

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6641374号
(P6641374)

(45) 発行日 令和2年2月5日(2020.2.5)

(24) 登録日 令和2年1月7日(2020.1.7)

(51) Int.Cl.

F23D 14/24 (2006.01)

F 1

F 23 D 14/24

C

請求項の数 15 (全 34 頁)

(21) 出願番号 特願2017-532842 (P2017-532842)
 (86) (22) 出願日 平成27年12月2日 (2015.12.2)
 (65) 公表番号 特表2017-538912 (P2017-538912A)
 (43) 公表日 平成29年12月28日 (2017.12.28)
 (86) 國際出願番号 PCT/GB2015/053683
 (87) 國際公開番号 WO2016/097687
 (87) 國際公開日 平成28年6月23日 (2016.6.23)
 審査請求日 平成30年11月7日 (2018.11.7)
 (31) 優先権主張番号 1422845.6
 (32) 優先日 平成26年12月19日 (2014.12.19)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
英國(GB)

(73) 特許権者 508359550
 セレス インテレクチュアル プロパティ
ー カンパニー リミテッド
イギリス国 アールエイチ13 5ピーエ
ックス, ウエスト・サセックス, ホーシャ
ム, ファウンドリー・レーン, バイキング
・ハウス
 (74) 代理人 100108453
 弁理士 村山 靖彦
 (74) 代理人 100110364
 弁理士 実広 信哉
 (74) 代理人 100133400
 弁理士 阿部 達彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】スワーラの上流および下流に燃料噴射器を備える改良されたスワールバーナー

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

スワールバーナーアセンブリであって、
 (i) 中心軸線に沿って延在し、かつ第1の端部と第2の端部とを有する、中空の長手方向細長本体と、
 (ii) 前記第1の端部における端壁と、
 (iii) 前記第1の端部と前記第2の端部との間に配置されるバーナー壁であって、前記第1の端部から前記バーナー壁へ向かう第1の容積部と、前記バーナー壁から前記第2の端部へ向かう第2の容積部と、を画定する、バーナー壁と、
 (iv) 前記第1の容積部への酸化剤入口と、
 (v) 少なくとも1つの中空の長手方向細長バーナーユニットであって、前記第1の容積部から前記端壁における開口部の外側に延在するバーナーユニットの第1の端部を有しており、前記バーナーユニットは、前記第1の容積部から前記第2の容積部へ、そしてバーナーユニットの第2の端部へ向けて、前記バーナー壁の開口部を通って延在しており、かつバーナーユニットの内部容積部を規定する、中空の長手方向細長バーナーユニットと、を備えており、

前記中空の長手方向細長バーナーユニットは、

(a) 前記バーナーユニットの内側に配置されかつ前記バーナーユニットの第1の端部と前記バーナーユニットの第2の端部との間に配置された軸流スワールミキサーであって、内径および外径を有し、前記第1の容積部から前記第2の容積部への流れを誘導する複数

のベーンを含む、軸流スワールミキサーと、

(b) 前記第1の容積部内と流体連通する第1の燃料入口であって、前記複数のベーンの前記外径の半径方向内側に配置される、第1の燃料入口と、

(c) 前記第2容積部と流体連通する第2の燃料入口であって、前記第1の燃料入口よりも前記バーナーユニットの第2の端部に近接し、前記複数のベーンの前記外径の半径方向内側に配置される第2の燃料入口と、

を備えており、

少なくとも1つのバーナーユニットの各々は、

(A) 第1のポイントであって、前記長手方向細長本体の前記第1の端部に最も近接しあつ前記中心軸線に沿うポイントであり、当該ポイントにおいて、前記中心軸線に対して直交する平面が、前記バーナーユニットの前記スワールミキサーの前記複数のベーンと交差する、第1のポイントを規定し、

10

(B) 第2のポイントであって、前記長手方向細長本体の前記第1の端部から最も離れた前記中心軸線に沿うポイントであり、当該ポイントにおいて、前記中心軸線に直交する平面が、前記バーナーユニットの前記スワールミキサーの前記複数のベーンに交差する、第2のポイントを規定し、かつ、

(C) 前記第1のポイントおよび前記第2のポイントから等距離をおいた前記中心軸線に沿う幾何学的中間ポイントを規定しており、

各第1の燃料入口は、前記中心軸線に対して軸方向で、前記酸化剤入口と前記スワールミキサーとの間に配置され、前記スワールミキサーは、前記中心軸線に直交する平面と交差し、当該平面は、前記第1のポイントから、前記第1の燃料入口の流動面積の円相当直径の1から2倍にある、前記中心軸線に沿うポイントと交差し、

20

各第2の燃料入口は、前記中心軸線に対して軸方向で、前記第1の燃料入口と前記長手方向細長本体の前記第2の端部との間に配置され、前記バーナーユニットの前記第2の端部は、前記中心軸線に直交する平面と交差し、当該平面は、前記幾何学的中間ポイントから、前記複数のベーンの内径以下にある、前記中心軸線に沿うポイントと交差することを特徴とするスワールバーナーアセンブリ。

【請求項2】

少なくとも1つのバーナーユニットが、

i) 前記第1の容積部から前記第2の容積部に向かって前記バーナー壁の前記開口部を通って延在する外側カラーであって、外径と、内径と、第1の端部と、第2の端部とを有する、外側カラーと、

30

i i) 前記第1の容積部から前記第2の容積部に向かって前記バーナー壁の前記開口部を通って延在する内側カラーであって、外径と、内径と、第1の端部と、第2の端部とを有する、内側カラーと、

をさらに備えることを特徴とする請求項1に記載のスワールバーナーアセンブリ。

【請求項3】

前記内側カラーが前記外側カラーに対して半径方向内側に配置されていることを特徴とする請求項2に記載のスワールバーナーアセンブリ。

【請求項4】

前記複数のベーンは、前記外側カラーと前記内側カラーとの間で半径方向に延在し、前記外側カラーの内径は、前記複数のベーンの外径に等しく、かつ前記内側カラーの外径は、前記複数のベーンの前記内径に等しいことを特徴とする請求項2または請求項3に記載のスワールバーナーアセンブリ。

40

【請求項5】

前記第1および第2の燃料入口が、前記複数のベーンの内径の半径方向内側のポイントにそれぞれ配置されることを特徴とする請求項1から請求項4のいずれか一項に記載のスワールバーナーアセンブリ。

【請求項6】

点火装置をさらに備えることを特徴とする請求項1から請求項5のいずれか一項に記載

50

のスワールバーナーアセンブリ。

【請求項 7】

前記点火装置が前記第2の容積部内に配置され、かつ前記点火装置が、前記第2の容積部から、前記本体の外側に延在していることを特徴とする請求項6に記載のスワールバーナーアセンブリ。

【請求項 8】

前記バーナー壁は、少なくとも1つの空気分離開口部を有しており、前記少なくとも1つの空気分離開口部は、前記バーナー壁の前記第1の容積部側から、前記第2の容積部に向かって延在する少なくとも1つのホールを含むことを特徴とする請求項1から請求項7のいずれか一項に記載のスワールバーナーアセンブリ。 10

【請求項 9】

前記少なくとも1つの空気分離開口部は、前記複数のベーンの外径に対して半径方向に同心状となっていることを特徴とする請求項8に記載のスワールバーナーアセンブリ。

【請求項 10】

前記本体が多層壁構造のものであり、複数の壁が、前記バーナー壁から前記長手方向細長本体の前記第2の端部まで延在しており、

(i) 内面を有する内壁であって、前記第2の容積部が、前記バーナー壁と前記長手方向細長本体の前記第2の端部と前記内壁の内面との間に画定される、内壁と、

(ii) 前記内壁の外側に配置される外壁であって、第3の容積部が、前記バーナー壁と前記内壁と前記外壁と前記長手方向細長本体の前記第2の端部との間に画定される、第3の容積部と、 20

を備えており、

前記バーナー壁は、前記第1の容積部と前記第3の容積部との間において少なくとも1つのバイパス開口部をさらに含み、かつ流体流路を画定し、

前記バイパス開口部は、前記第1の容積部から前記第3の容積部に向かって流体連通するチャネルを有することを特徴とする請求項1から請求項9のいずれか一項に記載のスワールバーナーアセンブリ。

【請求項 11】

前記少なくとも1つのバイパス開口部は、前記複数のベーンの前記外径に対して半径方向に同心状になされた複数のバイパス開口部を含むことを特徴とする請求項10に記載のスワールバーナーアセンブリ。 30

【請求項 12】

請求項1から11のいずれか一項に記載のスワールバーナーアセンブリを作動する方法であって、

(i) 前記酸化剤入口に酸化剤を供給するステップと、

(ii) HCV燃料の少なくとも1つを含む燃料を前記第1の燃料入口に供給し、LCV燃料を前記第2の燃料入口に供給するステップと、

(iii) 前記第2の容積部内で前記燃料を燃焼させるステップと、
を含むことを特徴とする方法。 40

【請求項 13】

前記第1の燃料入口にHCV燃料が供給される場合に、前記酸化剤および前記HCV燃料の流れが前記第1の燃料入口と前記スワールミキサーとの間で前記第1の容積部内に合流し、前記第2の燃料入口にLCV燃料が供給される場合に、前記酸化剤および前記LCV燃料の流れは、前記スワールミキサーと前記長手方向細長本体の前記第2の端部との間で前記第2の容積部内に合流することを特徴とする請求項12に記載の方法。

【請求項 14】

前記HCV燃料および/または前記LCV燃料は、点火装置によって前記第2の容積部内で点火または燃焼されることを特徴とする請求項12または13に記載の方法。

【請求項 15】

前記少なくとも1つのバーナーユニットの前記第1の燃料入口を通る前記HCV燃料の 50

速度が 3 ~ 6 m / s であり、かつ / または前記少なくとも 1 つのバーナーユニットの前記第 2 の燃料入口を通る前記 L C V 燃料の速度が、10 ~ 35 m / s であることを特徴とする請求項 12 から請求項 14 のいずれか一項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、改良されたスワールバーナーに関するものであり、特にこれに限定されないがとりわけ燃料電池システムに使用されるスワールバーナーに関するものである。

【背景技術】

【0002】

燃料電池、燃料電池スタック、燃料電池スタックアセンブリ、および熱交換器システム、その構造および方法が、特に特許文献 1 から 17 により当業者に公知となっている。これら特許文献は参照によってその全体が本明細書に組み込まれる。

【0003】

文脈において特に記載されない限り、用語「流体」は液体と気体の両方を含む。

【0004】

法律や向上した環境責任の一般的な傾向において、すべての運転中の燃料の点火または燃焼によって生じる排出物の削減に関心を持つことが奨励されている。特に燃料電池運転においては、家庭で使用する際に燃料電池ガス加熱器に適用される欧洲規格 EN 50465:2008 のような、排出レベルに関して最大限度を設定する法律がある。排出量の制御において特に重要なのは、一酸化炭素 (CO) および窒素酸化物 (NO_x) 排出量を削減することである。

【0005】

バーナーの設計は、燃焼排ガスの制御に関して非常に重要となる。空気流、反応物質の混合および炎の位置などのすべての要因を、燃焼される燃料の化学組成とともに考慮しなければならない。同じバーナーで燃焼された燃料の組成の変化が、大きく異なる排出結果をもたらすことがある。そのため、多くの場合に、特定の燃料のためのバーナーを、要求される排出限界に適するように設計することが必要とされる。それにもかかわらず、バーナーに様々な燃料を供給しなければならない状況、ひいては燃焼安定性および排出制御がこれらの様式の各々において重要となる状況が存在する。

【0006】

バーナーは、燃料電池システムにおいて多くの場合に燃料電池システムおよびその関連システムの部品の温度を作動温度まで上昇させるための熱エネルギーを供給するために使用される。燃料電池システムは、典型的には、少なくとも 1 つの燃料電池スタックを含む。

【0007】

本明細書では、燃料電池または燃料電池システムについて言及し、より好ましくは固体酸化物形燃料電池 (SOFC) または SOFC システムについて言及し、さらに好ましくは中間温度固体酸化物形燃料電池 (IT-SOFC) または IT-SOFC システムについて言及する。燃料電池システムは、少なくとも 1 つの燃料電池スタックを備え、各燃料電池スタックは、少なくとも 1 つの燃料電池を含む。より好ましくは、燃料電池または燃料電池スタックの燃料電池は、450 ~ 650 、より好ましくは 500 ~ 610 、または 500 ~ 615 、もしくは 500 ~ 620 、可能であれば 615 ~ 620 の作動温度範囲を有する。

【0008】

固体酸化物形燃料電池を利用する場合、バーナーは低位発熱量 (L C V) 燃料と高位発熱量 (H C V) 燃料の両方を燃料供給されることが好ましい。これらの用語は、例えば、「低位発熱量」(「L C V」とも称される) および「高位発熱量」(「H C V」とも称される) - すべての燃料が低位発熱量および高位発熱量の両方を有する - とは異なることに留意されたい。低位発熱量 (L C V) 燃料の一例として、H₂、CO の割合が高く、任意

10

20

30

40

50

選択的に CH_4 の割合が低い燃料が挙げられる。LCV 燃料のウォッペ指数は、典型的には $18 \sim 35 \text{ MJ/m}^3$ である。高位発熱量 (HCV) 燃料の一例として、メタン、エタンまたはプロパンまたはそれらの任意の組み合わせからなるものが挙げられる。HCV 燃料のウォッペ指数は、典型的には $36 \sim 85 \text{ MJ/m}^3$ である。

