(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3686331号

(P3686331)

(45)発行日　平成17年8月24日(2005.8.24)　(24)登録日　平成17年6月10日(2005.6.10)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
F02G 1/053	F02G	1/053	B
F02G 1/043	F02G	1/053	K
F25B 9/14	F02G	1/043	A
	F25B	9/14	510B

請求項の数 6　(全 13 頁)

(21)出願番号　特願2000-378701(P2000-378701)
(22)出願日　平成12年12月13日(2000.12.13)
(65)公開番号　特開2002-180901(P2002-180901A)
(43)公開日　平成14年6月26日(2002.6.26)
審査請求日　平成15年1月31日(2003.1.31)

(73)特許権者　000005049
シャープ株式会社
大阪府大阪市阿倍野区長池町２２番２２号
(74)代理人　100064746
弁理士　深見　久郎
(72)発明者　岡野　哲之
大阪府大阪市阿倍野区長池町２２番２２号　シャープ株式会社内
(72)発明者　上田　和彦
大阪府大阪市阿倍野区長池町２２番２２号　シャープ株式会社内
(72)発明者　田中　章三
大阪府大阪市阿倍野区長池町２２番２２号　シャープ株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】スターリングエンジン

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

シリンダ内に配置される作動体の往復運動により発生する高圧ガスを前記作動体の内部に設けられる加圧室に蓄え、前記作動体内の前記高圧ガスを前記シリンダと前記作動体との摺動部に流出するガスベアリングを備える、スターリングエンジンであって、

前記作動体の側壁部に設けられる前記高圧ガスの流出口には、前記高圧ガスの流出上流側に第１多孔質体が配設され、前記高圧ガスの流出下流側に、前記第１多孔質体よりも空孔率の小さい第２多孔質体が配設される、スターリングエンジン。

【請求項２】

前記第１多孔質体と、前記第２多孔質体とは、前記加圧室において、前記シリンダの径方向に沿って積層配置される、請求項１に記載のスターリングエンジン。

【請求項３】

前記第１多孔質体と、前記第２多孔質体とは、前記加圧室において、前記シリンダの軸線方向に沿って積層配置される、請求項１に記載のスターリングエンジン。

【請求項４】

前記第１多孔質体と、前記第２多孔質体とは、前記作動体の側壁部に径方向に向かって設けられている孔の内部において、前記シリンダの径方向に沿って積層配置される、請求項１に記載のスターリングエンジン。

【請求項５】

前記第１多孔質体、および、前記第２多孔質体の、少なくともいずれか一方は、樹脂から

構成される、請求項１から４のいずれかに記載のスターリングエンジン。
【請求項６】
シリンダ内に配置される作動体の往復運動により発生する高圧ガスを前記作動体の内部に設けられる加圧室に蓄え、前記作動体内の前記高圧ガスを前記シリンダと前記作動体との摺動部に流出するガスベアリングを備える、スターリングエンジンであって、
前記作動体は、前記シリンダとの摺動面と前記加圧室とを含む領域が多孔質体から構成される、スターリングエンジン。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
この発明は、スターリングエンジンに関し、より特定的には、スターリングエンジンの各摺動部に適用されるガスベアリングのガス流出構造において、ガス流出部で目詰まりすることなく、運転中に信頼性高くガスを流出することを可能とするスターリングエンジンの構造に関する。
【０００２】
【従来の技術】
スターリングエンジンに用いられる摺動部での摩擦は、スターリングエンジンの性能および信頼性に大きく影響をおよぼすため、従来のスターリングエンジンにおいては、摺動部にガスベアリング効果を用いたガス流出構造を採用することにより、摺動部での低摩擦化が図られている。
【０００３】
従来のガスベアリング効果を用いたガス流出構造として、一般に以下に示す２例を挙げることができる。第１のガス流出構造の概略を図１２に示す。図に示すように、シリンダ２内に設けられた運動体であるピストン３のガス流出口に、ドリル加工によって形成された小孔２１を設け、この小孔２１からガスを流出するすることにより、シリンダ２とピストン３との摺動面に静圧気体軸受を構成する。この方式は、オリフィス方式と呼ばれる。
【０００４】
第２のガス流出構造の概略を図１３に示す。図に示すように、シリンダ２内に設けられた作動体であるピストン３のガス流出口に、材料に無数の小孔が存在し、通気性を有する多孔質体２２を配置し、この多孔質体２２からガスを流出することにより、シリンダ２とピストン３との摺動面に静圧気体軸受を構成する。
【０００５】
【発明が解決しようとする課題】
スターリングエンジンの摺動部に上記ガスベアリング効果を用いた静圧気体軸受を採用した場合の課題を以下に示す。
【０００６】
図１２に示す第１のガス流出構造によるオリフィス方式においては、スターリングエンジンの性能を向上させるために、ガス流出口からのガスの流量損失を低減させる必要がある。そこで、ガス流出口の孔径を大変小さくしていた。しかし、スターリングエンジンの組立時の塵や、運転中の摩擦により発生した摩耗粉が、凝集してガス流出口に詰まり、各ガス流出口からのガス流出量の不均一によりピストンが一方向に押付けられ、スターリングエンジンの運転の信頼性の低下に繋がるという問題が存在した。
【０００７】
また、図１３に示す第２のガス流出構造においては、オリフィス方式と異なり多孔質体２２に気孔が多数存在するため、各ガス流出口からのガス流出量を絞り込むには、多孔質体２２の気孔径を大変小さくしなければならないが、気孔径を小さくすると、気孔に摩耗粉等が詰まるという問題が存在した。
【０００８】
したがって、この発明の目的は、ガス流出口での目詰まりによるスターリングエンジン性能の低下や、信頼性の低下を抑制することを可能とした、スターリングエンジンを提供す

