

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5955858号  
(P5955858)

(45) 発行日 平成28年7月20日(2016.7.20)

(24) 登録日 平成28年6月24日(2016.6.24)

(51) Int.Cl. F 1  
F 0 2 C 1/04 (2006.01) F 0 2 C 1/04

請求項の数 18 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2013-544431 (P2013-544431)	(73) 特許権者	513152724
(86) (22) 出願日	平成23年12月15日(2011.12.15)		マストン アーバー
(65) 公表番号	特表2013-545938 (P2013-545938A)		MASTON AB
(43) 公表日	平成25年12月26日(2013.12.26)		スウェーデン国 S-814 94 エル
(86) 国際出願番号	PCT/SE2011/051519		ブカーレビュー ソルゴードン ブルーク
(87) 国際公開番号	W02012/082062		スガータン 7
(87) 国際公開日	平成24年6月21日(2012.6.21)	(74) 代理人	100105957
審査請求日	平成26年12月10日(2014.12.10)		弁理士 恩田 誠
(31) 優先権主張番号	1051322-4	(74) 代理人	100068755
(32) 優先日	平成22年12月15日(2010.12.15)		弁理士 恩田 博宣
(33) 優先権主張国	スウェーデン(SE)	(74) 代理人	100142907
			弁理士 本田 淳

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 間接加熱式ガスタービンシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

空気と供給燃料との燃焼により燃焼排ガスを形成するために、ガスタービンシステムの中心軸に沿って配置された長手方向の延長部分を有する燃焼室(3)と、

作動媒体によって駆動されるタービン(2)と、

前記燃焼室(3)に入る前記タービン(2)の前記作動媒体および空気のうちの少なくとも一方を圧縮するために、前記タービン(2)に回転可能に連結された圧縮機(1)と

、  
前記燃焼排ガスと前記作動媒体との間の熱伝達のための第1熱交換器装置(8)とを備える間接加熱式ガスタービンシステムであって、

前記第1熱交換器装置(8)および前記燃焼室(3)は一体構造ユニットとして一体的に形成され、前記第1熱交換器装置(8)は前記中心軸に沿って、前記燃焼室(3)の前記長手方向の延長部分内に実質的に配置されていることを特徴とする間接加熱式ガスタービンシステム。

【請求項 2】

前記燃焼室(3)は実質的に円筒形であり、前記第1熱交換器装置(8)は前記燃焼室(3)の外径の周りに前記燃焼室(3)と同軸上に配置されていることを特徴とする請求項1に記載のガスタービンシステム。

【請求項 3】

前記第1熱交換器装置(8)は、前記作動媒体および前記燃焼排ガスが反対向きの流れ方

向を有する対流熱交換器から構成されることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のガスタービンシステム。

【請求項 4】

前記第 1 熱交換器装置 (8) は、前記燃焼室 (3) に沿って長手方向に設置され、かつ、前記燃焼室 (3) の外周の周りに等距離に配置された複数の平行管の形態を有する前記燃焼排ガス用の熱伝達チャンネル (11) から構成されることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載のガスタービンシステム。

【請求項 5】

前記熱伝達チャンネル (11) は、前記燃焼室 (3) の出口 (5) において、前記燃焼排ガスの流れに関して実質的に対称であることを特徴とする請求項 4 に記載のガスタービンシステム。

10

【請求項 6】

前記中心軸 (C) に直交する同じ平面において見て、少なくとも 2 つの隣接する熱伝達チャンネル (11) の断面積が実質的に同じ面積を有することを特徴とする請求項 4 または 5 に記載のガスタービンシステム。

【請求項 7】

前記第 1 熱交換器装置 (8) は、前記燃焼室 (3) の外周の周りに実質的に接線方向に延びるらせん状の流路として、前記タービン (2) の前記作動媒体用の熱伝達通路 (12) を有することを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載のガスタービンシステム。

20

【請求項 8】

前記燃焼室 (3) の前記出口 (5) の真正面に配置されている第 2 熱交換器装置 (9) をさらに備える請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載のガスタービンシステム。

【請求項 9】

前記作動媒体は、前記タービン (2) の入口 (20) を通して前記タービン (2) に送り込まれる直前に、前記第 2 熱交換器装置 (9) を通過することを特徴とする請求項 8 に記載のガスタービンシステム。

【請求項 10】

前記第 2 熱交換器装置 (9) は前記燃焼室 (3) の反対側を向く熱伝達面を有する渦流室 (19) を備え、前記作動媒体は、前記作動媒体が前記タービン (2) に退出する前に、前記熱伝達面を数回かすめることを特徴とする請求項 8 または 9 に記載のガスタービンシステム。

30

【請求項 11】

前記圧縮機 (1) の入口 (26) に組み込まれたジェネレータ (7) をさらに備え、前記圧縮機 (1) に含まれる空気流が前記ジェネレータ (7) の固定子巻線を冷却する請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載のガスタービンシステム。