【0009】

燃料電池スタックは、電気化学反応に水素リッチ HCV 燃料を使用する。電気化学反応の結果として、燃料ガスは、水素が水蒸気になりかつ一酸化炭素が二酸化炭素になるなど、反応要素のいくつかが酸化されて組成が変化する。結果的に、このプロセスからのオフガスは LCV 燃料となる。このように、HCV 燃料が LCV 燃料とは異なることは明らかである。

10

【0010】

続いて、電気化学反応で生成された LCV 燃料は、バーナーで燃焼できる。なお HCV 燃料の燃焼は、典型的には、燃料電池が作動温度に達するまで燃料電池システムを最初に（例えば始動時に）加熱する必要がある。したがって、始動時に HCV 燃料を燃焼させる必要がある。燃料電池の定常運転中は、主に LCV 燃料を燃焼させる必要がある。燃料電池の動作ポイント状態間の移行中（すなわち、燃料電池の電力出力が変更された場合）、燃焼される燃料の組成がそれに応じて変化し、かつ定常状態から停止状態に移行する間も同様に変化する。これらの燃料のそれぞれの燃焼によって排出量を低く維持するために、異なる構成のバーナーが必要とされている；HCV 燃料バーナーでは、燃焼前における酸化剤との混合度が高いことが好まれ；一方で、LCV 燃料バーナーでは、燃焼前における酸化剤との混合量が低いことが好まれる。さらに HCV 燃料では、LCV 燃料に比べてより大きな空気流が好まれる。しかしながら、燃料電池スタックの温度を制御するために酸化剤流が使用されるなど、システム内において他の場所が必要とされるため、燃焼制御のためだけにバーナーへの空気流を制御することはほとんど不可能である。そのため上述の状況においては、それら燃料の 1つまたは特定の空気流のために設計されたバーナーを利用することは、他の燃料に関して好ましくない燃焼をもたらすことは明らかである。

20

【0011】

それゆえ、低排出量を維持するとともに、とりわけ幅広い空燃比ラムダで特に変化する空気流にうまく対処すると同時に、燃焼を別々にせずにまたは複雑なシステムを利用せずに、LCV および HCV 燃料の両方を同時にまたは個々に燃焼させることができるバーナーを製造することが望まれている。

30

【0012】

従来技術の装置では、さまざまなラムダを含む広範囲の運転状態にわたって炎安定性が欠如していることに悩まされている。さらに、製品サイズを小さくするためにコンパクトな炎を達成することも望まれている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0013】

【特許文献 1】国際公開番号 02 / 35628 号パンフレット

【特許文献 2】国際公開番号 03 / 07582 号パンフレット

40

【特許文献 3】国際公開番号 2004 / 089848 号パンフレット

【特許文献 4】国際公開番号 2005 / 078843 号パンフレット

【特許文献 5】国際公開番号 2006 / 079800 号パンフレット

【特許文献 6】国際公開番号 2006 / 106334 号パンフレット

【特許文献 7】国際公開番号 2007 / 085863 号パンフレット

【特許文献 8】国際公開番号 2007 / 110587 号パンフレット

【特許文献 9】国際公開番号 2008 / 001119 号パンフレット

【特許文献 10】国際公開番号 2008 / 003976 号パンフレット

【特許文献 11】国際公開番号 2008 / 015461 号パンフレット

【特許文献 12】国際公開番号 2008 / 053213 号パンフレット

50

【特許文献13】国際公開番号2008/104760号パンフレット

【特許文献14】国際公開番号2008/132493号パンフレット

【特許文献15】国際公開番号2009/090419号パンフレット

【特許文献16】国際公開番号2010/020797号パンフレット

【特許文献17】国際公開番号2010/061190号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

本発明は、従来技術のバーナーを改良することを目的とする。特に、従来技術における問題の少なくとも1つの対処、解消または緩和を目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明によれば、スワールバーナーアセンブリであって、

(i) 中心軸線に沿って延在しあつ第1の端部および第2の端部を有する中空の長手方向細長本体と、

(ii) 第1の端部における端壁と、

(iii) 第1の端部と第2の端部との間に配置されるバーナーであって、第1の端部からバーナー壁までの第1の容積部と、バーナー壁から第2の端部までの第2の容積部とを画定する、バーナーと

(iv) 第1の容積部内への酸化剤入口と、

20

(v) 少なくとも1つの中空長手方向細長バーナーユニットであって、第1の容積部から本体の開口部の外側へ延在するバーナーユニットの第1の端部を有しており、バーナーユニットが、バーナー壁の開口部を通して第1の容積部から第2の容積部へそしてバーナーユニットの第2の端部へ向けて延在しており、かつバーナーユニットの内部容積部を画定する、少なくとも1つの中空長手方向細長バーナーユニットと、

を備えており、

少なくとも1つの中空長手方向細長バーナーユニットは、

(a) バーナーユニットの内側に配置されかつバーナーユニットの第1の端部とバーナーユニットの第2の端部との間に配置される軸流スワールのスワールミキサーであって、スワールミキサーは、内径および外径を有する複数のベーンと、第1の容積部へ向けて位置決めされかつ第1の容積部内に開口する第1の側面と、第2の容積部へ向けて位置決めされかつ第2の容積部内に開口する第2の側面と、を含む、軸流スワールのスワールミキサーと、

30

(b) 第1の容積部への第1の燃料入口であって、酸化剤入口とスワールミキサーとの間に配置され、かつ複数のベーンの外径の半径方向内側に位置決めされた、第1の燃料入口と、

(c) 複数のベーンの外径の半径方向内側においてバーナーユニットの第2の端部に近接した、第2の容積部への第2の燃料入口と、

を備えており、

各少なくとも1つのバーナーユニットは、

40

(A) 第1のポイントであって、当該第1のポイントが第1の端部に最も近接する中心軸線に沿うポイントとなりかつ当該第1のポイントにおいて中心軸線に交差する平面がバーナーユニットのスワールミキサーの複数のベーンと交差するように、第1のポイントを規定し、

(B) 第2のポイントであって、当該第2のポイントが第1の端部から最も離れる中心軸線に沿うポイントとなり、かつ当該第2のポイントにおいて中心軸線に交差する平面がバーナーユニットのスワールミキサーの複数のベーンと交差するように、第2のポイントを規定し、

(C) 第1のポイントおよび第2のポイントから等距離にある中心軸線に沿った幾何学的な中間ポイントを規定し、

50

各第1の燃料入口は、酸化剤入口と、中心軸線に直交する平面と交差するスワールミキサーとの間のポイントに配置されており、当該平面は、第1のポイントから、第1の燃料入口の流動範囲の円相当径の1から2倍にある、中心軸線に沿うポイントと交差し、

各第2の燃料入口は、第1の燃料入口と、中心軸線に直交する平面と交差する第2の端部との間のポイントに配置されており、当該平面は、幾何学的な中間ポイントから複数のペーンの内径以下にある中心軸線に沿うポイントと交差する、スワールバーナーアセンブリが提供される。

【0016】

また、本明細書において方法のステップまたは特徴を参照することは、そうした方法のステップを実行するように適合または構成された本発明のシステムを参照することである。

10

【0017】

第1の端部は上流端部と称されてもよく、かつ第2の端部は下流端部と呼ばれてもよい。「上流」と「下流」との用語は、参照される構成要素の相対位置を反映するよう意図されている。特に、「上流」と「下流」の使用は、流体流路におけるまたはプロセスにおける構成要素の相対位置を反映してもよい。(本体内の特徴の文脈において)「特徴X」の上流」という表現は、「特徴X」から第1の端部に向かって配置される、すなわち第1の端部と「特徴X」との間に位置されることを意味する;(本体内の特徴の文脈において)「特徴X」の下流」という表現は、「特徴X」から第2の端部に向かって配置される、すなわち第2の端部と「特徴X」との間に位置されることを意味する。同様に、第1の側は上流側と称され、かつ第2の側は下流側と称されてもよい。第1の燃料入口はHCV燃料入口と称され、かつ第2の燃料入口はLCV燃料入口と称されてもよい。

20

【0018】

好ましくは、中空の長手方向細長本体は内部キャビティを画定する。より好ましくは、本体は、内部容積部を規定する壁付き形状である。中空の長手方向細長本体の形状の一例として、シリンダ形状、チューブ形状、および断面が多角形の形状が挙げられる。多角形断面の例として、四角形(例えば矩形)、五角形、六角形、七角形および八角形の断面が挙げられる。本体は、中心軸線に沿ってかつ中心軸線を中心として延在してもよい。

【0019】

上述したように、本体は中心軸線に沿って延在している。特定の実施形態では、中心軸線は、直線軸線以外のものであってもよい。例えば、軸線は湾曲していてもよいし、ステップ状になっていてもよい。

30

【0020】

上記の定義から分かるように、流体流路は、酸化剤入口から第1の容積部へ、そして第2の容積部へ向かうように規定される。

【0021】

第1の容積部は、第1の端部とバーナー壁と本体との間に画定されると考えられてもよい。同様に、第2の容積部は、バーナー壁と第2の端部と本体との間に画定されると考えられてもよい。

【0022】

好ましくは、本体は、バーナー壁から第2の端部まで延在する本体内面を備える。好ましくは、第2の容積部は、バーナー壁と本体内面と第2の端部との間に画定される。

40

【0023】

第2の容積部は炎管とも称されており、2つの用語は本明細書では置き換え可能に使用される。

【0024】

上述のように、少なくとも1つのバーナーユニットの第1の端部は、第1の容積部から本体の開口部の外側に延在する。したがって、少なくとも1つのバーナーユニットの第1の端部は、本体の第1の端部において端壁から延在する必要はない。例えば、少なくとも1つのバーナーユニットの第1の端部は、本体の側壁から延在してもよい。スワールバー

50

ナーアセンブリが複数のバーナーユニットを含む場合、いくつかの実施形態では、第1の容積部から本体の開口部の外側に延在する部分は、複数のバーナーユニットの共通部分として共有されてもよい。

【0025】

好ましくは、スワールミキサーは、第1の燃料入口と第2の燃料入口との間ににおける、中心軸線に垂直な平面と交差するポイントに配置されており、この平面は、第1の端部から最も離れた中心軸線に沿うポイントから複数のベーンの1つの内径以下にある中心軸線に沿うポイントと交差し、当該ポイントにおいて、中心軸線に直交する平面がバーナー壁と交差する。

【0026】

特定の実施形態では、ベーンはバーナー壁の一部として形成され、バーナー壁はベーンまたはスワールミキサーとともに製造されるか、またはバーナー壁は、個別のバーナーユニットの追加を伴わずに、バーナー壁からベーンを形成するよう切断加工または機械加工される。

【0027】

少なくとも1つのバーナーユニットは、バーナー壁の開口部を通って延在するため、各バーナーユニットの第1の端部は、第1の容積部の周囲の一部を画定すると考えられてもよい。同様に、各バーナーユニットの第2の端部は、第2の容積部の周囲の一部を画定すると考えられてもよい。そのためスワールミキサーが第1の容積部内の第1の端部に向かってより多く配置される場合には第1の容積部が減少し、スワールミキサーの第2の側が第2の容積部内の第2の端部に向かってより多く配置される場合には第2の容積部が減少する。

【0028】

好ましくは、少なくとも1つのバーナーユニットは、より好ましくはバーナーユニットの内部容積部を規定するバーナーユニットの外側本体を備える。したがって内部容積部は、第1の容積部に含まれる（つまりその一部である）。好ましくは、バーナーユニットの外側本体は、少なくとも1つの開口部（少なくとも1つの空気入口開口部）を画定する。好ましくは、流体流路は、酸化剤入口から第1の容積部へ、バーナーユニットの内部容積部へ、そして第2の容積部へ向けて（すなわち酸化剤入口から、第1の容積部へ、そして第1の容積部の内部容積部を経て第2の容積部へ向けて）画定される。好ましくは、第1の燃料入口は、内部容積部内に配置される。

【0029】

文脈において特に記載されない限り、「1つの少なくとも1つのバーナーユニット」および「少なくとも1つのバーナーユニット」との表現は、好ましくはそれぞれ少なくとも1つのバーナーユニットについて言及しており、かつ適切には個々のバーナーユニットに言及するものである。

【0030】

好ましくは、少なくとも1つのバーナーユニットは、バーナー壁の開口部を通って第1の容積部から第2の容積部に向かって延在する外側カラーを備え、外側カラーは外径、内径、第1の端部および第2の端部を有する。好ましくは、外径は、バーナー壁の開口部の直径に等しい。

【0031】

好ましくは、少なくとも1つのバーナーユニットは、バーナー壁の開口部を通って第1の容積部から第2の容積部に向かって延在する内側カラーを含む。内側カラーは、外径、内径、第1の端部および第2の端部を有する。

【0032】

好ましくは、外側カラーの第1の端部および内側カラーの第1の端部は、スワールバーナーアセンブリの第1の端部に最も近い外側カラーの端部および内側カラーの端部である。同様に、外側カラーの第2の端部および内側カラーの第2の端部は、好ましくは、スワールバーナーアセンブリの第2の端部に最も近い外側カラーの端部および内側カラーの端

10

20

30

40

50

部である。

【 0 0 3 3 】

より好ましくは、外側カラーの第2の端部は、中心軸線に垂直な平面と交差し、当該平面は、スワールミキサーとスワールバーナーアセンブリの第2の端部との間に延在する平面であり、当該平面は、複数のベーンの内径の1つに等しいかあるいは複数のベーンの内径の1つと幾何学的な中間ポイントから下流にある複数のベーンの直径の半分との間の中心軸線に沿うポイントと交差する。