ることを目的とする。
【０００９】
【課題を解決するための手段】
この発明に基づいたスターリングエンジンの一つの局面においては、シリンダ内に配置される作動体の往復運動により発生する高圧ガスを上記作動体の内部に設けられる加圧室に蓄え、上記作動体内の上記高圧ガスを上記シリンダと上記作動体との摺動部に流出するガスベアリングを備えるスターリングエンジンであって、上記作動体の側壁部に設けられる上記高圧ガスの流出口には、上記高圧ガスの流出上流側に第１多孔質体が配設され、上記高圧ガスの流出下流側に、上記第１多孔質体よりも空孔率の小さい第２多孔質体が配設される。
【００１０】
この構成により、第１多孔質体と第２多孔質体を通過させてガスを流出することにより、第１多孔質体で大きな塵を捕捉するとともにガスを絞り、第２多孔質体で更にガスの絞り込みを実施することにより、従来の多孔質体単体では得ることが難しかったガス流量を絞り、かつ、目詰まりがしにくいという両方の特性を得ることが可能となる。また、上記発明において好ましくは、上記第１多孔質体と、上記第２多孔質体とは、上記加圧室の内部において、上記シリンダの径方向に沿って積層配置される。
【００１１】
また、上記発明において好ましくは、上記第１多孔質体と、上記第２多孔質体とは、上記加圧室において、上記シリンダの軸線方向に沿って積層配置される。このように、軸線方向に多孔質体を並べて配置していることから、第１多孔質体と第２多孔質体との外径寸法および内径寸法を同じにすることができるため、多孔質体の作成において同じ金型を用いて製作することが可能になる。
【００１２】
また、上記第１多孔質体と、上記第２多孔質体とは、上記作動体の側壁部に径方向に向かって設けられている孔の内部において、上記シリンダの径方向に沿って積層配置される。
【００１３】
この構成を採用することにより、第１多孔質体および第２多孔質体を孔に挿入することのみで実現できるため、治具を必要とせず、組込み作業の効率化を図ることが可能になる。
【００１４】
また、上記発明において好ましくは、上記第１多孔質体、および、上記第２多孔質体の、少なくともいずれか一方は、樹脂から構成される。この構成を採用することにより、スターリングエンジンの軽量化を図ることが可能になる。また、振動や騒音レベルを低減することも可能になる。
【００１５】
この発明に基づいたスターリングエンジンの他の局面においては、シリンダ内に配置される作動体の往復運動により発生する高圧ガスを上記作動体の内部に設けられる加圧室に蓄え、上記作動体内の上記高圧ガスを上記シリンダと上記作動体との摺動部に流出するガスベアリングを備えるスターリングエンジンであって、上記作動体は、上記シリンダとの摺動面と上記加圧室とを含む領域が多孔質体から構成される。
【００１６】
このように、作動体を多孔質体から構成することにより、上記発明の構成と比較した場合、２種類の多孔質材のうち１つの多孔質材を組込む工程が省けるのため、コスト削減を図ることが可能になる。
【００１７】
また上記各発明において、上記作動体はピストン、または、ディスプレーサである。
【００１８】
【発明の実施の形態】
（実施の形態１）
以下、本発明に基づいた実施の形態１におけるスターリングエンジンについて、図を参照

しながら説明する。

【００１９】

（スターリングエンジンの概略構造）

図１を参照して、本実施の形態におけるスターリングエンジンの概略構造を説明する。本実施の形態においては、圧力容器１内に媒体として高圧のヘリウムガス（以下、単に「ガス」と称する。）が封入されている。１つのシリンダ２内に作動体としてのピストン３とディスプレーサ４とが配置され、ピストン３とディスプレーサ４とがそれぞれ往復運動を行なう。