【請求項 12】

前記第 1 熱交換器装置 (8) および前記燃焼室 (3) は共に、溶接鋼から作られる低温部を形成することを特徴とする請求項 1 ~ 11 のいずれか一項に記載のガスタービンシステム。

40

【請求項 13】

前記燃焼室 (3) の外壁 (13) および前記ガスタービンシステムの外部カバー (14) のうちの少なくとも一方は波形で、材料が軸方向の膨張を可能にされたベローズ機能を備えることを特徴とする請求項 1 ~ 12 のいずれか 1 項に記載のガスタービンシステム。

【請求項 14】

前記第 2 熱交換器装置 (9) は焼結セラミックおよび鋳造セラミックのうちの少なくとも一方から作られる高温部を構成することを特徴とする請求項 8 ~ 10 のいずれか一項に記載のガスタービンシステム。

【請求項 15】

前記第 1 熱交換器装置 (8) および前記第 2 熱交換器装置 (9) のうちの少なくとも一方

50

を部分的に通る前記作動媒体および前記燃焼排ガスのうちの少なくとも一方の流れを制御する手段をさらに備える請求項 8 ~ 10 及び 14 のいずれか一項に記載のガスタービンシステム。

【請求項 16】

前記燃料は固形のバイオマス燃料からなることを特徴とする請求項 1 ~ 15 のいずれか一項に記載のガスタービンシステム。

【請求項 17】

前記バイオマス燃料は木質ペレットからなることを特徴とする請求項 16 に記載のガスタービンシステム。

【請求項 18】

請求項 1 ~ 17 のいずれか一項によるガスタービンシステムを備える車両。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、圧縮空気および供給燃料の燃焼により燃焼排ガスを形成するための燃焼室と、作動媒体により駆動されるタービンと、燃焼室に入る作動媒体および空気のうちの少なくとも一方を圧縮するためにタービンに回転可能に連結された圧縮機と、燃焼排ガスと作動媒体との間の熱伝達のための第 1 熱交換器装置とを備える間接加熱式ガスタービンに関する。

【背景技術】

【0002】

ガスタービンとは、燃焼室から燃焼ガスを流すことによって駆動されるタービンであり、適正な動力源である。したがって、ガスタービンはジェットエンジンと同じものであり、ガスが、噴出して噴流になる代わりに、例えば発電機に回転可能に連結されているタービンを駆動する。そのため、ガスタービンの通常の使用分野は発電である。

【0003】

ガスタービンはそのサイズと重量に対して非常に高い動力を有し、ピストンエンジンに比べて比較的単純な構成である。さらに、ガスタービンはピストンエンジンよりも燃焼時の排出物が少なく、可動部品が少ない。小型のガスタービン、いわゆるマイクロタービンは通常低効率である。一方、サイズが 1 MW 以上のガスタービンはより高い効率を達成するが、ピストンエンジンの効率とは比べものにならない。しかし、1 MW を超える動力では、ガスタービンはまもなく相当に安価な代替品となるので、効率の差はあれど、ピストンエンジンを凌ぐ可能性がある。

【0004】

主要構成部品が圧縮機、燃焼室およびタービンであるガスタービンの動作プロセスは、熱力学サイクルであるブレイトンサイクルによって説明される。周囲の空気が 1 以上の圧縮機ステップにて吸引されて、そこで圧縮される。圧縮空気はさらに燃焼室に送り込まれて、供給燃料とともに燃焼される。燃焼によって形成される高温の燃焼排ガスはさらに 1 以上のタービンステップにより膨張させられ、その膨張の際に、そのエネルギーを放散させる。タービンは通常圧縮機に回転可能に連結されて圧縮機を駆動するが、圧縮機は個別のモータまたは別のエネルギー源によっても駆動することができる。

【0005】

理想的なケースでは、圧縮及び膨張は等エントロピープロセスであり、つまり、システムのエントロピーは一定のままである。しかし、実際のガスタービンの圧縮室およびタービンからのエネルギー損失によって、これらのプロセスは断熱的である。圧縮と膨張は高速で起きるので、原理上、作動媒体との熱伝達はない。圧縮により圧力が上昇すると、断熱加熱が起こり、作動媒体、この場合は混入する周囲空気が加熱される。タービン内の膨張により圧力が低下すると、断熱冷却が起きる。放散される熱の部分は、タービンを駆動する動作として抽出することができる。効率が高まっているため、より多くの熱エネルギーの部分を抽出することができる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 6 】

マイクロタービンは、その名前が示すとおり、小型の高速ガスタービンであって、大型のガスタービンに比べて、燃焼室の圧力および温度が低い。マイクロタービンは、典型的には、出力が 5 0 k W ~ 5 0 0 k W の範囲で、サイズが約 3 m<sup>3</sup> で、総重量が 2 t 以上である。

