4 \text{ bar}} \times \frac{373 \text{ K}}{273.15 \text{ K}} \right) \times \frac{\text{h}}{3600} \times \frac{1 \text{ E6 mm}^2}{\text{m}^2} / 30 \text{ mm}^2 = 59.4 \text{ m/s.}$$

【0089】

10

オリフィスの面積がその長さにわたって変化する場合、最も小さい面積が、混合物の速度の計算のために用いられる。

【実施例】

【0090】

数値流体力学 (CFD: Computational fluid dynamics) シミュレーションを実行して、液体燃料噴霧器の構造における複数の因子を変えることの影響を見定めた。次の CFD の例の全てにおいて、図 4 に示すように噴霧化ノズルを第一の酸化剤ガス流路の中心に位置させた。バーナーの構造パラメーターを、表 1 に要約する。ブロックの深さは、第一の酸化剤ガス流路と第二の酸化剤ガス流路との両方で、酸化剤の完全に発達した流れを確保するのに十分な長さとした。

20

【0091】

【表 1】

表 1

項目	値	単位
第一の酸化剤ガス流路 (54) の幅	288	mm
第一の酸化剤ガス流路 (54) の高さ	53	mm
外側導管 (10) の外径	26	mm
オリフィス (38) の面積	18.7	mm ²

30

【0092】

例 1：運転条件の影響

例 1 において、表 3 に記載されたようなケース 1 及び 2 のノズルを用いて、運転条件を変えることによる混合チャンバーの最大温度への影響を見定めた。2 つの運転条件を選択した。第一の運転条件では、バーナーへのオイルの流れを 106 リットル/時とし、且つ噴霧用流れを 3.94 Nm³/時とした。第一の酸化剤流路を通る酸化剤の割合は 30% とし、化学量論的燃焼に必要な酸化剤の残部を第二の酸化剤流路に流した。第二の運転条件では、バーナーへのオイルの流れを 265 リットル/時とし、且つ噴霧用流れを 3.94 Nm³/時とした。第一の酸化剤流路を通る酸化剤の割合は 50% とし、化学量論的燃焼に必要な酸化剤の残部を第二の酸化剤流路に流した。両方のケースで炉の温度は、1649 とした。

40

【0093】

ケース 1 に関して、これら 2 組の運転条件の下で、比較的低いオイル流量、及び第一の酸化剤ガス流路中の比較的低い酸化剤流量では、混合チャンバー内部の予測される最大温度は、532 であった。比較的高いオイル流量、及び第一の酸化剤ガス流路中の比較的高い割合の酸化剤流量では、混合チャンバー内部の予測される最大温度は、377 であった。

50

【 0 0 9 4 】

ケース 2 に関して、これら 2 組の運転条件の下で、比較的低いオイル流量、及び第一の酸化剤ガス流路中の比較的低い酸化剤流量では、混合チャンバー内部の予測される最大温度は、433 であった。比較的高いオイル流量、及び第一の酸化剤ガス流路中の比較的高い割合の酸化剤流量では、混合チャンバー内部の予測される最大温度は、306 であった。

【 0 0 9 5 】

混合チャンバーの最大温度を低下させることは、燃油（特に重油）中のアスファルテンがコークスを形成する傾向を減らし、これは同じくノズルアセンブリの洗浄が必要となる頻度を減らす。これは、単に、バーナーの運転条件を変更することによって（すなわち第一の酸化剤流路への酸化剤の割合をふやすことによって）、及び噴霧器の運転条件を変更することによって（すなわちオイルの流れ及び噴霧用ガスの流れをふやすことによって）、混合チャンバーの温度を許容できる水準に低下させることを確保するだけの問題にすぎないと言いたくなるが、バーナーへのオイル流量、ひいては酸化剤流量を決めるのは、典型的には、炉の運転条件であり、その逆ではない。加えて、最適な運転条件、特にガラスの溶融に関する最適な運転条件は、典型的には、酸化剤分岐の可能な最大の度合い（すなわち、第二の酸化剤流路に向かう酸化剤の比較的大きな割合）の状態であり、これは方向的な放熱（ガラスに向けて下を向いた火炎からの比較的大きな熱、炉のクラウンに向けた火炎から向けられる比較的小さい熱）を増加させる利益、ガラスの品質を向上させる利益、及び例えば米国特許文献第 7, 390, 189 号に記載されているような NOx の放出を低下させる利益を有する。最終的に、幅広い運転条件をカバーすることができる噴霧器をバーナーに有するのが好ましい。これは、要求されるバーナーの運転条件（例えば、燃焼量又はオイル流量及び第一の酸化剤流路を通る酸化剤の割合）に合う機器を交換させることなく、炉の運転に非常に大きな柔軟性を与える。