【 0 0 3 4 】

より好ましくは、外側カラーの第1の端部は、中心軸線に垂直な平面と交差し、当該平面は、スワールミキサーとスワールバーナーアセンブリの第1の端部との間を延在し、当該平面は、外側カラーの第2の端部の上流の複数のベーンのうちの2つの外形に等しいかまたはその範囲内の所定のポジションにおけるポイントと交差する。

10

【 0 0 3 5 】

特定の実施形態では、外側カラーの一部または全部を、バーナーユニットの外側本体によって形成することができる。

【 0 0 3 6 】

より好ましくは、内側カラーの第2の端部は、中心軸線に垂直な平面と交差し、当該平面は、中心軸線に沿う所定のポジションにおけるポイントと交差し、当該平面は、スワールミキサーとスワールバーナーアセンブリの第2の端部との間に延在し、当該平面は、幾何学的な中間ポイントから下流にある複数のベーンの内径の半分以下の中心軸線に沿うポイントと交差する。

20

【 0 0 3 7 】

より好ましくは、内側カラーの第1の端部（内側カラーの第1の端部のうちスワールバーナーアセンブリの第1の端部に最も近い部分）は、第1の燃料入口の下流および内側カラーの第2の端部の上流に配置される。

【 0 0 3 8 】

好ましくは、内側カラーの外径は、外側カラーの内径よりも小さい。より好ましくは、内側カラーは、外側カラーの半径方向において内部に（すなわち半径方向内側に）配置される。

【 0 0 3 9 】

30

特定の実施形態では、外側カラーは、バーナー壁の一部として形成され、壁に一体化される。このような実施形態では、外側カラーは、本体の第1の端部および／または第2の端部へ向けてさらに延在することができる。例えば、外側カラーは、バーナー壁から押出加工されるか、形状付けられるか、プレス加工されるか、または他の方法で形成されてもよい。同様に、内側カラーは、バーナー壁の一部として形成されてもよい。

【 0 0 4 0 】

好ましくは、複数のベーンは外側カラー内に配置される。より好ましくは、複数のベーンは、外側カラーと内側カラーとの間において半径方向に延在する。好ましくは、外側カラーの内径は複数のベーンの外径に等しく、内側カラーの外径は複数のベーンの内径に等しい。

40

【 0 0 4 1 】

いくつかの実施形態では、複数のベーンは、単一のカラーによって支持されるように、内側カラーまたは外側カラーのうちの單一のものから延在してもよく、このような実施形態では、複数のベーンの外径は、外側カラーの内径よりも小さくてもよく、あるいは複数のベーンの内径は、内側カラーの外径より大きくてよい。

【 0 0 4 2 】

当業者は、ベーンを、内側カラーの一部として、または外側カラーの一部として、あるいは内側および外側カラーの一部として、もしくは外側カラーの一部として製造することを理解されよう。外側カラーは、例えば、バーナーユニットの外側本体の一部として、バーナーユニットの一部である。

50

【 0 0 4 3 】

カラーは、複数のベーンよりもさらに第2の容積部内に延在し得るため、バーナーの特性に影響を及ぼす可能性がある。

【 0 0 4 4 】

2つ以上のバーナーユニットがある場合、好ましくは、各バーナーユニットは、そのバーナーユニットのためのバーナー壁の開口部を通って延在する内側カラーおよび外側カラーを有する。

【 0 0 4 5 】

好ましくは、少なくとも1つのバーナーユニットは、第1の端部と、第2の端部と、内径および外径とを有する第1の燃料パイプを備える。好ましくは、第1の燃料パイプは、第1の燃料入口を画定する。好ましくは、第1の燃料パイプは、内側カラーの外径の半径方向内側に配置される。より好ましくは、第1の燃料パイプの外径は、内側カラーの外径に等しいかそれよりも小さい。

10

【 0 0 4 6 】

好ましくは、少なくとも1つのバーナーユニットは、第1の端部、第2の端部、内径および外径を有する第2の燃料パイプを備える。好ましくは、第2の燃料パイプは第2の燃料入口を画定する。好ましくは、第2の燃料パイプは、複数のベーンの内径の半径方向内側に配置される。より好ましくは、第2の燃料パイプは、第1の燃料パイプの半径方向内側に設けられる。

20

【 0 0 4 7 】

他の実施形態では、第2の燃料パイプは、本体からバーナーユニットまで半径方向内方に延在してもよい。より好ましくは、第2の燃料入口は、本体からバーナーユニットまで第2の容積部を通って延在する。

【 0 0 4 8 】

好ましくは、第1および第2の燃料入口は、複数のベーンの内径の半径方向内側に配置される。

【 0 0 4 9 】

好ましくは、第1および第2の燃料入口は、中心軸線にほぼ平行な軸線に沿って整列されているか、または中心軸線にほぼ平行な軸線に沿って独立して整列されている。

30

【 0 0 5 0 】

好ましくは、複数のベーンの外径は、複数のベーンの内径よりも大きく、2倍から4倍、より好ましくは約3倍大きい。

【 0 0 5 1 】

好ましくは、第1のポイントは、第1の端部に最も近い中心軸線に沿うポイントであり、このポイントにおいて中心軸線に直交する平面は、複数のベーンのうち複数のベーンに沿って流れる流体に角運動量を誘起するように構成された部分と交差する（すなわち所定のポイントにおいて複数のベーンと交差する）。そのため、その上を流れる流体に角運動量を誘起しない部分と湾曲部分とを有する複数のベーンを有するバーナーユニット（例えばそうしたベーンは、特に中心軸線に略平行な軸線の周りを半径方向に移動しない直線部分を有する）において、第1のポイントは湾曲部分の始点として考えられる。

40

【 0 0 5 2 】

本発明が規定する範囲内で、HCV入口は第2の容積部へ向けられてもよく、またはLCV入口は第1の容積部へ向けられて位置決めされてもよい。このような再位置決めは、ある程度は燃焼に悪影響を及ぼさない、つまりスワールバーナーアセンブリはもはやその機能に影響しない。

【 0 0 5 3 】

バーナー壁および第2の端部によって画定された第2の容積部は、炎管と称されてもよい。好ましくは、炎管は略円筒形のものであり、内径および外径を有しており、中心軸線を中心として配置される。より好ましくは、炎管の内径は、複数のベーンの外径の2~3倍である。より好ましくは、炎管の内径は、複数のベーンの外径の2.5倍である。

50

【 0 0 5 4 】

好ましくは、第1の燃料入口および第2の燃料入口の少なくとも一方がノズルである。少なくとも1つのノズルのそれぞれは、燃料入口において少なくとも1つのホールによって画定される。少なくとも1つのホールは、任意の形状とすることができます。少なくとも1つのホールの面積の合計は、単一の円形ホールの面積と等しい円直径を有する。少なくとも1つのホールの面積の合計は、流動面積とも称される。例えば第1の燃料入口流動面積または第2の燃料入口の流動面積、もしくは第1または第2の燃料入口の流動面積である。

【 0 0 5 5 】

そうした入口は、第1または第2の燃料パイプ内のオリフィスであってもよい。入口は
、第1または第2のパイプの第2の端部に配置する必要はなく、パイプに沿って配置する
ことができる。第1または第2の燃料入口が複数の開口部を含む場合、燃料入口の位置は
、好ましくは、中心軸線に沿った流動面積の加重平均の平均値であると定義される。
10

【 0 0 5 6 】

好ましくは、スワールバーナーアセンブリは、点火装置を含む。好ましくは、点火装置
は、第2の容積部に配置される。より好ましくは、点火装置は、第2の容積部から、本体
の外側に延在する。より具体的には、点火装置は、第2の容積部から、本体から半径方向
外側に延在することができる、すなわち第2の容積部から半径方向外向きに本体の外側に
延在してもよい。より好ましくは、点火装置の点火端は、第2の容積部内に配置される。
特定の実施形態では、点火装置は、本体の第2の端部を越えて配置される。特定の実施形
態では、点火装置は、バーナー壁を通って、または本体の第2の端部の壁を通って延在す
る。
20

【 0 0 5 7 】

好ましくは、バーナー壁は、少なくとも1つの空気分離開口部を有している（すなわち
画定している）。空気分離開口部はバーナー壁の第1の容積部側から第2の容積部側に延
在する少なくとも1つのホール（すなわちオリフィス）を含む。より好ましくは、少なく
とも1つの空気分離開口部は、複数のペーンの外径に対して半径方向に同心である。より
好ましくは、少なくとも1つの空気分離開口部は、同心円状に配置された連続ホールであ
る。

【 0 0 5 8 】

ホールとの用語が使用されるが、ホールは、第1の容積部から第2の容積部へと軸線方
向に延びるバーナー壁のチャネルまたは開口部を実現する任意の形状または形状をとるこ
とができる。

【 0 0 5 9 】

好ましくは、バーナー壁の少なくとも1つの空気分離開口部は、複数のペーンの外径の
半径方向外側に位置決めされる。より好ましくは、バーナー壁の少なくとも1つの空気分
離開口部は、本体の半径方向内側に位置決めされる。

【 0 0 6 0 】

好ましくは、設けられる場合には、少なくとも1つの空気分離開口部は、酸化剤の流れ
の一部が、少なくとも1つのホールを通して第1の容積部から第2の容積部に流動できる
ようとする。
40

【 0 0 6 1 】

より好ましくは、少なくとも1つの空気分離開口部は、少なくとも1つのバーナーユニ
ットの複数のペーンの下流において酸化剤および燃料の混合物が少なくとも1つのバーナ
ーユニットを通過するように、少なくとも1つの空気分離開口部を通る酸化剤流が第2の
容積部内に集まる。

【 0 0 6 2 】

バーナー壁の少なくとも1つの空気分離開口部は、スワールバーナーアセンブリの異なる
動作をもたらす。スワールミキサーを通って第2の容積部に入るすべての酸化剤および
燃料の代わりに、ある酸化剤は、燃料と事前に混合することなく第2の容積部に直接入る
50

ことができる。これは、バーナー壁の少なくとも 1 つの空気分離開口部を通る酸化剤の流れが、点火された燃料の周りのスワールバーナーアセンブリの第 2 の端部に酸化剤の流れを提供するという点において有利である。酸化剤のこの流れは、点火されたガスの熱から本体を部分的に離すバリア（「酸化剤カーテン」）を形成する。

【 0 0 6 3 】

空気分離開口部がスワールミキサーから半径方向にさらに離れるよう位置決めされる実施形態では、これにより酸化剤の流れを本体に沿って方向付けることができ、それによって、より多くの層流をもたらし、点火されたガスの熱に耐えるより持続可能な境界状態を作り出す。

【 0 0 6 4 】

好ましくは、スワールバーナーアセンブリ、特に少なくとも 1 つの空気分離開口部は、使用時に、少なくとも 1 つの空気分離開口部を通る酸化剤流が、スワールミキサーを通過する全酸化剤の流れの 5 % ~ 20 % となるように適合されるか構成される。より好ましくは、スワールミキサーを通過した酸化物の流れの 7 . 5 % ~ 15 %、より好ましくは 8 . 75 % ~ 12 . 5 % である。

【 0 0 6 5 】

特定の実施形態では、本体は、バーナー壁から第 2 の端部まで延在する単一壁を備える。単一壁は、本体の内面を画定して第 2 の容積部を画定する内面を有する。

【 0 0 6 6 】

他の実施形態では、本体は、複数の壁を有する本体であり、複数の壁は、バーナー壁から第 2 の端部まで延在し、内壁が、本体の内面を画定して第 2 の容積部を画定し、内壁の外側に外壁が配置される。バーナー壁、内壁、外壁および第 2 の端部の間に第 3 の容積部が画定される。より詳細には、第 3 の容積部は、バーナー壁と、外壁の内面と、内壁の外側と、第 2 の端との間に画定される。

【 0 0 6 7 】

好ましくは、バーナー壁は、第 1 の容積部と第 3 の容積部との間に少なくとも 1 つのバイパス開口部をさらに備える。そのため流体流路は、酸化剤入口から第 1 の容積部へ、そして少なくとも 1 つのバイパス開口部から第 3 の容積部へ画定される。

【 0 0 6 8 】

酸化剤は、第 3 の容積部から、独立してまたは第 2 の容積部から排出される流体と一緒に排出されてもよい。例えば、第 2 の容積部および第 3 の容積部と流体連通している排出部（例えば、スワールバーナーの本体排出部）を設けることができる。あるいは、第 2 および第 3 の容積部とは別の排出部を設けてもよい。

【 0 0 6 9 】

文脈において特に記載されない限り、本明細書において開口部とは、構成要素のホール、溝、開口または通路を示し、そうした用語は置き換え可能に使用される。各開口部は、ホール、チャネル、およびスロットからなるグループから独立的に選択された形状を有してもよい。開口部はそれぞれ、円形、橢円形、長円形、矩形、腎臓形（すなわち腎臓の形）、および準環形状（すなわち略環状）からなるグループから選択される断面形状を有することができる。

【 0 0 7 0 】

好ましくは、バーナー壁の少なくとも 1 つのバイパス開口部は、中心軸線に関して同心状に配置されるか、または複数のベーンの外径に関して同心状に配置される。より好ましくは、少なくとも 1 つのバイパス開口部は、連続ホールまたは同心円状に配置された一連のホールである。

【 0 0 7 1 】

好ましくは、設けられる場合、少なくとも 1 つのバイパス開口部は、所定の割合の酸化剤が、第 2 の容積部を通って流れることなく、第 1 の容積部から第 2 の端部に流动できるようにする。