## 【 0 0 0 7 】

ガスタービンを駆動する燃料として、通常、天然ガス（メタン、プロパン）、ガソリン、ディーゼル、燃料油、液化石油ガス、および消化汚泥などの様々な化石燃料、またはバイオガス、バイオディーゼル、および E 8 5（約 8 5 % のエタノールと約 1 5 % のガソリンの混合物）などの非化石燃料が使用されている。実際には、天然ガスが圧倒的に多く使用されており、最も低い排出値を有する。木質ペレット、アシ、麦わらまたは草などの固形のバイオマス燃料も候補と目されているが、燃焼室から出る燃焼排ガスおよび燃焼生成物が、タービンステップを通るときにタービンブレードのファウリングおよび汚染を生じさせる欠点を伴い、エネルギー損失が増え、それによってガスタービンの効率を低下させるおそれがある。タービンブレードは、どの燃料を使用するかによって、腐食という形の化学的侵食を受けるリスクもある。

10

## 【 0 0 0 8 】

そのため、固形バイオマス燃料で加熱するガスタービンでは、燃焼排ガスと分離される膨張ガスまたはタービンエアとも呼ばれる作動媒体を使用することが望ましい。いわゆる間接加熱動作サイクルでは、前記媒体は物理的に分離しておき、熱は熱交換器によって燃焼排ガスから作動媒体に伝達される。

20

## 【 0 0 0 9 】

特許文献 1 は、燃焼排ガスおよび作動媒体に個別のサイクルを有するガスタービンでブレイトンサイクルを利用する間接加熱式マイクロタービンを開示している。燃焼室は熱交換器から離れて配置され、燃焼排ガスは燃焼室から熱交換器に送り込まれて、その熱を圧縮機から圧縮作動媒体に伝達する。

## 【 0 0 1 0 】

間接加熱式（マイクロ）ガスタービンの別の例は、特許文献 2、特許文献 3 および特許文献 4 によって示されている。

特許文献 5 は直接加熱式ガスタービンシステムを開示しており、これはタービンの排ガスと燃焼空気との熱伝達のためにリング形の復熱装置を有し、復熱装置の内部に配置された圧縮機、燃焼室およびタービンを含む。

30

## 【 0 0 1 1 】

周知の技術の欠点は、圧縮機から燃焼室および熱交換器を通してタービンまで作動媒体および燃焼排ガスのうちの少なくとも一方がたどる経路に沿ったガスタービンのエネルギー損失が、効率の低下の一因となるため、多くの場合に低効率であることである。

## 【 0 0 1 2 】

特許文献 6 および特許文献 7 は、熱交換器を燃焼室内部に位置付けた間接加熱式ガスタービンシステムを開示している。熱交換器を燃焼室内部に配置することにより、燃焼ガスと流体を分離しておきながら、燃焼中に生成される燃焼ガスは熱交換器の管路の外側を通り、管路を流れる流体を加熱することができる。熱交換器は清掃のために燃焼室から容易に分解して取り出されるように設計されている。

40

## 【 0 0 1 3 】

この種の構造の 1 つの欠点は、比較的大きな空間が必要なことであり、例えばこの欠点は、自家用車タイプの車両またはコンパクトさが要求される他のシステムへの組み込みを妨げるものである。別の欠点は、煤煙または炭素質付着物などの燃焼による副産物を除去するために、熱交換器を定期的に清掃しなければならないことである。

## 【 0 0 1 4 】

そのため、高効率を有する小型の間接加熱式ガスタービンを開発する必要がある。

## 【 先行技術文献 】

50

## 【特許文献】

## 【0015】

【特許文献1】国際公開第03/093665号パンフレット

【特許文献2】英国特許出願公開第2402172号明細書

【特許文献3】仏国特許発明第2913724号明細書

【特許文献4】米国特許出願公開第2008/0041057号明細書

【特許文献5】国際公開第02/39045号パンフレット

【特許文献6】英国特許出願公開第2420382号明細書

【特許文献7】国際公開第02/055855号パンフレット

## 【発明の概要】

10

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0016】

本発明の目的は、例えば固形のバイオマス燃料による車両の走行のために使用することのできる高効率を有するコンパクトな間接加熱式ガスタービンを提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0017】

これは、空気および供給燃料の燃焼により燃焼排ガスを形成するために、ガスタービンシステムの中心軸に沿って配置された長手方向の延長部分を有する燃焼室と、作動媒体によって駆動されるタービンと、燃焼室に入るタービンの作動媒体および空気のうちの少なくとも一方を圧縮するためにタービンに回転可能に連結された圧縮機と、燃焼排ガスと作動媒体との間の熱伝達のための第1熱交換器装置とを備え、第1熱交換器装置および燃焼室を一体構造ユニットとして一体的に形成し、第1熱交換器装置は中心軸に沿って燃焼室の長手方向の延長部分内に実質的に配置される請求項1による間接加熱式ガスタービンシステムによって達成される。