【 0 0 9 6 】

これらの理由のために、所定の運転条件に関して、混合チャンバーの温度を可能な最大範囲まで低下させることが望ましい。そうして、表 2 に要約したように運転条件を適宜決定した。以下の例は、本発明の異なる構成が混合チャンバーの最大温度をどれだけ低下させるかについて示すことができる。

【 0 0 9 7 】

【 表 2 】

表 2

オイル流量	265	リットル/時
噴霧用ガス流量	3.94	Nm ³ /時
第一の酸化剤流路を通る酸化剤の割合	50	%
炉の温度	1649	℃
酸素の純度	100	%
オイル流入温度	117	℃
噴霧用ガス流入温度	27	℃

【 0 0 9 8 】

表 3 に要約したように、混合チャンバーの最大温度への次の要素の影響を調査した：

1. 複数の外側フィンの、スプレー先端部の流入端部の内部表面への接触；
2. 外側導管の肉厚の割合としての、溶接接合の厚み；
3. 導管の肉厚の、外側導管の外径に対する比；及び
4. 噴霧用ガス流路の形状（水力直径）。

【 0 0 9 9 】

【表 3】

表 3					
ケース	1	2	3	4	5
接触面積/外側導管の壁の断面積	0	1.09	1.09	1.02	1.5
溶接の厚み (肉厚の%)	25	25	100	100	100
外側導管の肉厚の、外側導管の外径に対する比	0.147	0.147	0.147	0.147	0.108
外側フィン付近の内側導管の肉厚の、内側導管の外径に対する比	0.605	0.509	0.509	0.522	0.416
外側フィンの長さの、外側導管の外径に対する比	0	2.23	2.23	0.49	2.23
(N×S) / P (N：フィンの枚数、S：フィンの平均円弧長、P：外側フィン付近の外側導管の内部表面の内側の周囲長さ)	0	0.524	0.524	0.379	0.572
噴霧用ガス放出端部での (噴霧用ガス流路の水力直径) / (外側導管の外径)	0.116	0.064	0.064	0.056	0.061
噴霧用ガス流入端部での (噴霧用ガス流路の水力直径) / (外側導管の外径)	0.117	0.238	0.238	0.109	0.210
スプレー先端の流入端部での噴霧化ガス流路構造	8つの穴	8つの四角い溝	8つの四角い溝	8つの四角い溝	8つの四角い溝
混合チャンバーの最大温度 (°C)	377	306	313	288	306
外側導管の最大温度 (°C)	383	511	479	372	487

【0100】

例 2：複数の外側フィンの、スプレー先端部の流入端部の内部表面への接触の影響

40

【0101】

この比較において、表 3 のケース 1 とケース 2 との間で、スプレー先端部の流入端部との間に接触がない場合の混合チャンバー内部の予想最大温度は、377 であったが、スプレー先端部の流入端部との間に接触がある場合では、その温度は、306 であった。

【0102】

とりわけコークスを生成するアスファルテン（残留燃油の重大な成分）の熱分解は、350 ~ 800 の間で起こり（Speight, James G. Handbook of Petroleum Analysis. (p: 216). John Wiley & Sons 2001）、コークスの形成の可能性を避けるために、混合チャンバーの温度（オイルと接触している噴霧化アセンブリの最も熱い部分）を 350 未満に維持

50

することが必要である。それゆえ、複数の外側フィンをスプレー先端部の流入端部の内部表面に接触させることによって、混合チャンバーの最大温度は、アスファルテンがコークスを形成し始める温度である350より低くなることが理解できる。この問題は、いまや解決され、さらなる改良は必要ないと言いたくなるが、混合チャンバーの最大温度を低下させることによって、コークス形成の傾向を削減又は顕著に減少させる運転条件に、比較的大きなウィンドウをもたらすということに気付くことが重要である。

【0103】

例3：外側導管の肉厚の割合としての溶接接合の厚みの影響

【0104】

他の一つの調査を行って、チャンバーの温度をさらに低下させる他の可能性を調べた。表3のケース2とケース3との間のこの比較において、溶接接合の厚みが外側導管の肉厚の20%である場合の、混合チャンバー内部の予想最大温度は、306であったが、溶接接合の厚みが外側導管の肉厚の100%である場合では、その温度は、313であった。温度のこのわずかな増加は、思いがけない結果であり、さらなる解析は、この理由が、この系の伝熱の多くのモードの複雑な相互作用に起因することを明らかにしている。