【 0 0 7 2 】

10

20

30

40

50

少なくとも 1 つのバイパス開口部および第 3 の容積部を通る第 2 の端部への流路は、所定の割合の入口酸化剤が少なくとも 1 つのバーナーユニットを迂回できるようとする。これによって、燃焼に悪影響を及ぼすことなく（すなわち、少なくとも 1 つのバーナーユニットにおけるラムダを許容範囲内に保つことなく）より大きな酸化剤の流れが第 1 の容積部を通過できるようとする。これは、スワールバーナーアセンブリがより広範のラムダ値にわたって作動できる点において大きな利点を提供する（ラムダ値は、第 1 の容積部へ向けて酸化剤入口を通る酸化剤の流れと、第 1 および第 2 の燃料入口を通る燃料の流れとに基づいて計算される）。

【 0 0 7 3 】

好ましくは、各第 1 燃料入口は H C V 燃料源と流体連通している。好ましくは、各第 2 燃料入口は、 L C V 燃料源と流体連通している。10

【 0 0 7 4 】

好ましくは、スワールバーナーアセンブリは、燃料電池システム用のバーナーである。より好ましくは、スワールバーナーアセンブリは、テールガスバーナーであり、テールガスバーナーは、燃料電池スタックからアノードおよびカソードオフガスを燃焼させるのに適したバーナーである。

【 0 0 7 5 】

好ましくは、スワールバーナーアセンブリは、燃料電池アセンブリまたはシステム、より好ましくは固体酸化物形燃料電池システム、より好ましくは中間温度固体酸化物形燃料電池システムと一体化されている。20

【 0 0 7 6 】

好ましくは、スワールバーナーアセンブリは、燃料電池システム、より好ましくは燃料電池システムの燃料電池スタックと流体連通している。好ましくは、酸化剤入口は酸化剤源と流体連通している。より好ましくは、酸化剤入口は、少なくとも 1 つの燃料電池スタックのカソードオフガス出口と流体連通している。好ましくは、少なくとも 1 つのバーナーユニットは、少なくとも 1 つの燃料電池スタックのアノードオフガス出口と流体連通している。より好ましくは、少なくとも 1 つのバーナーユニットの第 1 の燃料入口は、燃料電池システムのための少なくとも 1 つの燃料源と流体連通している。好ましくは、少なくとも 1 つのバーナーユニットの第 2 の燃料入口は、少なくとも 1 つの燃料電池スタックのアノードオフガス出口と流体連通している。30

【 0 0 7 7 】

好ましくは、燃料電池システムは固体酸化物形燃料電池（ S O F C ）システムである。より好ましくは、燃料電池システムは、中間温度固体酸化物燃料電池（ I T - S O F C ）システムである。

【 0 0 7 8 】

スワールバーナーアセンブリは、当該技術分野において知られている材料、例えば、パイプおよび壁のための金属合金およびチューブのためのガラスから形成されてもよい。高温のために、材料は高温耐性を有していなければならない。

【 0 0 7 9 】

また、本発明によれば、本発明に基づくスワールバーナーアセンブリを操作する方法が提供される。この方法は、40

(i) 酸化剤入口に酸化剤を供給するステップと、

(i i) H C V 燃料の少なくとも 1 つを含む燃料を第 1 の燃料入口に供給し、 L C V 燃料を第 2 の燃料入口に供給するステップと、

(i i i) 第 2 の容積部で燃料を燃焼させるステップと、を含む。

【 0 0 8 0 】

好ましくは、 H C V 燃料が H C V 燃料入口に供給されるとき、酸化剤および H C V 燃料の流れは、第 1 の燃料入口とスワールミキサーとの間の第 1 の容積部内に集まり、 L C V 燃料が L C V 燃料入口に供給されるとき、酸化剤と L C V 燃料の流れは、スワールミキサーと第 2 の端部との間の第 2 の容積部に集まる。50

【 0 0 8 1 】

上述のように、好ましくは、HCV燃料は、メタン、エタンまたはプロパンまたはそれらの任意の組合せを含む燃料である。より好ましくは、HCV燃料は、36～85MJ/m³のウォッペ指数を有する燃料であると考えられる。典型的なHCV燃料は天然ガスであり、天然ガスのウォッペ指数は48～54MJ/m³である。

【 0 0 8 2 】

好ましくは、LCV燃料は、H₂、COまたはCO₂の高い割合を有する燃料である。より好ましくは、LCV燃料のウォッペ指数は、典型的には18～35MJ/m³、より好ましくは22～26.53MJ/m³である。

【 0 0 8 3 】

好ましくは、酸化剤は、空気または運転中の燃料電池からのカソードオフガスである（このような酸化剤は、空気と比較して部分的に酸素が欠失している）。より好ましくは、酸化剤は、運転中の固体酸化物形燃料電池からのカソードオフガス、より好ましくは、運転中の中間温度固体酸化物形燃料電池からのカソードオフガスである。

【 0 0 8 4 】

LCV燃料は、HCV燃料などの炭化水素燃料の改質によって形成することができ、改質プロセスは、空気または蒸気などの酸化剤による処理を含むことができる。LCVは、スワールバーナーアセンブリに入る前に燃料電池内で電気化学反応を起こしてもよい。SOC燃料電池スタックのアノードオフガスは、LCV燃料であると考えることができる。

【 0 0 8 5 】

好ましくは、炭化水素燃料の改質は、燃料電池システムでなされる。より好ましくは、スワールバーナーアセンブリは、燃料電池システムと一体であり、燃料電池システムによって生成されたアノードを燃焼させる。

【 0 0 8 6 】

好ましくは、HCV燃料および/またはLCV燃料は、点火装置によって第2の容積部で点火または燃焼される。より好ましくは、点火は、複数のベーンの下流で行われる。好ましくは、第2の容積部内で燃料を燃焼させるステップは、第2の容積部内で燃料を点火して燃焼させるステップを含む。

【 0 0 8 7 】

好ましくは、第1の容積部および第2の容積部の少なくとも1つは、シールされたまたは密閉された容積部である。より好ましくは、バーナーユニットは、本体の開口部から外側に延在するときにシールを形成する。

【 0 0 8 8 】

好ましくは、燃焼されたガス、本体の第2の端部（すなわち下流端部）を通って第2の容積部から流出するかまたは排出される。

【 0 0 8 9 】

バーナー壁が第1の容積部を第2の容積部から分離するという事実によって、燃料の燃焼を第2の容積部で発生させかつ第2の容積部に限定することが可能となる。これは、燃焼の前にスワールバーナーアセンブリの特定の部分においてさまざまな燃料の混合を制御できるようにする。これにより、酸化剤およびHCV燃料がすべて炎管に到達するよう複数のベーンを通過しなければならないためにかつバーナー壁にはバイパスもホールもないため、さまざまな混合量およびさまざまな混合度が実現可能となる。

【 0 0 9 0 】

酸化剤およびHCV燃料は、複数のベーンを通って流れ、第2の容積部に流入する。炎管に入る前に酸化剤流およびHCV燃料流が集まることで、2つの流れの混合を引き起こされる。複数のベーンを通る流れは、燃焼が限定される炎管のさらに前に、2つの流れをさらに混合させる。

【 0 0 9 1 】

第2の容積部で酸化剤と燃料との混合物が燃焼され、この燃焼による生成物がスワール

10

20

30

40

50

バーナーアセンブリから排出される。好ましくは、このプロセスから生成された熱は、燃料電池スタックおよび燃料電池システムを加熱するために使用される。

【0092】

好ましくは、酸化剤および少なくとも1つのHCV燃料およびLCV燃料の流れは、スワールバーナーアセンブリへのガス流の燃料に対する酸化剤の比率(ラムダ)が1~20ラムダ、より好ましくは1~18ラムダ、より好ましくは1~10ラムダ、または2~18ラムダとなるようになされる。より好ましくは、スワールバーナーが(LCV燃料を伴わずに)酸化剤およびHCV燃料の流れを有するとき、スワールバーナーアセンブリは、5ラムダ未満の酸化剤対燃料比で動作する。

【0093】

ラムダの関連する測定値は、バーナー入口、すなわち酸化剤入口とHCV入口とLCV入口とにおけるものである。

【0094】

スワールバーナーアセンブリが燃料電池システムと一体である実施形態では、スワールバーナーアセンブリへの酸化剤の流れおよびある程度のLCVの流れが燃料電池スタックによって影響されかつ電流がそこに引き出されるため、スワールバーナーアセンブリは、広範なラムダ範囲にわたって動作することができる点で有利となる。このように、スワールバーナーアセンブリが安定燃焼を維持する大きなラムダ動作範囲は、

(a) 酸化剤の流れを制限することによって、スワールバーナーアセンブリが酸化剤流が燃料電池スタックの動作に影響を受けるのを防止し、かつ/または、

(b) すべてのカソードオフガスおよびアノードオフガスをスワールバーナーアセンブリに流れることを可能にする。

【0095】

好ましくは、少なくとも1つのバイパス開口部および/または少なくとも1つの空気分離開口部は、スワールバーナーアセンブリに供給される酸化剤および燃料(第1および第2の燃料入口を通過する燃料)のラムダ範囲を2倍にするように適応される。

【0096】

好ましくは、少なくとも1つのバイパス開口部および/または少なくとも1つの空気分離開口部は、2~18ラムダの酸化剤対燃料比でスワールバーナーに供給される酸化剤および燃料の流れの結果に適応される。

【0097】

第1の燃料入口または第2の燃料入口の少なくとも1つのノズルの円相当径は、第1の燃料入口または第2の燃料入口を通る際に要求される速度によって規定されてもよい。好ましくは、少なくとも1つのバーナユニットの第1の燃料入口を通るHCV燃料の速度は3~6m/sである。より好ましくは、少なくとも1つのバーナユニットの第2の燃料入口を通るLCV燃料の速度は10~35m/sである。

【0098】

本明細書において構成要素を含むことを特定するために使用される「備える」との用語は、さらなる構成が存在しない実施形態も含む。

【0099】

本発明の特定の好ましい態様は、特許請求の範囲に記載の独立項に記載されている。従属請求項の特徴は、必要ならば独立請求項の特徴と組み合わせることができ、特許請求の範囲に明確に記載されているものだけでなく適切に組み合わせられる。

【図面の簡単な説明】

【0100】

【図1】本発明に基づくスワールバーナーアセンブリの部分的に切り欠かれた平面図である。

【図1A】図1のスワールバーナーアセンブリの第1の端面図の概略図である(図1は図1Aの線A-Aに沿ってなされた図である)。

【図1B】図1のスワールバーナーアセンブリの第2の端面図の概略図である(便宜的に

10

20

30

40

50

図1Aおよび図1Bでは、部品の概略的な配置を確実に明確に示すために点火装置を90度回転させかつ空気入口をわずかに回転させた状態で図示する)。

【図2】図1において「A」でマークされた特徴の詳細な概略図である。

【図3】エアカーテンの特徴をさらに含む、本発明によるスワールバーナーアセンブリの部分的に切り欠かれた概略図である。

【図4】図3において「B」でマークされた特徴の詳細な概略図である。

【図5】バイパス構造をさらに含む、本発明によるスワールバーナーアセンブリの部分的に切り欠かれた概略図である。

【図6】図5において「C」でマークされた特徴の詳細な概略図である。

【図7】エアカーテンおよびバイパスの特徴を含む、本発明によるスワールバーナーアセンブリの部分的に切り欠かれた概略図である。

【図8A】本発明によるスワールバーナーの動作段階の試験結果データによる傾向を示す図である(時間に対する温度および排出量が図示されており、ここでは、スワールバーナーは最初は始動運転モードであり、続いて定常運転モードとなる)。

【図8B】図8Aの動作段階からの試験結果データによる傾向を示す図である(時間に対する燃料流量が示される)。

【図8C】図8Aの動作段階からの試験結果データによる傾向を示す図である(時間に対するラムダが示される)。

【図9A】本発明によるスワールバーナーの動作段階の試験結果データによる傾向を示す図である(時間に対する温度および排出量が示されている。ここでは、定常状態でのスワールバーナーが段階的に変更される)。

【図9B】図9Aの動作段階からの試験結果データによる傾向を示す図である(時間に対する燃料流量が示されている)。

【図9C】図9Aの動作段階からの試験結果データによる傾向を示す図である(時間に対するラムダが示されている)。

【図10A】本発明によるスワールバーナーの動作段階の試験結果データからの傾向を示す図である(時間に対する温度および排出量が示されている。ここではスワールバーナーが高温始動される)。

【図10B】図10Aの動作段階からの試験結果データからの傾向を示す図である(時間に対する燃料流量が示されている)。

【図10C】図10Aの動作段階からの試験結果データからの傾向を示す(時間に対するラムダが示されている)。

【発明を実施するための形態】

【0101】

当業者にとって本発明の最良の形態を含む本発明の完全かつ実施可能な開示は、本明細書の残りの部分でより詳細に説明される。本明細書では本発明の実施形態を詳細に参照して、その1つ以上の例について以下で説明する。個々の実施例は、本発明の説明のために提供されたものであり、本発明を限定するものではない。

【0102】

当業者には、本発明の範囲から逸脱することなく、本発明において様々な変更および変形が可能であることは明らかであろう。例えば、一実施形態の一部として記載された特徴は、別の実施形態で使用され、さらに別の実施形態をもたらすことができる。そのため本発明は、特許請求の範囲およびそれらの同等物の範囲内にそうした変更および変形も含む。

