

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-172584

(P2012-172584A)

(43) 公開日 平成24年9月10日(2012.9.10)

(51) Int.Cl.

F 1

テーマコード (参考)

F 0 2 G 1/05 (2006.01)

F 0 2 G 1/05 A

F 0 2 G 1/06 (2006.01)

F 0 2 G 1/06

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2011-35107 (P2011-35107)
(22) 出願日 平成23年2月21日 (2011. 2. 21)

(71) 出願人 511046298
関田 宏志
東京都東大和市狭山4-1480-2
(74) 代理人 100081695
弁理士 小倉 正明
(72) 発明者 関田 宏志
東京都東大和市狭山4-1480-2

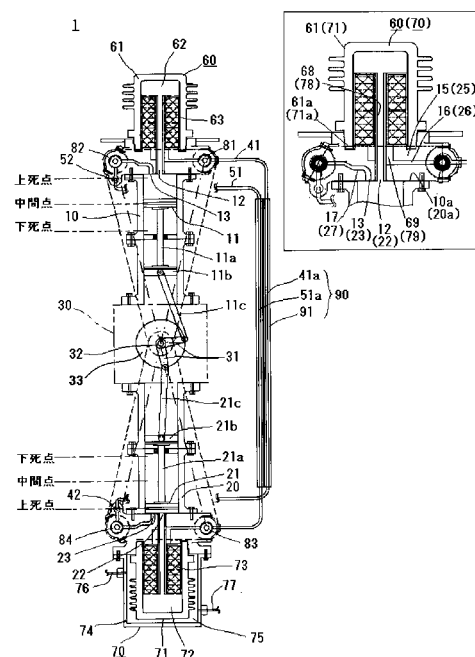
(54) 【発明の名称】 スターリングエンジン

(57) 【要約】

【課題】 高効率で、且つ高出力を得られる2ピストン形スターリングエンジンを得る。

【解決手段】 加熱側シリンダ10の排出口13を冷却側シリンダ20の導入口22に連通する冷却器70の入口に冷却側通路51を介して連通すると共に、冷却側シリンダ20の排出口23を、加熱側通路41を介して加熱側シリンダ10の入口12に連通する加熱器60の入口に連通する。そして、加熱側シリンダ10における膨張サイクル、及び冷却側シリンダ20における収縮サイクルにおいて加熱側通路41、冷却側通路51のいずれ共に閉じ、加熱側シリンダ10及び冷却側シリンダ20間の連通を遮断した状態で流体の加熱による膨張、冷却による収縮エネルギーを高効率且つ高出力の運動エネルギーとして取り出す。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

相互に連通する加熱側シリンダ及び冷却側シリンダ、前記加熱側シリンダに収容された加熱側ピストン、前記加熱側ピストンに対し 90° の位相遅れを以て動作する、前記冷却側シリンダに収容された冷却側ピストンを備えた 2 ピストン形のスターリングエンジンにおいて、

前記加熱側シリンダ及び冷却側シリンダにおける流体の導入口及び排出口の形成側の死点を前記加熱側ピストン及び冷却側ピストンの上死点とし、

前記加熱側ピストンが、上死点と下死点との間の中間点から下死点に至る膨張サイクル、及び前記冷却側ピストンが下死点から中間点に至る収縮サイクルにおいて、前記加熱側シリンダと前記冷却側シリンダ間の連通を遮断するバルブ機構を設けると共に、

前記加熱側シリンダ内の流体を加熱する加熱器と、前記冷却側シリンダ内の流体を冷却する冷却器をそれぞれ設けたことを特徴とする 2 ピストン形スターリングエンジン。

【請求項 2】

前記加熱側シリンダの前記導入口に連通された前記加熱器の入口と、前記冷却側シリンダの前記排出口間を連通する加熱側通路と、

前記冷却側シリンダの前記導入口に連通された前記冷却器の入口と、前記加熱側シリンダの前記排出口間を連通する冷却側連通路をそれぞれ設けると共に、

前記加熱側ピストンが中間点から下死点に至るサイクルにおいて前記加熱側通路及び冷却側通路のいずれ共に閉じ、

前記加熱側ピストンが下死点から中間点に至るサイクルにおいて前記冷却側通路を開くと共に前記加熱側通路を閉じ、

前記冷却側ピストンが下死点から中間点に至るサイクルにおいて前記冷却側通路及び前記加熱側通路のいずれ共に閉じ、

前記冷却側ピストンが中間点から上死点に至るサイクルにおいて前記加熱側通路を開くと共に前記冷却側通路を閉じる、開閉弁を前記バルブ機構として設けたことを特徴とする請求項 1 記載の 2 ピストン形スターリングエンジン。