【００２０】

圧力容器１とシリンダ２により形成される空間は、ピストン３によって２つの空間に分割される。第１の空間は、ピストン３のディスプレーサ４側に規定される作動空間５である。第２の空間は、ピストン３のディスプレーサ４側と反対側に規定される背面空間６である。

【００２１】

第１の空間である作動空間５は、ディスプレーサ４でさらに２つの空間に分割される。第１の分割空間は、ピストン３とディスプレーサ４とに挟まれた領域からなる圧縮空間５ａである。第２の分割空間は、シリンダ２の先端部の領域からなる膨張空間５ｂである。圧縮空間５ａと膨張空間５ｂとは再生器７を介して連結されている。

【００２２】

背面空間６はシリンダ２を取囲むように圧力容器１によって形成されている。圧縮空間５ａと膨張空間５ｂの圧力は、圧力容器１内に封入したガス圧力を基準としてピストン３の往復運動の変位に対応して変動する。

【００２３】

ピストン３は、圧力容器１に対してピストンスプリング８によって支持されている。ピストン３は、リニアモータ等からなるピストン駆動体（図示省略）により圧力容器１の軸線方向にリニア駆動され、シリンダ２内を往復運動して、ガスの圧縮、膨張を行なっている。

【００２４】

ディスプレーサ４は、ピストン３内部を貫通する貫通軸部４ａを備え、この貫通軸部４ａが圧力容器１に対してディスプレーサスプリング９によって支持されている。ディスプレーサ４はディスプレーサスプリング９の共振効果を利用して往復運動する。その結果、作動空間５内のガスが、圧縮空間５ａと膨張空間５ｂとの間を往復移動する。

【００２５】

ピストン３の往復運動により圧縮空間５ａで圧縮されたガスが、シリンダ２に設けられた一方向弁１０を通じてピストン３内部の加圧室１１に流入することにより、加圧室１１は高い圧力状態が維持される。この加圧室１１からガスをピストン３とシリンダ２との間摺動部に流出し、ガスベアリング効果によって静圧気体軸受を構成し、ピストン３はシリンダ２に対して非接触状態で往復運動が可能となる。

【００２６】

なお、本実施の形態においては、加圧室１１から摺動部に流出するガスは、後述する構造を採用することにより、ガス流出量が絞り込まれているため、ガス流量損失はほとんどなく、加圧室１１内には圧縮空間５ａのガス圧変動の最高圧力と等しい程度のガス圧が蓄えられている。

【００２７】

たとえば、加圧室１１内のガス圧力は、運転条件によっても異なるが、圧縮空間５ａ内のガス圧力変動の最高圧力と略同等のガス圧力となり、スターリングエンジン内の封入ガス圧力が約２．５ＭＰａの場合、加圧室１１内のガス圧力は、約２．７ＭＰａ程度となる。

【００２８】

なお、図１に示す構成を用いたスターリングサイクルに関しては、一般によく知られているので、ここでの詳細な説明は省略する。

【００２９】
（ガス流出口部の構造）
図２～図４を参照して、本実施の形態におけるガス流出口部の構造について説明する。なお、ピストン３の形状は、シリンダ２の軸線に対して対称形状を有しているため、図においては、図１に示すピストン３の上側の断面形状のみを図示するものとする（以下に示す、各実施の形態においても同様とする）。ここで、図２はピストン３の断面形状を示す図であり、図３は図２中Ｘ線矢視断面図であり、図４は図２中Ｙ線矢視断面図である。
【００３０】
図２を参照して、ピストン３には、通気孔１５およびポケット１６からなるガス流出口が、円周上に複数（たとえば、９０°ピッチ、４箇所）設けられている。通気孔１５はφ０．５ｍｍの小孔からなり、ポケット１６は、φ８ｍｍ、深さ１．０ｍｍの凹部形状を有する。
【００３１】
ガス流出口の加圧室１１の内側には、ガスの流れ方向の上流側に空孔率の大きい第１多孔質体１２Ａが配設され、ガスの流量方向の下流側に空孔率の小さい第２多孔質体１３Ａとが配設されるように、シリンダ２の径方向に沿って積層して配置されされている。なお、空孔率とは単位体積あたりに対する空孔の合計体積の占める割合を示すものとする。また、シリンダ２の径方向とは、図１中に示すように、シリンダ２の半径方向に沿った方向を意味する。
【００３２】
また、第１多孔質体１２Ａおよび第２多孔質体１３Ａを加圧室１１内に固定するためのリング１４が設けられている。加圧室１１内の内径寸法は、Ｌ１がφ２０ｍｍ、Ｌ２がφ２５ｍｍである。また、ピストン３の外径Ｌ３はφ３２ｍｍである。
【００３３】
第１多孔質体１２Ａおよび第２多孔質体１３Ａは、図３に示すように、ドーナッツ形状を有している。第１多孔質体１２Ａは、寸法が、外径φ２２ｍｍ、内径φ２０ｍｍであり、材質として空孔率６０％のポリエチレンが用いられている。第２多孔質体１３Ａは、寸法が、外径φ２５ｍｍ、内径φ２２ｍｍであり、材質として空孔率３０％のポリエチレンが用いられている。
【００３４】
第１多孔質体１２Ａ、第２多孔質体１３Ａ、および、リング１４の加圧室１１内への挿入は、ピストン３の底部に開閉可能な蓋体３ａが設けられており、第１多孔質体１２Ａ、第２多孔質体１３Ａ、および、リング１４を加圧室１１内の所定位置に位置決めした後に、蓋体３ａによりピストン３の底部を閉じる構造が採用される。
【００３５】
第１多孔質体１２Ａ、および、第２多孔質体１３Ａのピストン３への組付けは、まず円管状の第２多孔質体１３Ａをピストン３に圧入する。加圧室１１内部には、多孔質体を組付けるための段部１１ａが設けられており、多孔質体の軸方向位置が決定されるようになっている。なお、軸方向とは図中に示すように、シリンダ２の軸方向に沿った方向を意味する。
【００３６】
次に、第１多孔質体１２Ａを第２多孔質体１３Ａの内周部に圧入する。その後、第１多孔質体１２Ａ、および、第２多孔質体１３Ａの底面側の端部にリング１４を挿入する。このように、リング１４を設けることにより、多孔質体の端部からのガス流入を遮断でき、ガスの流入経路を１つにすることが可能となり、ガス流量を安定させることが可能になる。
【００３７】
なお、リング１４の挿入に代わり、第１多孔質体１２Ａ、および、第２多孔質体１３Ａの端部に、多孔質体の空隙を閉じる目潰し処理を施しても、同等の効果が得られる。ここで、目潰し処理には、旋盤を用いた機械加工を施すことにより、多孔質体の空孔を潰す方法や、多孔質体を金型で作成する場合に、多孔質体の内周面分部に樹脂フィルムを巻付けて