【0103】

本発明の他の目的、特徴および態様は、本明細書の残りの部分で開示される。当業者には理解されるように、本開示は単なる例示的な実施形態の説明であり、例示的な構成で実施される本発明のより幅広い態様を限定するものとは意図していない。

【0104】

本明細書で使用される参照符号のリストを説明の最後に付与する。本明細書および図面

10

20

30

40

50

における参照符号を繰り返して使用することは、同じまたは類似の特徴または要素を示すことを意図している。

【0105】

この説明のために、バーナー、スワールバーナーおよびスワールバーナーアセンブリとの用語は、本発明のスワールバーナーアセンブリを示し、必要に応じて簡単に置き換え可能であることを理解されたい。

【0106】

以下の特定の実施形態では、燃料電池システムは、少なくとも1つの燃料電池スタックを含むIT-SOFC(中間温度固体酸化物形燃料電池)システムであり、少なくとも1つの燃料電池スタックの燃料電池は、典型的に450~650で作動する。他の実施形態では、対応する作動温度範囲で他の燃料電池システムが使用される。10

【0107】

図1を参照すると、スワールバーナーアセンブリ10が図示されている。スワールバーナーアセンブリ10は、中心軸線12'を有する略円筒形の(すなわち主にシリンドラ形状の)スワールバーナー本体12と、スワールバーナー本体上端壁16と、スワールバーナー本体下端壁14と、を備える。スワールバーナー本体下端壁14は、スワールバーナー本体下流端部30を画定する。

【0108】

「スワールバーナー上端壁16」との用語は本明細書全体を通して使用されているが、この部分は「スワールバーナーの第1の端部」とも称される。同様に「スワールバーナー下端壁14」は、「スワールバーナーの第2の端部」とも称される。20

【0109】

スワールバーナーアセンブリ10は、本体12の円筒形状を半径方向において横断するように本体12と交差するバーナー壁40によってセグメント化されている。バーナー壁40は、スワールバーナー本体下流端部30に面する下流面42を有する。バーナー壁40はまた、スワールバーナー本体上端壁16に面する上流面44を有する。本体12のうち本体上端壁16とバーナー壁40との間にある部分は、本明細書ではバーナー管50と称される第1のセクションを画定する。本体12のうちバーナー壁40と本体下端壁14との間にある部分は、略円筒形でありかつ本体内面64と本体外面66とを有する第2のセクションを画定する。30

【0110】

第1の容積部52は、バーナー壁上流面44、スワールバーナー本体上端壁16の内面54、およびバーナー管内面56によって画定される(つまりそれらの間に画定される)。同様に、第2の容積部62は、本体内面64、スワールバーナー本体下端壁14およびバーナー壁下流面42によって画定される(つまりそれらの間に画定される)。

【0111】

バーナーユニット100は、バーナーユニットの第1の端部20と、バーナーユニットの第2の端部124とを有する。バーナーユニットの第1の端部20(上流端部)は、スワールバーナーアセンブリ10から、特にスワールバーナー本体の上端壁16の開口部16'を通って第1の容積部52から突出する。バーナーユニットの第2の端部124(下流端部)は、バーナー壁40の開口部40'を通って第1の容積部52から第2の容積部62に突出する。40

【0112】

バーナー壁40およびスワールバーナー本体の上端壁16は、バーナーユニット100をこれらを貫通させるかまたはこれらを通して配置できるように、バーナー壁40およびスワールバーナー本体の上端壁16に画定された開口部(それぞれ開口部40'および開口部16')を有する。これにより、バーナーユニット100を、スワールバーナー本体12とは別に製造できる。そのためアセンブリは、スワールバーナー本体上端壁16の開口部16'およびバーナー壁40の開口部40'を通るようにバーナーユニット100の配置することだけを単純に必要とする。50

【 0 1 1 3 】

バーナーユニット 100 のショルダー 112 は、バーナー壁 40 に当接し、バーナーユニット 100 がスワールバーナー本体 12 および第 2 の容積部 62 内へさらに進入することを防止する。バーナーユニット 100 は、その後、スワールバーナー本体の上端壁 16 においてバーナーユニット 100 をスワールバーナー本体 12 に溶接で接合することによって適所に拘束される。他の実施形態では、はんだ付け、ろう付け、タック止めまたは当技術分野で知られている他の接合技術を含む他の接合技術が使用される。これにより、第 1 の容積部（第 1 の容積部 52）が包囲されるようにバーナーユニット 100 とスワールバーナー本体の上端壁 16 との間にシールが形成される。同様に、ショルダー 112 がバーナー壁 40 に当接すると、それらの間でシールが形成される。

10

【 0 1 1 4 】

以下では、単一のバーナーユニットを説明するが、他の実施形態（図示せず）では、複数のバーナーユニット 100 が使用されてもよい。複数のバーナーユニット 100 は、スワールバーナー本体 12 を通り（例えばスワールバーナー本体の上端壁 16 を通り）、第 1 の容積部 52 を通り、バーナー壁 40 を通って第 2 の容積部 62 に入る。

【 0 1 1 5 】

図 1 に示すスワールバーナーアセンブリ 10 において、バーナーユニット 100 は、第 1 の容積部 52 を通過し、バーナー管の内面 56 からほぼ等距離に配置される。バーナー管の内面 56 の一部は、空気入口 70 およびスワールバーナー本体 12 を通って第 1 の容積部 52 に空気を供給できるようにする開口部を有する。同様に、スワールバーナー本体 12 を点火装置開口部 82 が通過し、当該点火装置開口部 82 を通って、点火装置 80 が第 2 の容積部 62 内に突出する。

20

【 0 1 1 6 】

点火装置 80 および空気入口 70 は、図 1 に示されるようにスワールバーナー本体 12 の軸線を横切って互いに対向するように位置決めされる。他の実施形態（図示せず）では、空気入口 70 と点火装置 80 の位置を変えることができる。

【 0 1 1 7 】

第 1 の容積部 52 に空気が供給され、点火装置 80 のスパークによって第 2 の容積部 62 に燃料の初期点火が実施される。

【 0 1 1 8 】

30

第 2 の容積部 62 は、内部でガスが燃焼される炎管を画定する。

【 0 1 1 9 】

スワールバーナー本体排出部 15 を図 1 A および 1 B に示す。（スワールバーナー本体排出部 15 は、スワールバーナー本体下端壁 14 の付近に配置され、ガスを第 2 の容積部 62 から排出する、つまり第 2 の容積部 62 と流体連通している）。簡潔にするためにかつ便宜上、スワールバーナー本体排出部 15 は図 1 には示されていない。便宜上、図 1 A および図 1 B は、部品の概略的な配置が明確に示されることを確実にするために、点火装置 80 を 90 度回転させ、空気入口 70 をわずかに回転させて示している。

【 0 1 2 0 】

図 2 を参照すると、スワールバーナーアセンブリ 10 およびバーナーユニット 100 のより詳細な図が示されている。バーナーユニット 100 のうち第 1 の容積部 52 を通過する部分はバーナーユニット外側本体 110 を有しており、バーナーユニット外側本体 110 は、ほぼ円筒形であり、かつスワールバーナー本体 12 と同じ円筒方向に（中心軸線 12' 上において）整列されている。バーナーユニット 100 は、バーナー壁 40 のおおまかに面するバーナーユニット上部内面 111 を有する。バーナー壁 40 の開口部 40' を通って第 2 の容積部 62 に入るバーナーユニット 100 の端部は、バーナーユニットの第 2 の端部 124（すなわちバーナーユニットの下端部）である。バーナーユニットの外側本体 110 は、壁のある本体であり、所定の厚さを有する。バーナーユニットの外側本体 110 の内面は内面 114 である。バーナーユニット内部容積部 116 は、内面 114 と、バーナーユニットの上部内面 111 と、バーナーユニットの第 2 の端部 124 と

40

50

によって規定される（すなわちそれらの間に画定される）。

【0121】

バーナーユニットの外側本体110は、バーナー壁40の開口部40'を通って第2の容積部62内に突出する。バーナーユニットの外側本体110がバーナー壁40を通り突出する場合、バーナーユニットの外側本体110はショルダー112を有する。ショルダー112は、バーナーユニットの第1の端部20から離れた側においてステップ状になされており、そのため、バーナーユニットの外側本体110の壁厚は減少する（組み立てられたスワールバーナーアセンブリ10において、これは、バーナーユニット100がバーナー壁40を通り突出する前にバーナー壁下流面（42：図1）に到達するポイントにおけるものである）。厚さが低減された壁を有するバーナーユニットの外側本体110の部分は外側カラー140であり、外側カラー140は、同じ内側面114を共有し、かつ外側カラーの外側表面144を有する。外側カラー140は、バーナー壁40を通り、バーナーユニットの第2の端部124のところまで、第2の容積部62に突出する。
10

【0122】

ショルダー112は、バーナー壁下流面（42：図1）に対して拘束されており、これは、バーナーユニット100がバーナー壁40およびスワールバーナー本体上端壁16の開口部を通りよう位置決めされた場合に、ショルダー112がバーナー壁上流面44を通過するのを防止するため利点となる。スワールバーナーアセンブリを組み立てる際、これによって、バーナーユニット100を第1の容積部52を通るようにどのくらい離れて配置すべきか測定することを必要とせずに、スワールバーナー本体12にバーナーユニット100を簡単に挿入することができる。これによって、製造されるスワールバーナーアセンブリ10の数に関係なく、バーナーユニット100の機械加工およびバーナーユニット100の位置を規定するためのショルダー112の位置決めを実施でき、バーナーユニット100のスワールバーナー本体12に対する位置決めがより均一になる。製造が均等である場合にはバーナーユニット100を位置決めするために付加的な測定を必要としないので、スワールバーナーアセンブリ10の組立てプロセスをより迅速に実施できる。
20

【0123】

バーナーユニットの外側本体110は、第1の容積部52に隣接する少なくとも1つの空気流入ホール115（この実施形態では複数の空気流入ホール115）と、内面114を通るバーナーユニットの内部容積部116とを有する。これらの空気流入ホール115は、第1の容積部52からバーナーユニット内部容積部116へのガスの通過を可能にする（なお反対方向では、スワールバーナーアセンブリ10の動作はこれを妨げるべきである）。空気流入ホール115は円筒状であり、外側本体110のシリンダ形状の円周の周りに配置されている。他の実施形態（図示せず）では、空気流入ホール115に関して他の形状も可能である。
30

【0124】

空気流入ホール115とは別に、第1の容積部52は、通常、その内部のバーナーユニット内部容積部116から密閉されている。これによって、空気入口70からの空気は、確実に、第2の容積部62に流入する前に空気流入ホール115を通って移動しなければならない。
40

【0125】

バーナーユニットの外側本体110に対して平行に延在するとともにバーナーユニットの外側本体110の半径方向内側に位置するのは、HCV燃料チューブ120である。HCV燃料チューブ120は、バーナーユニット100内のバーナーユニット上部内面111からバーナーユニット内部容積部116内に突出している。HCV燃料チューブ120は、HCV燃料チューブの内面121とHCV燃料チューブの外面122とを有する壁付きシリンダである。HCV燃料チューブ120の下流端には、HCV入口125がある。

【0126】

HCV燃料チューブ120に対して平行に延在するとともにHCV燃料チューブ120の半径方向内側に配置されるのは、LCV燃料チューブ130である。フィンガー130
50

’が、LCV燃料チューブ130から延在し、HCV燃料チューブ120内でLCV燃料チューブ130を中心に位置決めする。LCV燃料チューブ130は、バーナーユニットの上部内面111を通って突出しており、かつHCVチューブ内容積部123を通り、HCV入口125を通り、バーナーユニット第2の端部124を通り（バーナー壁40の開口部40’を通り）、そして第2容積部62へに入る。LCV燃料チューブ130は、主に内面131および外面132を有する壁付きシリンダである。LCV燃料チューブ130の下流端には、LCV入口135が設けられている。

【0127】

HCVチューブの内部容積部123は、HCV燃料チューブ内面121、LCVチューブ外面132、HCV入口125、およびバーナーユニットの第1の端部20によって画定される（すなわちそれらの間に画定される）。LCVチューブ内部容積部133は、LCVチューブ内面131、LCV入口135、およびバーナーユニット第1の端部20によって画定される（すなわちそれらの間に画定される）。図面には示されていないが、上流方向に連続するHCV燃料チューブ120の端部はHCV燃料供給源に接続されており、特に図1Aおよび図1Bを参照すると、HCV燃料チューブ120は、バーナーユニットの第1の端部20に達する前にバーナーユニット100に直交する方向からスワールバーナーアセンブリ10に接近する。同様に、上流方向に連続するLCV燃料チューブ130の端部は、LCV燃料供給源に接続される。

【0128】

HCV入口125は、バーナー壁40の上流のバーナーユニット内部容積部116内に配置されており、LCV入口135は、第2の容積部62内に配置される。HCV入口125は、ショルダー112を伴う半径方向平面、すなわちスワールバーナー本体12のシリンダの軸線に垂直な平面上にある。LCV入口135は、下流方向において、つまりバーナーユニットの第2の端部124よりもさらにスワールバーナー本体の下流端部30に向かっている。

【0129】

LCV燃料チューブ130は、HCV燃料チューブ内部容積部123に直接通じる開口部を有しない。すなわち、HCV燃料チューブの内部容積部123は、バーナーユニットの内部容積部116への開口部であるHCV入口125の開口部とは別に密閉されている。同様に、LCV燃料チューブ130のためのスワールバーナーアセンブリ10内の唯一の開口部は、LCV入口135における第2の容積部62への開口部であり、つまりLCVチューブ内容積部133はLCV入口135とは別に密閉されている。上述したように、図示されていないが、上流方向に連続するHCV燃料チューブ120およびLCV燃料チューブ130の端部は、適切な燃料供給源に接続される。

