

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4068111号  
(P4068111)

(45) 発行日 平成20年3月26日 (2008. 3. 26)

(24) 登録日 平成20年1月18日 (2008. 1. 18)

(51) Int. Cl.

F I

C O 1 B 3/38 (2006. 01)  
H O 1 M 8/06 (2006. 01)C O 1 B 3/38  
H O 1 M 8/06 G

請求項の数 29 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2005-517929 (P2005-517929)  
 (86) (22) 出願日 平成17年2月4日 (2005. 2. 4)  
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2005/001674  
 (87) 国際公開番号 W02005/077823  
 (87) 国際公開日 平成17年8月25日 (2005. 8. 25)  
 審査請求日 平成19年11月19日 (2007. 11. 19)  
 (31) 優先権主張番号 特願2004-40005 (P2004-40005)  
 (32) 優先日 平成16年2月17日 (2004. 2. 17)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 000005821  
 松下電器産業株式会社  
 大阪府門真市大字門真1006番地  
 (74) 代理人 100065868  
 弁理士 角田 嘉宏  
 (74) 代理人 100106242  
 弁理士 古川 安航  
 (74) 代理人 100110951  
 弁理士 西谷 俊男  
 (74) 代理人 100114834  
 弁理士 幅 慶司  
 (72) 発明者 前西 晃  
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下  
 電器産業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 水素生成装置およびこれを備えた燃料電池システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第一の筒状壁部材と、前記第一の筒状壁部材の外側に前記第一の筒状壁部材と同軸状に配置された第二の筒状壁部材と、前記第一の筒状壁部材と前記第二の筒状壁部材との間の筒状空間において、前記第一及び第二の筒状壁部材の軸方向に並ぶように設けられた筒状の水蒸発部および筒状の改質触媒体と、前記水蒸発部に水を供給するための水入口および原料ガスを供給するための原料ガス入口と、を有し、

水蒸気と前記原料ガスの混合ガスを、前記水蒸発部から前記改質触媒体に流入させ改質反応により水素を含む改質ガスに改質する水素生成装置。

【請求項 2】

前記改質ガスを前記改質触媒体の軸方向端から流出させる請求項 1 記載の水素生成装置

。

【請求項 3】

前記改質触媒体の下方に前記水蒸発部が配置されている請求項 2 記載の水素生成装置。

【請求項 4】

前記第一及び第二の筒状壁部材がいずれも、円筒のシームレス管である請求項 1 記載の水素生成装置。

【請求項 5】

可燃ガスの燃焼によって燃焼ガスを生成するバーナーと、前記第一の筒状壁部材の内側に前記第一の筒状壁部材と同軸状に配置された第三の筒状壁部材とを備え、前記燃焼ガス

10

20

が前記第一の筒状壁部材と前記第三の筒状壁部材との間の燃焼ガス流路としての筒状空間を流れるように構成された請求項 4 記載の水素生成装置。

【請求項 6】

前記バーナーの火炎を上方に向かって形成させるように前記バーナーが配置される請求項 5 記載の水素生成装置。

【請求項 7】

前記バーナーが前記第三の筒状壁部材の内部空間に配置され、かつ前記第三の筒状壁部材の上端との間にギャップを有するようにして前記第一の筒状壁部材の上端を塞ぐ第一の蓋部材を備え、前記バーナーで生成された前記燃焼ガスが前記第三の筒状壁部材の内部から前記ギャップを通して前記燃焼ガス流路に流入するように構成された請求項 6 記載の水素生成装置。

10

【請求項 8】

前記燃焼ガス流路を流れる燃焼ガスを外部に導く燃焼ガス流出口が、前記第一の筒状壁部材に形成され、前記燃焼ガス流出口から流出した前記燃焼ガスを前記第一の筒状壁部材の径方向かつ下方に導くように燃焼ガス排気管が前記第一の筒状壁部材に接続されている請求項 7 記載の水素生成装置。

【請求項 9】

前記燃焼ガス流路の幅寸法の変化を規制することによってその周方向全域に亘って前記幅寸法を均一化する幅均一化手段を備えた請求項 7 記載の水素生成装置。

【請求項 10】

20

前記幅均一化手段は、均一な高さを有して前記第三の筒状壁部材から前記第一の筒状壁部材に向かって突出する複数の突起部を含み、前記突起部の先端が前記第一の筒状壁部材に当接する請求項 9 記載の水素生成装置。

【請求項 11】

前記突起部を、前記第三の筒状壁部材の周方向に所定間隔隔てて前記第三の筒状壁部材に形成する請求項 10 記載の水素生成装置。

【請求項 12】

前記幅均一化手段は、前記第三の筒状壁部材の周方向に配置した均一な断面を有する可とう性の棒状部材を含み、前記第一の筒状壁部材と前記第三の筒状壁部材によって前記棒状部材が挟み込まれる請求項 9 記載の水素生成装置。

30

【請求項 13】

前記棒状部材は均一な径を有する丸棒である請求項 12 記載の水素生成装置。

【請求項 14】

前記第一の筒状壁部材の外周面に多孔質体金属膜が設けられ、前記多孔質体金属膜と前記第二の筒状壁部材の内周面との間に前記水蒸発部の水溜り部が形成される請求項 1 記載の水素生成装置。

【請求項 15】

前記多孔質体金属膜が前記第一の筒状壁部材の前記外周面に全周に亘って設けられている請求項 14 記載の水素生成装置。

【請求項 16】

40

前記第二の筒状壁部材を覆って、前記第二の筒状壁部材との間で二重管を形成する筒状カバーを備え、前記改質触媒体から流出した改質ガスが、前記第二の筒状壁部材と前記筒状カバーとの間の改質ガス流路としての筒状空間を流通するように構成された請求項 4 記載の水素生成装置。

【請求項 17】

前記改質ガス流路の途中に、前記第二の筒状壁部材に周方向に配置された可とう性の棒状部材を備え、前記第二の筒状壁部材と前記筒状カバーによって前記棒状部材が挟み込まれている請求項 16 記載の水素生成装置。

【請求項 18】

前記バーナーの火炎を下方に向かって形成させるように前記バーナーが配置された請求

50

項 5 記載の水素生成装置。

【請求項 19】

前記バーナーに接続して前記燃焼ガスを下方に導く燃焼筒を備え、前記燃焼ガス流路は、前記第三の筒状壁部材と前記第一の筒状壁部材との間に設けられた筒状の第一の燃焼ガス流路と、前記燃焼筒と前記第三の筒状壁部材との間に設けられた筒状の第二の燃焼ガス流路とを有し、前記燃焼筒から流出した前記燃焼ガスが、前記第二の燃焼ガス流路を通じて前記第一の燃焼ガス流路に流入するように構成された請求項 18 記載の水素生成装置。

【請求項 20】

前記第三の筒状壁部材の上端との間にギャップを有しかつ前記バーナーに接続するようにして第一の筒状壁部材の上端を塞ぐように設けられた第二の蓋部材と、前記燃焼筒の下端に対向するようにして前記第三の筒状壁部材の内部を仕切る仕切り部材とを備えた請求項 19 記載の水素生成装置。

10

【請求項 21】

前記第二の蓋部材が前記燃焼筒の基端部に形成された鍔部である請求項 20 記載の水素生成装置。

【請求項 22】

前記水蒸発部の内部の水蒸気を、前記原料ガス入口を通して供給される原料ガスとガス混合促進手段によって混合を促進させる請求項 1 記載の水素生成装置。

【請求項 23】

前記ガス混合促進手段は、前記混合ガスを通過させる多孔質孔を有する多孔質体金属部を含む請求項 22 記載の水素生成装置。

20

【請求項 24】

前記第一及び第二の筒状壁部材の間に配置された前記改質触媒体を支持する環状の支持部材と、前記水蒸発部の上端を覆って配置される環状の第一の仕切り板と、前記支持部材および前記第一の仕切り板によって仕切られた境界空間とを備え、

前記ガス混合促進手段は、前記第一の仕切り板に形成される孔を含み、前記水蒸発部の内部の原料ガスおよび水蒸気が前記孔に集まって混合され前記境界空間に流出する請求項 22 記載の水素生成装置。

【請求項 25】

前記境界空間を軸方向に 2 分割する第二の仕切り板と、前記第一及び第二の仕切り板によって仕切られた第一のサブ空間と、前記第二の仕切り板および前記支持部材によって仕切られた第二のサブ空間とを備え、

30

前記ガス混合促進手段は、前記第一のサブ空間の内部と前記第二のサブ空間の内部を連結するバイパス経路を含む請求項 24 記載の水素生成装置。

【請求項 26】

前記バイパス経路は、前記第二の筒状壁部材の径方向に沿って外側に延びる第一のパイプ部分と、前記第一のパイプ部分に接続して前記第二の筒状壁部材の軸方向に沿って延び、前記第二の仕切り板を跨ぐ第二のパイプ部分とを有する請求項 25 記載の水素生成装置。

【請求項 27】

40

前記第二のパイプ部分は前記第一のパイプ部分に直交して延びる請求項 26 記載の水素生成装置。

【請求項 28】

前記第一のサブ空間から前記バイパス経路に流出し混合ガスを、前記第二のサブ空間の径方向の内側に向かって前記第二のサブ空間に流出させる請求項 25 記載の水素生成装置。

【請求項 29】

請求項 1 乃至 28 の何れかに記載の水素生成装置と、前記水素生成装置から供給される水素を含む改質ガスを用いて発電する燃料電池と、を備えた燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】

50

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は水素生成装置およびこれを備えた燃料電池システムに関し、特に筒状の水蒸発部の中心軸と筒状の改質触媒体の中心軸とを一致させ、その軸方向に改質触媒体と水蒸発部を並べて配置させる水素生成装置およびこれを備えた燃料電池システムに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

燃料電池システムは、燃料電池のアノードに水素リッチガス（改質ガス）を供給し燃料電池のカソードに酸化剤ガスを供給してこのガスを燃料電池の内部で電気化学的に反応させて電気と熱を同時に発生させるものである。

10

## 【0003】

ここで、原料ガス（例えば、天然ガスや都市ガス）と水蒸気から水蒸気改質反応によって改質ガスを生成する水素生成装置が使用され、この水素生成装置から流出される改質ガスが燃料電池のアノードに供給される。

## 【0004】

ところで、水蒸気改質反応においては、水を蒸発させる蒸発熱や改質反応を進める反応熱を加熱用バーナーの高温の燃焼ガスから受け取ることが必要であり、水および改質触媒体に対して燃焼ガスと効率良く熱交換させることが熱エネルギーの有効活用の観点から重要な課題になっている。

## 【0005】

20

この課題に関連する一報告例として、改質触媒体を内蔵する筒状の改質器の周囲を、燃焼ガス流路を挟んで周方向に覆うようにして水蒸発部を配置させた水素生成装置があり（例えば、特許文献1参照）、この水素生成装置においては、燃焼ガス流路および改質部を水蒸発部に覆うことによって燃焼ガス流路を流れる高温の燃焼ガスの放熱量および高温に保たれた改質触媒体の放熱量を少なくして水素生成装置の熱効率を改善させている。

【特許文献1】特開2003-252604号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

しかしながら、前述した従来の水素生成装置では、原料ガスおよび水蒸気を含む混合ガスを水蒸発部から改質部に向けて流す際、この混合ガスの流れの向きを水蒸発部の軸方向から周方向に変えことに起因して混合ガス流路の構成を複雑化させている。

30

## 【0007】

例えば、水蒸発部の混合ガス出口と改質部の混合ガス入口を連結する混合ガス供給パイプは径方向に延び、この混合ガス供給パイプと軸方向に延びる改質部との接続箇所においては、溶接等の配管施工を施すことが必要である。