10

【0105】

炉から外部表面への放射の熱伝導によって、スプレー先端部に加えて、外側導管も、かなりの部分の熱を受ける。一般的に、熱は、次の複数の機構によって、外側導管から除去される：外側導管を取り囲む第一の酸化剤流路を通る、酸化剤の流れによる熱伝達；外側導管の長さに沿った熱伝導、及びその導管壁を通じた半径方向の伝導；外側導管の内部表面に流通している噴霧用ガスの流れによる熱伝達。外側導管の長さに沿った伝導が、チャンバーの温度を冷やすのを促進するかどうかは、どの方向に熱を伝えるかに依存するが、熱伝達は、常にチャンバーの温度を冷やすのを促進する。この例では、スプレー先端部は、液体燃料及び噴霧用ガスによって、エマルジョンチャンバーの内部表面で効果的に冷却され、そして最も熱いホットスポットは、ノズル先端ではなく外側導管(10)の外部表面で発生する。複数の外側フィンをスプレー先端部の流入端部の内部表面との間の接触は、その先端部温度をさらに低下させる。

20

【0106】

熱は、外側導管の最も熱い部分から、双方向に(スプレー先端部に、且つスプレー先端部から耐火ブロックの後ろにある炉の外側に位置されているバーナーの後ろに)伝わって除去されるであろうが、スプレー先端部への熱伝導の大きさは、スプレー先端部から熱を除去する伝導よりも大きくなる。これは、スプレー先端部への液体燃料の冷却効果、及びスプレー先端部と外側導管のホットスポットとの間の比較的短い距離の結果として、温度勾配が比較的大きいからである。

30

【0107】

溶接の厚みが大きくなる場合にチャンバー温度の最大温度が上がる理由は、より厚い溶接は、より大きい量の熱を、外側導管の壁の軸に沿って導管壁のホットスポットからスプレー先端部に、且つ混合チャンバー内部に伝導させるからである。

【0108】

混合チャンバーの最大温度のわずかな増加にもかかわらず、外側導管の最大温度は、511から479に低下したことに気付くことが重要である。

40

【0109】

例4：導管の肉厚の、外側導管の外径に対する比の影響

【0110】

表3のケース3とケース5との間のこの比較において、外側導管の肉厚の、外側導管の外径に対する比が0.147である場合には、混合チャンバー内部の予想される最大温度は313であったが、外側導管の肉厚の、外側導管の外径に対する比が0.108である場合には、その温度は306であった。上記の溶接厚みで比較した例から予想されるように、エマルジョンチャンバーの温度は、肉厚が薄い場合、わずかに冷却される。しかし、比較的小さい熱が、外側導管の長さに沿ってホットスポットからスプレー先端部へ伝

50

導され、結果として 479 から 487 に外側導管の最大温度が増加する。

【0111】

例 5：噴霧用ガス流路の形状（水力直径）の影響

【0112】

表 3 のケース 3 とケース 4 との間のこの比較において、行われた第一の変更は、外側導管と冷却用空気との間に大きな表面積を存在させるように、複数の外側フィンの長さを非常に短くしたことであった。第二の変更は、外側導管の内部表面と内側導管の外部表面との間の環状の空間の水力直径を、内側導管の外径を大きくすることによって（そして内側導管の内径を維持することで肉厚を増加させて）、ケース 3 からケース 4 で 50 % 超減少させたことであった。第三に、ケース 4 でのスロットのアスペクト比を、狭くて奥行きがあるスロットから比較的四方いスロットにすることで変更した。ケース 3 でのアスペクト比（高さ対幅）は、2.74 であり、ケース 4 では 0.97 であった。噴霧用ガス流路の構造に対するこれら 3 つの変更は、噴霧用ガスと外側導管の内部表面との間の熱伝達にかなりの影響を与える。