20

## 【0018】

熱交換器および燃焼室を一体構造ユニットに一体化することにより、燃焼排ガスが燃焼室から熱交換器まで通過するときの熱損失を効果的に低減することができる。システムは、作動媒体の加熱時の燃焼室からの放射熱と第1熱交換器装置の対流熱との両方を利用する。このように、タービンへの入口での作動媒体の入力温度の上昇を達成することができる。

30

## 【0019】

同様に、ガスタービンシステムの容積の大幅な減少を提供することができ、例えば家用車または同様な他の車両などに組み込むことができる。

好適な実施形態では、燃焼室は実質的に円筒形であり、第1熱交換器装置は燃焼室の外径の周りに燃焼室と同軸上に配置されている。それにより、燃焼室からの放射熱は半径方向の外側に向かって第1熱交換器装置に伝達される。

## 【0020】

さらに有利な実施形態では、第1熱交換器装置は、作動媒体および燃焼排ガスが反対方向を向く流れ方向を有する対流熱交換器を備える。

別の好適な実施形態では、第1熱交換器装置は、燃焼室に沿って長手方向に延びる複数の平行管の形状の燃焼排ガス用熱伝達チャンネルを備え、これらは燃焼室の外周の周りに対称的に配置されて、等距離に配置されている。熱伝達チャンネルは、燃焼室の出口で燃焼排ガスの流れに関して実質的に対称に設計することができ、これは燃焼排ガスの流れが熱伝達チャンネル間に均等に分配されることを意味する。これは、好ましくは、中心軸に直交する同じ平面において見て、少なくとも2つの隣接する熱伝達チャンネルの断面積が実質的に同じ面積を有することによって達成することができる。

40

## 【0021】

さらに有利な実施形態では、第1熱交換器装置は、燃焼室の外周の周りに実質的に接線方向に延びるらせん状の流路の形状のタービンの作動媒体用熱伝達通路を備える。らせん形状は、燃焼室および燃焼排ガスの両方からの作動媒体への熱伝達を促進する。

50

## 【0022】

別の好適な実施形態では、ガスタービンシステムは、燃焼室の出口の真正面に配置されている第2熱交換器装置をさらに備える。好ましくは、第2熱交換器装置は、作動媒体がタービンの入口からタービンに送り込まれる直前に、第2熱交換器装置を通るように設計され、配置される。第2熱交換器装置を通ることにより、タービンへの入口の直前における、作動媒体への追加的な温度上昇が達成される。

## 【0023】

さらに別の好適な実施形態では、第2熱交換器装置は、燃焼室の反対側を向く熱伝達面を有し、作動媒体がタービンに出る前に、作動媒体が熱伝達面を数回かすめるように設計された渦流室を備える。熱伝達面に長時間曝されるほど、作動媒体の温度は高くなり、より均一な温度分布が達成される。

10

## 【0024】

本発明の別の好適な実施形態によると、ガスタービンシステムは、圧縮機の入口と一体化されたジェネレータをさらに備え、それにより、圧縮機に入る空気流がジェネレータの固定子巻線を冷却する。

## 【0025】

さらに有利な実施形態では、第1熱交換器装置および燃焼室は共に合わせて、溶接鋼から作られる低温部を形成する。好ましくは、燃焼室の外壁およびガスタービンシステムの外部カバーのうちの少なくとも一方を波形にして、材料が軸方向に膨張できるペローズ機能を形成する。

20

## 【0026】

別の好適な実施形態では、第2熱交換器装置は焼結セラミックおよび鋳造セラミックのうちの少なくとも一方から作られる高温部を形成する。

さらに別の好適な実施形態では、ガスタービンシステムは、燃焼排ガスの作動媒体が部分的に第1の熱交換器装置および第2の熱交換器装置のうちの少なくとも一方を通る流れの調整手段をさらに備える。こうして、作動媒体および燃焼排ガスのうちの少なくとも一方の温度を、ガスタービンシステムの最適な動作のために制御することができる。

## 【0027】

本発明の別の好適な実施形態によると、燃料は固形のバイオマス燃料からなる。好ましくは、バイオマス燃料は木質ペレットからなる。

30

本発明は、実施形態のいずれかによるガスタービンシステムを備える車両にも関わる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0028】

【図1】周知の技術によるガスタービンシステムの説明図を示す。

【図2】間接加熱式ブレイトンサイクルの説明図を示す。

【図3】本発明によるガスタービンシステムを斜視図で示す。

【図4】本発明によるガスタービンシステムの長手方向の断面を側面図で示す。

【図5】本発明によるガスタービンシステムの長手方向の断面を斜視図で示す。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0029】

40

ガスタービンシステムを、図面を参照しながら以下詳細に説明する。ただし、本発明は図面に示す1以上の実施形態に制限されると考えるべきではなく、請求の範囲内において変えることができる。

## 【0030】

本開示において、「一体構造ユニット」という用語は、明示的に別の記載がない限り、切り離すことのできない、または別の方法で分解することのできない単一部材を構成するように形成されるユニットを意味すると解釈するべきである。