## 【0008】

そして、このような混合ガス流路の配管施工は、水素生成装置のコストアップや耐久性の劣化をもたらす可能性があり、具体的には、上記のような溶接箇所の存在によって、日毎に起動停止を反復させる水素生成装置のDSS（Daily Start-up & Shut-down）運転による熱サイクルに対して十分な耐久性を確保できないと懸念される。

40

## 【0009】

また一方、水蒸発部の内径に依存して水蒸発部の水蒸気の蒸発状態が変化して、その内径を小さくすれば水蒸気の蒸発状態の均一化を図ることが容易化すると考えられている。それにもかかわらず、従来の水素生成装置のように水蒸発部を改質部および燃焼ガス流路を覆うように最外周に配置させた場合、水蒸発部の内径の縮小化に対して一定の限界があり、水蒸気の蒸発状態を均一化させることが困難な状況にもなり得る。

## 【0010】

本発明は、斯かる事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、ガス流路の構成の簡素化によって熱サイクルに対する耐久性の向上および低コスト化を図ると共に、水蒸気の

50

蒸発状態の均一化を可能にする水素生成装置およびこれを備えた燃料電池システムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明に係る水素生成装置は、第一の筒状壁部材と、前記第一の筒状壁部材の外側に前記第一の筒状壁部材と同軸状に配置された第二の筒状壁部材と、前記第一の筒状壁部材と前記第二の筒状壁部材との間の筒状空間において、前記第一及び第二の筒状壁部材の軸方向に並ぶように設けられた筒状の水蒸発部および筒状の改質触媒体と、前記水蒸発部に水を供給するための水入口および原料ガスを供給するための原料ガス入口と、を有して構成され、水蒸気と前記原料ガスの混合ガスを前記水蒸発部から前記改質触媒体に流入させ改質反応により水素を含む改質ガスに改質する装置である。

10

【0012】

水蒸発部と改質触媒体の軸方向を揃えて両者を並べて配置させることによって、水蒸発部から改質触媒体に向けて水蒸発部の内部を上昇する混合ガスを軸方向に向けて改質触媒体にスムーズに流出でき、例えば溶接等の配管施工を用いた複雑なガス流路を少なくすることができ、DSS運転による熱サイクルに対する水素生成装置の耐久性を向上できると共に、ガス流路を簡素化させることによって水素生成装置の製造コストを低減できる。

【0013】

なお、前記改質ガスを前記改質触媒体の軸方向端から流出させることが望ましい。

【0014】

20

ここで、前記改質触媒体の下方に前記水蒸発部が配置されていれば、改質触媒体に水蒸気のみを供給でき、水蒸発部の水滴が改質触媒体に流れることによって改質触媒体を劣化させることを根本から防止できる。

【0015】

前記第一及び第二の筒状壁部材がいずれも、円筒のシームレス管であれば、溶接等の配管施工によるつなぎ目を無くすことができ、DSS運転による熱サイクルに対する耐久性を向上できる。

【0016】

ここで、可燃ガスの燃焼によって燃焼ガスを生成するバーナーと、前記第一の筒状壁部材の内側に前記第一の筒状壁部材と同軸状に配置された第三の筒状壁部材とを備え、前記燃焼ガスが前記第一の筒状壁部材と前記第三の筒状壁部材との間の燃焼ガス流路としての筒状空間を流れるように構成されたものであっても良い。

30

【0017】

また、前記バーナーの火炎を上方に向かって形成させるように前記バーナーが配置されるように構成しても良い。

【0018】

このような構成によって、効率的に改質触媒体に対して燃焼ガスの熱交換による反応熱を与えることができると共に、効率的に水蒸発部の水に対して燃焼ガスの熱交換による蒸発熱を与えることができる。加えて、高温の燃焼ガスが流通する燃焼ガス流路を第一の筒状壁部材の内部に配置できて、燃焼ガスの放熱を有効に抑制し得る。

40

【0019】

また、前記バーナーが前記第三の筒状壁部材の内部空間に配置され、かつ前記第三の筒状壁部材の上端との間にギャップを有するようにして前記第一の筒状壁部材の上端を塞ぐ第一の蓋部材を備え、前記バーナーで生成された前記燃焼ガスが前記第三の筒状壁部材の内部から前記ギャップを通して前記燃焼ガス流路に流入するように構成しても良い。

【0020】

前記燃焼ガス流路を流れる燃焼ガスを外部に導く燃焼ガス流出口が、前記第一の筒状壁部材に形成され、前記燃焼ガス流出口から流出した前記燃焼ガスを前記第一の筒状壁部材の径方向かつ下方に導くように燃焼ガス排気管が前記第一の筒状壁部材に接続されるように構成しても良い。燃焼ガス排気部を下方に傾斜させることによって、燃焼ガスに含有す

50

る水蒸気が凝縮して水滴となっても、燃焼ガス排気部の水滴を燃焼ガスと共に外部に排出できて、燃焼ガス排気部の内部に溜まる水を少なくすることができる。これによって、燃焼ガス排気部に溜まった水に起因して燃焼ガス排気部に近接した水蒸発部の下端が冷却されるという不具合を解消できる。

【0021】

ここで、前記燃焼ガス流路の幅寸法の変化を規制することによって、その周方向全域に亘って前記幅寸法を均一化する幅均一化手段を備えるような構成を採用しても良い。燃焼ガス流路の幅均一化手段によれば、燃焼ガス流路を流れる燃焼ガスの周方向の流量ばらつきが改善され、燃焼ガスの流れの偏りが無くなって改質触媒体の周方向に均一に燃焼ガスから熱を与えることができる。

10

【0022】

前記幅均一化手段の一例として、均一な高さを有して前記第三の筒状壁部材から前記第一の筒状壁部材に向かって突出する複数の突起部を含み、前記突起部の先端が前記第一の筒状壁部材に当接するような構成がある。なおこの場合、前記突起部を、前記第三の筒状壁部材の周方向に所定間隔隔てて前記第三の筒状壁部材に形成させることが望ましい。

【0023】

前記幅均一化手段の他の例として、前記第三の筒状壁部材の周方向に配置した均一な断面を有する可とう性の棒状部材を含み、前記第一の筒状壁部材と前記第三の筒状壁部材によって前記棒状部材が挟み込まれているような構成がある。なおこの場合、前記棒状部材は均一な径を有する丸棒を使用しても良い。

20

【0024】

また、前記第一の筒状壁部材の外周面に多孔質体金属膜を設けて、前記多孔質体金属膜と前記第二の筒状壁部材の内周面との間に前記水蒸発部の水溜り部が形成されるような構成を採用しても良い。

【0025】

このような構成によって、水供給手段から供給されて水蒸発部の水溜り部に溜まった水に多孔質体金属膜を漬けてこの水を吸い上げることができ、水を吸い上げて水分を含んだ多孔質体金属膜によって水の蒸発面積を稼ぐことが可能になって、燃焼ガス流路を流れる燃焼ガスによって多孔質体金属膜を加熱して、多孔質体金属膜にしみこんだ水を効率的に水蒸気に蒸発できる。

30

【0026】

前記多孔質体金属膜が前記第一の筒状壁部材の前記外周面に全周に亘って設けられることによって、周方向に均一に水を蒸発させることができる。

【0027】

また、前記第二の筒状壁部材を覆って、前記第二の筒状壁部材との間で二重管を形成する筒状カバーを備え、前記改質触媒体から流出した改質ガスが、前記第二の筒状壁部材と前記筒状カバーとの間の改質ガス流路としての筒状空間を流通するような構成を採用しても良い。

【0028】

このような構成によれば、第二の筒状壁部材および筒状カバーがいずれも、シンプルな筒形状であるため、水素生成装置の耐久性能が向上する。特に、これらの第二の筒状壁部材および筒状カバーに、例えば、配管途中に溶接接続等のつなぎ目を無くしたシームレスな金属パイプ管を用いることが可能なため、日毎に起動停止を行うDSS運転に基づく熱サイクルによる溶接部への影響を解消することができる。

40

【0029】

ここで、前記改質ガス流路の途中に、前記第二の筒状壁部材に周方向に配置した可とう性の棒状部材を備え、前記第二の筒状壁部材と前記筒状カバーによって前記棒状部材が挟み込まれているような構成を採用しても良い。

【0030】

このような棒状部材によれば、改質ガスを改質触媒体の周方向に流通させるため、改質

50

ガス流路を流れる周方向の改質ガス流れの偏りを抑制できて改質触媒体の放熱を周方向全域に亘って均一に防止できる。

【 0 0 3 1 】

また、前記バーナーの火炎を下方に向かって形成させるように前記バーナーが配置されるように構成しても良い。

【 0 0 3 2 】

バーナーの火炎を下方に向かって形成することによって、燃料ガスと空気の混合ガスの燃焼によって生成された燃焼生成物（例えば、金属酸化物）に起因してバーナーの空気噴出孔や燃料ガス噴出孔を塞ぐことを未然に防止できる。また、バーナーを  $180^\circ$  反転させて改質触媒体の上方に設置したため、メンテナンス作業時のバーナーへのアクセスが容易になり、バーナーのメンテナンス作業性が向上する。

10

【 0 0 3 3 】

ここで、前記バーナーは、前記燃焼ガスを下方に導く燃焼筒を備え、前記燃焼ガス流路は、前記第三の筒状壁部材と前記第一の筒状壁部材との間に設けられた筒状の第一の燃焼ガス流路と、前記燃焼筒と前記第三の筒状壁部材との間に設けられた筒状の第二の燃焼ガス流路とを有し、前記燃焼筒から流出した前記燃焼ガスが、前記第二の燃焼ガス流路を通過して前記第一の燃焼ガス流路に流入するように構成されたものであっても良い。第一の燃焼ガス流路および第二の燃焼ガス流路を採用したことによって、改質触媒体の軸方向に対する燃焼ガスの伝熱特性を改善できる。

【 0 0 3 4 】

20

更には、前記第三の筒状壁部材の上端との間にギャップを有しかつ前記バーナーに接続するようにして第一の筒状壁部材の上端を塞ぐように設けられた第二の蓋部材と、前記燃焼筒の下端に対向するようにして前記第三の筒状壁部材の内部を仕切る仕切り部材とを備えていても良い。なお、第二の蓋部材は、前記燃焼筒の基端部に形成された鍔部であっても良い。

【 0 0 3 5 】

ここで、前記水蒸発部の内部の水蒸気を、前記原料ガス入口を通して供給される原料ガスとガス混合促進手段によって混合を促進させるような構成を採用しても良い。

【 0 0 3 6 】

前記ガス混合促進手段の一例として、前記混合ガスを通過させる多孔質孔を有する多孔質体金属部を含むものがある。混合ガスが多孔質体金属部の微細孔を通過する際、多孔質体金属部によって原料ガスと水蒸気の混合が促進される。更には、多孔質体金属部の微細孔によってこの内部を通過する混合ガスに対する蒸発熱の伝熱表面積を稼ぐことができ、混合ガスに対する燃焼ガスからの熱伝導特性を向上できる。

30

【 0 0 3 7 】

また、前記第一及び第二の筒状壁部材の間に配置された前記改質触媒体を支持する環状の支持部材と、前記水蒸発部の上端を覆って配置される環状の第一の仕切り板と、前記支持部材および前記第一の仕切り板によって仕切られた境界空間とを備えて、前記ガス混合促進手段が、前記第一の仕切り板に形成される孔を含み、前記水蒸発部の内部の原料ガスおよび水蒸気が前記孔に集まって混合され前記境界空間に流出することができる。このような混合ガス噴出孔を設けることによって、水蒸発部の内部で混合した原料ガスと水蒸気を第一のサブ空間に向けて流出させる際、原料ガスおよび水蒸気をこの混合ガス噴出孔に集めてこれらのガスの混合促進を図ることができる。