【0130】

こうした密封は、各パイプの内部容積部内の燃料パイプを通る流れの混合を確実になくし、個々のパイプの内部容積内に空気がないことを確実にする。運転時には、下流方向にパイプを通る流れがあり、それによって、流れの圧力に起因する流動が存在する場合には燃料または空気の流れがパイプの下流に流れないことがさらに保証される。

【0131】

HCV燃料入口125の下流においてすなわちスワールバーナー本体下流端30にさらに向かって、かつLCV燃料入口135の上流にすなわちスワールバーナー本体下流端30からさらに遠くに、スワールミキサー150が設けられる。スワールミキサー150は、ベーン155を通過する流れを誘導するためのベーン155を有する。ベーン155は、外側カラー140の内側面114から内側カラー160まで、より具体的には内側カラー外側面162まで延在している。内側カラー160は外側カラー140の内側においてかつLCV燃料チューブ130の外側において位置決めされており、かつスワールミキサー150の中心から下流方向にスワールバーナー本体の下流端30に向かって延在している。内側カラー160は、バーナーユニットの第2の端部124よりも下流方向にはそれ以上は延在していない。これは外側カラー140も同様である。LCV燃料チューブ130

10

20

30

40

50

0は、複数の内側カラー内面163の間を通過する。

【0132】

スワールミキサー150は、軸流スワールミキサーである。ベーン155は、ベーン155を通過する流れに影響を及ぼす任意の数のベーンであり、軸渦を生じるようになっている。再循環ゾーンが炎管（すなわち第2の容積部62）内に形成されるため、軸流スワールは炎長を短縮するために重要である。

【0133】

有利なことに、外側カラー140および内側カラー160は、スワールミキサー150によって形成された再循環ゾーンの位置決めにおいて、第2の容積部62への酸化剤および燃料の流れに効果を及ぼす。そのため、炎長を減少させるための改良されたスワールが得られ、スワールミキサー150に接近するがスワールミキサー150にさらされないように炎シートを制御する。これによって、ベーン155およびLCV入口135が直接燃焼にさらされることが防止され、ベーン表面または入口表面上の孔食などの変形を防止する。

【0134】

図3および図4を参照すると、図1および図2のものと同様のスワールバーナーアセンブリ200が図示される。なおバーナー壁40を通過すると、空気分離開口部210が存在する。空気分離開口部210は、スワールミキサー150の周りに放射状に配置された貫通孔である。

【0135】

第1の容積部52に対して第2の容積部62に隣接する空気分離開口部210は、空気入口70からの空気流がスワールミキサー150を通過することなく第2の容積部62を通過できるようにし、かつHCV燃料チューブ130を通る流れがある場合には、HCV燃料チューブ130を通るHCV燃料と空気分離開口部210を通過する空気が第2の容積部62内で制限された状態で混合される。

【0136】

このような特徴は、空気分離開口部210を通って流れる空気が、本体内面64に沿ってエアカーテンを形成することを可能にする。エアカーテンは、燃焼と本体内面64との間の境界を提供する。このエアカーテンは、本体表面64の温度を、結果的に本体外面66の温度を低下させることができることを好ましい場合に使用することができる。

【0137】

空気分離開口部210は、空気流入口70を通る総流量の約10%が空気流入口70を通過するように構成される。

【0138】

図5および図6を参照すると、図3および図4に見られるものと同様のスワールバーナーアセンブリ300が図示される。このスワールバーナーアセンブリ300は、多層壁体のものである。内壁内面364（つまりスワールバーナー本体12の内面）と内壁外面366とを有する内壁360が、バーナー壁40からスワールバーナー本体下端壁14へ延在する。第2の容積部362は、スワールバーナー本体下端壁14、バーナー壁40、および内壁360によって画定される（すなわちそれらの間に画定される）。外壁310は、外壁内面361を有しており、かつバーナー壁40からスワールバーナー本体下端壁14まで延在し、かつ内壁360の外側にある。第3の容積部363は、バーナー壁40、スワールバーナー本体下端壁14、内壁外面366および外壁内面361によって画定される（すなわちそれらの間に画定される）。

【0139】

第2の容積部362は炎管である、つまりガスの燃焼はこの容積部内で行われる。

【0140】

内壁の外面366の半径方向外側においてかつ外壁の内面361の半径方向の内方ににおいて、バーナー壁40を通るようにバイパス開口部320が設けられている。

【0141】

10

20

30

40

50

第1の容積部362内の空気入口70からの空気は、バイパス開口部320を通って第3の容積部363に入つてもよい。内壁360は、バイパス空気が燃焼ゾーン（すなわち第2の容積部362）へ移動することを防止するため、燃料入口からの燃料と第3の容積部363内の空気との混合が起こらない。バイパス空気とバーナー燃焼生成物の混合は、第2の容積部362および第3の容積部363の下流方向、すなわち本体下端壁14の下流で行われてもよい。

【0142】

この特徴はエアバイパスとして公知である。このような特徴は、燃料の燃焼に影響することなく、第3の容積部363を通る空気の完全なバイパスを可能にする。これは、空気が第3の容積部363を通ってバイパス可能な一方で排出が設計上の制限の範囲内があり、スワールバーナーアセンブリ10が、バーナユニット100が設計されているよりも大きな空燃比で機能することが要求された場合に有用である。

10

【0143】

これにより、スワールバーナーアセンブリ10は、2~18ラムダのようなより高い空気対燃料比で機能できる。

【0144】

いくつかの実施形態（図示せず）では、空気のバイパスは恒久的な特徴である必要はなく、必要に応じて、例えばバーナー壁40のバイパス開口部320の開放によってバイパス開口部320を必要に応じて使用できる。したがって、バイパスが必要な場合、所定の動作モードが決定されてもよい。

20

【0145】

図5は、スワールバーナーアセンブリ300のための点火装置開口部82が第3の容積部363を通って突出しており、点火装置80が第2の容積部362内に配置されていることを示している。点火装置開口部82の延長部は、点火装置80が可燃性ガスと同じ容積部で火花を発生できるようにする（すなわち炎管を形成する）ために必要である。

【0146】

図7は、上述のものと同様のスワールバーナーアセンブリ400を示しており、（エアカーテン用の）空気分離開口部の特徴とバイパスの特徴の両方が組み込まれている。したがって、第3の容積部363および複数の空気分離開口部210が提供されて、単一のバーナーでこれら特徴部が組み合わされる。バイパス開口部320の存在は、空気入口70を通る総流量の約5%が空気分離開口部210を通過することを意味する。

30

【0147】

第3の容積部363を通る空気流は、内壁360を冷却する二次作用を有する。なお付加的な冷却が必要な場合には、図7に示すように、空気分離開口部210によって提供されるエアカーテンをバイパス開口部320と組み合わせることができ、それによって、内壁外面（366：図5）および内壁内面（364：図5）を通る空気の流れによって内壁360が冷却される。

【0148】

バーナー出口の温度は、燃焼ゾーンの下流で、すなわちスワールバーナー本体下端壁14を越えて第2の容積部62から下流方向において測定される。空気バイパスが利用される構成では、バーナー出口の温度は、第2の容積部および第3の容積部からの排ガスが合流した流れの温度である。空気バイパスが利用される構成では、バイパス空気と燃焼生成物の混合は、スワールバーナー本体の下流端30の下流で行われてもよい。

40

【0149】

燃料電池システムで使用される場合、バーナーは4つの動作モードを有する。

【0150】

1) ウォームアップ、非改質：

燃料電池システムが冷たい場合、動作状態に達する前にスタックを加熱する必要がある。この初期段階は、燃料電池スタック出口の温度を275より高く、より好ましくは300より高く上昇させる。燃料は気体であっても気化していてもよいが、このモードで

50

は燃料はバーナーに直接供給される HCV 燃料である。

【0151】

図 1 および図 2 のスワールバーナーアセンブリ 10 を考慮すると、このモードでは、HCV 燃料は、バーナーユニット 100 の HCV 燃料チューブ 120 を通してバーナーに供給される。HCV 燃料は、HCV 入口 125 で HCV 燃料チューブ 120 から流出する。この工程と同時に、空気が空気入口 70 を介して第 1 の容積部 52 に供給される。この容積部の内部の空気は、空気流入ホール 115 を通ってバーナーユニット内部容積部 116 に流れ、スワールバーナー本体下流端部 30 に向かって下流方向に流れる。

【0152】

スワールミキサー 150 に到達する前に、すなわちスワールミキサー 150 の上流で、
HCV 燃料および空気は、スワールバーナー本体 12 に入るため、初めて互いにさらされる。ここで、HCV 燃料と空気の初期予混合が行われる。HCV 燃料および空気の混合物は、スワールミキサー 150 を通過し、HCV 燃料と空気との間の最大の度合いでの混合は、スワールミキサー 150 を経て、第 2 の容積部 62 内で実施される。スワールミキサー 150 のすぐ下流のこの領域が混合領域である。HCV 燃料と空気との高度の混合は、完全燃焼を可能にしつつ CO および NO_x などの望ましくない排出物の量を低減するために重要である。

【0153】

用語「空気」が使用される一方で「酸化剤」が使用されるが、「酸化剤」は当該技術分野で使用される他の用語とともに酸素運搬媒体を記述するために一般に使用される用語でもある。そのため、空気および酸化剤は、本明細書の目的のために置き換え可能である。

【0154】

HCV 燃料と空気との混合物は、点火装置 80 を介して点火される。スワールミキサー 150 は、軸流スワーラであり、第 2 の容積部 62 内に逆流領域または再循環領域をもたらす。再循環ゾーンは、燃焼ゾーンだけでなく混合ゾーンにも影響を及ぼすようなものである。これには次のような多くの利点がある：理想的には混合が最も激しくなるため HCV 燃料混合物の燃焼がこのゾーンで行われるべきである：さらにこの逆流は炎長を減少させる効果を有する。再循環ゾーンの結果として、炎シートは、スワールミキサー 150 のすぐ下流に設けられる。

【0155】

この動作モードの間、空気流量は、他の測定値のうち、バーナーへの入口温度を測定する制御システムによって制御されるものである。HCV 燃料流量は、制御システムによって、バーナーの下流端部の温度に応じて HCV 燃料流量を変化させる比例制御弁を用いて制御される。このモードにおいてバーナーを通る空気流量は、70 ~ 116 SLM の範囲で変化し得る。HCV 燃料流量は、0.8 ~ 6 SLM であると予想される。空気 - 燃料当量比（ラムダ）は、4 以下であってもよい。さらなる構成では、このモードにおいてバーナーを通る空気流量は、70 から 300 SLM まで変動し得る。同様に、さらなる構成では、HCV 燃料流速は、0.8 ~ 8 SLM であってもよい。

【0156】

HCV 燃料入口 125 の構造および位置決めの変更は、入口のホールのサイズとともに、規制された限界を超える様々な排出物を生成するようなバーナーの燃焼および機能に影響を及ぼすことが可能である。

【0157】

2) ウォームアップ、改質。

スワールバーナーアセンブリ 10 の第 2 の動作モードは、275 °C より高い、より好ましくは 300 °C の燃料電池スタック温度で行われる。このモードでは、燃料を、直接供給される HCV 燃料から、燃料電池スタックからの LCV 燃料に移行させる。すなわち、LCV 燃料は、燃料電池の反応からの改質ガスまたはアノードオフガスであってもよい。

【0158】

10

20

30

40

50

L C V 燃料は、 L C V 燃料チューブ 130 を介してスワールバーナーアセンブリ 10 に供給される。この L C V 燃料チューブ 130 は、スワールミキサー 150 の内径の中心を通り、第 2 の容積部 62 に入る。この時点においてのみ、 L C V 燃料が L C V 入口 135 を介して第 2 の容積部 62 に供給される。特に、これは H C V 燃料の炎シートの下流にある。

【 0159 】

L C V 燃料はスワールミキサー 150 を通過しないので、第 2 の容積部 62 内の空気との混合領域が小さくなり、 H C V 燃料と比較して、燃焼前の空気との少量の混合のみが生じる。なお L C V 燃料の場合、これは、組成物が C O および N O_x の排出量を低減するために高度の混合予燃焼を好まないため、好ましい。

10

【 0160 】

燃焼は、 L C V 燃料入口 135 の下流で行われる。スワールミキサー 150 に相補的な効果がある： L C V 燃料の燃焼は、典型的には、より長い炎をもたらす、すなわち H C V 炎より長さの長い炎をもたらすが、これは、部分的には、燃焼があまり激しくなくかつ流量がより大きいことに起因する；スワールミキサー 150 からの逆流領域は、 L C V 燃料の炎の炎長を減少させる。このような炎長の短縮は、省スペース化に有用であり、より短くかつよりコンパクトなスワールバーナー本体 12 を実現可能にするだけでなく、スワールバーナーアセンブリ 10 の下流端部に向かう器具または当該下流端部のさらに向こう側（つまり本体下端壁 14 の下流）の器具が保護される。

【 0161 】

20

燃料電池スタックの温度が 550 に向けて上昇するにつれて、制御システムは H C V 流量を減少させ、それによって H C V 燃料および L C V 燃料の混合運転は、燃料電池が電気化学反応を起こす際に L C V 燃料運転だけに移行する。