## 【0031】

一般に、熱エネルギー(熱)を機械的エネルギー(動作)に変換するすべての種類の熱機関について、効率  $\eta$  は、抽出された動作  $W$  と供給される熱量  $Q$  との比として定義される。

50

【 0 0 3 2 】

【 数 1 】

$$\eta = \frac{W}{Q}$$

実際の熱機関はエネルギー損失によって制限されるので、供給される熱量全部を動作に変換することはできず、一定量が廃熱として周囲に放散する。

【 0 0 3 3 】

【 数 2 】

$$Q_{in} = W + Q_{ut}$$

10

そのため、効率は以下になる。

【 0 0 3 4 】

【 数 3 】

$$\eta = \frac{Q_{in} - Q_{ut}}{Q_{in}} = 1 - \frac{Q_{ut}}{Q_{in}}$$

2つの固定温度間で作動する熱機関、この場合、ブレイトンサイクルに従って作動するガスタービンを考えると、供給される熱量および放散される廃熱は、タービンのそれぞれ入口および出口での作動媒体の温度に対応することが導き出され、これが効率になる。

20

【 0 0 3 5 】

【 数 4 】

$$\eta = 1 - \frac{T_{ut}}{T_{in}}$$

したがって、タービンの入口での作動媒体の温度を上昇させると、ガスタービンの効率を高めることにつなげることができることが認識される。

【 0 0 3 6 】

30

図1は、タービン2に回転可能に連結されている圧縮機1を有する周知の技術によるガスタービンシステムの説明図を示す。圧縮機1は通常、管の内側の共通シャフトで回転する多数の多翼プロペラからなる軸流圧縮機である。プロペラ間には、空気流を次のプロペラに向かって軸方向の後方に向けるブレードを有する固定リングがある。周囲からの空気は圧縮機1に引き込まれ、それによって圧縮されて、燃焼室3に送り込まれる。燃焼室3には燃料貯蔵室6からの燃料も供給されて、圧縮された周囲の空気とともに燃焼される。その結果生じる燃焼排ガスはさらにタービン2に送り込まれて、そこでタービンのロータを駆動するように膨張させられる。タービン2と圧縮機1との連結により、抽出された動作の一部は圧縮機1を駆動するために使用される。

【 0 0 3 7 】

40

エネルギー量の残りの部分は、同じくタービン2に回転可能に連結されているジェネレータ7によって抽出される。通常、ジェネレータ7はガスタービンシステムの始動モータとしても作用する。

【 0 0 3 8 】

ガスタービンシステムは、例えば、圧縮機1への入口空気用のエアフィルタまたは燃焼室3からの排気ガス用の消音器など、他の構成部品も含むことができる。

図2では、間接加熱式動作サイクル（ブレイトンサイクル）を原理図で示している。前述の構成部品に加えて、ここでは、燃焼室3から出る燃焼排ガスから、膨張ガスまたはタービンエアとも呼ばれるタービン2の作動媒体まで熱を伝達するための熱交換器8も含まれている。それにより、タービン2のファウリング（汚染）が避けられる。タービン出口

50

での作動媒体からの熱は復熱装置によって回収することができ、熱は、例えば水を加熱するために、別の媒体に熱交換によって伝達される。別の可能性は、タービン出口から出る排気ガスを、燃焼室 3 の炎に送り込んで、燃焼前に燃料を加熱することである。これにより、ある所与の動作温度または動作動力を得るために燃焼室に供給する必要のある熱が少なくなるため、燃焼消費量が減少する。燃焼排ガスはタービン 2 を通ることはないため、例えば、本来であれば排気ガス内の汚染残留物含有量の増加を伴う、固形の燃料を使用するという選択肢が開かれる。

#### 【 0 0 3 9 】

図 3 は、本発明によるガスタービンシステムを斜視図で示している。ガスタービンシステムは、共通シャフトで互いに回転可能に連結されている圧縮機 1 とタービン 2 とを備える。ジェネレータ 7 は圧縮機 1 の入口に組み込めるので、圧縮機 1 を通る空気流がジェネレータ 7 の固定子巻線を冷却する。

10

#### 【 0 0 4 0 】

図 4 は、本発明によるガスタービンシステムの長手方向の断面を側面図で示している。燃焼室 3 はガスタービンシステムの中心軸 C に沿って長手方向に延びている。好ましくは、燃焼室 3 の中心軸 C およびガスタービンシステムの中心軸 C は一致する。燃焼室 3 の一端は、ガスタービンシステムに隣接する燃料貯蔵室（図示せず）から燃料を供給するための燃焼室入口 4 を有する。好適な実施形態では、ガスタービンシステムは、木質ペレットなどの固形のバイオマス燃料で加熱することができ、これは送りねじ（図示せず）によってペレットの貯蔵室から燃焼室 3 に供給される。ここで、燃焼室 3 は円筒形に設計されているが、立方形、リング形、円錐形、または不規則な形状など、他の実施形態も実現可能である。