40

【 0 0 3 8 】

また、前記境界空間を軸方向に2分割する第二の仕切り板と、前記第一及び第二の仕切り板によって仕切られた第一のサブ空間と、前記第二の仕切り板および前記支持部材によって仕切られた第二のサブ空間とを備えており、前記ガス混合促進手段が、前記第一のサブ空間の内部と前記第二のサブ空間の内部を連結するバイパス経路を含むものであっても良い。前記バイパス経路は、例えば、前記第二の筒状壁部材の径方向に沿って外側に延びる第一のパイプ部分と、前記第一のパイプ部分に接続して前記第二の筒状壁部材の軸方向

50

に沿って延び、前記第二の仕切り板に跨ぐ第二のパイプ部分とを有するものであり、望ましくは前記第一のパイプ部分に直交して延びるものである。混合ガスをバイパス経路に集めることができ混合ガスの促進を図れると共に、混合ガスが通過して混合ガスの流れ方向がほぼ直角に変えられ、混合ガスの流れが乱流状態になって一層混合促進なされる。

【0039】

なお、前記第一のサブ空間から前記バイパス経路に流出した混合ガスを、前記第二のサブ空間の径方向の内側に向かって前記第二のサブ空間に流出させても良い。第二のサブ空間の中心方向に向かって所定の流速で混合ガスを噴出させることによって、第二のサブ空間の周囲全域に亘って均等に混合ガスを供給できる。

【0040】

また、本発明に係る燃料電池システムは、前記水素生成装置と、前記水素生成装置から供給される水素を含む改質ガスを用いて発電する燃料電池と、を備えたシステムである。

【発明の効果】

【0041】

本発明によれば、筒状の水蒸発部の中心軸と筒状の改質触媒体の中心軸とを一致させ、その軸方向に改質触媒体と水蒸発部を並べて配置させたため、ガス流路の構成の簡素化によって熱サイクルに対する耐久性の向上および低コスト化を図ると共に、水蒸気の蒸発状態の均一化を可能にする水素生成装置およびこれを備えた燃料電池システムが得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0042】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

【0043】

(実施の形態1)

図1は、本発明の実施の形態1に係る水素生成装置の内部構造を示す断面図である。

【0044】

なおここで、図1中に「上」と記した側を上方とし、「下」と記した側を下方として、更に、円筒状の水素生成装置10の上下の方向を軸方向とし、水素生成装置10の中心軸101を中心にして描く円周に沿った方向を周方向とし、その円周の半径に沿った方向を径方向として実施の形態1を説明する(実施の形態2および実施の形態3の説明も同じ)。

【0045】

水素生成装置10は主として、中心軸101を共有して二重管を形成する円筒状のシームレス(ステンレス製)な第一の筒状壁部材11および第二の筒状壁部材12と、第一の筒状壁部材11と第二の筒状壁部材12との間の円筒状の領域(円筒状空間)に形成され、第一及び第二の筒状壁部材11、12の軸方向に延びる円筒状の水蒸発部13と、この軸方向に水蒸発部13に並んで配置され、第一の筒状壁部材11と第二の筒状壁部材12との間の円筒状空間に設けられた円筒状の白金系改質触媒体14と、第一の筒状壁部材11の下端からその内部の上端付近まで挿入されて配置され、第一の筒状壁部材11との間で同軸の二重管を形成する円筒状の第三の筒状壁部材16と、第三の筒状壁部材16の内部の中央下寄り部分に形成されたパーナ15と、第二の筒状壁部材12の上半分を覆って、第二の筒状壁部材12との間で二重管を形成するシームレス(ステンレス製)な円筒状カバー22と、円筒状カバー22の上端の全面を覆うように配置された円板状の蓋部材24とを有している。

【0046】

また、後ほど詳しく説明するように、第三の筒状壁部材16と第一の筒状壁部材11の間の隙間(円筒状空間)は燃焼ガスを流通させる第一の燃焼ガス流路30として使用され、第二の筒状壁部材12と円筒状カバー22の間の隙間(円筒状空間)は改質ガスを流通させる改質ガス流路45として使用される。

【0047】

ここで、本実施の形態では、水蒸発部13の内部の混合ガス(水蒸気と原料ガスを含む

10

20

30

40

50

混合ガス)の上昇方向(軸方向)に水蒸発部13および改質触媒体14の中心軸101の方向を揃えて、かつ水蒸発部13の内部に存在する混合ガスの流れ方向の下流側に改質触媒体14を配置している。すなわち、改質触媒体14の下方に水蒸発部13を配置している。

【0048】

更に、水蒸発部13の上端13uと改質触媒体14の下端14dの間の境界域に改質触媒体14を支持する環状の支持部材43(図7参照)が第二の筒状壁部材12の内面から内方に突出するように設けられている。

【0049】

水蒸発部13と改質触媒体14の中心軸101の方向を揃えて両者を並べて配置させることによって、水蒸発部13から改質触媒体14に向けて水蒸発部13の内部を上昇する混合ガスを一方向(軸方向)に改質触媒体14にスムーズに流出させることができ、例えば溶接等の配管施工を用いた複雑なガス流路を少なくすることができ、DSS運転による熱サイクルに対する水素生成装置10の耐久性を向上できると共に、ガス流路を簡素化させることによって水素生成装置10の製造コストを低減できる。

10

【0050】

また、水蒸発部13と改質触媒体14の軸方向を揃えて両者を並べて配置させることによって、水蒸発部13の内径を拡大する必要がなく、水蒸発部13における蒸発状態の均一化を図れるよう適切な内径を採用することが可能になる。

【0051】

20

更に、改質触媒体14の下方に水蒸発部13が配置されているため、改質触媒体14に水蒸気のみを供給でき、水蒸発部13の水滴が改質触媒体14に流れることによって改質触媒体14を劣化させることを防止できる。

【0052】

以下、水素生成装置10の各要素の構成を順番により詳しく説明する。

【0053】

蓋部材24の中央付近には、第一の火炎検知手段26A(例えば、熱電対)がバーナー15に対向するように配置され、この第一の火炎検知手段26Aによって可燃ガス燃焼の有無を検知している。このように構成すると、第一の火炎検知手段26Aを蓋部材24に簡便に取り付けることが可能であり、しかも火炎の状態を第一の火炎検知手段26Aによ

30

【0054】

また、改質触媒体14の上端14uの近傍の改質ガス通過領域内に第一の温度検知手段49A(例えば、熱電対)が挿入され、円筒状カバー22の外面に第二の温度検知手段49B(例えば、熱電対)が貼り付けられている。

【0055】

具体的には、改質触媒体14から流出した直後の改質ガス温度を直接検知するため、改質ガス流入口44の近傍領域に第一の温度検知手段49Aが設けられている。

【0056】

この第一の温度検知手段49Aによれば、改質触媒体14の温度をその変化に対して忠実に検知でき追従性を向上できると共に、蓋部材24を開けることで容易に第一の温度検知手段49Aのメンテナンスを行い得る。

40

【0057】

加えて、改質ガス流入口44の近傍の円筒状カバー22の温度を検知するため、円筒状カバー22の外面に第二の温度検知手段49Bが取り付けられている。もちろん、これを省いても良い。

【0058】

この第二の温度検知手段49Bによれば、より簡便に第二の温度検知手段49Bを取り付けることができ第二の温度検知手段49Bのメンテナンス作業性を改善できる。

【0059】

50

なお、これらの検知手段 26A、49A、49B から出力される検知信号に基づいて制御装置（図示せず）が水素生成装置 10 の温度制御を適切に行っている。

【0060】

蓋部材 24 は、バーナー 15 に対向するように蓋部材 24 に酸化アルミや酸化ケイ素、酸化チタン等の断熱材 27 を取り付けられており、これによって第三の筒状壁部材 16 の内部の放熱を防止することができる。

【0061】

また、水蒸発部 13 には、原料供給手段（図示せず）から供給される原料ガスを水蒸発部 13 の原料ガス入口 40i に導く原料ガス配管 40 および水供給手段（図示せず）から供給される水を水蒸発部 13 の水入口 41i に導く水配管 41 が配置されている。一方、

10

バーナー 15 には、例えば燃料電池（図示せず）のオフガスとして還流される燃料ガスをバーナー 15 の火炎領域に導く燃料ガス配管 17 および空気供給手段（図示せず）から供給される空気をバーナー 15 の火炎領域に導く空気配管 21 が配置されている。

【0062】

また、第一の燃焼ガス流路 30 を流通する燃焼ガスを、第一の筒状壁部材 11 の下端近傍に形成された燃焼ガス流出口 32 を通して大気へ導くため、第一の筒状壁部材 11 の下端近傍の周囲には燃焼ガス排気部 33 が配設され、その燃焼ガス排気部 33 からの所定位置にその径方向外側に突出するように排気口配管 34 が配設されている。

【0063】

より詳しくは、第一の筒状壁部材 11 には、周方向に均等配置された開口としての燃焼ガス流出口 32 が形成され、この燃焼ガス流出口 32 を覆って第一の筒状壁部材 11 に接続され、かつ第一の筒状壁部材 11 の全周囲に亘るように燃焼ガス排気部 33 が配設されている。そして、燃焼ガス排気部 33 に接続され、かつその径方向に突出するように円筒状の排気口配管 34 が配設されている。

20

【0064】

また、改質ガス流路 45 を流通する改質ガスを、円筒状カバー 22 の下端近傍に形成された改質ガス流出口 47 を通して下流側に導くため、円筒状カバー 22 の所定位置には、その径方向外側に突出するように改質ガス排気配管 48 が配設されている。

【0065】

より詳しくは、円筒状カバー 22 に開口として改質ガス流出口 47 が形成され、この改質ガス流出口 47 を覆って円筒状カバー 22 に接続され、かつその径方向に突出するように円筒状の改質ガス排気配管 48 が配設されている。

30

【0066】

なお、第一及び第二の筒状壁部材 11、12 および支持部材 43 並びに燃焼ガス排気部 33 の上壁によって囲まれた領域が、水蒸発部 13 の内部の混合ガスを封入する空間として機能する。また、第一及び第二の筒状壁部材 11、12 および支持部材 43 並びに円板状の蓋部材 24 で囲まれた領域が、改質触媒体 14 を収納する空間として機能する。

【0067】

次に、燃焼ガス経路に関連する水素生成装置 10 の構成をより詳しく説明する。

【0068】

図 1 に示すように、第三の筒状壁部材 16 の内径は、第一の筒状壁部材 11 の内径よりも小さく、これによって第三の筒状壁部材 16 と第一の筒状壁部材 11 との間に円筒状の隙間からなる第一の燃焼ガス流路 30 が形成されている。第三の筒状壁部材 16 は、組み立て時に円筒状の隙間を隔てて第一の筒状壁部材 11 の下端から第一の筒状壁部材 11 の内部に挿入される。そして、第三の筒状壁部材 16 を第一の筒状壁部材 11 に挿入し両者の中心軸 101 の方向を揃えて固定させた状態において、第三の筒状壁部材 16 の上端との間にギャップを有するようにして第一の筒状壁部材 11 の上端が蓋部材 24 によって塞がれる。なお、このギャップが後ほど説明する上部燃焼ガス流入口 31 に相当する。

40

【0069】

また、第三の筒状壁部材 16 を挿入する際、第三の筒状壁部材 16 の下端の環状の鍔部

50

16aを燃焼ガス排気部33の下壁にパッキング(図示せず)を介して当接させて、第三の筒状壁部材16の軸方向の位置決めを行っている。

【0070】

更に、第一の筒状壁部材11の上端は、蓋部材24に当接すると共に、その下端部は燃焼ガス排気部33の下壁にパッキング(図示せず)を介して当接させることによって第一の筒状壁部材11が固定される。