【 0162 】

3) アイドル / パワードロー

第 3 の動作モードでは、燃料電池スタックは典型的には約 550 となる（個々の燃料電池および個々の燃料電池構成要素の正確な温度は変化する；燃料電池スタックの燃料電池は約 500 ~ 610 、または約 500 ~ 615 、または約 500 ~ 620 となる）。これは主に L C V 燃料の状況である。このモードでは、 L C V 燃料は、 L C V チューブ 130 を経てバーナーに供給され続ける。なお、 L C V の燃料流量は、燃料電池スタックと、燃料電池システムによって要求される電気出力とによって決定される。

30

【 0163 】

この動作モード中に燃料電池システムを通る空気流は、燃料電池スタックの温度によって制御される。バーナーの出口温度がモニタリングされ、バーナーの出口温度が一定の閾値以下に低下すると、さらなる H C V 燃料が追加されて、システムの温度が上昇され、それによって燃料電池スタックの温度が維持されるかまたは上昇される。なおシステムは、理想的には、このモードでは L C V 燃料のみが必要となるように設計される。

【 0164 】

4) シャットダウン

第 4 の動作モードでは、燃料電池スタックが約 450 に到達するまで燃料電池スタックおよび燃料電池システムの温度を低下させるために L C V 燃料流量が低減され、燃料電池システムへの H C V 燃料流が止められ、 L C V 燃料入口 135 を通る L C V 燃料の流れが止められて、燃焼が停止される。燃料電池システムは自然冷却される。

40

【 0165 】

図 8 A ~ 図 10 C を参照すると、実験に基づいた結果を示す多数の傾向が示されている。これら傾向のラベルは、リストに記載されるようにまとめられる。

- N O_x 空気なし
 - バーナーからの空気を含まない N O_x 排出量
 - データポイントは上向きの三角形で示される
- C O 空気なし
 - バーナーからの空気を含まない C O 排出量
 - データポイントは下向きの三角形で示される

50

tAirTgbOut	- バーナーからの空気の温度 - データポイントは正方形で示される	
tAirTgbIn	- バーナーへの空気の温度 - データポイントは丸で示される	
dmoFuelRef	- バーナーへの L C V 燃料の流量 - データポイントは垂直バーで示される	
dmoFuelTgb	- バーナーへの H C V 燃料の流量 - データポイントはアスタリスクで示される	
ラムダ	- バーナー入口におけるバーナーの空気に対する燃料の比率 - データポイントは黒塗りの菱形で示される	10

【 0 1 6 6 】

図 8 A から図 10 C は、様々な事象に対するスワールバーナーアセンブリの反応とともに、いくつかの動作モードにおけるスワールバーナーアセンブリの実際の動作の結果のグラフを示したものである。動作ごとの 3 つの図（すなわち A、B および C）は、すべて本発明に基づくスワールバーナーアセンブリに関する同じ動作期間を示している。このデータ取得の期間（x 軸線は数時間で測定される）は、ゼロから開始するようには示されておらず、連続試験中の本発明のバーナーの異なる運転段階を表す。

【 0 1 6 7 】

図 8 A、9 A および 10 A の傾向は、スワールバーナーアセンブリの内外の空気温度を示しており、- tAirTgbOut によって示されるように - 、スワールバーナーアセンブリが熱自体を生成していることを示すために提供されており、かつ、- tAirTgbIn、すなわちスワールバーナーアセンブリへの温度によって示されるように - 、燃料電池スタックはバーナーの作動によって加熱され、かつ高温のオフガスはスワールバーナーアセンブリに戻るように供給されることを示すために提供される。一番上の傾向はまた、燃焼ガス、すなわちスワールバーナーアセンブリを出るガス中の一酸化炭素 (CO) および窒素酸化物 (NO_x) を示す。これらは、そうしたガスのために当該技術分野において典型的な測定単位である百万分率 (ppmv) で測定され、かつ空気のない測定値である、つまり燃焼ガス中の無酸素状態をシミュレートするための調整値である。CO、NO_x および他の燃焼生成物は、環境の観点から望ましくないことが知られているガスの燃焼から生成される主要な生成物であるため、排出物としてまとめて知られている。このように、排出物の削減は、ガスの燃焼に関する多くの法律の対象となっている。本発明の目的のために、排出物は一般的には CO および NO_x のみが示されており、本発明が減少しようとする主要な生成物である。

【 0 1 6 8 】

図 8 B、図 9 B および図 10 B の傾向は、H C V 燃料および L C V 燃料の燃料流量を示す。これは、スワールバーナーアセンブリへの燃料流であり、スワールバーナーアセンブリがどのモードで作動しているかを示す。例えば、L C V 流がある場合、十分な温度に到達した燃料電池セルから、現在燃焼され得るアノードオフガスを生成することが期待できる。こうした傾向に示された H C V 燃料流は、スワールバーナーアセンブリへの H C V 燃料流があることを示している。H C V 燃料流は、その供給が燃料電池運転とは無関係であるため、いずれの運転モードにおいても可能である。

【 0 1 6 9 】

図 8 C、図 9 C および図 10 C の傾向は、燃料に対する空気の比率を示す。燃料に対して空気が等しい割合である場合、1 のラムダを有する。空気と燃料の混合物よりリーンになるように空気の割合が増加すると、ラムダが増加する。ラムダの傾向は、スワールバーナーアセンブリ入口における燃料および酸化体の流れの総ラムダを示す、つまり空気入口 70、L C V 入口 135 および H C V 入口 125 における流れの総ラムダを示す。示されるラムダは、燃料電池が動作しているときの空気流中の酸素の減少の計算を含む。酸化剤の流れが燃料電池スタックによって制御されるので、燃焼反応物のラムダが重要となる。したがって、バーナーが安定した燃焼をもたらすよう追加の燃料流によって酸化剤流を補

10

20

30

40

50

償する必要がないように、大きなラムダ範囲にわたって作動することができるスワールバーナーアセンブリを有することが望ましい。燃料の流れが止まったところでは、燃料の流れがないため、この傾向におけるラムダは計器の測定限界を超えて増加し、燃料と空気の比は無限に大きくなることに留意されたい。これは、典型的には、ラムダが 20 以上に増加する場合の傾向に見られる。

【 0 1 7 0 】

図 8 A、8 B および 8 C を参照すると、最初に、図 8 Bにおいて、8 S L M で始まる燃料流が H C V 燃料であることが明らかとなる。図 8 A に示すスワールバーナーアセンブリへの温度は、最初はかなり低く、必ず燃料スタックの改質運転に必要な 275 以下となっている。そのためこれはモード 1（ウォームアップ、非改質）である。図 8 C に示されるように、スワールバーナーアセンブリは純粋に H C V モードであり、ラムダは 3 ~ 4 ラムダ程度に非常に小さい。すなわち、燃料混合物は、燃料電池スタックを加熱するために必要な熱を生成するよう非常にリッチである。留意すべきことに、これはウォームアップ段階における純粋な H C V 燃料モードであるが、排出量は依然として非常に低く、要求された限界を下回っている。排出制限については、排出量はある期間にわたって平均化されているのが一般的であり、始動時は、排出量がより多いことが既知となっている予定期間であることに留意されたい。10

【 0 1 7 1 】

燃料電池のスタック温度が上昇すると、システムは改質を開始することができ、L C V 燃料はスワールバーナーアセンブリに利用可能となる。これは、スワールバーナーアセンブリに入る空気温度の上昇および L C V 燃料流の加入によって見られる。この段階では、排出量は短時間で増加するが、ラムダが低下して温度が上昇すると、排出量は目標をはるかに下回る。このバーナーはモード 2：ウォームアップ改質となる。これは二重燃料運転であり、2つの流れが同じ炎管（すなわち第 2 の容積部 62）内の同じバーナーによって燃焼されており、結果として生じる排出物が減少する。20

【 0 1 7 2 】

続いて、燃料スタックの温度は、スワールバーナーアセンブリへの温度の平均化によって見られる公称レベルに達する。これはモード 3：定常状態である。このモードでは、スワールバーナーアセンブリは、燃料電池から供給される L C V 燃料によって主に燃料供給される。この設計のバーナーは、非常に低い排出量をもたらし、NO_x 排出量は限度の約 10 分の 1 であり、CO はさらに低い。30

【 0 1 7 3 】

図 8 A から図 8 C は、燃料入口の形状および配置が、大きく異なる燃焼条件の様々な燃料に対応することができる一方で依然として排出量が低いスワールバーナーアセンブリをもたらしたことを明確に示している。

【 0 1 7 4 】

主要な凡例が図 8 A および 8 C の右上の角に示されている場合、データポイントは、この凡例に先立ってなされた様式で主に連続しており、曖昧なデータポイントがないことに留意されたい。

【 0 1 7 5 】

図 9 A ~ 図 9 C は、段階的な変化を伴う定常状態動作を示しているが、こうした段階的な変化は、燃料電池スタックからの異なる電流引き込みに起因して生じ得る。これによって、スワールバーナーアセンブリへの異なる燃料流と、H C V 燃料および L C V 燃料の異なる混合物とが生じる。段階的な変化は、異なる燃焼特性および炎切換えなどの事象発生に起因する排出スパイクをもたらす可能性があることが知られている。この場合、スワールバーナーアセンブリは非常に低い排出量で運転されていた。段階的な変化が起こるとき、すなわち燃料流量が変化するとき、排出量はわずかに増加するが、限界値を大きく下回る。これは、スワールバーナーアセンブリが安定した状態にある場合に変化する燃料流量に対して復元力を有することを示す。40

【 0 1 7 6 】

10

20

30

40

50

傾向の凡例が図 10 A の右上の角に示されている場合、データポイントは、この凡例に先立ってなされた様式で主に連続しており、予期しないデータポイントが不明瞭になっていないことに留意されたい。

【 0 1 7 7 】

高温での始動がバーナーや燃料電池システムに問題を引き起こすことが既知の問題として挙げられる。空気入口温度が高いことに起因して燃焼特性は非常に異なる結果となり、その結果、炎が不安定になり、排出量が非常に高くなる可能性がある。燃料電池スタックは、低温始動状態まで冷却するのに 12 ~ 16 時間かかるが、燃料電池は多くの場合により頻繁に必要とされる。したがって、スワールバーナーアセンブリが、低排出量を維持したまま、高温始動を実行できるようになることが望ましい。図 10 A ~ 図 10 C にはこのような状況が示されており、スワールバーナーアセンブリへの温度が依然として高いとき、システムが再始動される。なお、いずれの場合にも排出量は限界を大きく超えず、CO は非常に低い。

【 0 1 7 8 】

傾向の凡例が図 10 A の右上の角に示されている場合、データポイントは、この凡例に先立ってなされた様式で主に連続しており、予期しないデータポイントが不明瞭になっていないことに留意されたい。

【 0 1 7 9 】

全体的にスワールバーナーアセンブリの設計は、様々な燃料が単一モードおよび混合モードで燃料供給された場合に、大きなラムダ範囲にわたって作動するとともにコンパクトな設計を可能にする小さな炎長を有しつつ、より小さな排出量をもたらす。

【 0 1 8 0 】

本発明は、上述の実施形態にのみ限定されるものではなく、他の実施形態は、添付の特許請求の範囲から逸脱することなく当業者に容易に理解しよう。

【 符号の説明 】

【 0 1 8 1 】

- | | | |
|-------|---------------------------------|----|
| 1 0 | スワールバーナーアセンブリ | |
| 1 2 | スワールバーナー本体 | |
| 1 2 ' | 中心軸線 | |
| 1 4 | スワールバーナー本体の下（または第 2 の）端壁 | 30 |
| 1 5 | スワールバーナー本体の排出部 | |
| 1 6 | スワールバーナー本体の上（または第 1 の）端壁 | |
| 1 6 ' | スワールバーナー本体の上（または第 1 の）端壁における開口部 | |
| 2 0 | バーナユニットの第 1 の端部 | |
| 3 0 | スワールバーナー本体の下流端 | |
| 4 0 | バーナー壁 | |
| 4 0 ' | バーナー壁における開口部 | |
| 4 2 | バーナー壁の下流面 | |
| 4 4 | バーナー壁の上流面 | |
| 5 0 | バーナー管 | 40 |
| 5 2 | 第 1 の容積部 | |
| 5 4 | スワールバーナー本体の上（または第 1 の）端壁の内面 | |
| 5 6 | バーナー管の内面 | |
| 6 2 | 第 2 の容積部 | |
| 6 4 | 本体の内面 | |
| 6 6 | 本体の外表面 | |
| 7 0 | 空気入り口 | |
| 8 0 | 点火装置 | |
| 8 2 | 点火装置の開口部 | |
| 1 0 0 | バーナユニット | 50 |

1 1 0	バーナーユニットの外側本体	
1 1 1	バーナーユニットの上側内面	
1 1 2	ショルダー	
1 1 4	バーナーユニット外側本体の内面	
1 1 5	空気流入ホール	
1 1 6	バーナーユニットの内部容積部	
1 2 0	H C V 燃料チューブ	10
1 2 1	H C V 燃料チューブの内面	
1 2 2	H C V 燃料チューブの外面	
1 2 3	H C V チューブの内部容積部	
1 2 4	バーナーユニットの第 2 端部	
1 2 5	H C V 入口	
1 3 0	L C V 燃料チューブ	
1 3 0'	フィンガー	
1 3 1	L C V 燃料チューブの内面	
1 3 2	L C V 燃料チューブの外面	
1 3 3	L C V チューブの内部容積部	
1 3 5	L C V 入口	
1 4 0	外側カラー	20
1 4 4	外側カラーの外面	
1 5 0	スワールミキサー	
1 5 5	ペーン	
1 6 0	内側カラー	
1 6 2	内側カラーの外面	
1 6 3	内側カラーの内面	
2 0 0	酸化剤カーテンを備えるスワールバーナーアセンブリ	
2 1 0	空気分離開口部	
3 0 0	スワールバーナーアセンブリ	
3 1 0	外壁	
3 2 0	バイパス開口部	30
3 6 0	内壁	
3 6 1	外壁の内面	
3 6 2	第 2 の容積部 (エアバイパス)	
3 6 3	第 3 の容積部	
3 6 4	内壁の内面	
3 6 6	内壁の外面	
4 0 0	スワールバーナーアセンブリ	

