

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5719745号  
(P5719745)

(45) 発行日 平成27年5月20日 (2015. 5. 20)

(24) 登録日 平成27年3月27日 (2015. 3. 27)

(51) Int. Cl.

F 1

B O 1 F 5/00 (2006. 01)

B O 1 F 5/00

D

B O 1 F 3/02 (2006. 01)

B O 1 F 3/02

請求項の数 6 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2011-223820 (P2011-223820)  
 (22) 出願日 平成23年10月11日 (2011. 10. 11)  
 (65) 公開番号 特開2013-81905 (P2013-81905A)  
 (43) 公開日 平成25年5月9日 (2013. 5. 9)  
 審査請求日 平成26年7月9日 (2014. 7. 9)

(73) 特許権者 000000974  
 川崎重工業株式会社  
 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号  
 (74) 代理人 100087941  
 弁理士 杉本 修司  
 (72) 発明者 柏原 宏行  
 兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社内  
 (72) 発明者 細川 恭史  
 兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社内  
 (72) 発明者 山▲崎▼ 義弘  
 兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 流体混合器とこれを用いた熱交換システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内側で第1と第2の流体を混合する中空筒状の本体と、  
 前記本体の上流側端部に設けられて前記第1の流体を流入させる第1の流入口と、  
 前記本体の内側に配置され、前記第1の流体の流れる方向に沿った軸心を有し、両端が開口した中空筒状の混合促進体と、  
 前記本体の周壁に設けられて前記混合促進体の外周面に向かって前記第2の流体を流入させる第2の流入口とを備え、  
 前記混合促進体が前記本体とほぼ同心に配置され、  
 前記第1の流入口から前記本体に流れ込んだ前記第1の流体が、前記混合促進体の内側と外側を流れて、  
 前記混合促進体の外側を流れる前記第1の流体が前記第2の流入口から前記本体に流れ込んだ前記第2の流体と一次混合され、  
 一次混合された前記第1および第2の流体の混合流体が、前記混合促進体の下流で、前記混合促進体の内側を流れる前記第1の流体と二次混合される流体混合器。

【請求項 2】

請求項1において、前記本体を形成する第1の配管に、前記第2の流入口に第2の流体を供給する第2の配管が直交して接続されている流体混合器。

【請求項 3】

請求項1において、前記本体を形成する第1の配管に、前記第2の流入口に前記第2の

10

20

流体を供給する第2の配管が接続され、その接続部における前記第2の配管の端縁が前記第1の配管の内周面と面一またはこれよりも径方向外方に配置されている流体混合器。

【請求項4】

請求項1から3のいずれか一項において、前記第1の流体は前記第2の流体よりも低温である流体混合器。

【請求項5】

請求項1から4のいずれか一項において、前記本体における下流部が、下流に向かって通路面積が増大する拡径部により形成されている流体混合器。

【請求項6】

請求項1から5のいずれか一項に記載の流体混合器が、熱交換器の上流側に配置される熱交換システム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば、高温流体と低温流体のような異なる2つの流体の流れを均一に混合する流体混合器に関するものである。

【背景技術】

【0002】

複数の流体を混合する混合器では、混合後の温度分布やガス濃度分布が均一であることが望まれる。例えば、混合器の下流にタービンや熱交換器が配置される場合では、混合ガスの温度分布が均一でないと、タービン翼や伝熱管に不均一な熱ひずみに起因した応力が生じ、その結果、タービンや伝熱管の寿命を短くしてしまう。また、機器の効率も低下してしまう。

20

【0003】

そこで、混合促進を目的として、流体の流れ場に乱流を促進させるリブを設ける構造や、流れを強制的に偏向させて2つの流体の流れを重ね合わせる構造のものが知られている（特許文献1）。このような構造では、配管の圧力損失が大きくなり、また構造も複雑になり、製造コストも増大する。高温の流体を用いる場合、高温流体に接触する部材の耐熱性が求められ、製造コストがさらに増大する。また、2つの流体を流れる配管をT字型に接続して、簡単な構造で2つの流体を混合させるようにしたものもあり（特許文献2）、これによれば、製造コストが低下する。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2008-049306号公報

【特許文献2】特開2002-136855号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記特許文献2の流体混合器は、構造は簡単であるが、流体が互いに直角に交わるから、十分均一な混合状態を作り出すことが難しい。

40

【0006】

本発明は、前記課題に鑑みてなされたもので、簡単な構造でありながら、均一な混合が可能で、かつ圧力損失を抑制できる流体混合器を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するために、本発明にかかる流体混合器は、内側で第1と第2の流体を混合する中空筒状の本体と、前記本体の上流側端部に設けられて前記第1の流体を流入させる第1の流入口と、前記本体の内側に配置され、前記第1の流体の流れる方向に沿った軸心を有する中空筒状の混合促進体と、前記本体の周壁に設けられて前記混合促進体の外