【0071】

また、第一の筒状壁部材11および第三の筒状壁部材16は共に改質触媒体14の上端14uの近傍から水蒸発部13の下端13dの近傍に至るように延在するシームレスな金属パイプであるため、この第一の燃焼ガス流路30も改質触媒体14の上端14uの近傍から水蒸発部13の下端13dの近傍に至るように形成されている。

10

【0072】

次に、混合ガス流路および改質ガス経路に関連する水素生成装置10の構成をより詳しく説明する。

【0073】

図1に示すように、水蒸発部13の内部の混合ガスは、水蒸発部13の上端13uと改質触媒体14の下端14dの間の境界域に配置され、改質触媒体14を支持する支持部材(仕切り板)43に形成された複数の第一の混合ガス噴出孔70を通して改質触媒体14に流出する。なおここで、この支持部材43の第一の混合ガス噴出孔70は、図7に示すような支持部材43の周方向に所定間隔隔てて複数の丸孔(直径:約1mm)として形成されるものである。これによって、混合ガスを改質触媒体14の周方向に均一に供給することが可能になる。

20

【0074】

また、この支持部材43の外周は、図1に示すように第二の筒状壁部材12に接続され、支持部材43が片持状態で第二の筒状壁部材12に支持されている。一方、支持部材43の内周と第一の筒状壁部材11の間に環状隙間60があり、この環状隙間60を通して混合ガスは水蒸発部13から改質触媒体14に向けて流れる。もっとも、支持部材43を第二の筒状壁部材12によって片持させる他、この支持部材43を第一の筒状壁部材11によって片持させても良く、第一及び第二の筒状壁部材11、12によって両持させても良い。また、この第一の混合ガス噴出孔70の形状は丸孔に限定されるものではなく、例えば長円形、楕円形、矩形等、どのような形状であっても構わない。

30

【0075】

なお、この支持部材43の変形例として、支持部材43の周方向に複数の第一の混合ガス噴出孔70を形成する代わりに、支持部材43の周方向の一箇所にのみ混合ガス噴出孔(図示せず)を設けても良い。このように単一の混合ガス噴出孔を設けることによって、水蒸発部13の内部の原料ガスと水蒸気が改質触媒体14に向けて流出する際、原料ガスと水蒸気はこの混合ガス噴出孔に集まって混合され、混合ガスの混合促進を図ることができる(但し、混合ガスを周方向に均一化させて改質触媒体に供給させる措置が別途必要になる。 )。

【0076】

40

改質触媒体14の軸方向端から放出される改質ガスは、第二の筒状壁部材12の上端と蓋部材24との環状のギャップに相当する改質ガス流入口44を通して第二の筒状壁部材12と円筒状カバー22の間に形成された改質ガス流路45に流出する。より詳しくは、第二の筒状壁部材12の内径は、円筒状カバー22の内径よりも小さく、これによって第二の筒状壁部材12と円筒状カバー22との間に円筒状の隙間からなる改質ガス流路45が形成されている。第二の筒状壁部材12は、組み立て時に円筒状の隙間を隔てて円筒状カバー22の内部に挿入される。そして、第二の筒状壁部材12を円筒状カバー22に両者の中心軸101の方向を揃えて挿入した状態において、第二の筒状壁部材12の上端との間にギャップを有するようにして円筒状カバー22の上端が蓋部材24によって塞がれる。こうして、改質ガス流入口44としての環状のギャップおよび改質ガス流路45とし

50

ての円筒状の隙間が形成される。

【 0 0 7 7 】

また、第二の筒状壁部材 1 2 と円筒状カバー 2 2 との間に設けられた隙間には、第二の丸棒 4 6 が配置されている。より詳しくは、第二の筒状壁部材 1 2 の周囲にらせん状に可とう性の第二の丸棒 4 6 を巻きつけて、この第二の丸棒 4 6 を第二の筒状壁部材 1 2 および円筒状カバー 2 2 に当接させて（挟み込んで）改質ガス流路 4 5 に改質ガスらせん状流路 4 5 A（改質ガス周方向移動手段）が形成されている。

【 0 0 7 8 】

なお、円筒状カバー 2 2 は改質触媒体 1 4 の上端 1 4 u の近傍から下端 1 4 d の近傍に至るように延在するシームレスなステンレス製の金属パイプである。

10

【 0 0 7 9 】

以上のように構成された水素生成装置 1 0 の燃焼ガスおよび混合ガス並びに改質ガスの流通動作を、順を追って説明する。

【 0 0 8 0 】

燃料ガス（例えば、燃料電池のオフガス）の通路（図示せず）に繋がる燃料ガス入口ポート 1 7 i から供給される燃料ガスは、燃料ガス配管 1 7 に導かれる。その後、燃料ガスは、燃料ガス配管 1 7 を通ってバーナー 1 5 の方向に上昇する。続いて燃料ガスは、燃料ガス配管 1 7 の下流側端を封止する燃料ガス配管蓋 1 8 によってその流れを遮られ、そこから燃料ガスは、燃料ガス配管蓋 1 8 の近傍であって燃料ガス配管 1 7 の側面に設けられた複数の燃料ガス噴出孔 1 9 からバーナー 1 5 の火炎領域に噴出する。

20

【 0 0 8 1 】

一方、空気供給手段（図示せず）に繋がる空気入口ポート 2 1 i から供給される燃焼用の空気は、空気配管 2 1 を通ってバーナー 1 5 の方向に上昇して、燃料ガス配管 1 7 の下流側端近傍においてこの燃料ガス配管 1 7 の周囲に設けられ、略中央において凹状に窪んだ環状の中空体からなる空気バッファ 2 3 の内部に供給される。そして、凹状の窪んだ部分の内側面に形成された複数の空気噴出孔 2 0 から空気バッファ 2 3 の空気は、バーナー 1 5 の火炎領域に噴出する。こうして、バーナー 1 5 の火炎領域に導かれた燃料ガスと空気を含む混合ガス中の可燃ガス濃度が可燃濃度に維持されて可燃ガスが燃焼され、バーナー 1 5 の内部において高温の燃焼ガスが生成される。

【 0 0 8 2 】

30

燃焼ガスは、図 1 に示された点線のように、第三の筒状壁部材 1 6 および第一の燃焼ガス流路 3 0 を流通して外部に放出される。

【 0 0 8 3 】

バーナー 1 5 において生成した燃焼ガスは、第三の筒状壁部材 1 6 の内部を上昇して、第三の筒状壁部材 1 6 の上端に対して環状の上部燃焼ガス流入口 3 1 の相当分のギャップを隔てて配置された蓋部材 2 4 によってその上昇が遮られる。遮られた燃焼ガスは、そこから蓋部材 2 4 の径方向にこの蓋部材 2 4 に沿って拡散して、上部燃焼ガス流入口 3 1 を通って円筒状の第一の燃焼ガス流路 3 0 に導かれる。その後、燃焼ガスは第一の燃焼ガス流路 3 0 を通って下方に導かれる途中に、改質触媒体 1 4 に対して燃焼ガスから熱交換によって改質反応の反応熱を与えた後、水蒸発部 1 3 の内部の水に対して燃焼ガスから熱交換によって水蒸発用の蒸発熱を与える。ここで、第三の筒状壁部材 1 6 の上半部は、燃焼筒としても機能し、その熱輻射によっても改質触媒体 1 4 に熱を与える。水蒸発部 1 3 の内部の水と熱交換した燃焼ガスは、燃焼ガス流出口 3 2 から燃焼ガス排気部 3 3 に流出する。流出した燃焼ガスは、燃焼ガス排気部 3 3 を通って排気口配管 3 4 から外部（大気中）に放出される。

40

【 0 0 8 4 】

また、原料ガスと水蒸気を含む混合ガスは、次のようにして水蒸発部 1 3 から改質触媒体 1 4 に流出する。

【 0 0 8 5 】

原料供給手段に繋がる原料ガス入口 4 0 i に供給される原料ガスは、原料ガス配管 4 0

50

を介して水蒸発部 13 に導かれ、水供給手段に繋がる水入口 41i に供給される水は、水配管 41 を介して水蒸発部 13 に導かれる。そして、水蒸発部 13 の水溜り部 38 に所定量分の供給水が溜められ、第一の筒状壁部材 11 を介した燃焼ガスとの熱交換によってこの供給水は燃焼ガスから蒸発熱を受け取って水蒸気になるように蒸発させられる。こうして蒸発した水蒸気は原料ガスと水蒸発部 13 の内部で混合され、水蒸発部 13 の軸方向に上昇し、既に述べた支持部材（仕切り板）43 に形成された複数の第一の混合ガス噴出孔 70 を通って改質触媒体 14 に流出する。そして、混合ガスは、改質触媒体 14 を通過しながら改質反応によって水素リッチな改質ガスに改質される。

【0086】

この改質ガスは、図 1 に示された細い一点鎖線のように、改質触媒体 14 から改質ガス流路 45 を通って下流側に流出する。

10

【0087】

より詳しくは、改質触媒体 14 において上記のように混合ガスを改質して生成された改質ガスは、改質触媒体 14 の内部を上昇して、蓋部材 24 によってその上昇が遮られる。遮られた改質ガスは、そこから蓋部材 24 の径方向にこの蓋部材 24 に沿って拡散して、改質ガス流入口 44 を通って改質ガス流路 45 に導かれる。その後、改質ガスは改質ガスらせん状流路 45A を通って下方に導かれる途中に、第二の丸棒 46（棒状部材）に沿って改質触媒体 14 の周方向に移動させられる。

【0088】

こうして改質ガス流路 45 を流れる改質ガスは、改質ガス流出口 47 を通って改質ガス排気配管 48 に流出する。流出した改質ガスは、改質ガス排気配管 48 を通って下流側に流出する。

20

【0089】

このような水素生成装置 10 によれば、第一、第二及び第三の筒状壁部材 11、12、16 および円筒状カバー 22 がいずれも、シンプルな円筒形状であるため、水素生成装置 10 の耐久性能が向上する。特に、第一、第二及び第三の筒状壁部材 11、12、16 および円筒状カバー 22 には、配管途中に溶接箇所等のつなぎ目を無くしたシームレスなステンレス製の金属パイプ管を用いることが可能なため、日毎に起動停止を行う DSS 運転に基づく熱サイクルによる溶接部への影響を解消することができる。

【0090】

30

また、改質触媒体 14 の上端 14u から下端 14d までの周方向全面を、第一の筒状壁部材 11 を介して第一の燃焼ガス流路 30 を流れる燃焼ガスと接触させることができ、改質触媒体 14 に対して燃焼ガスから改質反応に必要な反応熱を効率的に与えることが可能であると共に、水蒸発部 13 の上端 13u から下端 13d までの周方向全面を、第一の筒状壁部材 11 を介して第一の燃焼ガス流路 30 を流れる燃焼ガスと接触させることができ、水蒸発部 13 の内部の水に対して燃焼ガスから蒸発熱を効率的に与えることが可能である。

【0091】

また、第一の燃焼ガス流路 30 を第一の筒状壁部材 11 の内側に配置できたため、第一の燃焼ガス流路 30 を流れる燃焼ガスの放熱を抑制することもできる。

40

【0092】

更に、改質ガスを改質触媒体 14 の周方向に移動させるため、周方向の改質ガス流れの偏りを抑制できて改質触媒体 14 の放熱を周方向全域に亘って均一に防止できる。

【0093】

ここで、燃焼ガスの改質触媒体 14 および / または水蒸発部 13 に対する伝熱特性を更に改善する複数の変形例を、以下に図面を参照して順次説明する。

【0094】

〔第一の変形例〕

第一の変形例は、第三の筒状壁部材 16 の表面に、エンボス加工等によって第一の燃焼ガス流路 30 の幅寸法 W の幅均一化手段としての凸状の突起部 35 を形成させるものであ