20

#### 【 0 0 4 1 】

燃焼室 3 の他端では、燃焼から生じる燃焼排ガスが燃焼室出口 5 から、半径方向の外側に向いた出口開口部 10 を介して、第 1 熱交換器装置 8 に排出される。第 1 熱交換器装置 8 は、一体構造に形成されたユニットである低温部を得るために、燃焼室 3 と一体的に形成されている。本発明において、「一体構造ユニット」という用語は、切り離すことのできない、または他の方法で分解することのできない単一部材で形成されるユニットを意味すると解釈されることは了解されるべきである。一体構造は、例えば、第 1 熱交換器装置 8 と燃焼室 3 とを互いに溶接することにより、または他の適切な方法で永久的に互いに接合することにより実現することができる。他に考えられる解決策は、第 1 熱交換器装置 8 および燃焼室 3 を単一部材に成形することであろう。

30

#### 【 0 0 4 2 】

低温部は、第 1 熱交換器装置 8 を中心軸 C に沿って、燃焼室 3 の長手方向の延長部分内に実質的に配置することによって、燃焼室 3 から半径方向の放射熱を作動媒体を加熱するために最大限に利用するように設計されている。当業者は、第 1 熱交換器装置 8 の一部が、例えば燃焼室出口 5 に隣接している燃焼室の長手方向の延長部分の外側まで延びている構造も、本発明の範囲内であることを認識する。好適な実施形態では、第 1 熱交換器装置 8 は、コンパクトなユニットを形成するために、燃焼室 3 の外径の周りに燃焼室 2 と同軸上に配置される。

40

#### 【 0 0 4 3 】

図 5 は、本発明によるガスタービンシステムの長手方向の断面を斜視図で示している。第 1 熱交換器装置 8 は、有利なことに、作動媒体および燃焼排ガスが逆向きの流れ方向を有する対流熱交換器として形成することができる。このような熱交換器は、燃焼室に沿って長手方向に設置され、対称に配置され、燃焼室の外周の周りに等距離に配置される複数の平行管として燃焼排ガス用の熱伝達チャンネル 11 からなることができる。複数の熱伝達チャンネル 11 の断面積は同じ面積を有することができ、熱伝達チャンネル 11 は、出口 5 において、燃焼室 3 から出る燃焼排ガスの流れに関して実質的に対称である。すなわち、燃焼排ガスはスループット時に熱伝達チャンネル 11 の間に均一に分配され、本来であれば間接加熱式タービンの熱交換器の流路を通る質量流量を均衡しようとするときに生

50



じる余分な圧力低下もなく、均質な温度分布および可能な限り最高の熱伝達を提供する。熱伝達チャンネル 11 を通る燃焼排ガスの流れは、ガスタービンシステムの中心軸に平行であり、実質的軸方向である。

#### 【0044】

第1熱交換器装置8は、作動媒体用の熱伝達通路12も有することができる。作動媒体は圧縮機1からの圧縮空気からなり、これはパイプライン23を通して熱伝達通路12に送り込まれる。この熱伝達通路12は、燃焼室3の外壁13およびガスタービンシステムの外部カバー14によって半径方向に制限され、燃焼室の外壁13から外部ケーシング14まで燃焼室3の外周の周りに延びている中間壁15によって、軸方向に制限される流路にすることができる。したがって、熱伝達通路12は、燃焼室3の外周の周りを少なくとも1周分、接線方向に延びるらせん状通路を形成することができる。通路12の隣接する巻回部は互いに気密である。熱伝達通路12を通る作動媒体の流れは、図5の矢印で示すように、ガスタービンシステムの中心軸Cの周りで実質的に接線方向である。

10

#### 【0045】

燃焼排ガス用熱伝達チャンネル11は、熱伝達通路12の仕切り壁15と交差する。熱伝達チャンネル11の管が仕切り壁15に接する接触面は、燃焼排ガスが作動媒体に接触しないように気密である。他方で、熱は対流によって燃焼排ガスから作動媒体に伝達される。燃焼排ガスは、第1熱交換器装置8から燃焼排ガス出口22を通して排出される。それから、加熱された作動媒体はさらにパイプライン24を通してタービン2に向かって送られる。

20

#### 【0046】

好適な実施形態では、低温部は355溶接鋼から作られ、作動媒体の温度を500 ~ 700 まで上昇させるのに適応させられている。

ガスタービンシステムは、さらに、タービン2の入口20に隣接して、高温部とも呼ばれる第2熱交換器装置9を備えることができる。その場合、燃焼室の出口開口部10は、第2熱交換器装置9の一次側16に配置することができ、その表面は燃焼室3と対向する。