【請求項 3】

前記開閉弁として、前記加熱側通路と前記加熱器の入口間に設けられた第 1 バルブ、前記加熱側シリンダの前記排出口と前記冷却側通路間に設けられた第 2 バルブ、前記冷却側通路と前記冷却器の入口間に設けた第 3 バルブ、及び前記冷却側シリンダの排出口と前記加熱側通路間に設けられた第 4 バルブを設け、

前記加熱側ピストンが中間点から下死点に至るサイクルにおいて前記第 1 バルブ、第 2 バルブ、第 4 バルブを閉じると共に前記第 3 バルブを開き、

前記加熱側ピストンが下死点から中間点に至るサイクルにおいて前記第 1 バルブ、第 2 バルブ、第 3 バルブを開くと共に、第 4 バルブを閉じ、

前記加熱側ピストンが中間点から上死点に至るサイクルにおいて第 1 バルブを開くと共に、第 2 バルブ、第 3 バルブ、第 4 バルブを閉じ、

前記加熱側ピストンが上死点から中間点に至るサイクルにおいて第 1 バルブ、第 3 バルブ、第 4 バルブを開くと共に第 2 バルブを閉じることを特徴とする請求項 1 記載の 2 ピストン形スターリングエンジン。

【請求項 4】

前記開閉弁が、前記加熱側ピストン及び冷却側ピストンによって回転されるクランクシャフトの回転に従って動作するロータリバルブによって構成されることを特徴とする請求項 2 又は 3 項記載の 2 ピストン形スターリングエンジン。

【請求項 5】

前記加熱器及び冷却器内に形成された流体の流路中に、熱伝導性の良い材料によって構成され、且つ、流体透過性を有する網状体ないしは多孔体によって構成された伝熱体を設けたことを特徴とする請求項 2 ～ 4 いずれか 1 項記載の 2 ピストン形スターリングエンジン。

【請求項 6】

前記加熱側通路及び前記冷却側通路の少なくとも一部分を熱伝導性の良い材質で形成してそれぞれに伝熱部を形成すると共に、前記加熱側通路の前記伝熱部と前記冷却側通路の前記伝熱部の双方を共に熱伝導性の良い材質から成る伝熱体で覆い、前記加熱側通路を通る流体と前記冷却側通路を通る流体の熱交換を行う再生器としたことを特徴とする請求項 2～5 いずれか 1 項記載の 2 ピストン形スターリングエンジン。

【請求項 7】

前記加熱器と前記加熱側シリンダ、及び前記冷却器と前記冷却側シリンダを、それぞれ一体的に形成したことを特徴とする請求項 1～6 いずれか 1 項記載の 2 ピストン形スターリングエンジン。

【請求項 8】

前記加熱器及び前記冷却器に、有底円筒状のケーシングと、前記ケーシング内に同心状に配置された排気管をそれぞれ設け、
前記加熱側シリンダ及び冷却側シリンダの軸線上における前記上死点側の端部にそれぞれ導入口を形成すると共に、
前記加熱器の前記排気管を前記加熱側シリンダの前記導入口に連通して、前記加熱器を前記加熱側シリンダの軸線延長上に配置すると共、前記冷却器の前記排気管を前記冷却用シリンダの前記導入口に連通して、前記冷却器を前記冷却側シリンダ 20 の軸線延長上に配置したことを特徴とする請求項 2 又は 3 記載の 2 ピストン形スターリングエンジン。