50

周面に向かって前記第２の流体を流入させる第２の流入口とを備える。

【０００８】

この構成によれば、第１の流体の流れる方向に沿った軸心を有する混合促進体が本体の内側に配置されているから、第２の流体が混合促進体の外周面に向かって導入されるので、第２の流体は混合促進体の外周面に衝突して本体の周方向の全域に回りこむことで、混合促進体の外側において第１の流体と第２の流体とが十分混合される。第２の流体は、混合促進体の外側を流れる第１の流体と混合された後、混合促進体の下流で、混合促進体の内側を流れる第１の流体と再度混合されることで、第１の流体と第２の流体との混合が促進される。また、第１の流体が中空筒状の混合促進体の軸心方向に沿って流れるから、第１の流体の圧力損失を抑制することができる。さらに、本体の内側に混合促進体を配置し、この混合促進体に向かって第２の流体を導入する第２の流入口を配置するだけであるから、構造が簡単である。

10

【０００９】

本発明において、前記混合促進体が前記本体とほぼ同心に配置されていることが好ましい。この構成によれば、第２の流入口の本体周方向の設置位置に関わらず、第２の流入口と混合促進体の距離が一定となり、第２の流入口と混合促進体の位置関係に正確性が要求されなくなる結果、製造が容易になる。

【００１０】

本発明において、前記本体を形成する第１の配管に、前記第２の流入口に第２の流体を供給する第２の配管が直交して接続されていることが好ましい。この構成によれば、第２の流体が混合促進体に、その軸心に直交する向きに衝突するから、第２の流体が混合促進体の外周面全体に回り込み、その結果、第１の流体と第２の流体との混合が一層促進される。

20

【００１１】

本発明において、前記本体を形成する第１の配管に、前記第２の流入口に前記第２の流体を供給する第２の配管が接続され、その接続部における前記第２の配管の端縁が前記第１の配管の内周面と面一またはこれよりも径方向外方に配置されていることが好ましい。この構成によれば、第２の配管により、第１の配管を流れる第１の流体の流れが阻害されることがなくなり、配管の圧力損失が一層抑制される。

【００１２】

本発明において、前記第１の流体は前記第２の流体よりも低温であることが好ましい。この構成によれば、第１の流体により、混合促進体の表面全体が冷却されるから、混合促進体の過熱を防ぐための構造を別途設ける必要がなく、構造が一層簡単になる。

30

【００１３】

本発明において、前記本体における下流部が、下流に向かって通路面積が増大する拡径部により形成されていることが好ましい。この構成によれば、拡径部により混合流体が拡散され、混合が一層促進される。

【００１４】

本発明にかかる熱交換システムは、本発明の流体混合器が、熱交換器の上流側に配置されてなる。この構成によれば、上記流体混合器により２つの流体が十分に混合された後、混合流体が熱交換器に導かれるので、混合流体の流れと直交する断面での温度分布が均一化される結果、熱交換効率が向上する。

40

【発明の効果】

【００１５】

本発明の流体混合器によれば、第２の流入口から流入した第２の流体は、混合促進体の外周面に衝突して本体の周方向の全域に回りこむことで、混合促進体の外側において第１の流体と十分混合される。第２の流体は、さらに混合促進体の下流で、混合促進体の内側を流れる第１の流体と再度混合されることで、混合が促進される。また、第１の流体が中空筒状の混合促進体の軸心方向に沿って流れるから、第１の流体の圧力損失を抑制することができる。さらに、本体の内側に混合促進体を配置し、この混合促進体に向かって第２

50

の流体を導入する第２の流入口を配置するだけであるから、構造が簡単である。

【図面の簡単な説明】

【００１６】

【図１】本発明の第１実施形態に係る流体混合器を備えた希薄燃料吸入ガスタービンを示す簡略構成図である。

【図２】同ガスタービンの主要構成部分の配置構成図である。

【図３】同流体混合器を示す概略構成図である。

【図４】同流体混合器の支持構造を示す概略断面図である。

【図５】は図４のV-V線矢視図である。

【図６】同流体混合器の軸方向の温度分布を示す図である。

10

【図７】同流体混合器に接続された再生器入口位置での径方向の温度分布を示す図である。

【図８】従来の流体混合器の軸方向の温度分布を示す図である。

【図９】従来の流体混合器に接続された再生器入口位置での径方向の温度分布を示す図である。

【図１０】第２次実施形態に係る流体混合器を示す概略構成図である。

【図１１】同流体混合器の軸方向の温度分布を示す図である。

【図１２】同流体混合器に接続された再生器入口位置での径方向の温度分布を示す図である。

【発明を実施するための形態】

20

【００１７】

以下、本発明の好ましい実施形態を図面に基づいて説明する。図１は本発明の一実施形態にかかる流体混合器を備えた希薄燃料吸入ガスタービンを示す簡略構成図である。このガスタービンGTは、圧縮機１、白金やパラジウムなどの触媒を含む触媒燃焼器２、およびタービン３を有している。このガスタービンGTの出力により、発電機とスタータを兼ねる回転機４が駆動される。