多孔質体の焼結を行なうことにより多孔質体の空孔を潰す方法が挙げられる。

【００３８】

また、加圧室１１の内周面と第２多孔質体１３Ａとの締付け代、および、第１多孔質体１２Ａと第２多孔質体１３Ａとの締付け代が、ガス損失量に大きく影響する。この締付け代は、第１多孔質体１２Ａ、および、第２多孔質体１３Ａが損傷することなく、かつ、十分な締付けが可能な寸法に設定する必要がある。今回の実施の形態においては、それぞれの直径方向の締付け代を約０．１ｍｍとしている。

【００３９】

上記構造からなるガス流出口部において、加圧室１１に蓄えられているガスは第１多孔質体１２Ａと第２多孔質体１３Ａを通過して、ピストン３に設けた通気孔１５からピストン３とシリンダ２との間の摺動部にガスを流出する。このときのガスの流出量は約６０ｍｌ／ｍｉｎ程度である。

【００４０】

（作用・効果）

以上、本実施の形態におけるスターリングエンジンに適用されるガス流出口部の構造においては、第１多孔質体１２Ａに空孔率の大きい多孔質体を用いることにより、運転中に発生した大きな塵を捕捉するとともに、ガス流出を絞る働きをする。また、第２多孔質体１３Ａに空孔率の小さい多孔質体を用いることにより、更にガス流出の絞り込みを行なう。

【００４１】

このように、第１多孔質体１２Ａと第２多孔質体１３Ａを通過させてガスを流出することにより、第１多孔質体１２Ａで大きな塵を捕捉するとともにガスを絞り、第２多孔質体１３Ａで更にガスの絞り込みを実施することにより、従来の多孔質体単体では得ることが難しかったガス流量を絞り、かつ、目詰まりがしにくいという両方の特性を得ることが可能となる。

【００４２】

なお、第１多孔質体１２Ａと第２多孔質体１３Ａとの２層構造を採用した場合について説明したが、内側から外側に向かうにしたがって、多孔質体の空孔率が次第に小さくなる多層構造を採用しても、同様の作用効果を得ることが可能である。

【００４３】

また、上記実施の形態においては、ピストン３に設けられるガス流出口部の構造について説明したが、図１に示す、ディスプレーサ４側においても、同構造のガス流出口部の構造を採用することが可能である。

【００４４】

（実施の形態２）

次に、本発明に基づいた実施の形態２におけるスターリングエンジンについて、図を参照しながら説明する。なお、実施の形態１と同一構成については、詳細な説明を省略する。また、本実施の形態におけるスターリングエンジンの特徴は、ピストンに設けられるガス流出口部の構造にあるため、ここではこのガス流出口部の構造にのみ言及する。

【００４５】

図５～図７を参照して、本実施の形態におけるガス流出口部の構造について説明する。なお、図５はピストン３の断面形状を示す図であり、図６は図５中Ｘ線矢視断面図であり、図７は図５中Ｙ線矢視断面図である。