50

る。すなわち、図 2 の上部燃焼ガス流入口 3 1 の近傍の拡大断面図に示すように、第三の筒状壁部材 1 6 の加工によって形成された均一な高さを有する複数の突起部 3 5 を第一の筒状壁部材 1 1 に向かって突出させ、その先端を第一の筒状壁部材 1 1 に当接させる。これによって、第一の燃焼ガス流路 3 0 の幅寸法 W の変化が、突起部 3 5 の高さによって規制され、突起部 3 5 によって第一の燃焼ガス流路 3 0 の幅寸法 W をその周方向に亘り均一化できる。

#### 【 0 0 9 5 】

詳しくは、図 3 の第三の筒状壁部材 1 6 の斜視図に示すように、均一な高さを有する複数の突起部 3 5 を第三の筒状壁部材 1 6 の周方向に所定間隔隔てて形成させる。

#### 【 0 0 9 6 】

なおここでは、第三の筒状壁部材 1 6 を加工することによって突起部 3 5 を形成しているが、第一の筒状壁部材 1 1 を加工することによって同様の突起部を形成しても良い。

#### 【 0 0 9 7 】

このような第一の燃焼ガス流路 3 0 の幅均一化手段（突起部 3 5）によれば、第一の燃焼ガス流路 3 0 を流れる燃焼ガスの周方向の流量ばらつきが改善され、燃焼ガスの流れの偏りが無くなって改質触媒体 1 4 の周方向に均一に燃焼ガスから改質反応に必要な反応熱を与えることができる。

#### 【 0 0 9 8 】

##### 〔 第二の変形例 〕

第二の変形例は、第一の燃焼ガス流路 3 0 の幅寸法 W の幅均一化手段として、第三の筒状壁部材 1 6 に均一な直径（均一な断面）を有する可とう性の第一の丸棒 3 6（棒状部材）をらせん状に巻きつけて配置するものである。すなわち、図 4 の第一の燃焼ガス流路 3 0 の周辺部の拡大断面図に示すように、第一の丸棒 3 6 を第三の筒状壁部材 1 6 および第一の筒状壁部材 1 1 の両方に当接させて（第三の筒状壁部材 1 6 および第一の筒状壁部材 1 1 によって第一の丸棒 3 6 を挟み込んで）、第一の燃焼ガス流路 3 0 の幅寸法 W を第一の丸棒 3 6 の直径に等しくして、第一の丸棒 3 6 によって第一の燃焼ガス流路 3 0 の幅寸法 W の変化を規制して、第一の燃焼ガス流路 3 0 の幅寸法 W をその周方向に亘り均一化できる。

#### 【 0 0 9 9 】

加えて、第三の筒状壁部材 1 6 の軸方向の所定距離に亘ってらせん状に第一の丸棒 3 6 を第三の筒状壁部材 1 6 に巻きつけることによって第一の燃焼ガス流路 3 0 に燃焼ガスのらせん状流路 3 0 A を形成させることが可能であり、らせん状流路 3 0 A の内部の燃焼ガスをこの第一の丸棒 3 6 に沿って周方向に流すことができる。

#### 【 0 1 0 0 】

このような第一の燃焼ガス流路 3 0 の幅均一化手段（第一の丸棒 3 6）によれば、第一の燃焼ガス流路 3 0 を流れる燃焼ガスの周方向の流量ばらつきが改善され、燃焼ガスの流れの偏りが無くなって改質触媒体 1 4 の周方向に均一に燃焼ガスから熱を与えることができる。

#### 【 0 1 0 1 】

また、第一の燃焼ガス流路 3 0 の燃焼ガスを第一の丸棒 3 6 に沿って周方向に流すことができるため、改質触媒体 1 4 に対する燃焼ガスの周方向の伝熱均一化を一層向上させ得る。

#### 【 0 1 0 2 】

##### 〔 第三の変形例 〕

第三の変形例は、燃焼ガス流出口 3 2 から流出した燃焼ガスを外部に導く燃焼ガス排気部 3 3 を、下方に傾斜させるものである。すなわち、図 5 の燃焼ガス排気部 3 3 の周辺部の拡大断面図に示すように、燃焼ガス排気管 3 3 の下壁内面が第一の筒状壁部材 1 1 の径方向と所定の角度  $\alpha$  をなして下方に傾いている。

#### 【 0 1 0 3 】

このように燃焼ガス排気部 3 3 の下壁内面を下方に傾斜させることによって、燃焼ガス

10

20

30

40

50

に含有される水蒸気が凝縮して水滴となっても、この水滴を燃焼ガスと共に外部に排出できて、燃焼ガス排気部 33 の内部に溜まる水を少なくすることができる。これによって、燃焼ガス排気部 33 に溜まった水に起因して燃焼ガス排気部 33 に近接した水蒸発部 13 の下端 13d が冷却されるという不具合を解消できる。

【0104】

〔第四の変形例〕

第四の変形例は、水溜り部 38 に位置する第 1 の筒状壁部材 11 の外周面に多孔質金属からなる薄膜（約 0.5 mm 程度）の多孔質体金属膜 37 を設けるものである。具体的には、水蒸発部 13 の下端 13d の近傍の拡大断面図（図 6）に示すように、下端 13d の水溜り部 38 から上方に一定距離だけ延びるようにかつ第一の筒状壁部材 11 の外周面（水蒸発部 13 を画する面）の全周に亘って多孔質体金属膜 37 を第一の筒状壁部材 11 の外周面に設ける。その結果、この多孔質体金属膜 37 と第二の筒状壁部材 12 の内周面との間に水溜り部 38 が形成されることになる。

【0105】

このような構成によって、水供給手段から供給され水蒸発部 13 の水溜り部 38 に溜まった水に多孔質体金属膜 37 を漬けてこの水を吸い上げることができ、水を吸い上げて水分を含んだ多孔質体金属膜 37 によって水の蒸発面積を稼ぐことが可能になる。その結果、燃焼ガス流路 30 を流れる燃焼ガスによって多孔質体金属膜 37 の全面を加熱させ、多孔質体金属膜 37 にしみこんだ水を効率的に水蒸気に蒸発できる。

【0106】

（実施の形態 2）

図 8 は、本発明の実施の形態 2 に係る水素生成装置の内部構造を示す断面図である。

【0107】

第一及び第二の筒状壁部材 11、12 および水蒸発部 13 並びに改質触媒体 14 並びに円筒状カバー 22 についての実施の形態 2 の構成は、実施の形態 1 のそれと同じであるため、これらの説明は省略する。

【0108】

実施の形態 1 ではバーナー 15 の火炎が上方（図 1 中の上側）に向かうように、バーナー 15 が第一の筒状壁部材 11 の下方から上方に向かってその内部に挿入されていたが、この実施の形態 2 ではバーナー 15 の火炎が下方に向かうようにバーナー 15 がその向きを 180° 反転させて第一の筒状壁部材 11 の上端に配置されている。

【0109】

以下、こうしたバーナー 15 の配置に関する相違点を中心に実施の形態 2 の構成を説明する。

【0110】

図 8 によれば、図 1（実施の形態 1）と比較すると、蓋部材 24 が取り除かれると共に、第三の筒状壁部材 16 の内部にその上端から燃焼筒 50 が挿入されている。燃焼筒 50 の下端 50A は、第一の筒状壁部材 11（第三の筒状壁部材 16）の軸方向の中央付近（改質触媒体 14 の下端 14d の近傍）に位置している。ここで、燃焼筒 50 の基端部（上端 50B）に形成された環状の鍔部 50S（フランジ）を第一の筒状壁部材 11 や円筒状カバー 22 の上端に当接させて、燃焼筒 50 の軸方向の位置決めを行っている。併せて、燃焼筒 50 の内部領域を除き、この鍔部 50S によって円筒状カバー 22 に囲まれた水素生成装置 10 の上端を覆っており、鍔部 50S が実施の形態 1 における蓋部材 24 の役割（第一、第二及び第三の筒状壁部材 11、12、16 の上端を塞ぐように設けられた蓋部材としての役割）を果たしている。そして、この鍔部 50S にバーナー 15 が接続されている。

【0111】

更に、円板状の仕切り部材 51 が、燃焼筒 50 の下端 50A の近傍において燃焼筒 50 の下端 50A と対向して、燃焼筒 50 の下方を遮って第三の筒状壁部材 16 の内部を仕切るように配置されている。なお、燃焼筒 50 と第三の筒状壁部材 16 の間の円筒状の隙間

は第二の燃焼ガス流路 5 3 として使用され、第三の筒状壁部材 1 6 と第一の筒状壁部材 1 1 の間の円筒状の隙間は第一の燃焼ガス流路 3 0 として使用される。

【 0 1 1 2 】

より詳しくは、燃焼筒 5 0 の内径は、第三の筒状壁部材 1 6 の内径よりも小さく、これによって燃焼筒 5 0 と第三の筒状壁部材 1 6 との間に円筒状の隙間からなる第二の燃焼ガス流路 5 3 が形成されている。燃焼筒 5 0 は、組み立て時に円筒状の隙間を隔てて第三の筒状壁部材 1 6 の上端からその内部に挿入される。燃焼筒 5 0 を第三の筒状壁部材 1 6 に対して両者の中心軸 1 0 1 の方向を揃えて挿入した状態において、燃焼筒 5 0 の下端 5 0 A との間にギャップを有するようにして円板状の仕切り部材 5 1 が配置されている。そして、この環状のギャップが下部燃焼ガス流入口 5 2 に相当する。なお、第一の燃焼ガス流路 3 0 の構成は、実施の形態 1 のそれと同じであるため、その詳細な説明は省略する。

10

【 0 1 1 3 】

このように構成された水素生成装置 1 0 において、燃焼筒 5 0 と第一の筒状壁部材 1 1 の間の領域に挿入された第三の筒状壁部材 1 6 によって、燃焼ガスの流路は、第二の燃焼ガス流路 5 3 から第一の燃焼ガス流路 3 0 に向かって上部燃焼ガス流入口 3 1 を境にしてコの字状に折り曲げられている。

【 0 1 1 4 】

なおここで、仕切り部材 5 1 の略中心部に第二の火災検知手段 2 6 B (例えば、熱電対) がバーナー 1 5 に対向するように配置され、この第二の火災検知手段 2 6 B によって可燃ガス燃焼の有無を検知している。このように構成すると、第二の火災検知手段 2 6 B を仕切り部材 5 1 に簡便に取り付けることが可能であり、しかもバーナー 1 5 の火炎の状態を第二の火災検知手段 2 6 B によって精度良く検知できる。

20

【 0 1 1 5 】

次に、バーナー 1 5 において生成された燃焼ガスの流通動作および燃焼ガスの改質触媒体 1 4 および水蒸発部 1 3 に対する伝熱メカニズムを説明する。なお、バーナー 1 5 に対する燃料ガスと空気の供給動作は、実施の形態 1 のそれと同じため、その説明を省略する。

【 0 1 1 6 】

バーナー 1 5 の火炎領域に導かれた燃料ガスと空気を含む混合ガス中の可燃ガス濃度が可燃濃度に維持されて可燃ガスが燃焼され、高温の燃焼ガスが生成される。燃焼によって生成した燃焼ガスは、図 8 の細い点線で示すように、燃焼筒 5 0 の内部を下降して、その燃焼ガスは下部燃焼ガス流入口 5 2 を通って燃焼筒 5 0 と第三の筒状壁部材 1 6 の間に形成された第二の燃焼ガス流路 5 3 並びに上部燃焼ガス流入口 3 1 を通って第三の筒状壁部材 1 6 と第一の筒状壁部材 1 1 の間に形成された第一の燃焼ガス流路 3 0 を流通して外部に放出される。