【００１８】

このガスタービンGTで用いる低カロリーガスとして、例えば、炭鉱で発生するVAM (Ventilation Air Methane) や、これよりも可燃成分(メタン)濃度が高いCMM (Coal Mine Methane) のような、空気と燃料(可燃成分)とが混合された作動ガスG１が、圧縮機１で圧縮され、その高圧の圧縮ガスG２が前記触媒燃焼器２に送られる。この圧縮ガスG２が触媒燃焼器２の白金やパラジウムなどの触媒による触媒反応によって燃焼され、これにより発生する高温・高圧の燃焼ガスG３がタービン３に供給されて、タービン３を駆動する。タービン３は圧縮機１に回転軸５を介して連結され、このタービン３により圧縮機１が駆動される。このようにして、ガスタービンGTおよび回転機４を含む発電装置５０が構築されている。ここで、VAMだけを用いた場合の作動ガスG１中の燃料濃度(可燃成分濃度)は、圧縮機１での圧縮による昇温後の温度においても可燃濃度限界以下になるので、着火することはない。また、前記VAMだけを用いた場合の作動ガスG１に、適宜、高濃度の可燃成分を有するCMMを加えた場合でも、圧縮機１での圧縮による昇温後の温度において可燃濃度限界以下になるようにその添加量は制御されるため、着火することはない。

30

40

【００１９】

ガスタービンGTは、さらに、タービン３からの排ガスG４によって圧縮機１から触媒燃焼器２に導入される圧縮ガスG２を加熱する再生器(熱交換器)６と、触媒燃焼器２に流入する圧縮ガスG２の温度を始動時に高めて触媒を活性化させる加温用バーナ７とを備えている。この加温用バーナ７は、圧縮機１によって圧縮された圧縮ガスG２から一部抽出された抽出ガスG２０に燃料を混合して火炎燃焼させた加温用ガスG５を、タービン３から再生器６に供給される排ガスG４に混入し、加温する。加温用バーナ７には、この加温用バーナ７への抽出ガスG２０の供給量を制御する抽気弁８が接続されている。再生器６から流出した排ガスG４は、図示しないサイレンサを通して消音されたのち、外部に放

50

出される。前記抽気弁 8 による加温用バーナ 7 への抽出ガス G 2 0 の供給量の制御は、コントローラ 2 0 からの出力信号により行なわれる。

【 0 0 2 0 】

加温用バーナ 7 への燃料供給は、炭坑の掘削部分のような C M M 源 1 3 から供給される C M M を第 1 燃料流量制御弁 9 により流量を調整しながらなされる。この第 1 燃料流量制御弁 9 による C M M の流量調整はコントローラ 2 0 によって行なわれる。圧縮機 1 への作動ガス G 1 の供給は、炭坑の換気のような V A M 源 1 2 からの V A M に必要に応じて C M M 源 1 3 から抽出した C M M を第 2 燃料流量制御弁 1 0 によりその流量を調整しながら混入することによってなされる。C M M は 1 0 ~ 3 0 % 程度のメタンガスを含み、V A M は 1 % 未満のメタンガスを含む。この第 2 燃料流量制御弁 1 0 による C M M の流量調整も、コントローラ 2 0 によって行なわれる。また、V A M 源 1 2 から圧縮機 1 への吸入通路には、後述する運転開始時のパージのために、開閉弁 1 8 を介して、外気等の空気源 1 9 が接続されている。

10

【 0 0 2 1 】

圧縮機 1 とタービン 3 とを連結する回転軸 5 は単一軸からなり、この回転軸 5 と回転機 4 とが減速機 1 7 を介して連結されている。タービン 3 の回転により駆動される回転機 4 により得られる電力は、コントローラ 2 0 に入力される。電力変換装置 1 1 は、コントローラ 2 0 によって、始動時に回転機 4 をスタータモータとして駆動させる。

【 0 0 2 2 】

図 2 に示すように、タービン 3 と再生器 6 とは、中空筒状の排気ダクト 2 5 によって連結されている。この排気ダクト 2 5 は、タービン 3 寄りの円筒状部 2 5 a と、この円筒状部 2 5 a の下流端部に接続され、再生器 6 側に向かって、つまり下流側に向かって末広がりのなった拡径部 2 5 b とからなる。この拡径部 2 5 b は、上流端部が円形の横断面形状を有し、下流端部が縦長の長方形形状を有し、その間の横断面形状が、円形から長方形へと徐々に変化している中空筒状である。ただし、拡径部 2 5 b の下流端部も円形の横断面形状とすることができる。