【0113】

第一に、外側導管のホットスポット領域（外側導管の最大温度の場所）の、内側導管上の外側フィンの上流領域において、環状の空間を、外側導管の内部表面と内側導管の外部表面との間に設けることは、外側導管の内部表面と噴霧用ガスとの間の伝熱のための有効表面積を増加させる。第二に、この領域の水力直径を減少させることは、外側導管の内部表面と噴霧用ガスとの間の熱伝達の向上を促進する。第三に、そのアスペクト比を変えることによってスロットの幅を拡げること（ひいてはフィンを縮小すること）は、複数の外側フィンとスプレー先端部の流入端部の内部表面との間の接触面積に顕著な影響を与えることなく、噴霧用ガスと外側導管の内部表面との間の伝熱のための有効表面積を増加させる。外側フィンが、噴霧用ガスと外側導管の内部表面との間に熱伝達に対する障壁を作ることには注目に値する。これは、外側フィンの表面と外側導管の内部表面との間の許容ギャップには、流れが本質的に存在しないからである。加えて、このフィンは、外側導管から除熱する半径方向（中心に向かう半径方向）への伝導では、重要な役割は果たさない。これは、外側フィンの外部表面と外側導管の内部表面との間に、緊密な接触が存在しないからである。これは、上記の外側フィンの外部表面とスプレー先端部の内部表面との間の緊密且つ有益な接触とは対照的である。それゆえ、 $0.1 \quad (N \times S) / P \quad 0.9$ （ここで、N は複数の外側フィンの外側フィンの枚数、S は複数の外側フィンの外側フィンの平均の円弧長、且つ P は複数の外側フィンに隣接した外側導管断面での外側導管の内側の周囲長さ）を与えることが望ましい。加えて、ケース 4 に関して、内側導管の壁が厚ければ厚いほど、混合チャンバーから内側導管の長さに沿って、より大きな伝導を可能とし、それによって混合チャンバーの温度が低下する。

【0114】

これら 3 つの改良は、外側導管の最大温度を 479（ケース 3）から 372（ケース 4）へと顕著に低下させることに役立つ。同様に、これは、外側導管の壁に沿った混合チャンバーへの熱伝導を、小さくすることをもたらす。混合チャンバー内部の予想される最大温度は、313（ケース 3）から 288 へ（ケース 4）と低下した。

【0115】

この構造の利益は、混合チャンバーがコークスを形成するであろう温度をはるかに下回ること、及び外側導管の最大温度が、430 ~ 900 の温度範囲を下回ることである。ここで、この温度範囲は、粒界での炭化物の析出（precipitation）（特に炭化クロム）に起因する水腐食が、非常に一般的な合金、例えば SUS316、SUS304 及び SUS310 で懸念事項となる温度範囲である（Roberge, P.R., Handbook of Corrosion Engineering, McGraw-Hill 2000, Page 712）。

【0116】

例 6

【0117】

本発明の液体燃料噴霧器と、特許文献5に記載されたような商用の液体燃料噴霧器（以後、「'849噴霧器」とする）との間で比較を行った。溶接の厚みは、'849噴霧器と本発明の噴霧器とで、それぞれ1.27mmと3.91mmであった。外側導管の断面積は、'849噴霧器と本発明の噴霧器とで、それぞれ 117mm^2 と 89mm^2 であった。外側導管の肉厚は、'849噴霧器と本発明の噴霧器とで、それぞれ2.87mm（0.113インチ）と3.91mm（0.154インチ）であった。

【0118】

本発明の噴霧器は、8つの外側フィンを内側導管の外部表面上に備えていた。

【0119】

熱電対を用いて、混合チャンバーの内部表面の表面温度を測定した。空気を、 $5.2\text{Nm}^3/\text{時}$ （ 3.3scfm ）の流量で噴霧用ガス流路に通した。液体燃料は、噴霧器に通さなかった。炉を、約 1150 （ 2100°F ）に加熱した。これら異なる噴霧器を、噴霧器の先端が炉に突き出すように、同じ奥行きで炉の内部に挿入した。混合チャンバー内側の表面の温度を測定した。'849噴霧器の混合チャンバーの内部表面温度は、炉の平均温度が 1184 の状態、約 350 であった。本発明の噴霧器の混合チャンバーの内部表面温度は、炉の平均温度が 1197 の状態、約 236 であった。

【0120】

混合チャンバー内の比較的低い温度は、スプレー先端部での液体燃料のコークス化を減らす可能性を示している。混合チャンバーの内側表面温度は、本発明の噴霧器が、'849噴霧器と比較して、より低かったため、スプレー先端部における燃料のコークス化は、減少するはずである。