【請求項 9】

前記加熱側シリンダの上死点側端部と前記加熱器のケーシングの開口端とを、共通の端板で塞ぐと共に、この端板に、前記加熱器の前記排気管の外周と前記ケーシングの内周間に形成された前記加熱器の入口に一端を連通する前記加熱器の入口流路と、前記加熱側シリンダの排気口に一端を連通する排気流路を形成すると共に、前記入口流路の他端に設けられて前記加熱側通路と連通されるバルブと、前記排気流路の他端に連通され前記冷却側通路に連通するバルブをそれぞれ前記端板に設けたことを特徴とする請求項 8 記載の 2 ピストン形スターリングエンジン。

【請求項 10】

前記冷却側シリンダの上死点側端部と前記冷却器のケーシングの開口端とを、共通の端板で塞ぐと共に、この端板に、前記冷却器の前記排気管の外周と前記ケーシングの内周間に形成された前記冷却器の入口に一端を連通する前記冷却器の入口流路と、前記冷却側シリンダの排気口に一端を連通する排気流路を形成すると共に、前記入口流路の他端に設けられて前記冷却側通路と連通されるバルブと、前記排気流路の他端に連通されて前記加熱側通路に連通するバルブをそれぞれ前記端板に設けたことを特徴とする請求項 8 又は 9 記載の 2 ピストン形スターリングエンジン。

【請求項 11】

前記加熱器の排気管の外周とケーシングの内周間、及び前記冷却器の水冷ジャケットの内周とケーシングの外周間に、それぞれ流体通過性を有する網状もしくは板状の金属から成る伝熱体を、気体の通過を阻害しない程度に充填したことを特徴とする請求項 8～10 いずれか 1 項記載の 2 ピストン形スターリングエンジン。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はスターリングエンジンに関し、より詳細には 2 ピストン形（ α 形）のスターリングエンジンの改良に関する。

【背景技術】

【0002】

スターリングエンジンは、連通した加熱室と冷却室を備えた空間内における前記加熱室と冷却室の容積比を変化させることにより、加熱室の容積を大きくした場合には前記空間内の気体が膨張し、冷却室の容積を大きくした場合には前記空間内の気体を収縮すること

10

20

30

40

50

を利用し、前記空間内における気体の膨張と収縮を交互に繰り返し行うことで、この気体の膨張、収縮に伴うピストンの往復動を機械的なエネルギーとして取り出すことができるように構成した、外燃機関と呼ばれる機関の一種である。

【0003】

このスターリングエンジンには、 α 形、 β 形、 γ 形の3形態があり、このうちの β 形、 γ 形は、図4に示すようにディスプレイサ111と呼ばれる部材でシリンダ130、130'内を前述の加熱室110と冷却室120に仕切り、加熱室110を加熱する加熱器160と、冷却室120を冷却する冷却器170を設けると共に、ディスプレイサ111の移動によって加熱室110と冷却室120の容積比を変化させることでシリンダ130、130'内の気体を膨張、収縮させ、この気体の膨張、収縮によってパワーピストン112を往復動させることにより機械的な運動エネルギーを取り出すことができるように構成したものであり、図4(A)に示すように加熱室110と冷却室120を、パワーピストン112を設けたと同一のシリンダ130内に形成したものが β 形、図4(B)に示すように加熱室110及び冷却室120が形成されたシリンダ130'と、パワーピストン112を収容したシリンダ131とを別個に形成したものが γ 形と呼ばれている。

10

【0004】

これに対し、 α 形と呼ばれる2ピストン形のスターリングエンジン200は、加熱側ピストン211と冷却側ピストン221、前記各ピストン211、221をそれぞれ収容する、加熱器260によって加熱される加熱側シリンダ210及び冷却器270によって冷却される冷却側シリンダ220、並びに前記シリンダ210、220間を連通する連結路230を備え、加熱側ピストン211と冷却側ピストン221とを位相差（加熱側ピストン211に対し冷却側ピストン221が90°遅れ）を以て動作させることにより、加熱側シリンダ210内に形成された加熱室210'と、冷却側シリンダ220内に形成された冷却室220'の容積比を変化させることで、図4を参照して説明した β 形、 γ 形のスターリングエンジンが備えていたディスプレイサを不要とした構成となっている。