30

【 0 1 1 7 】

より詳しくは、バーナー 1 5 において生成した燃焼ガスは、燃焼筒 5 0 の内部を下降して、燃焼筒 5 0 の下端 5 0 A とギャップを隔てて配置された仕切り部材 5 1 によってその下降が遮られる。この遮られた燃焼ガスは、そこから仕切り部材 5 1 の径方向にこの仕切り部材 5 1 に沿って拡散して、環状の下部燃焼ガス流入口 5 2 を通って円筒状の第二に燃焼ガス流路 5 3 の内部に導かれる。その後、燃焼ガスは第二の燃焼ガス流路 5 3 を通って上方に導かれる途中に、改質触媒体 1 4 に対して第一の筒状壁部材 1 1 および第一の燃焼ガス流路 3 0 並びに第三の筒状壁部材 1 6 を介して燃焼ガスから供給される吸熱改質反応用の反応熱を与える(例えば、燃焼ガスによって加熱された第三の筒状壁部材 1 6 の輻射熱伝達によって改質触媒体 1 4 は加熱される。)。そして、第二の燃焼ガス流路 5 3 の内部を上昇する燃焼ガスは、第三の筒状壁部材 1 6 の上端とギャップを隔てて配置された鍔部 5 0 S によってその上昇が遮られる。この遮られた燃焼ガスは、そこから鍔部 5 0 S の径方向にこの鍔部 5 0 S に沿って拡散して、環状の上部燃焼ガス流入口 3 1 を通って円筒状の第一の燃焼ガス流路 3 0 の内部に導かれる。

40

【 0 1 1 8 】

50

すなわち、第一及び第二の燃焼ガス流路 3 0、5 3 を設けて、第二の燃焼ガス流路 5 3 において燃焼ガスを改質触媒体の下端 1 4 d の近傍から上端 1 4 u の近傍に向けて上昇させると共に、第一の燃焼ガス流路 3 0 において燃焼ガスを改質触媒体の上端 1 4 u の近傍から下端 1 4 d の近傍に向けて下降させる。

【 0 1 1 9 】

その後、第一の燃焼ガス流路 3 0 に流入した燃焼ガスは、実施の形態 1 で説明したような経路を経て水素生成装置 1 0 の外部に放出される。

【 0 1 2 0 】

なお、混合ガスおよび改質ガスの流通動作は、実施の形態 1 で説明したものと同一のため、それらの説明は省略する。

10

【 0 1 2 1 】

以上に説明したように、バーナー 1 5 の火炎を下方に向かって形成することによって、燃料ガスと空気の混合ガスの燃焼によって燃焼生成物（例えば、金属酸化物）が生成されたとしても仕切り部材 5 1 に堆積させることができ、この燃焼生成物によってバーナー 1 5 の空気噴出孔 2 0 や燃料ガス噴出孔 1 9 を塞ぐことを未然に防止できる。

【 0 1 2 2 】

また、バーナー 1 5 を 1 8 0 ° 反転させて改質触媒体の上方に設置したため、メンテナンス作業時のバーナー 1 5 へのアクセスが容易になり、バーナー 1 5 のメンテナンス作業性が向上する。

【 0 1 2 3 】

20

更に、バーナー 1 5 の火炎を下方に形成する構成（以下、下方向火炎構成という。）を採用すると、それを上方に形成する構成（以下、上方向火炎構成という。）を採用するよりも、バーナー 1 5 の火炎燃焼量が小さい場合であってもバーナー 1 5 の燃焼特性の良好な範囲を拡大できる。このことは、バーナー 1 5 の燃焼空間における火炎や高温の燃焼ガスが、空気との密度差に基づく浮力により上昇する傾向を有することに関係している。

【 0 1 2 4 】

即ち、バーナー 1 5 の上方向火炎構成では、浮力により上昇する火炎や燃焼ガスは、バーナー 1 5 の空気噴出孔 2 0 や燃料ガス配管蓋 1 8 から離れるのに対して、バーナー 1 5 の下方向火炎構成では、浮力により上昇する火炎や燃焼ガスは、バーナー 1 5 の空気噴出孔 2 0 や燃料ガス配管蓋 1 8 に近づく。この現象によって、バーナー 1 5 の下方向火炎構成は、その上方向火炎構成に比べて、バーナー 1 5 の温度を高めることが可能である。そして、バーナー 1 5 の温度が高いと、必然的にバーナー 1 5 の燃焼反応部の温度も高く維持できて燃焼特性が良好になる。

30

【 0 1 2 5 】

そうすると、特にバーナー 1 5 の燃焼量が小さくバーナー 1 5 の温度が低下し易い場合において、バーナー 1 5 の上方向火炎構成と下方向火炎構成との間の燃焼特性に差異が発生する。

【 0 1 2 6 】

よって、何らかの要因、例えば強風による外乱等で供給空気量が不安定になり、バーナー 1 5 の燃焼量が小さい側にずれた状況を配慮すれば、バーナー 1 5 の下方向火炎構成を採用する方が、上方向火炎構成を採用するよりも、燃焼排気ガス中の C O や T H C の排出量をより少なく抑えてバーナー 1 5 の燃焼安定性を向上できる。

40

【 0 1 2 7 】

また、燃焼ガスの流路を第一及び第二の燃焼ガス流路 3 0、5 3 に分けて燃焼ガスを改質触媒体 1 4 の軸方向に沿って上昇させた後、下降させるような燃焼ガス流路を採用したことによって、改質触媒体 1 4 の軸方向に対する燃焼ガスの伝熱特性を改善できる。

【 0 1 2 8 】

具体的には、燃焼ガスの温度は、燃焼筒 5 0 から流出する直後（下部燃焼ガス流入口 5 2 の近傍）において最も高く、その後、燃焼ガスから改質反応に必要な反応熱を改質触媒

50

体 1 4 に供与しながら第一及び第二の燃焼ガス経路 3 0、5 3 を通過するに従って、燃焼ガスの温度は低下していく。燃焼ガス温度の変化の一例として、下部燃焼ガス流入口 5 2 において燃焼ガスの温度が 1 0 0 0 であり、上部燃焼ガス流入口 3 1 において燃焼ガスの温度が 8 0 0 である。このような条件下において、仮に第一の燃焼ガス流路 3 0 を無くして、第二の燃焼ガス流路 5 3 のみによって改質触媒体 1 4 の改質反応に必要な反応熱を与えるような場合を想定すると、上部および下部燃焼ガス流入口 3 1、5 2 における燃焼ガスの温度差 ( 2 0 0 ) が、直接に改質触媒体 1 4 の上端 1 4 u および下端 1 4 d の温度差に反映されて改質触媒体 1 4 の軸方向に燃焼ガスの温度差に起因する温度勾配がもたらされる。

【 0 1 2 9 】

10

これに対して、実施の形態 2 のように第一及び第二の燃焼ガス流路 3 0、5 3 を設けて、第二の燃焼ガス流路 5 3 において燃焼ガスを改質触媒体の下端 1 4 d から上端 1 4 u に向けて上昇させると共に、第一の燃焼ガス流路 3 0 において燃焼ガスを改質触媒体の上端 1 4 u から下端 1 4 d に向けて下降させることによって、先ほど述べた第二の燃焼ガス流路 5 3 において発生する改質触媒体 1 4 に対する軸方向の温度勾配が、第一の燃焼ガス経路 3 0 において発生する改質触媒体 1 4 に対する軸方向の温度勾配によって相殺できる。すなわち、改質触媒体 1 4 の下端 1 4 d の近傍においては、第二の燃焼ガス流路 5 3 を流れる燃焼ガスの温度は高温側にある一方、第一の燃焼ガス流路 3 0 を流れる燃焼ガスの温度は低温側にあり、反面、改質触媒体 1 4 の上端 1 4 u の近傍においては、第二の燃焼ガス流路 5 3 を流れる燃焼ガスの温度は低温側である一方、第一の燃焼ガス流路 3 0 を流れる燃焼ガスの温度は高温側にある。そのため、両流路 5 3、3 0 を流れる燃焼ガス温度差によって、第一の燃焼ガス流路 3 0 を流れる燃焼ガスが均一化され、実施の形態 1 より温度が低い改質触媒体 1 4 の下端 1 4 d への伝熱量をより多く、温度が高い上端 1 4 u への伝熱量を少なくすることとなり、改質触媒体 1 4 全体の軸方向の温度勾配を小さく均一な温度とすることができる。よって、改質触媒体 1 4 を設定したい温度帯 ( 例えば、5 5 0 ~ 6 5 0 ) とすることが容易となり、改質触媒体 1 4 全体を有効に使用することが可能となり、改質触媒体 1 4 の量の低減や局所的な改質触媒体 1 4 の高温化防止により耐久性の向上を実現することができる。

20

【 0 1 3 0 】

( 実施の形態 3 )

30

図 9 は、本発明の実施の形態 3 に係る水素生成装置の内部構造を示す断面図である。

【 0 1 3 1 】

実施の形態 3 においては、実施の形態 1 に対して水蒸発部 1 3 に内在する原料ガスと水蒸気との混合ガスの特性を改善する構成を付加している。具体例として、混合ガスの混合を促進させるガス混合促進手段を付加しており、以下、このガス混合促進手段の構成を中心に説明する。

【 0 1 3 2 】

図 9 に示すように、水蒸発部 1 3 の上端 1 3 u と改質触媒体 1 4 の下端 1 4 d の間の境界域において、第一の筒状壁部材 1 1 と第二の筒状壁部材 1 2 との間の円筒状の境界空間 6 3 には、水蒸発部 1 3 の側から順に、単一の第二の混合ガス噴出孔 6 6 を有して水蒸発部 1 3 と境界空間 6 3 を仕切る第一の仕切り板 6 4 および境界空間 6 3 を第一及び第二のサブ空間 5 4、5 5 に 2 分割する第二の仕切り板 6 5 並びに複数の第一の混合ガス噴出孔 7 0 を有して改質触媒体 1 4 を支持する支持部材 4 3 が配置されている。

40

【 0 1 3 3 】

更に、水蒸発部 1 3 の内部であって第一の仕切り板 6 4 の近傍にらせん状の流路を形成する流路仕切り ( 流路形成部 ) 6 1 が配置されている。また、第一の仕切り板 6 4 の近傍であって、水蒸発部 1 3 の内部の幅方向全域に亘って多孔質金属部材である厚膜 ( 水蒸発部 1 3 の幅とほぼ同じ厚さ ) の多孔質体金属部 6 2 が配置されている。なお、第一の仕切り板 6 4 および第二の仕切り板 6 5 は、第一及び第二の筒状壁部材 1 1、1 2 と一体に成型しても良いが、第一及び第二の筒状壁部材 1 1、1 2 の間の円筒状の境界空間 6 3 に対

50

してこれらの板 6 4、6 5 を圧入させることによって簡易な仕切り構成を実現できる。

【0134】

第一の仕切り板 6 4 は、図 9 に示すように、環状の平板であって、この平板の一箇所に第二の混合ガス噴出孔 6 6（直径：約 1 mm）が形成されている。そして、この第一の仕切り板 6 4 の内周が第一の筒状壁部材 1 1 に当接し、その外周が第二の筒状壁部材 1 2 に当接している。ここで、第一及び第二の筒状壁部材 1 1、1 2 および第一の仕切り板 6 4 並びに燃焼ガス排気管 3 3 の上壁によって囲まれた円筒状の領域が、水蒸発部 1 3 として機能する。なお、この第二の混合ガス噴出孔 6 6 の形状は特に限定されるものではなく、例えば丸形、長円形、楕円形及び矩形等、どのような形状であっても良い。