【００４６】

図５を参照して、ガスの流れ方向の上流側に空孔率の大きい第１多孔質体１２Ｂが配設され、ガスの流れ方向の下流側に空孔率の小さい第２多孔質体１３Ｂが配設されるように、シリンダ２の軸線方向に沿って連続して配置されており、第１多孔質体１２Ｂ、および、第２多孔質体１３Ｂの内面にリング１４が挿入されている。したがって、ガス経路は図５中の矢印のように、多孔質体に対して軸線方向にガスが流れるようになっている。このようなガス流量を取ることにより、第１多孔質体１２Ｂで大きな塵を捕捉するとともにガスを絞り込み、第２多孔質体１３Ｂでガスを絞るということが可能である。

【００４７】
上記実施の形態１の場合と同様に、加圧室１１内の内径寸法は、Ｌ１がφ２０ｍｍ、Ｌ２がφ２５ｍｍである。また、ピストン３の外径Ｌ３はφ３２ｍｍである。また、第１多孔質体１２Ｂおよび第２多孔質体１３Ｂは、図６および図７に示すように、ドーナッツ形状を有している。第１多孔質体１２Ｂおよび第２多孔質体１３Ｂは、ともに寸法が、外径φ２５ｍｍ、内径φ２２ｍｍであり、材質として第１多孔質体１２Ｂには空孔率６０％のポリエチレンが用いられ、第２多孔質体１３Ｂには、空孔率３０％のポリエチレンが用いられている。
【００４８】
第１多孔質体１２Ｂおよび第２多孔質体１３Ｂのピストン３への組付けは、まず円管状の第２多孔質体１３Ｂを加圧室内１１に設けられた段部１１ａまで圧入する。次に、第１多孔質体１２Ｂを第２多孔質体１３Ｂに接触するまで圧入する。その後、最後にリング１４を多孔質体１２，１３の内周面に圧入することにより、容易に空孔率の異なる多孔質体を得ることが可能である。
【００４９】
また、加圧室１１の内周面と第２多孔質体１３Ｂとの締付け代、および、加圧室１１の内周面と第１多孔質体１２Ａとの締付け代が、ガス損失量に大きく影響する。この締付け代は、第１多孔質体１２Ａ、および、第２多孔質体１３Ａが損傷することなく、かつ、十分な締付けが可能な寸法に設定する必要がある。今回の実施の形態においては、それぞれの直径方向の締付け代を約０．１ｍｍとしている。
【００５０】
なお、図５の説明において、第１多孔質体１２Ｂ、および、第２多孔質体１３Ｂを挿入後、第１多孔質体１２Ｂ、および、第２多孔質体１３Ｂの内面側にリング１４を挿入することにより、図５中の矢印のようなガス流量を可能としているが、この構成以外で、第１多孔質体１２Ｂ、および、第２多孔質体１３Ｂの内周面に目潰し処理（実施の形態１の場合と同様の処理）を施すことによっても、同等の効果を得ることが可能である。
【００５１】
（作用・効果）
このように第１多孔質体１２Ｂと第２多孔質体１３Ｂを通過させてガスを流出することにより、上記実施の形態１と同様の作用効果を得ることができる。また、本実施の形態においては、軸線方向に多孔質体を並べて配置していることから、第１多孔質体１２Ｂと第２多孔質体１３Ｂとの外径寸法および内径寸法を同じにすることができるため、多孔質体の作成において同じ金型を用いて製作することが可能になる。
【００５２】
なお、第１多孔質体１２Ｂと第２多孔質体１３Ｂとの２層構造を採用した場合について説明したが、軸線方向において、通気孔１５に向かうにしたがって、多孔質体の空孔率が次第に小さくなる多層構造を採用しても、同様の作用効果を得ることが可能である。
【００５３】
また、上記実施の形態においては、ピストン３に設けられるガス流出口部の構造について説明したが、実施の形態１の場合と同様に、ディスプレーサ４側においても、同構造のガス流出口部を採用することが可能である。
【００５４】
（実施の形態３）
次に、本発明に基づいた実施の形態３におけるスターリングエンジンについて、図を参照しながら説明する。なお、実施の形態１と同一構成については、詳細な説明を省略する。また、本実施の形態におけるスターリングエンジンの特徴は、ピストンに設けられるガス流出口部の構造にあるため、ここではこのガス流出口部の構造にのみ言及する。
【００５５】
図８および図９を参照して、本実施の形態におけるガス流出口部の構造について説明する。なお、図８はピストン３の断面形状を示す図であり、図９は図８中Ｘ線矢視断面図であ