【0121】

本発明は、特定の実施態様に参照して述べられているが、本発明はこれらの実施態様に限定されるべきではなく、特許請求の範囲内に含まれる変更品及び均等の構成を包含する。

10

20

【手続補正書】

【提出日】平成23年5月10日(2011.5.10)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

噴霧用ガス流入端部及び噴霧用ガス放出端部を有する、略シリンダー形状の外側導管；
液体燃料流入端部及び液体燃料放出端部を有する略シリンダー形状の内側導管であって、前記外側導管の内側に配置され、且つ前記外側導管との間に、前記噴霧用ガス流入端部から前記噴霧用ガス放出端部に伸びる噴霧用ガス流路を形成する、内側導管；並びに
流入端部及び放出端部を有し、前記流入端部が、前記外側導管の前記噴霧用ガス放出端部に連結しているスプレー先端部であって、次を具備するスプレー先端部：

前記液体燃料を、前記内側導管の前記液体燃料放出端部から受けるように配置されており、且つ噴霧用ガスを、前記噴霧用ガス流路から受けるように配置されている、混合チャンバー、及び

前記液体燃料と前記噴霧用ガスとを、前記混合チャンバーから受けるように配置されている、前記スプレー先端部の前記放出端部にあるオリフィスであって、前記液体燃料と前記噴霧用ガスとを、噴霧化液体燃料として前記スプレー先端部から放出するためのオリフィス

を具備する、液体燃料の燃焼装置であって、

前記内側導管が、前記内側導管の前記液体燃料放出端部で複数の外側フィンを有し、前記複数の外側フィンの少なくともいくつかは、前記スプレー先端部の前記流入端部の内側表面と接触している、液体燃料の燃焼装置。

【請求項 2】

前記オリフィスが、細長いスロットのオリフィスである、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記複数の外側フィンが、前記液体燃料放出端部の方向に向かって収束する収束外側テーパを有し、且つ前記スプレー先端部が、前記放出端部の方向に向かって収束する収束内側テーパを前記流入端部に有し、前記内側テーパが、前記複数の外側フィンの前記外側テーパと略相補的である、請求項 1 又は 2 に記載の装置。

【請求項 4】

前記複数の外側フィンが、長手方向フィンである、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項 に記載の装置。

【請求項 5】

前記複数の外側フィンの長さの、前記外側導管の外径に対する比が、 $0.1 \sim 3.0$ である、請求項 4 に記載の装置。

【請求項 6】

前記複数の外側フィンが、スパイラルフィンである、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項 に記載の装置。

【請求項 7】

前記複数の外側フィンが、 $3 \sim 20$ 枚ある、請求項 1 ～ 6 のいずれか一項 に記載の装置。

【請求項 8】

前記外側導管が、 $0.1 \sim 0.2$ の、導管肉厚の導管外径に対する比を有する、請求項 1 ～ 7 のいずれか一項 に記載の装置。

【請求項 9】

前記噴霧用ガス流路の水力直径の、前記外側導管の外径に対する比が、 $0.05 \sim 0.$

25である、請求項1～8のいずれか一項に記載の装置。

【請求項10】

前記複数の外側フィンを有する内側導管の断面で、内側導管肉厚の、内側導管外径に対する比が、0.2～0.7である、請求項1～9のいずれか一項に記載の装置。

【請求項11】

$0.1 \leq (N \times S) / P \leq 0.9$ であり、ここで、Nは前記複数の外側フィンの前記外側フィンの枚数、Sは前記複数の外側フィンの前記外側フィンの平均の円弧長、且つPは前記複数の外側フィんに隣接した外側導管断面での外側導管の内側の周囲長さである、請求項1～10のいずれか一項に記載の装置。

【請求項12】

前記スプレー先端部の前記流入端部が、溶接接合によって、前記外側導管の前記噴霧用ガス放出端部に接合されている、請求項1～11のいずれか一項に記載の装置。

【請求項13】

前記溶接接合が、前記外側導管の前記肉厚の25%～100%超の厚みを有する、請求項12に記載の装置。

【請求項14】

前記混合チャンバーが、前記オリフィスの方向に向かって収束する、前記オリフィスに隣接した収束内側テーパを有する、請求項1～13のいずれか一項に記載の装置。

【請求項15】

第一の酸化剤ガス流路流入端部と第一の酸化剤ガスの流れを放出するための第一の酸化剤ガス流路放出端部とを有する第一の酸化剤ガス流路を画定する、第一の酸化剤ガス導管部を具備し、