【0135】

第二の仕切り板 6 5 は、図 9 に示すように、環状の平板であって、円筒状の境界空間 6 3 の軸方向のほぼ中央付近に、この境界空間 6 3 を 2 分割するように配置されている。すなわち、この第二の仕切り板 6 5 の内周が第一の筒状壁部材 1 1 に当接し、その外周が第二の筒状壁部材 1 2 に当接している。こうして、第一及び第二の筒状壁部材 1 1、1 2 および第一の仕切り板 6 4 並びに第二の仕切り板 6 5 によって囲まれた第一のサブ空間 5 4 が形成されると共に、第一及び第二の筒状壁部材 1 1、1 2 および第二の仕切り板 6 5 並びに支持部材 4 3 によって囲まれた第二のサブ空間 5 5 が形成される。

【0136】

なお、支持部材 4 3 の構成は、実施の形態 1（図 7 参照）において説明したものと同一であり、その構成の詳細な説明は省略する。

【0137】

また、第一のサブ空間 5 4 から第二のサブ空間 5 5 に向かう混合ガスの軸方向の流通は、第二の仕切り板 6 5 によって遮られているため、次に述べるようなバイパス経路 5 6 によって第一のサブ空間 5 4 の混合ガスを第二のサブ空間 5 5 に導く。

【0138】

図 10 は、第二の筒状壁部材 1 2 の側方からみたバイパス経路 5 6 の斜視図である。

【0139】

このバイパス経路 5 6 は、図 9 および図 10 に示すように、第一のサブ空間 5 4 の内部に連通するようにして第二の筒状壁部材 1 2 の外周面からその径方向外側に延びる第一のパイプ部 5 7 と、この第一のパイプ部 5 7 の先端から第二の筒状壁部材 1 2 の軸方向に沿って第二の仕切り板 6 5 を跨いで延びる第二のパイプ部 5 8 と、第二のパイプ部 5 8 の上端から第二の筒状壁部材 1 2 の径方向内側に延びて第二のサブ空間 5 5 の内部に連通するようにして第二の筒状壁部材 1 2 の外周面に至る第三のパイプ部 5 9 によって構成されている。

【0140】

次に、水蒸発部 1 3 の内部の原料ガスおよび水蒸気を含む混合ガスを改質触媒体 1 4 に導く動作を説明する。なお、燃焼ガスの流通動作（図 9 に示された点線を参照）および改質ガスの流通動作（図 9 に示された一点鎖線を参照）については、実施の形態 1 で説明したものと同一のため、それらの説明を省略する。

【0141】

原料供給手段（図示せず）に繋がる原料ガス入口 4 0 i に供給される原料ガスは、原料ガス配管 4 0 を介して水蒸発部 1 3 に導かれ、水供給手段（図示せず）に繋がる水入口 4 1 i に供給される水は、水配管 4 1 を介して水蒸発部 1 3 に導かれる。そして、水蒸発部 1 3 の水溜り部 3 8 に所定量分の供給水が溜められ、第一の筒状壁部材 1 1 を介した燃焼ガスとの熱交換によってこの供給水は燃焼ガスから蒸発熱を受け取って水蒸気に蒸発させられる。こうして蒸発した水蒸気と原料ガスは、水蒸発部 1 3 の内部で混合させられ、改質触媒体 1 4 に向けて混合ガスは水蒸発部 1 3 の軸方向に上昇する。

【0142】

この際、水蒸発部 1 3 の内部に流路仕切り 6 1 を配置しているため、混合ガスは、水蒸発部 1 3 の第一の仕切り板 6 4 の近傍において流路仕切り 6 1 に沿って水蒸発部 1 3 の内

10

20

30

40

50

部を周方向に移動しながら改質触媒体 14 に向かって上昇する。このような流路仕切り 61 によって水蒸発部 13 の内部にらせん流路は形成され、らせん流路に沿って水蒸発部 13 の内部の混合ガスを周方向に回すことができ、長期間に亘って混合ガスは燃焼ガスから熱を受け取ることができる。また、この流路仕切り 61 によって混合ガスの対流が抑制され、第一の仕切り板 64 の近傍まで上昇した混合ガスがその下方の冷たい混合ガスと混ざり合うことを防止できる。

【0143】

また、水蒸発部 13 の途中（第一の仕切り板 64 の近傍）に多孔質体金属部 62（ガス混合促進手段）が配置されており、混合ガスは多孔質体金属部 62 の微細孔を通過しながら改質触媒体 14 に向かって上昇する。こうして、混合ガスが多孔質体金属部 62 の微細孔を通過する際、多孔質体金属部 62 によって原料ガスと水蒸気の混合が促進される。更には、多孔質体金属部 62 の微細孔によってこの内部を通過する混合ガスに対する伝熱表面積を稼ぐことができ、混合ガスに対する燃焼ガスからの熱伝導特性を向上でき、混合ガスを昇温させることができる。

【0144】

その後、混合ガスは一旦、環状の第一の仕切り板 64 によって第二の混合ガス噴出孔 66（ガス混合促進手段）に集められて、この第二の混合ガス噴出孔 66 を通して第一のサブ空間 54 に流出する。こうして、水蒸発部 13 の内部の原料ガスと水蒸気を第一のサブ空間 54 に向けて流出させる際、原料ガスと水蒸気を単一の第二の混合ガス噴出孔 66 の一箇所に集めてこれらのガスの混合促進を図ることができる。

【0145】

そして、この第一のサブ空間 54 に溜まった混合ガスは、径方向外側に第一のパイプ部 57 の内部を流れた後、混合ガスは、第二のパイプ部 58 においてその流れの向きを約 90° 変えて軸方向に沿って第二のパイプ部 58 の内部を流れて第二の仕切り板 65 と跨ぐようにしてこれを通過する。その後、混合ガスは、第三のパイプ部 59 においてその流れの向きを再び約 90° 変えて、径方向内側（第二のサブ空間 55 の中心に向かって）に第三のパイプ部 59 の内部を流れて、第二のサブ空間 55 に流出される。こうして第二のサブ空間 55 の中心方向に向かって所定の流速で混合ガスを噴出させることによって、第二のサブ空間 55 の周囲全域に亘って均等に混合ガスを供給できる。

【0146】

その後、第二のサブ空間 55 に溜まった混合ガスは、支持部材 43 に形成された周方向の複数の第一の混合ガス噴出孔 70 および支持部材 43 と第一の筒状壁部材 11 の間の環状隙間 60 を通って改質触媒体 14 に周方向に亘って均一に流出し、改質触媒体 14 の内部で混合ガスから改質ガスに改質され、この改質ガスは実施の形態 1 で述べた経路を経て下流側に導かれる。

【0147】

以上に説明したように、図 10 中に矢印で示すように、第一のサブ空間 54 から流出された混合ガスは、第二の仕切り板 65 と跨ぐようにバイパス経路 56（ガス混合促進手段）の内部をコの字状に流れて第二のサブ空間 55 に導かれる。

【0148】

この際、第一のサブ空間中の混合ガスを、バイパス経路 56（第一、第二及び第三パイプ部 57、58、59）に集めることができ混合ガスの促進を図れると共に、混合ガスがバイパス経路 56 を通過する際、混合ガスの流れ方向がほぼ直角に変えられ、混合ガスの流れが乱流状態になって一層混合促進がなされる。

【0149】

（実施の形態 4）

次に、実施の形態 1（図 1）および実施の形態 2（図 8）並びに実施の形態 3（図 9）において述べた水素生成装置 10 の一適用例として、これらの水素生成装置 10 から供給される水素を含む改質ガスを用いて発電する燃料電池を備えた燃料電池システムの構成および動作を述べる。

## 【 0 1 5 0 】

図 1 1 は、本発明の実施の形態 4 に係る燃料電池システムの概略構成を示したブロック図である。

## 【 0 1 5 1 】

燃料電池システム 1 0 0 は、水素生成装置 1 0 と、この水素生成装置 1 0 から供給される水素を含む改質ガスを用いて発電する燃料電池と、を備えて構成されている。

## 【 0 1 5 2 】

なお、水素生成装置 1 0 における水蒸発部 1 3 および改質触媒体 1 4 並びにバーナー 1 5 の構成は、実施の形態 1 乃至 3 で説明したものと同一のため、ここではその説明を省略する。

10

## 【 0 1 5 3 】

またここで、水素生成装置 1 0 の改質触媒体 1 4 から流出した直後の改質ガス中には、一酸化炭素ガス（以下、COガスという。）が副産物として含まれ、COガスを含んだ改質ガスをこのまま、燃料電池 8 0 のアノード 8 0 a に供給すると、燃料電池 8 0 の触媒がCO被毒されることにより、燃料電池 8 0 の発電性能が劣化する。このため、改質ガスの燃料電池 8 0 への供給前に、改質触媒体 1 4 から流出した改質ガス中のCOガス濃度を低減させるための変成器 8 3 および浄化器 8 4 が、水素生成装置 1 0 に内蔵されるような形態で設けられている。より詳しくは、変成器 8 3 では、改質触媒体 1 4 から送られた改質ガス中のCOガスが、水蒸気とのシフト反応で二酸化炭素ガスに変換され、これにより、改質ガス中のCOガス濃度は、0.5%程度まで低減される。そして浄化器 8 4 では、この変成器 8 3 から送られた改質ガス中のCOガスが、酸素ガスとの選択酸化反応で二酸化炭素ガスに変換され、これにより、改質ガス中のCOガス濃度は、約 1 0 p p m 以下にまで更に低減される。

20

## 【 0 1 5 4 】

こうして浄化器 8 4 から流出した水素を含む改質ガスは、図 1 1 に示すように、改質ガス排気配管 4 8（図 1、図 8 および図 9 参照）を通して燃料電池 8 0 のアノード 8 0 a に送られる一方、カソード空気配管 8 2 を介して空気供給装置 8 1（プロア）から燃料電池 8 0 のカソード 8 0 c に空気が送られる。

## 【 0 1 5 5 】

そして、燃料電池 8 0 の内部では、アノード 8 0 a に供給された改質ガス（水素ガス）とカソード 8 0 c に供給された空気（酸素ガス）とが消費され、所定の電力を出力するための発電動作が実行されている。

30

## 【 0 1 5 6 】

なお、燃料電池 8 0 のアノード 8 0 a にて消費されなかった改質ガス（水素ガス；オフガス）は、適宜の水分除去手段により水分除去された後に、燃料ガス配管 1 7（図 1、図 8 および図 9 を参照）に連通するオフガス配管 8 5 を介してバーナー 1 5 に導かれ、バーナー 1 5 の燃料ガスとして利用されても良い。

## 【 0 1 5 7 】

本実施の形態によれば、水素生成装置 1 0 のガス流路構成の簡素化を図ったことによって、熱サイクルに対する耐久性の向上および低コスト化を実現した燃料電池システム 1 0 0 が得られる。

40

## 【 0 1 5 8 】

また、燃料電池システム 1 0 0 の低負荷運転時には、通常、水素生成装置 1 0 におけるバーナー 1 5 の燃焼量が少なく、強風等の外乱に対してバーナー 1 5 の燃焼が影響され易い。このため、バーナー 1 5 の下方向火炎構成（図 8 参照）を採用した水素生成装置 1 0 を燃料電池システム 1 0 0 に適用することによって、実施の形態 2 で述べたバーナー 1 5 の下方向火炎構成で得られるバーナー 1 5 の燃焼安定性向上の効果が、顕著に発揮される。

## 【 産業上の利用可能性 】

## 【 0 1 5 9 】

50

本発明に係る水素生成装置は、ガス流路の構成の簡素化によって熱サイクルに対する耐久性の向上および低コスト化を図れて、D S S 運転を行う家庭用の燃料電池システム等の用途に適用できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 1 6 0 】