る。
【００５６】
図８を参照して、ピストン３内部の加圧室１１に向かって垂直（シリンダ２の径方向）に通気孔１５が設けられており、この通気孔１５において、ガスの流れ方向の上流側に第１多孔質体１２Ｃが配設され、ガスの流れ方向の下流側に第２多孔質体１３Ｃが配設されるように挿入されている。材質としては、第１多孔質体１２Ｃには空孔率６０％のポリエチレンが用いられ、第２多孔質体１３Ｃには、空孔率３０％のポリエチレンが用いられている。
【００５７】
加圧室１１に蓄えられているガスは第１多孔質体１２Ｃと第２多孔質体１３Ｃを通過してピストン３とシリンダ２との間の摺動部にガスを流出する。ここで空孔率の大きい第１多孔質体１２Ｃにて塵を捕捉するとともに、ガス流量を絞り込み、空孔率の小さい第２多孔質体１３Ｃにて更にガスを絞り込む。
【００５８】
多孔質体のピストン３への組付けには、まず円管状の第１多孔質体１２Ｃをピストン３外部から加圧室内１１に向かって設けられている通気孔１５に圧入する。次に、第２多孔質体１３Ｃを第１多孔質体１２Ｃに接触するまで圧入することにより、容易に空孔率の異なる多孔質体を得ることが可能である。
【００５９】
（作用・効果）
このように第１多孔質体１２Ｃと第２多孔質体１３Ｃを通過させてガスを流出することにより、上記実施の形態１と同様の作用効果を得ることができる。また、上記各実施の形態においては、多孔質体をピストン内部に挿入するための治具が必要であったが、本実施の形態の構成においては、第１多孔質体１２Ｃおよび第２多孔質体１３Ｃを通気孔１５に挿入することのみで実現できるため、組込み作業の効率化を図ることが可能になる。
【００６０】
なお、第１多孔質体１２Ｂと第２多孔質体１３Ｂとの２層構造を採用した場合について説明したが、通気孔１５に外方に向かうにしたがって、多孔質体の空孔率が次第に小さくなる多層構造を採用しても、同様の作用効果を得ることが可能である。
【００６１】
また、上記実施の形態においては、ピストン３に設けられるガス流出口部の構造について説明したが、実施の形態１の場合と同様に、ディスプレーサ４側においても、同構造のガス流出口部を採用することが可能である。
【００６２】
（実施の形態４）
次に、本発明に基づいた実施の形態４におけるスターリングエンジンについて、図を参照しながら説明する。なお、実施の形態１と同一構成については、詳細な説明を省略する。また、本実施の形態におけるスターリングエンジンの特徴は、ピストンに設けられるガス流出口部の構造にあるため、ここではこのガス流出口部の構造にのみ言及する。
【００６３】
図１０を参照して、本実施の形態におけるガス流出口部の構造について説明する。なお、図１０はピストン３の断面形状を示す図である。
【００６４】
図１０を参照して、実施の形態１に示す構造と同様に、ピストン３内部の段部１１ａに樹脂製の第２多孔質体１３Ｄを配設し、その内面に第１多孔質体１２Ｄが配設されている。ガスの流れ方向から見た場合、ガスの流れの上流側に第１多孔質体１２Ｄが配設され、ガスの流れの下流側に第２多孔質体１３Ｄが配設されている。また、第１多孔質体１２Ｄ、および、第２多孔質体１３Ｄの端部には、リング１４を挿入することにより、実施の形態１の場合と同様に多孔質体の端部からのガス流入を遮断している。
【００６５】

したがって、ガス流量としては、まず第１多孔質体１２Ｄでガス流量を絞った後に、第２多孔質体１３Ｄでさらにガスが絞られ、ガスはピストン３とシリンダ２との間の摺動部に流出される。第１多孔質体１２Ｄおよび第２多孔質体１３Ｄの寸法は、実施の形態１の場合と同様である。

【００６６】

第２の多孔質体１３Ｄに樹脂製の材料を使用することにより、銅やステンレスなどの金属製の多孔質材に比べて、ピストンの軽量化を図ることが可能である。特に、本スターリングエンジンの場合は、ピストンの重量がエンジン本体の振動で騒音レベルに大きく影響するため、ピストンの共振系を崩すことなく、軽量化を図ることが可能である。樹脂材料としては、ポリエチレンが水分の吸水率が低く、多孔質材でありながら水分を吸入しにくく、取扱が容易で、安価であるため、量産向きでよい。なお、第１多孔質体１２Ｄの材質は、樹脂でも金属でもどちらでも構わない。金属を使用する場合は、重量の軽量化を図るため、使用する金属量を少なくした方が好ましい。

【００６７】

たとえば、第１多孔質体１２Ｄに設けられる小孔は、φ１ｍｍの孔が、軸方向に４箇所設けられるものが、円周方向に８箇所設けられている（合計３２個）。このように、第１多孔質体１２Ｄに小孔を形成することにより、全面開放されている場合に比べて、ガス流出を絞ることが可能になる。なお、小孔の開口径の大きさ、個数は、実験的にガス流出量を測定して決定される。