#### 【0047】

第1熱交換器装置8からタービン入口20までに向かう途中で、作動媒体は第2熱交換器装置9の二次側17を通り、その表面は燃焼室3の反対側を向く。二次側17は燃焼室出口5の真正面に配置される渦流室19として形成することができる。この位置は、燃焼室からの放射熱がその最高値に達する燃焼室3の熱放射中心18を表す。渦流室19は、パイプライン24からの入口28が渦流室19の外縁に配置されるように円形に形成され、流入する作動媒体が渦流室19に進入するときに主に接線方向の流れ方向を与える。作動媒体は渦流室19でらせん状経路にて循環される。燃焼室3からの放射熱は渦流室19を加熱し、そこで、作動媒体は、渦流室19の出口を介してタービン2に出る前に、渦流室19の熱伝達面を数回かすめる。作動媒体は渦流室19で、所望の加熱を達成するために長い滞留時間を有することが望ましい。渦流室19での滞留時間をさらに延ばすために、出口29の反対側に、循環を促進させる中央隆起部30を設けることができる。

30

#### 【0048】

第2熱交換器装置9は、作動媒体の温度を650 ~ 900 まで上昇させるのに適応させられており、これは、約20% ~ 22%の効率をガスタービンに与えることになるであろう。高温部の好適な材料は、優れた熱特性を有する焼結セラミックまたは鋳造セラミックである。

40

#### 【0049】

第2熱交換器装置9は、有利なことに、燃焼室3の単なる補助のためにモジュラー型の構成部品として形成することができ、これで摩耗時の交換も行いやすくなる。第2熱交換器装置9の一次側16の外径は、燃焼室3の内径に適合させて、2つの構成部品を接合するときに気密連結を形成するようにする。

#### 【0050】

50

燃焼室 3 の温度が約 650 ~ 1200 に達するとき、燃焼室の外壁 13 と、周囲温度に接するガスタービンシステムの外部カバー 14 との間に温度勾配が生じることがある。好ましくは溶接鋼である燃焼室の外壁 13 および外部カバー 14 のうちの少なくとも一方の材料の膨張が異なるため、温度勾配はガスタービンシステムの変形を生じさせることがある。

【0051】

変形を抑えるために、燃焼室の外壁 13 および外部カバー 14 のうちの少なくとも一方を波形にすることができ、これにより、望ましくない変形を生じさせることなく、材料が軸方向に膨張できるペローズ機能が提供される。

【0052】

ガスタービンシステムはさらに、タービン 2 の出口 21 と燃焼室 3 の入口 4 との間にパイプライン 25 を装備することができる。したがって、作動媒体は燃焼室 3 に戻り、燃焼を開始する前に供給燃料を加熱する。それにより、例えば、スターリングエンジンと比べて、燃焼室 3 に供給する必要がある熱が少なくなるため、燃料消費量が減少する。

【0053】

好適な実施形態では、ガスタービンシステムは、部分的に第 1 熱交換器装置 8 および第 2 熱交換器装置 9 のうちの少なくとも一方を通る作動媒体および燃焼排ガスのうちの少なくとも一方のガスの流れを調整する手段をさらに備えることができる。この手段または調整器は、例えば、作動媒体を圧縮機 1 から直接、第 2 熱交換器装置 9 に、または第 1 熱交換器装置から直接、タービン 2 に送るパイプラインを有する 1 以上のバルブからなることができる。

【0054】

ガスタービンシステムは自家用車などの車両に組み込むように適応されるべきであるので、システムを十分にコンパクトにし、重量を従来のピストン形の内燃機関と同程度にできることが非常に重要である。

【0055】

自家用車への組み込みの実施例では、発生する動力の要件は、マイクロタービンの動力に相当する 10 kW ~ 100 kW の範囲である。一体構造ユニットとして形成される低温部のコンパクトな設計により、システムのサイズが 700 mm ~ 1000 mm の長さおよび 400 mm ~ 600 mm の外周によって示されるマイクロタービンの形態のガスタービンを有する実施形態が可能である。これまで周知の技術では、このようなサイズダウンはかなりの効率の低下を示すであろうが、本発明では、作動媒体を加熱するために燃焼室 3 の放射熱を利用することにより、これを抑える。マイクロタービンシステムのサイズの場合、さらに 30 mm ~ 50 mm の絶縁用の空間が見積もられる。特に、セラミック製の第 2 熱交換器装置 9 を囲むエリアは、達し得る表面温度に関して高い要求を課す。この実施形態では、マイクロタービンシステムの質量は約 34 kg と計算される。

【0056】

本発明によるガスタービンシステムは、特定のサイズに制限されるものではなく、所望のサイズおよび動力をもつガスタービンシステムに適用することができる。含まれる構成部品の材料は、当然ながら、例えば金属または複合材料など、ガスタービンシステムの強度および耐熱性の要件を満たす前述した材料とは異なるものでもよい。

【0057】

第 1 熱交換器装置の熱伝達チャンネル / 通路は、燃焼排ガスが燃焼室の周りに実質的に接線方向の流れ方向をとり、作動媒体が燃焼室に沿った軸方向の流れ方向をとるように配置することができる。両方の流れ方向が実質的に接線方向、軸方向またはガスタービンシステムの中心軸に対して角度をなすらせん状で反対向きの別の設計も実行可能である。