20

【0005】

すなわち、図5(A)に示すように冷却室220'に対し加熱室210'の容積が大きい状態では、空間内の空気は加熱されて膨張するために、加熱側、冷却側の両ピストン211、221にはいずれもこれを押し下げる方向の力が働き図5(B)に示す位置迄押し下げられる。

30

【0006】

一方、図5(C)に示すように加熱室210'に対して冷却室220'の容積が大きい状態では空間内の空気は冷却されて収縮するので両ピストン211、221を引き上げる方向の力が生じ、図5(D)に示す位置迄引き上げられる。このようにしてピストン211、221に対して働く力を、クランクシャフト（図示せず）等を介して運動エネルギーとして取り出すと共に、図5(B)、(C)間及び図5(D)、(A)間の動作をクランクシャフトに取り付けたフライホイール等によって行わせることで、連続動作させることができるように構成されている。

【0007】

なお、このような2ピストン形のスターリングエンジン200では、加熱室210'と冷却室220'は、単一の連通路230によって連通して、密閉された空間として形成するのが一般的であるが、加熱室と冷却室とを連通する経路を復路とし、各流路を開閉制御する弁を設けるようにしたスターリングエンジンも提案されている。（特許文献1参照）

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開昭60-40764号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

【0009】

図4及び図5を参照して説明したスターリングエンジンは、熱機関の中では唯一の可逆サイクルであり、理論的にはカルノーサイクルに近い高効率のエンジンであるが、現実には高効率で大きな出力を得ようとした場合、装置構成（特にシリンダ）が大型化する等、一般に普及するには種々の問題点を有している。

【0010】

このようなスターリングエンジンの小型化を可能とし、一般への普及を促進するためには、加熱、冷却によって生じる流体の膨張、収縮エネルギーを、より効率良く運動エネルギーとして取り出す必要がある。

【0011】

しかし、従来の一般的なα形のスターリングエンジンにあっては、加熱室210'と冷却室220'間を単一の連通路230で連結した構成としているため、加熱室210'内の気体と冷却室220'内の気体が混合することにより熱の損失が生じると共に、加熱、冷却によって生じた圧力が他方の室に逃げるため、圧力損失を生じる。

【0012】

また、前述した特許文献1は、シリンダ内の気体をエンジンの1サイクル毎に外部密閉容器内のガスもしくは大気と略全量入れ換えることで、冷却器等が不要となり、冷却に要していたエネルギーの負担を無くすることができるものとなっている。

【0013】

しかし、特許文献1に記載のスターリングエンジンでは、連通路の改善は部分的なものであり、再生器からシリンダ2までの経路は従来のままの単一経路であり、この間の改善がなされていない。このため、このスターリングエンジンでは、単一路間で高温気体と低温気体の混合が起こり、効率が低下する。

【0014】

そこで本発明は、2ピストン形のスターリングエンジンにおいて、このような不具合を改善すると共に、機体を設置に有利な形状に改善することにより、高効率でかつ高出力を得ることができる構造を提供し、スターリングエンジンの小型化、高性能化を実現することによって、スターリングエンジンの一般的な普及を図ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0015】

以下に、課題を解決するための手段を、発明を実施するための形態で使用する符号と共に記載する。この符号は、特許請求の範囲の記載と発明を実施するための形態の記載との対応を明らかにするためのものであり、言うまでもなく、本願発明の特許請求範囲の技術的範囲の解釈に制限的に用いられるものではない。

【0016】

上記目的を達成するために、本発明の2ピストン形スターリングエンジン1は、相互に連通する加熱側シリンダ10及び冷却側シリンダ20、前記加熱側シリンダ10に収容された加熱側ピストン11、前記加熱側ピストン11に対し90°の位相遅れを以て動作する、前記冷却側シリンダ20に収容された冷却側ピストン21を備えた2ピストン形のスターリングエンジン1において、

前記加熱側シリンダ10及び冷却側シリンダ20における流体の導入口12、22及び排出口13、23の形成側の死点を前記加熱側ピストン11及び冷却側ピストン21の上死点とし、