【００６８】

（作用・効果）

このように第１多孔質体１２Ｄと第２多孔質体１３Ｄを通過させてガスを流出することにより、上記実施の形態１と同様の作用効果を得ることができる。

【００６９】

（実施の形態５）

次に、本発明に基づいた実施の形態５におけるスターリングエンジンについて、図を参照しながら説明する。なお、実施の形態１と同一構成については、詳細な説明を省略する。また、本実施の形態におけるスターリングエンジンの特徴は、ピストンの構造にあるため、ここではこのピストンの構造にのみ言及する。

【００７０】

図１１を参照して、本実施の形態におけるガス流出口部の構造について説明する。なお、図１１はピストン３の断面形状を示す図である。

【００７１】

図１１を参照して、本実施の形態においては、ピストン３において、シリンダ２との摺動面と加圧室１１とを含む領域を多孔質体から構成するため、ピストン３自体を空孔率の大きい第１多孔質材で形成している。さらに、ピストン３内の加圧室１１の両端部に、空孔率の小さい第２多孔質材１８を挿入する。これは、ピストン３の両端部からのガス流出は、ピストン３の浮上に寄与する割合がガス流出量に対して低く、ガス損失に繋がる可能性が高いためであり、両端部でのガス流出を絞るほうが効率的だからである。なお、ピストン３とシリンダ２間の摺動部以外の箇所は、ガス損失に繋がるため、目潰し処理（実施の形態１の場合と同様の処理）１７を施す。また、蓋体３ａには、軽量化を図る観点から、アルミ等が用いられている。

【００７２】

第１多孔質材には、空孔率６０％のポリエチレンが用いられる。また、第２多孔質材１８には、空孔率２０％のポリエチレンが用いられる。

【００７３】

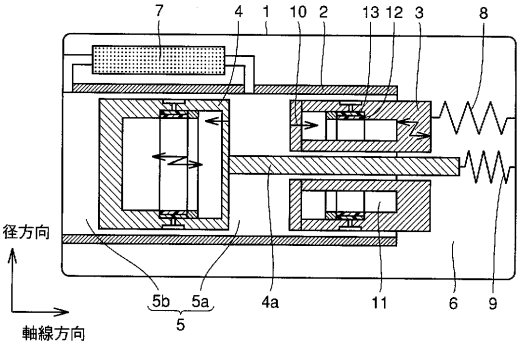
（作用・効果）

以上、本実施の形態におけるスターリングエンジンに適用されるピストンの構造においては、ピストン３の素材を多孔質体を主成分にすることにより、２種類の多孔質材のうち１つの多孔質材を組込む工程が省けるので、コスト削減を図ることが可能になる。

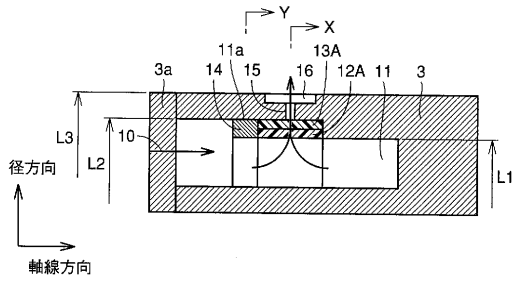
【００７４】
また、ピストン３を樹脂製の材料で作製することにより、ピストン３の軽量化を図ることができ、本体の振動レベルを低下させることが可能となる。ここでの樹脂材料も水分の吸収量が低い、ポリエチレン等を用いることが望ましい。
【００７５】
また、上記実施の形態においては、ピストン３に設けられるガス流出口部の構造について説明したが、図１に示す、ディスプレーサ４側においても、同構造のガス流出口部を採用することが可能である。
【００７６】
また、上記実施の形態１～４に示すガス流出口部の構造はいわゆるオリフィス絞りタイプの静圧気体軸受の場合について説明しているが、毛細管絞りタイプ、スロット絞りタイプ、自成絞りタイプ、多孔質絞りタイプ、表面絞りタイプ等の静圧気体軸受に適用することが可能である。
【００７７】
また、上記実施の形態１～４に示すガス流出口部の構造においては、ピストン３の内部側に、多孔質材の多層構造を配置するようにしているが、ピストン３の運動面側である外周面側に凹部を設け、この凹部に多孔質材の多層構造を配置する構造を採用することも可能である。
【００７８】
したがって、今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではない。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって画定され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。
【００７９】
【発明の効果】
この発明に基づいたスターリングエンジンによれば、空孔率の大きい第１多孔質体と空孔率の小さい第２多孔質体を通過させてガスを流出することにより、第１多孔質体で大きな塵を捕捉するとともにガスを絞り、第２多孔質体で更にガスの絞り込みを実施することにより、従来の多孔質体単体では得ることが難しかったガス流量を絞り、かつ、目詰まりがしにくいという両方の特性を有するガスベアリングを備えた、スターリングエンジン得ることが可能となる。
【図面の簡単な説明】
【図１】　実施の形態１におけるスターリングエンジンの概略構造を示す図である。
【図２】　実施の形態１におけるピストン３の断面形状を示す図である。
【図３】　図２中Ｘ線矢視断面図である。
【図４】　図２中Ｙ線矢視断面図である。
【図５】　実施の形態２におけるピストン３の断面形状を示す図である。
【図６】　図５中Ｘ線矢視断面図である。
【図７】　図５中Ｙ線矢視断面図である。
【図８】　実施の形態３におけるピストン３の断面形状を示す図である。
【図９】　図８中Ｘ線矢視断面図である。
【図１０】　実施の形態４におけるピストン３の断面形状を示す図である。
【図１１】　実施の形態５におけるピストン３の断面形状を示す図である。
【図１２】　従来技術における第１のガス流出構造の概略を示す断面図である。
【図１３】　従来技術における第２のガス流出構造の概略を示す断面図である。
【符号の説明】
１　圧力容器、２　シリンダ、３　ピストン、３ａ　蓋体、４　ディスプレーサ、４ａ　貫通軸部、５　作動空間、５ａ　圧縮空間、５ｂ　膨張空間、６　背面空間、７　再生器、８　ピストンスプリング、９　ディスプレーサスプリング、１０　一方向弁、１１　加圧室、１１ａ　段部、１２Ａ，１２Ｂ，１２Ｃ，１２Ｄ　第１多孔質体、１３Ａ，１３Ｂ，１３Ｃ，１３Ｄ　第２多孔質体、１４　リング、１５　通気孔、１６　ポケット、１７