20

【 0 0 2 3 】

前記排気ダクト 2 5 の円筒状部 2 5 a が第 1 の配管を形成しており、この第 1 の配管 2 5 a に対し、加温用ガス G 5 を排気ダクト 2 5 内に供給する加温用バーナ 7 からの第 2 の配管 2 8 が接続されている。円筒状部 2 5 a の後部の内側には排ガス G 4 の流れる方向に沿った軸心 C 1 ( 図 3 ) を有する中空筒状、この例では円筒状の混合促進体 3 8 が配置されている。

30

【 0 0 2 4 】

加温用バーナ 7 には、前述したように、C M M 源 1 3 ( 図 1 ) から燃料成分である C M M が供給されるようになっている。圧縮機 1 から再生器 6 へ圧縮ガス G 2 を供給する圧縮ガス通路 2 4 から抽気ガス通路 2 7 が分岐しており、この抽気ガス通路 2 7 に、加温用バーナ 7 とその上流側に位置する抽気弁 8 とが設けられている。抽気ガス通路 2 7 における加温用バーナ 7 よりも下流側が第 2 の配管 2 8 として形成されている。

【 0 0 2 5 】

図 3 および図 4 を用いて、流体混合器 4 0 の詳細を説明する。流体混合器 4 0 は、排気ダクト 2 5 の一部と、混合促進体 3 8 と、第 2 の配管 2 8 の下流部とで構成される。流体混合器 4 0 の本体 4 1 は、排気ダクト 2 5 の一部である第 1 の配管 ( 円筒状部 ) 2 5 a の下流部と拡径部 2 5 b とで形成されている。本体 4 1 の上流側端部に第 1 の流入口 4 3 が設けられ、本体 4 1 の周壁に、第 2 の配管 2 8 に連なる第 2 の流入口 4 5 が設けられている。さらに、この流体混合器 4 0 と、流体混合器 4 0 の下流に配置された再生器 ( 熱交換器 ) 6 とにより、熱交換システム 4 2 が構成されている。

40

【 0 0 2 6 】

図 3 に示すように、排気ダクト 2 5 内を流れる第 1 の流体である排ガス G 4 は、第 1 の流入口 4 3 から本体 4 1 内に流入し、混合促進体 3 8 の外側と内側の両方を流れる。混合促進体 3 8 は円筒状部 2 5 a と同心状に配置されている。混合促進体 3 8 は、この実施形

50

態では、円筒形状であるが、中空の部材であればよく、例えば、多角柱、円錐台、多角錐台でもよく、また、混合促進体 38 の下流端面が径方向に対して傾斜した形状（後述する図 10）であってもよい。

#### 【0027】

第 2 の配管 28 は排気ダクト 25 の円筒状部 25a に直交して溶接により接続され、第 2 の配管 28 からの第 2 の流体である加温用ガス G5 が、第 2 の配管 28 の下流端縁 46 によって形成された第 2 の流入口 45 から、本体 41 内に流入し、混合促進体 38 の外周面 38a に衝突するようになっている。混合促進体 38 の外周面 38a に衝突した加温用ガス G5 は、混合促進体 38 の外周面 38a に沿って案内されながら、排気ダクト 25 の円筒状部 25a の内周面 29 と混合促進体 38 の外周面 38a との間を流れる。第 1 の流体である排ガス G4 は第 2 の流体である加温用ガス G5 よりも低温である。

10

#### 【0028】

混合促進体 38 は、第 2 の配管 28 からの第 2 の流体である加温用ガス G5 が衝突するよう、その外周面 38a が第 2 の流入口 45 に対向するように位置している。図 4 から明らかなように、混合促進体 38 の軸方向において、第 2 の配管 28 が形成する第 2 の流入口 45 の全体が、側面視で混合促進体 38 の外周面と混合促進体 38 の軸方向に重なっている。つまり、第 2 の流入口 45 が混合促進体 38 の上流端縁 38b と下流端縁 38c との間に位置している。

#### 【0029】

20

図 3 の混合促進体 38 の外径 DO は円筒状部 25a の内径 DI<sub>1</sub> の 0.35 ~ 0.55 倍程度であり、好ましくは、0.4 ~ 0.5 倍である。混合促進体 38 の肉厚は、排ガス G4 の流動抵抗を抑制するために、強度が保持される限り、薄くするのがよい。さらに、混合促進体 38 の外径 DO は第 2 の配管 28 の内径 DI<sub>2</sub> の 0.9 ~ 1.3 倍程度であり、好ましくは、1.0 ~ 1.2 倍である。混合促進体 38 の長さ L は、第 2 の配管 28 の内径 DI<sub>2</sub> の 1.2 ~ 3.0 倍程度であり、好ましくは、1.5 ~ 2.5 倍である。