【図1】

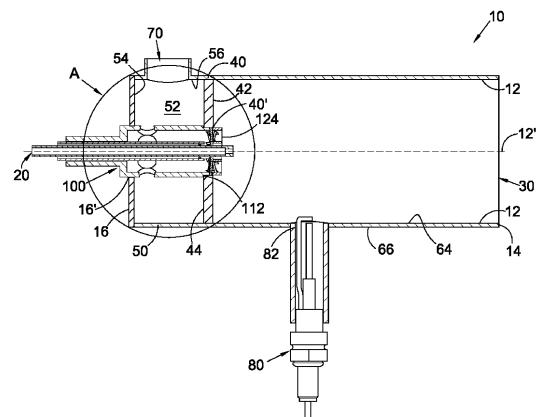


Figure 1

【図1A】

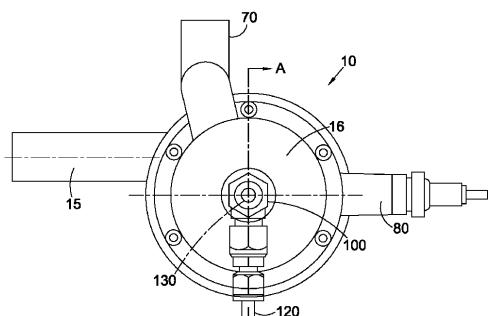


Figure 1A

【図1B】

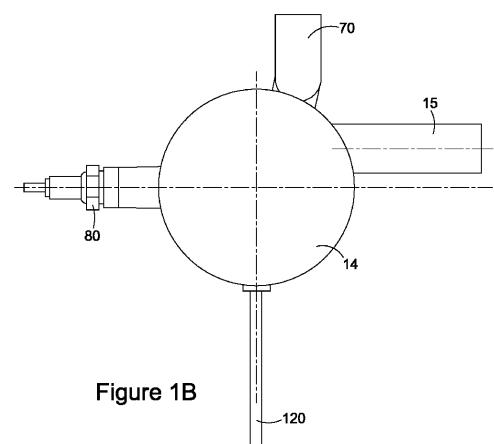


Figure 1B

【図2】

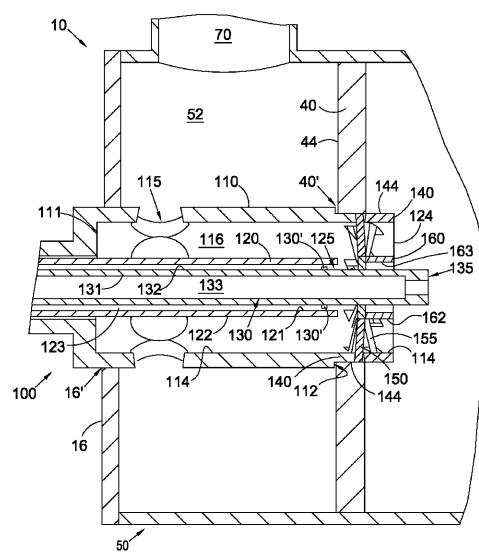


Figure 2

【図3】

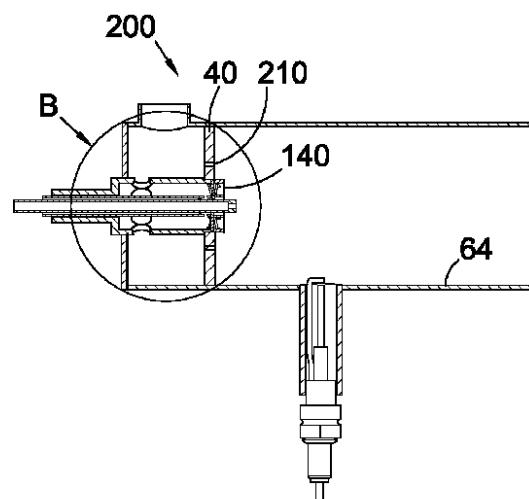


Figure 3

【図4】

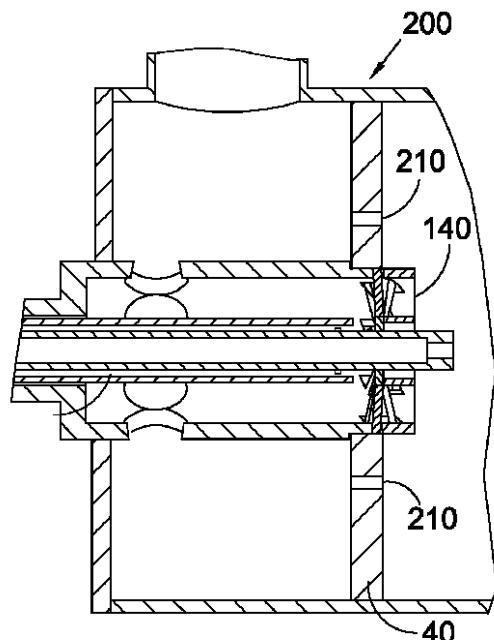


Figure 4

【図5】

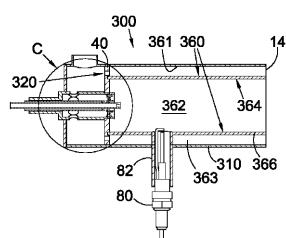


Figure 5

【図6】

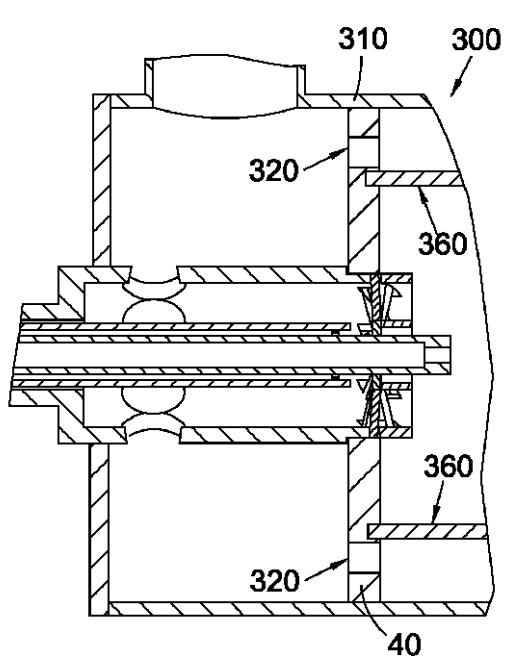


Figure 6

【図7】

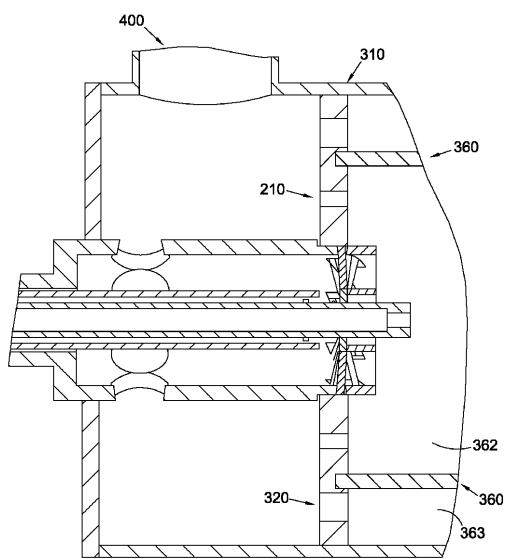


Figure 7

【図8A】

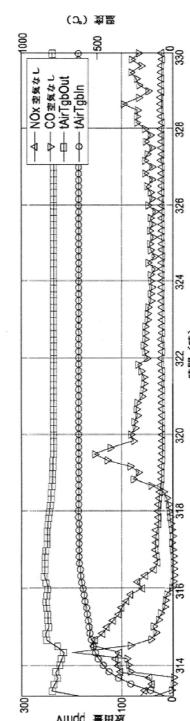


Figure 8A

【図8B】

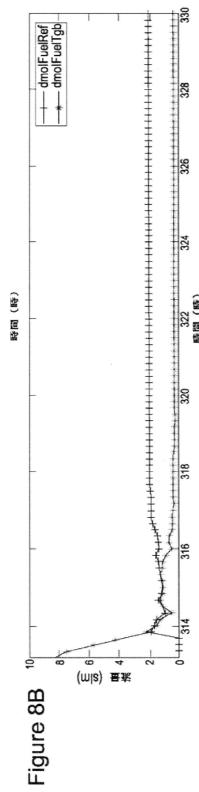


Figure 8B

【図8C】

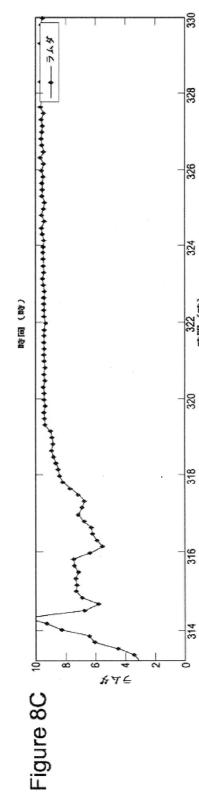
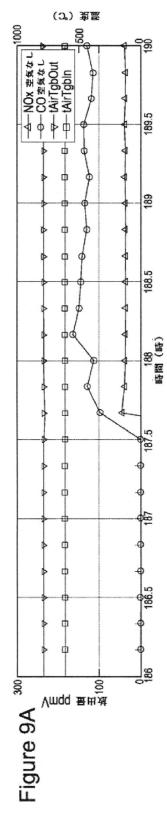
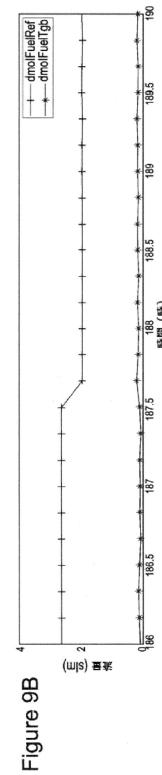


Figure 8C

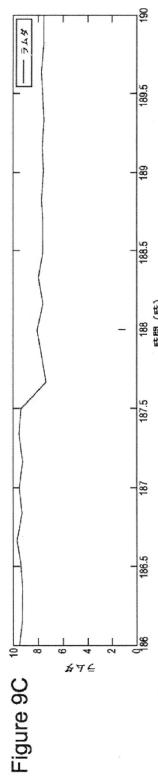
【図 9 A】



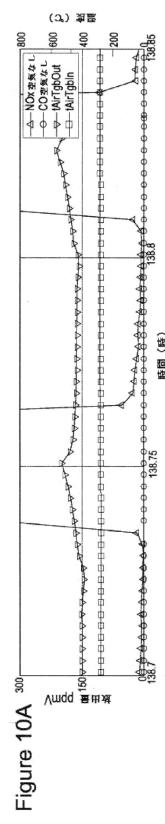
【図 9 B】



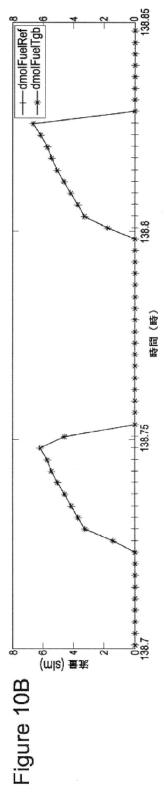
【図 9 C】



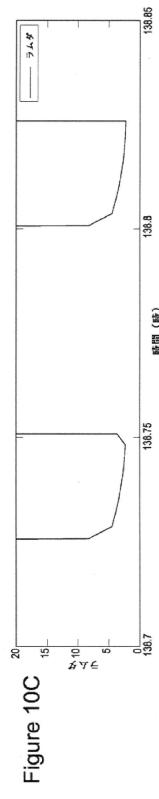
【図 10 A】



【図 10B】



【図 10C】



フロントページの続き

(72)発明者 マーティン・シュミット

イギリス・R H 13・5 P X・ウエスト・サセックス・ホーシャム・ファウンドリー・レーン・(番地なし)・ヴァイキング・ハウス・セレス・インテレクチュアル・プロパティー・カンパニー・リミテッド

(72)発明者 ポール・バーナード

イギリス・R H 13・5 P X・ウエスト・サセックス・ホーシャム・ファウンドリー・レーン・(番地なし)・ヴァイキング・ハウス・セレス・インテレクチュアル・プロパティー・カンパニー・リミテッド

(72)発明者 トニー・トナー

イギリス・R H 13・5 P X・ウエスト・サセックス・ホーシャム・ファウンドリー・レーン・(番地なし)・ヴァイキング・ハウス・セレス・インテレクチュアル・プロパティー・カンパニー・リミテッド

審査官 岩 崎 則昌

(56)参考文献 特公昭50-036301(JP, B1)

特開2002-162007(JP, A)

欧州特許出願公開第02500645(EP, A1)

米国特許出願公開第2013/0344409(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 23 D 14 / 24