【符号の説明】

【0058】

1 圧縮機、2 タービン、3 燃焼室、4 燃焼室入口、5 燃焼室出口、6 燃料貯蔵室、7 ジェネレータ、8 第 1 熱交換器装置、9 第 2 熱交換器装置 / 高温部、

10

20

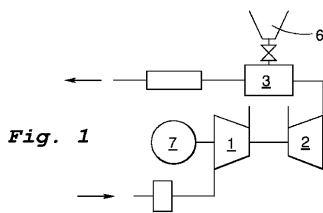
30

40

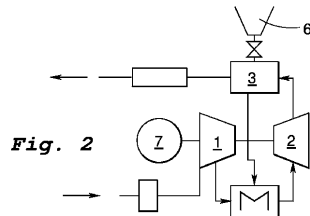
50

10 出口開口部、11 燃焼排ガス用熱伝達チャネル、12 作動媒体用熱伝達通路、13 外壁、14 外部カバー、15 仕切り壁、16 一次側、17 二次側、18 熱放射中心、19 渦流室、20 タービン入口、21 タービン出口、22 燃焼排ガス出口、23 パイプライン(圧縮機 熱交換器通路)、24 パイプライン(熱交換器通路 渦流室)、25 パイプライン(タービン 燃焼室)、26 圧縮機入口、27 圧縮機出口、28 渦流室入口、29 渦流室出口、30 隆起部。

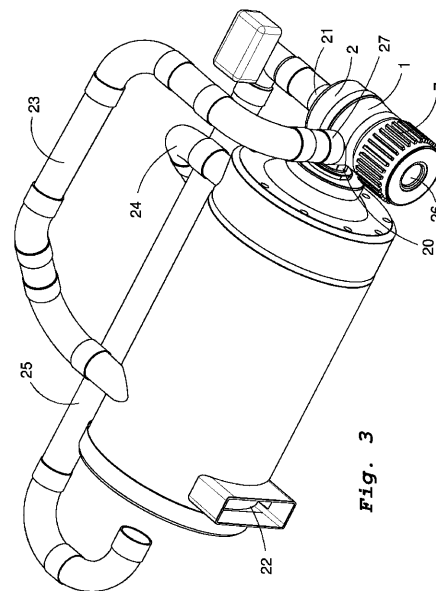
【図1】



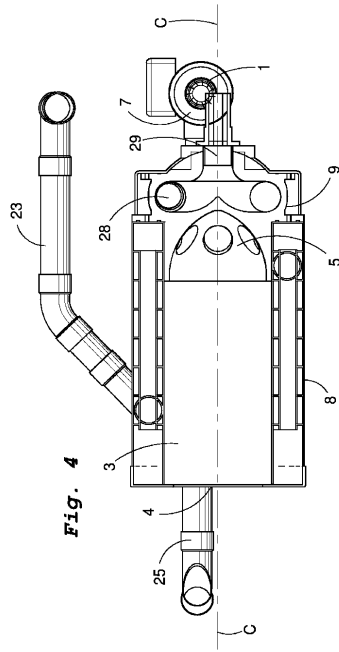
【図2】



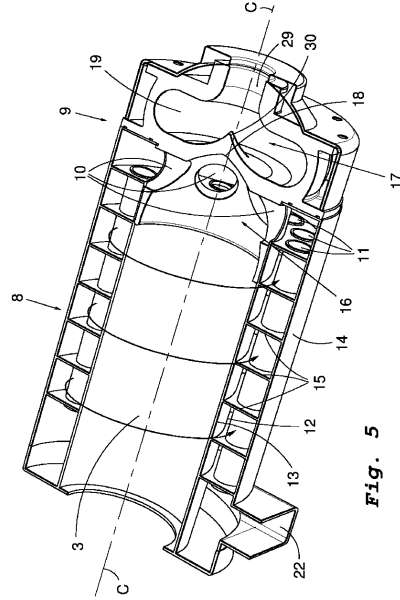
【図3】



【図 4】



【図 5】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 ラーション、ステファン  
スウェーデン国 S - 8 1 4 9 4 エルブカーレビュー ソルゴーデン ブルークスガータン  
7
- (72)発明者 リンドストレーム、アンデシュ  
スウェーデン国 S - 8 1 4 9 4 エルブカーレビュー ソルゴーデン ブルークスガータン  
7
- (72)発明者 コベス、ハンシ  
スウェーデン国 S - 5 9 3 3 0 ベステルビーク ストレムスガータン 6

審査官 米澤 篤

- (56)参考文献 特開2004-084575(JP, A)  
国際公開第02/39045(WO, A2)  
米国特許第4492085(US, A)  
米国特許第5165239(US, A)  
特表2008-537055(JP, A)  
米国特許出願公開第2010/0064688(US, A1)  
国際公開第2010/064921(WO, A1)  
特開平1-310126(JP, A)  
米国特許第6066898(US, A)  
英国特許第2420382(GB, B)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
F02C 1/04