#### 【0030】

図 4 に示すように、排気ダクト 25 の円筒状部 25a と第 2 の配管 28 とが接続部 44 によって接続されており、この接続部 44 における第 2 の配管 28 の出口部 28a の端縁 46 が排気ダクト 25 の円筒状部 25a の内周面 29 とほぼ面一になっている。ただし、第 2 の配管 28 の下流端縁 46 は円筒状部 25a の内周面 29 よりも若干径方向外方に配置してもよい。

30

#### 【0031】

図 5 に示すように、第 2 の配管 28 の軸心 C2 と排気ダクト 25 および混合促進体 38 の軸心 C1 とは直角に交わっており、第 2 の配管 28 からの加温用ガス G5 が混合促進体 38 の頂部とその近傍に衝突するようになっている。混合促進体 38 は、その径方向に延びる支持部材 48 を介して排気ダクト 25 の円筒状部 25a に支持されている。支持部材 48 は、図 4 に示す混合促進体 38 の軸心 C1 方向両端部に設けられ、混合促進体 38 の外周面に支持部材 48 の内端部がボルトのような第 1 締結部材 58 で固定されており、支持部材 48 の外端部が排気ダクト 25 の内周面に、ボルトのような第 2 締結部材 59 で連

40

#### 【0032】

排気ダクト 25 に対し支持部材 48 の一方、この例では、上流側の支持部材 48 が流れ方向（軸方向）にリジッド（移動不能）に支持され、支持部材 48 の他方、この例では、下流側の支持部材 48 が軸方向に移動自在に支持されて、混合促進体 38 の軸方向の熱膨張を吸収できるようになっている。具体的には、下流側の支持部材 48 の外端部に軸方向に長い長孔が設けられ、この長孔に第 2 締結部材 59 が挿通されることで、混合促進体 38 が軸方向に移動自在となっている。

#### 【0033】

図 5 に示すように、支持部材 48 は板材からなり、周方向に 3 つ配置されており、各支

50

持部材 4 8 の径方向の内端部および外端部が二又状に形成されて、混合促進体 3 8 の径方向の熱膨張を吸収できるようになっている。混合促進体 3 8 の支持構造は、図示の例に限定されず、混合促進体 3 8 の熱膨張を吸収できるように構成されていればよく、例えば、排気ダクト 2 5 と混合促進体 3 8 との間をリンク機構からなる支持部材 4 8 のみによって片持ちで支持して、混合促進体 3 8 の熱膨張を吸収することもできる。

【 0 0 3 4 】

上記構成のガスタービン G T の動作について説明する。始動時には、図 1 の触媒燃焼器 2 の温度が活性下限温度よりも低いので、加温用バーナ 7 の点火により再生器 6 の暖気を行って再生器 6 を通過する圧縮ガス G 2 を昇温させ、触媒燃焼器 2 を触媒反応可能な所定温度になるまで昇温させる。

10

【 0 0 3 5 】

このとき、図 3 に示すように、流体混合器 4 0 では、タービン 3 からの排ガス G 4 と、加温用バーナ 7 からの加温用ガス G 5 とが混合される。具体的には、排ガス G 4 が第 1 の流入口 4 3 から流体混合器 4 0 の本体 4 1 内に流入し、混合促進体 3 8 の内側と外側を流れるとともに、加温用ガス G 5 が第 2 の流入口 4 5 から本体 4 1 に径方向に流入して混合促進体 3 8 の外周面 3 8 a に衝突後、混合促進体 3 8 の外周面 3 8 a と本体 4 1 の内周面、つまり排気ダクト 2 5 の円筒状部 2 5 a の内周面 2 9 との間を流れる。

【 0 0 3 6 】

混合促進体 3 8 の外周面 3 8 a と本体 4 1 の内周面 2 9 との間を流れる加温用ガス G 5 は、まず混合促進体 3 8 の外側を流れる排ガス G 4 と混合される（一次混合）。加温用ガス G 5 は混合促進体 3 8 の外周面 3 8 a に衝突するので、混合促進体 3 8 の外周面 3 8 a に沿って、本体 4 1 の径方向および周方向の全域に案内される。これにより、排ガス G 4 と加温用ガス G 5 との混合が促進される。このとき、混合促進体 3 8 の内側を流れる低温の排ガス G 4 により、混合促進体 3 8 の表面全体が冷却される。

20

【 0 0 3 7 】

つぎに、一次混合された排ガス G 4 と加温用ガス G 5 との混合ガスが、混合促進体 3 8 の下流で、混合促進体 3 8 の内部を流れる排ガス G 4 とさらに混合する（二次混合）。このように、2 段階で混合することで、排ガス G 4 と加温用ガス G 5 との混合が一層促進される。さらに、混合促進体 3 8 を通過した混合ガスが本体 4 1 の拡径部 2 5 b に流入して拡散されるので、混合がなお一層促進される。