【図 1】実施の形態 1 に係る水素生成装置の内部構造を示す断面図である。

【図 2】実施の形態 1 に係る水素生成装置の上部燃焼ガス流入口の近傍の拡大断面図であって、第三の筒状壁部材から突出する突起部の構成を説明する図である。

【図 3】実施の形態 1 に係る水素生成装置の第三の筒状壁部材の斜視図であって、第三の筒状壁部材から突出する突起部の構成を説明する図である。

10

【図 4】実施の形態 1 に係る水素生成装置の第一の燃焼ガス流路の周辺部の拡大断面図であって、第一の燃焼ガス流路に配置された丸棒の構成を説明する図である。

【図 5】実施の形態 1 に係る水素生成装置の燃焼ガス排気部 3 3 の周辺部の拡大断面図であって、燃焼ガス排気部の変形例を説明する図である。

【図 6】実施の形態 1 に係る水素生成装置の水蒸発部の拡大断面図であって、多孔質体金属膜の構成を説明する図である。

【図 7】実施の形態 1 に係る水素生成装置の環状の支持部材の斜視図である。

【図 8】実施の形態 2 に係る水素生成装置の内部構造を示す断面図である。

【図 9】実施の形態 3 に係る水素生成装置の内部構造を示す断面図である。

【図 10】実施の形態 3 に係る水素生成装置のバイパス経路の斜視図である。

20

【図 11】実施の形態 4 に係る燃料電池システムの概略構成を示したブロック図である。

【符号の説明】

【 0 1 6 1 】

- 1 0 水素生成装置
- 1 1 第一の筒状壁部材
- 1 2 第二の筒状壁部材
- 1 3 水蒸発部
- 1 4 改質触媒体
- 1 5 パーナー
- 1 6 第三の筒状壁部材
- 1 7 燃料ガス配管
- 1 7 i 燃料ガス入口ポート
- 1 8 燃料ガス配管蓋
- 1 9 燃料ガス噴出孔
- 2 0 空気噴出孔
- 2 1 空気配管
- 2 1 i 空気入口ポート
- 2 2 円筒状カバー
- 2 3 空気バッファ
- 2 4 蓋部材
- 2 5 隙間
- 2 6 A 第一の火炎検知手段
- 2 6 B 第二の火炎検知手段
- 2 7 断熱材
- 3 0 第一の燃焼ガス流路
- 3 1 上部燃焼ガス流入口
- 3 2 燃焼ガス流出口
- 3 3 燃焼ガス排気部
- 3 4 排気口配管
- 3 5 突起部

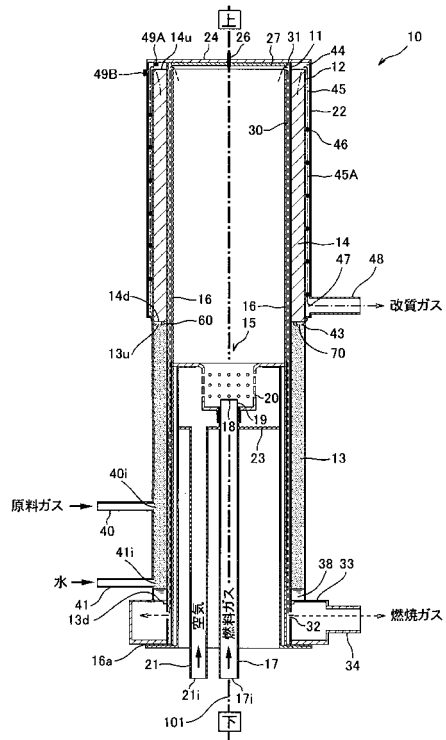
30

40

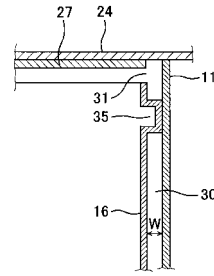
50

|       |            |    |
|-------|------------|----|
| 3 6   | 第一の丸棒      |    |
| 3 7   | 多孔質体金属膜    |    |
| 3 8   | 水溜り部       |    |
| 4 0   | 原料ガス配管     |    |
| 4 0 i | 原料ガス入口     |    |
| 4 1   | 水配管        |    |
| 4 1 i | 水入口        |    |
| 4 2   | 境界域        |    |
| 4 3   | 支持部材       |    |
| 4 4   | 改質ガス流入口    | 10 |
| 4 5   | 改質ガス流路     |    |
| 4 5 A | 改質ガスらせん状流路 |    |
| 4 6   | 第二の丸棒      |    |
| 4 7   | 改質ガス流出口    |    |
| 4 8   | 改質ガス排気配管   |    |
| 4 9 A | 第一の温度検知手段  |    |
| 4 9 B | 第二の温度検知手段  |    |
| 5 0   | 燃焼筒        |    |
| 5 0 A | 燃焼筒の下端     |    |
| 5 0 B | 燃焼筒の上端     | 20 |
| 5 0 S | 鰐部         |    |
| 5 1   | 仕切り部材      |    |
| 5 2   | 下部燃焼ガス流入口  |    |
| 5 3   | 第二の燃焼ガス流路  |    |
| 5 4   | 第一のサブ空間    |    |
| 5 5   | 第二のサブ空間    |    |
| 5 6   | バイパス経路     |    |
| 5 7   | 第一のパイプ部    |    |
| 5 8   | 第二のパイプ部    |    |
| 5 9   | 第三のパイプ部    | 30 |
| 6 0   | 環状隙間       |    |
| 6 1   | 流路仕切り      |    |
| 6 2   | 多孔質体金属部    |    |
| 6 3   | 境界空間       |    |
| 6 4   | 第一の仕切り板    |    |
| 6 5   | 第二の仕切り板    |    |
| 6 6   | 第二の混合ガス噴出孔 |    |
| 7 0   | 第一の混合ガス噴出孔 |    |
| 8 0   | 燃料電池       |    |
| 8 0 a | アノード       | 40 |
| 8 0 c | カソード       |    |
| 8 1   | 空気供給装置     |    |
| 8 2   | カソード空気配管   |    |
| 8 3   | 変成器        |    |
| 8 4   | 浄化器        |    |
| 8 5   | オフガス配管     |    |
| 1 0 0 | 燃料電池システム   |    |

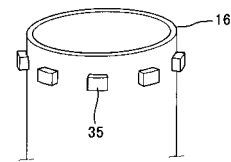
【図 1】



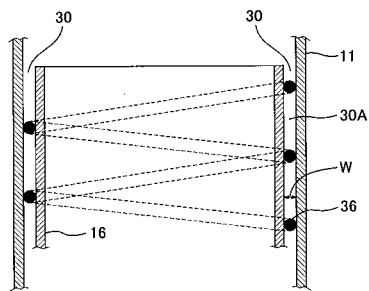
【図 2】



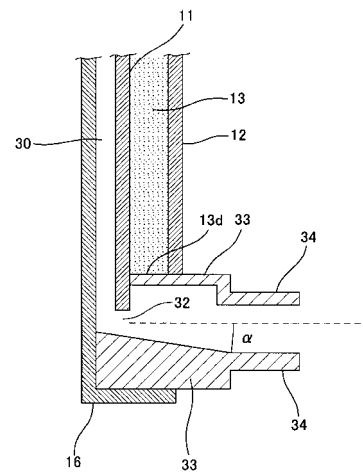
【図 3】



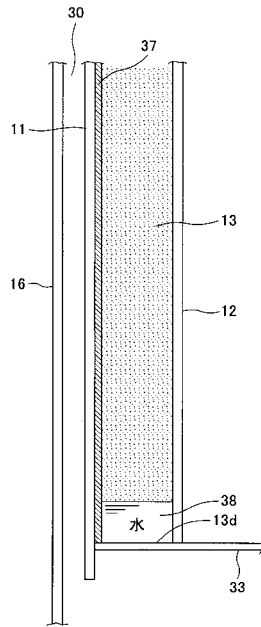
【図 4】



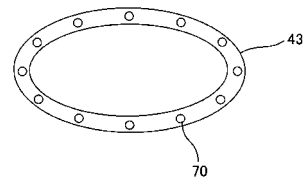
【図 5】



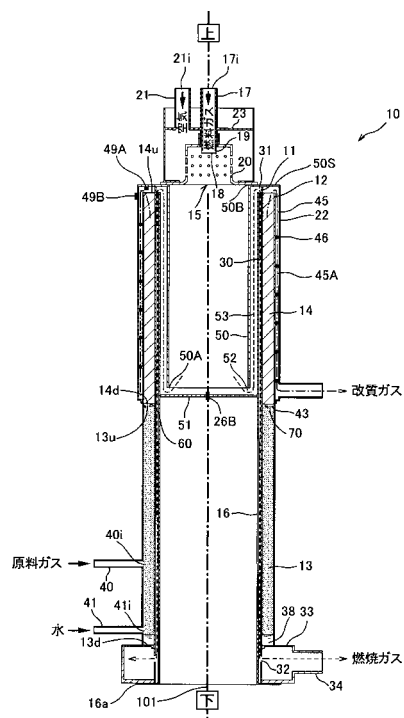
【図 6】



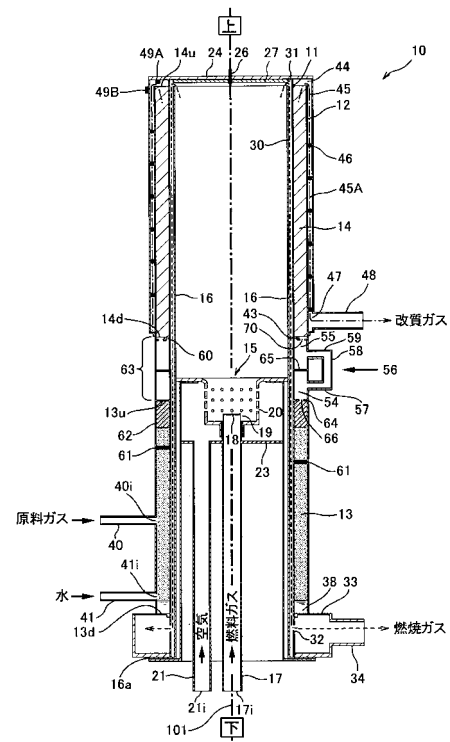
【図 7】



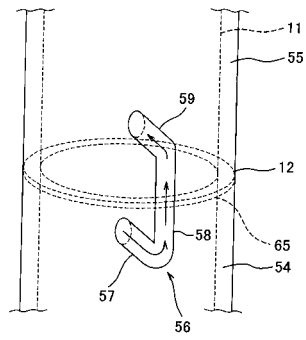
【図 8】



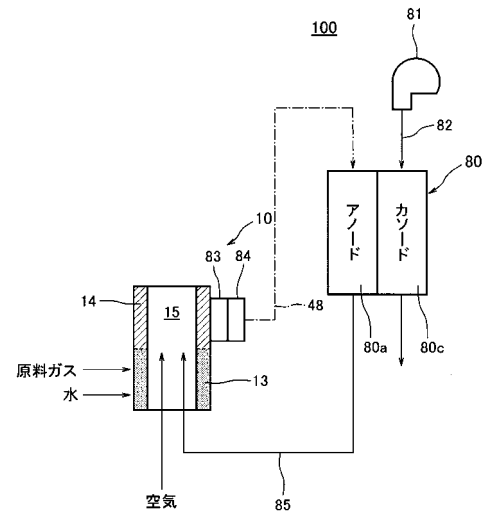
【図 9】



【図10】



【図11】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 向井 裕二  
大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
- (72)発明者 鷗飼 邦弘  
大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
- (72)発明者 麻生 智倫  
大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

審査官 廣野 知子

- (56)参考文献 特開 2 0 0 3 - 2 5 2 6 0 4 ( J P , A )  
特開 2 0 0 3 - 3 2 1 2 0 6 ( J P , A )  
特開平 1 - 2 6 4 9 0 4 ( J P , A )

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
- |      |           |
|------|-----------|
| C01B | 3/00-3/58 |
| H01M | 8/06      |