前記加熱側ピストン11が、上死点と下死点との間の中間点から下死点に至る膨張サイクル（図2におけるT0-T1）、及び前記冷却側ピストン21が下死点から中間点に至る収縮サイクル（図2におけるT2-T3）において、前記加熱側シリンダ10と前記冷却側シリンダ20間の連通を遮断するバルブ機構（実施例においてロータリバルブ81～84）を設けると共に、

前記加熱側シリンダ10内の流体を加熱する加熱器60と、前記冷却側シリンダ20内の流体を冷却する冷却器70をそれぞれ設けたことを特徴とする（請求項1）。

10

20

30

40

50

【0017】

上記構成の2ピストン形スターリングエンジン1において、前記加熱側シリンダ10の導入口12に連通された前記加熱器60の入口と、前記冷却側シリンダ20の排出口23間を連通する加熱側通路41と、

前記冷却側シリンダ20の前記導入口22に連通された冷却器70の入口と、前記加熱側シリンダ10の排出口13間を連通する冷却側通路51をそれぞれ設け、

前記バルブ機構を、

前記加熱側ピストン11が中間点から下死点に至るサイクル(図2中のT0-T1)において前記加熱側通路41及び冷却側通路51のいずれ共に閉じ、

前記加熱側ピストン11が下死点から中間点に至るサイクル(図2中のT1-T2)において前記冷却側通路51を開くと共に前記加熱側通路41を閉じ、

前記冷却側ピストン21が下死点から中間点に至るサイクル(図2中のT2-T3)において前記冷却側通路51及び前記加熱側通路41のいずれ共に閉じ、

前記冷却側ピストン21が中間点から上死点に至るサイクル(図2中のT3-T0)において前記加熱側通路41を開くと共に前記冷却側通路51を閉じる、開閉弁(実施形態においてロータリバルブ81~84)によって構成するものとしても良い(請求項2)。

【0018】

更に、前記開閉弁として、前記加熱側通路41と前記加熱器60の入口間に設けられた第1バルブ81、前記加熱側シリンダ10の排出口13と前記冷却側通路51間に設けられた第2バルブ82、前記冷却側通路51と前記冷却器70の入口間に設けた第3バルブ83、及び前記冷却側シリンダ20の排出口23と前記加熱側通路41間に設けられた第4バルブ84を設け、

前記加熱側ピストン11が中間点から下死点に至るサイクル(図2中のT0-T1)において前記第1バルブ81、第2バルブ82、第4バルブ84を閉じると共に前記第3バルブ83を開き〔図3(A)〕、

前記加熱側ピストン11が下死点から中間点に至るサイクル(図2中のT1-T2)において前記第1バルブ81、第2バルブ82、第3バルブ83を開くと共に、第4バルブ84を閉じ〔図3(B)〕、

前記加熱側ピストン11が中間点から上死点に至るサイクル(図2中のT2-T3)において第1バルブ81を開くと共に、第2バルブ82、第3バルブ83、第4バルブ84を閉じ〔図3(C)〕、

前記加熱側ピストン11が上死点から中間点に至るサイクル(図2中のT3-T0)において第1バルブ81、第3バルブ83、第4バルブ84を開くと共に第2バルブ82を閉じる〔図3(D)〕ように各バルブ81~84を制御するようにしても良い(請求項3)。

【0019】

なお、前記開閉弁は、前記加熱側ピストン11及び冷却側ピストン21によって回転されるクランクシャフト32の回転に従って動作するロータリバルブによって構成することができる(請求項4)。

【0020】

更に、上記構成の2ピストン形スターリングエンジンにおいて、前記加熱器60及び冷却器70内に形成された流体の流路中に、熱伝導性の良い材料によって構成され、且つ、流体透過性を有する網状体ないしは多孔体によって構成された伝熱体63、73を設けるものとすることもできる(請求項5)。