30

【 0 0 3 8 】

定格運転に入ると、排ガス G 4 の温度が上昇して、圧縮機 1 から供給される圧縮ガス G 2 が再生器 6 内で排ガス G 4 と熱交換されるので、熱交換後の圧縮ガス G 2 は触媒燃焼器 2 の作動に十分な高温となる。その結果、抽気弁 8 が閉弁されて加温用バーナ 7 の動作が停止する。これにより、図 3 に示す流体混合器 4 0 では、排ガス G 4 のみが流れ、加温用ガス G 5 は導入されない。すなわち、排ガス G 4 のみが混合促進体 3 8 の内側と外側を流れている状態である。このとき、混合促進体 3 8 は排ガス G 4 の流れる方向に沿った軸心 C 1 を有する形状であるから、排ガス G 4 が混合促進体 3 8 から受ける抵抗は小さくて済む。したがって、最も稼働時間の長い定格運転時に、排ガス G 4 の圧力損失が効果的に抑制される。

40

【 0 0 3 9 】

上記構成において、図 3 に示すように、排ガス G 4 の流れる方向に沿った軸心 C 1 を有する混合促進体 3 8 が本体 4 1 の内側に配置され、排ガス G 4 がこの混合促進体 3 8 の軸心 C 1 方向に沿って混合促進体 3 8 の外側と内側を流れるから、排ガス G 4 の圧力損失を抑制することができる。また、加温用ガス G 5 が混合促進体 3 8 の外周面 3 8 a に向かって導入されるので、加温用ガス G 5 は混合促進体 3 8 の外周面 3 8 a に衝突して本体 4 1 の径方向および周方向に回りこむことで、混合促進体 3 8 の外側において排ガス G 4 と加温用ガス G 5 とが十分に混合される。加温用ガス G 5 は、混合促進体 3 8 の外側を流れる排ガス G 4 と混合された後、混合促進体 3 8 の内側を流れる排ガス G 4 と再度混合されることで、排ガス G 4 と加温用ガス G 5 との混合が促進される。さらに、本体 4 1 の内側に

50

混合促進体 38 を配置し、この混合促進体 38 に向かって加温用ガス G5 を導入する第 2 の流入口 45 を配置するだけであるから、構造が簡単である。

【0040】

また、混合促進体 38 が本体 41 とほぼ同心に配置されているので、第 2 の流入口 45 の本体 41 周方向の設置位置に関わらず、第 2 の流入口 45 と混合促進体 38 の距離が一定となり、第 2 の流入口 45 と混合促進体 38 の位置関係に正確性が要求されなくなる結果、製造が容易になる。

【0041】

また、第 2 の配管 28 は排気ダクト 25 にほぼ直交して接続されているので、加温用ガス G5 が混合促進体 38 の外周面 38a に直交する向きに衝突するから、加温用ガス G5 が混合促進体 38 の外周面 38a に案内されて排気ダクト 25 の径方向および周方向の全域に回り込み、その結果、排ガス G4 と加温用ガス G5 との混合が一層促進される。

【0042】

図 4 に示すように、排気ダクト 25 と第 2 の配管 28 との接続部 44 における第 2 の配管 28 の端縁 46 が、排気ダクト 25 の内周面 29 と面一であるから、第 2 の配管 28 により、排気ダクト 25 を流れる排ガス G4 の流れが阻害されることがなくなり、排ガス G4 の圧力損失が一層抑制される。

【0043】

また、排ガス G4 は加温用ガス G5 よりも低温であるから、排ガス G4 により、高温の加温用ガス G5 と接する混合促進体 38 の表面全体が冷却されるから、混合促進体 38 の過熱を防ぐための構造を別途設ける必要がなく、構造が一層簡単になる。

【0044】

図 3 に示すように、本体 41 における下流部が、下流に向かって通路面積が増大する拡径部 25b により形成されているので、拡径部 25b により排ガス G4 と加温用ガス G5 の混合ガスが拡散され、混合が一層促進される。

【0045】

図 2 に示すように、流体混合器 40 が、熱交換器である再生器 6 の上流側に配置されているので、流体混合器 40 により排ガス G4 と加温用ガス G5 が十分に混合された後、再生器 6 に導かれるから、混合流体の流れを直交する断面での温度分布が均一化される結果、熱交換効率が向上する。

【0046】

上記実施形態の流体混合器 40 について、混合状態を確認するために、コンピュータ解析を行った。また、比較例として、上記実施形態の流体混合器 40 において混合促進体 38 を有さない構造についても同様の解析を行った。