目潰し処理、１８　第２多孔質材。

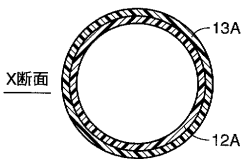
【図１】



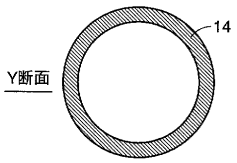
【図２】



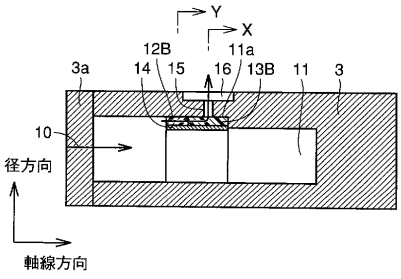
【図３】



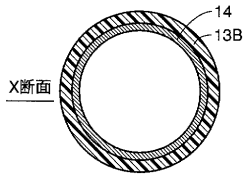
【図４】



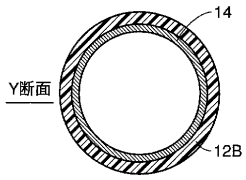
【図５】



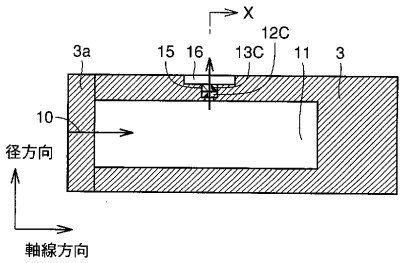
【図６】



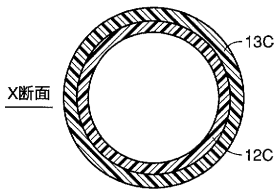
【図７】



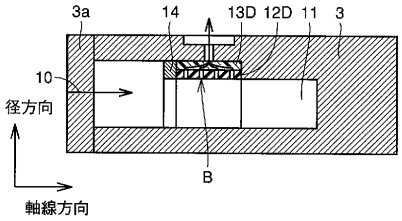
【図８】



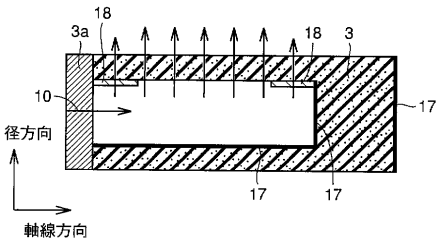
【図９】



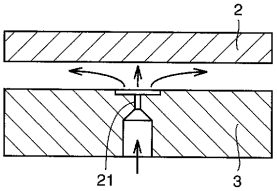
【図１０】



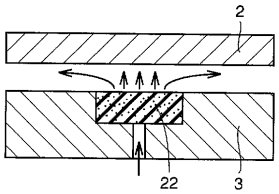
【図１１】



【図１２】



【図１３】



フロントページの続き

審査官　植村　貴昭

(56)参考文献　特開平６－１４７００９（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
F02G　1/053
F02G　1/043
F25B　9/14　510