前記外側導管は、前記第一の酸化剤ガス導管に対して間隔をあけて配置され、前記外側導管の少なくとも一部は前記酸化剤ガス流路の内側に配置されている、

請求項1～14のいずれか一項に記載の装置。

【請求項16】

前記第一の酸化剤ガス流路に近接した第二の酸化剤ガス流路を画定する第二の酸化剤ガス導管部を具備し、前記第二の酸化剤ガス流路が、第二の酸化剤ガスの流れを放出するためのものである、請求項15に記載の装置。

【請求項17】

前記第一の酸化剤ガス流路及び前記第二の酸化剤ガス流路と流通している酸化剤流入マニホールド；及び

前記酸化剤流入マニホールドの下流に流通しており、且つ前記第二の酸化剤ガス流路の上流に流通しているステージバルブであって、前記第二の酸化剤ガス流路に向かう前記第二の酸化剤ガスの流れを調整するための、ステージバルブ

をさらに具備する、請求項15又は16に記載の装置。

【請求項18】

前記第一の酸化剤ガス流路の上流に流通している酸化剤流入プレナムであって、その少なくとも一部が、前記外側導管の少なくとも一部のまわりに間隔を有する、酸化剤流入プレナム；及び

前記酸化剤流入プレナムの上流に位置する、酸化剤拡散器

をさらに具備する、請求項15～17のいずれか一項に記載の装置。

【請求項19】

次のステップを含む、液体燃料の燃焼方法；

請求項15～18のいずれか一項に記載の装置を与えるステップ；

第一の酸化剤ガスを、前記第一の酸化剤ガス導管流路に通し、それにより前記第一の酸化剤ガスの流れを、前記第一の酸化剤ガス導管の放出端部から放出させるステップ；

前記液体燃料を、前記内側導管に通して前記混合チャンバーへと入れ、且つ前記噴霧用ガスを、前記噴霧用ガス流路に通して前記混合チャンバーへと入れ、それによって前記液体燃料と前記噴霧用ガスとの混合物を形成させるステップ；

前記液体燃料と前記噴霧用ガスとの前記混合物を、前記オリフィスに通し、それにより前記液体燃料と前記噴霧用ガスとの前記混合物を、前記混合チャンバーから前記第一の酸化剤ガスの流れへと、噴霧化液体燃料として放出させるステップ；及び

前記液体燃料の少なくとも一部を、前記第一の酸化剤ガスの流れの少なくとも一部で燃焼させ、それによって火炎を形成するステップ。

【請求項 20】

前記装置が、前記第一の酸化剤ガス流路と近接し、且つその下側に位置する第二の酸化剤ガス流路であって、第二の酸化剤ガスの流れを放出するためにある、第二の酸化剤ガス流路を画定する、第二の酸化剤ガス導管部をさらに具備する、請求項 19 に記載の方法であって、さらに次のステップを含む方法：

前記第二の酸化剤ガスの流れを前記第二の酸化剤ガス流路に通し、それによって前記第二の酸化剤ガスの流れを前記火炎の下側に放出させるステップ；及び

前記液体燃料の他の一部を前記第二の酸化剤ガスの流れの少なくとも一部で燃焼させるステップ。

【請求項 21】

前記液体燃料と前記噴霧用ガスとの前記混合物の、前記混合チャンバー中での平均滞留時間を 250 ~ 1600 マイクロ秒とする、請求項 19 又は 20 に記載の方法。

【請求項 22】

前記液体燃料と前記噴霧用ガスとの前記混合物を、前記スプレー先端部から速度 v_1 で放出させ、前記第一の酸化剤ガスを、前記第一の酸化剤導管の放出端部から速度 v_2 で放出させ、且つ $1 \leq v_1 / v_2 \leq 100$ となるようにする、請求項 19 ~ 21 のいずれか一項に記載の方法。

フロントページの続き

(74)代理人 100077517

弁理士 石田 敬

(74)代理人 100087413

弁理士 古賀 哲次

(74)代理人 100128495

弁理士 出野 知

(74)代理人 100093665

弁理士 蛸谷 厚志

(74)代理人 100170874

弁理士 塩川 和哉

(72)発明者 マシュー ジェイムズ ワトソン

アメリカ合衆国, ペンシルベニア 1 8 0 1 5 , ベスレヘム, ヒルトップ ロード 2 0 3 9

(72)発明者 ヘ シャオイ

アメリカ合衆国, ペンシルベニア 1 8 0 6 9 , オレフィールド, オーバールック ロード 6 6
9 8

F ターム(参考) 3K052 GA07 GA08 GB01 GC01 HA01

3K056 AA02 AA07 AB01 AC01 AD01

【外国語明細書】
2011169578000001.pdf