【0047】

図 6 は上記実施形態の流体混合器 40 を用いて排ガス G4 と加温用ガス G5 とを混合させた際の軸方向における温度分布、図 7 は図 6 の VII-VII 線断面上、つまり流体混合器 40 の出口（再生器 6 の入口）箇所における径方向の温度分布を示し、図 8 および 9 は比較例の各温度分布を示す。以下の図において、(1) ~ (21) は高温から低温にかけての領域を表す。図 6 および図 8 において、(1) ~ (9) の同一番号は同一温度領域を示す。同様に、図 7 および図 9 において、(10) ~ (21) の同一番号は同一温度領域を示す。図 6 に示すように、上記実施形態の流体混合器 40 では、高温の加温用ガス G5 が拡径部 25b の中心部から下部にかけて広がっており、その結果、図 7 に示すように、流体混合器 40 の出口箇所において、温度分布が均一化されており、適度に混合されていることがわかる。一方、比較例の流体混合器では、図 8 に示すように、高温の加温用ガス G5 が拡径部 25b の下部に集中して流れ込んでおり、その結果、図 9 に示すように、流体混合器 40 の出口箇所において、温度分布が偏っており、十分に混合されていない。

【0048】

図 10 は第 2 実施形態に係る流体混合器 40A を示す概略構成図である。第 2 実施形態の流体混合器 40A と第 1 実施形態の流体混合器 40 との違いは、混合促進体 38A の下

10

20

30

40

50



流端面 6 2 が下流に進むにつれて上方に傾いた傾斜面である点のみで、その他の構造は、第 1 実施形態と同じである。つまり、混合促進体 3 8 における第 2 の配管 2 8 に対向する部分（上部）とは反対側の部分（下部）の下流端部が、切り欠かれて傾斜している。この例では、下流端面 6 2 の径方向に対する傾斜角 が 4 5 ° となっているが、この傾斜角は 2 0 ~ 6 0 ° 程度とすることができ、3 0 ~ 5 0 ° 程度がより好ましい。第 2 の流入口 4 5 は、混合促進体 3 8 A の上流端縁 3 8 A a と、混合促進体 3 8 A における第 2 の流入口 4 5 と対向する部分（図 1 0 の上部）の下流端縁 3 8 A b との間に位置している。

#### 【 0 0 4 9 】

第 2 実施形態の流体混合器 4 0 A においても、第 1 実施形態の流体混合器 4 0 と同様に、コンピュータ解析による検証を行った。その結果を図 1 1 および 1 2 に示す。図 1 1 から分かるように、第 2 実施形態の流体混合器 4 0 A では、より多くの高温の加温用ガス G 5 が拡径部 2 5 b の中心部近くを流れるので、図 1 2 から分かるように、第 1 実施形態の流体混合器 4 0 よりもさらに温度分布が均一化されている。

10

#### 【 0 0 5 0 】

第 1 および第 2 実施形態では、本体 4 1 の上流部を形成する円筒状部 2 5 a の下流部は、円筒状であったが、下流に向かって若干拡大する小さなテーパ比を有する拡大管であってもよい。また、本体 4 1 の拡径部 2 5 b のテーパ比が小さい場合、拡径部 2 5 b の内側に混合促進体 3 8 を配置してもよい。さらに、拡径部 2 5 b を省略して、流体混合器 4 0 の本体 4 1 の全体を円筒状としてもよい。また、第 2 の流入口 4 5 を複数設け、各流入口 4 5 から異なる流体を本体 4 1 に流入させてもよい。

20

#### 【 0 0 5 1 】

以上のとおり、図面を参照しながら本発明の好適な実施形態を説明したが、本発明の趣旨を逸脱しない範囲内で、種々の追加、変更または削除が可能であり、そのようなものも本発明の範囲内に含まれる。したがって、そのようなものも本発明の範囲内に含まれる。

#### 【 符号の説明 】

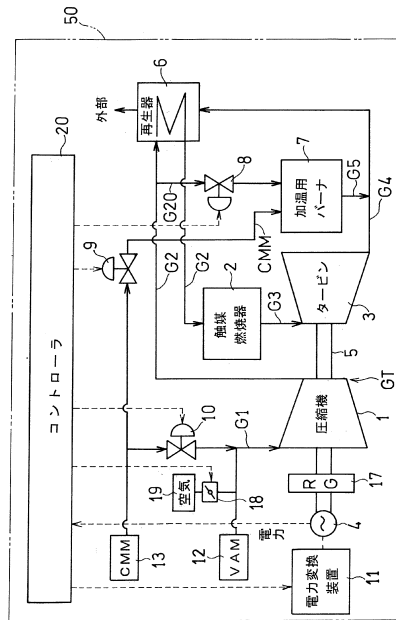
#### 【 0 0 5 2 】

- 6 再生器（熱交換器）
- 2 5 排気ダクト
- 2 8 第 2 の配管
- 2 9 本体の内周面
- 3 8、3 8 A 混合促進体
- 3 8 a 混合促進体の外周面
- 4 0、4 0 A 流体混合器
- 4 1 本体（第 1 の配管）
- 4 2 熱交換システム
- 4 3 第 1 の流入口
- 4 4 接続部
- 4 5 第 2 の流入口
- 4 6 第 2 の配管の端縁
- C 1 軸心
- G 4 排ガス（第 1 の流体）
- G 5 加温用ガス（第 2 の流体）