【0021】

加えて、前記加熱側通路41及び前記冷却側通路51の少なくとも一部分を熱伝導性の良い材質で形成してそれぞれに伝熱部41a、51aを形成すると共に、前記加熱側通路41の前記伝熱部41aと前記冷却側通路51の前記伝熱部51aの双方を共に熱伝導性の良い材質から成る伝熱体91で覆い、前記加熱側通路41を通る流体と前記冷却側通路51を通る流体の熱交換を行う再生器90とすることもできる(請求項6)。

【0022】

前記加熱器60と前記加熱側シリンダ10、及び前記冷却器70と前記冷却側シリンダ20は、それぞれ一体的に形成することが好ましい（請求項7）。

【0023】

更に、前記加熱器60及び前記冷却器70に、有底円筒状のケーシング61、71と、前記ケーシング61、71内に同心状に配置された排気管68、78をそれぞれ設け、前記加熱側シリンダ10及び冷却側シリンダ20の軸線上における前記上死点側の端部にそれぞれ導入口12、22を形成すると共に、

前記加熱器60の前記排気管68を前記加熱側シリンダ10の前記導入口12に連通して、前記加熱器60を前記加熱側シリンダ10の軸線延長上に配置すると共に、前記冷却器70の前記排気管78を前記冷却側シリンダ20の前記導入口22に連通して、前記冷却器70を前記冷却側シリンダ20の軸線延長上に配置した構成とすることもできる（請求項8）。

【0024】

この構成において、加熱側シリンダ10の上死点側端部10aと加熱器60のケーシング61の開口端部61aとを、共通の端板15で塞ぐと共に、この端板15に、前記加熱器60の前記排気管68の外周と前記ケーシング61の内周間に形成された前記加熱器60の入口69に一端を連通する前記加熱器60の入口流路16と、前記加熱側シリンダ10の排気口13に一端を連通する排气流路17を形成すると共に、前記入口流路16の他端に設けた前記第1バルブ81と、前記排气流路17の他端に連通する前記第2バルブ82をそれぞれ前記端板15に設けた構成とすることもできる（請求項9：図1中の拡大図参照）。

【0025】

更に、冷却側シリンダ20の上死点側端部20aと冷却器70のケーシング71の開口端71aとを、共通の端板25で塞ぐと共に、この端板25内に、前記冷却器70の前記排気管78の外周と前記ケーシング71の内周間に形成された前記冷却器70の入口79に一端を連通する前記冷却器の入口流路26と、前記冷却側シリンダ20の排気口23に一端を連通する排气流路27を形成すると共に、前記入口流路26の他端に設けた前記第3バルブ83と、前記排气流路27の他端に連通する前記第4バルブ84をそれぞれ前記端板25に設けた構成とすることもできる（請求項10：図1中の拡大図参照）。

【0026】

更に上記構成において、前記加熱器60の排気管64の外周とケーシング61の内周間、及び前記冷却器70の水冷ジャケット74の内周とケーシング71の外周間に、それぞれ流体通過性を有する網状もしくは板状の金属から成る伝熱体を、気体の通過を阻害しない程度に充填するものとしても良い（請求項11）。

【発明の効果】

【0027】

以上説明した本発明の構成により、本発明の2ピストン形スターリングエンジン1においては、以下に示す顕著な効果を得ることができた。

【0028】

加熱側ピストン11の中間点から下死点に至るサイクル（T0-T1）、すなわち流体の膨張により加熱側ピストン11が下死点に向かって押圧されているとき、及び冷却側ピストン21の下死点から中間点に至るサイクル（T2-T3）、すなわち流体の収縮によって冷却側ピストン21が上死点側に向かって引き上げられているとき、加熱側シリンダ10と冷却側シリンダ20間の連通を遮断するバルブ機構を設けたことにより、流体の膨張時には加熱側シリンダ10内の圧力が冷却側シリンダ20に逃げることによって生じる圧力損失を防止し、流体の収縮時には冷却側シリンダ20内の負圧が加熱側シリンダ10側より流入する気体によって緩和されることを防止することで、流体の膨張、収縮に伴い発生する運動エネルギーを、加熱側及び冷却側のピストン11、21に確実に伝えることができた。

【0029】

その結果、加熱、冷却に伴う流体の膨張、収縮を、運動エネルギーとして効率良く取り出すことができ、高効率、高出力の2ピストン形スターリングエンジンを得ることができた。