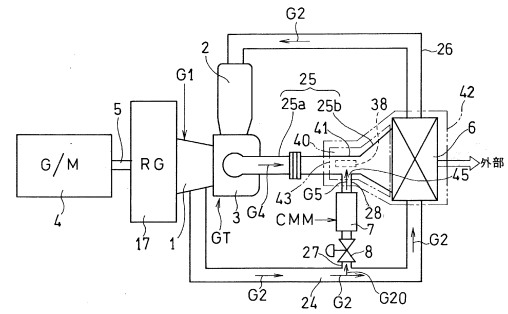
30

40

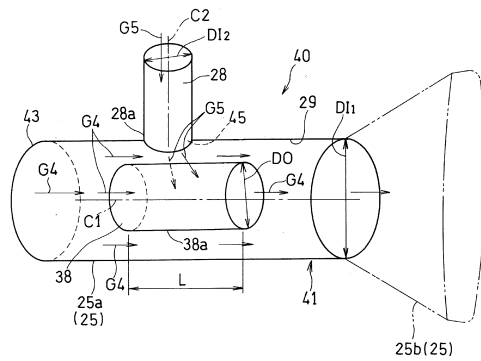
【圖 1】



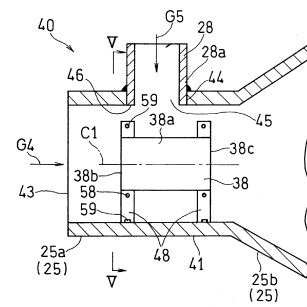
【 図 2 】



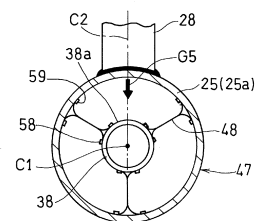
【圖 3】



【 図 4 】

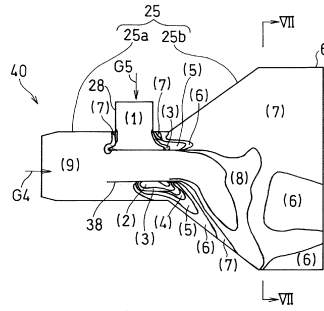


【 図 5 】

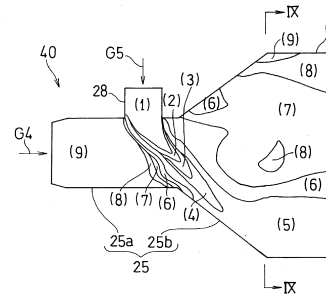


- |                    |                       |
|--------------------|-----------------------|
| 2 8 : 第 2 の配管      | 4 3 : 第 1 の流入口        |
| 3 8 : 混合促進体        | 4 5 : 第 2 の流入口        |
| 3 8 a : 混合促進体の外周面  | G 4 : 排ガス (第 1 の流体)   |
| 4 1 : 本体 (第 1 の配管) | G 5 : 加温用ガス (第 2 の流体) |

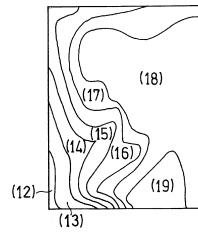
【図 6】



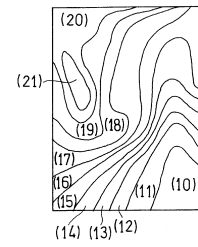
【図 8】



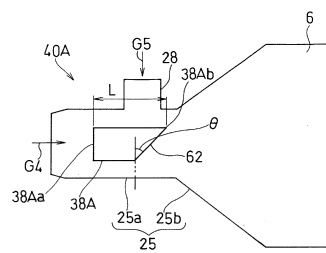
【図 7】



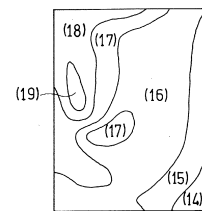
【図 9】



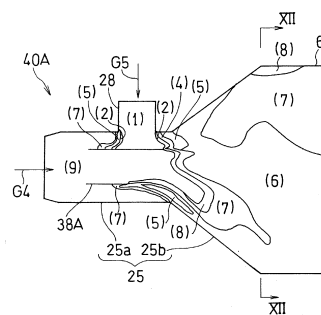
【図 10】



【図 12】



【図 11】



---

フロントページの続き

審査官 仲村 靖

(56)参考文献 特表2007-500074(JP,A)  
実開昭53-072273(JP,U)  
特開平04-048921(JP,A)  
特開2003-126667(JP,A)  
特開2006-326571(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
B01F 5/00  
B01F 3/02