【0030】

また、このように高効率化、高出力化を達成できたことに伴い、従来のものと比較して小型化した場合であっても、従来のものと同等以上の効率及び出力が得られるスターリングエンジンを得ることができた。

【0031】

加熱側シリンダ10の導入口12に連通された加熱器60の入口に、冷却側シリンダ20の排出口23を連通する加熱側通路41と、冷却側シリンダ20の導入口22に連通された冷却器70の入口に加熱側シリンダ10の排出口13を連通する冷却側通路51とをそれぞれ別個に設けると共に、前記バルブ機構に、加熱側通路41及び冷却側通路51を開閉する開閉弁（バルブ81～84）を設けたことにより、加熱側通路41及び冷却側通路51をそれぞれ別個に開閉制御することで、流体の膨張、収縮時における圧力損失の発生を好適に防止できただけでなく、加熱側シリンダ10と冷却側シリンダ20間における流体の移動を円滑に行わせることができた。

【0032】

特に前記開閉弁として、前述した位置に第1バルブ～第4バルブ81～84を設けると共に、前述した各サイクル毎に各バルブ81～84の開閉動作を行わせることで、流体の膨張、収縮の際の圧力損失を低減できるだけでなく、冷却側ピストン21が上死点から中間点に至る際、及び加熱側ピストン10が中間点から上死点に至る際のピストン11、21の動作が円滑になると共に、流路41、51内及び加熱器60及び冷却器70内の圧力が調整されて次の1/4サイクルにおける流体の移動を円滑に行わせることができるものとなっている。

【0033】

しかも、このとき加熱器60及び冷却器70内には殆ど流体が存在しないことから、流体に対する伝熱が抑制されるために、加熱器60及び冷却器70に与えられた熱は、加熱器60及び冷却器70のケーシング61、71や伝熱体63、73に蓄熱されて、次工程で流体の導入が行われた際にこの流体を円滑に加熱又は冷却できるものとなっている。

【0034】

また、加熱器60の入口に第1バルブ81を、冷却器70の入口に第3バルブ83をそれぞれ設け、流体の膨張時に加熱器60を加熱側シリンダ10と、流体の収縮時に冷却器70を冷却側シリンダ20と連通した状態を維持させたことにより、流体の膨張、収縮時において加熱又は冷却を継続することが可能となり、発生動力を安定させることができた。

【0035】

特に、加熱側シリンダ10における密閉膨張時（ T_0-T_1 ）、第3バルブ83を開いて冷却側シリンダ20を冷却器70を介して冷却側通路51に連通することで、冷却側シリンダ20の容積が拡大されることにより、膨張作用を受けて動作する加熱側ピストン11に従動する冷却側ピストン21を動作し易い状態としておくことにより、また、冷却側シリンダ20における密閉収縮時（ T_2-T_3 ）、第1バルブ81を開いて加熱側シリンダ10を加熱器60を介して加熱側通路41に連通することで、加熱側シリンダ10の容積が拡大されることにより、収縮作用を受けて動作する冷却側ピストン21に従動する加熱側ピストン11を動作し易い状態としておくことにより、ガスの加熱、膨張によって生じた運動エネルギーが、従動するピストンが抵抗となって損失することを減少させることができた。

【0036】

更に、前述の開閉弁を加熱側ピストン11及び冷却側ピストン21によって回転されるクランクシャフト32の回転に従って動作するロータリバルブとしたことにより、比較的簡単な構成によって各流路の開閉制御を正確なタイミングで行うことができるとともに機

10

20

30

40

50

体をコンパクトなものとすることができた。

【0037】

もっとも、各流路41、51の開閉制御は、例えば前述したクランクシャフト32の回転位置を検知する検知手段（図示せず）、又は、各ピストン11、21の位置を検出する検出手段（図示せず）からの検知信号に基づいて前記各流路41、51を開閉制御する例えば電磁弁を設ける等して、電氣的な動作制御を行うものとしても良い。

【0038】

更に、前記加熱器60及び冷却器70内の空間62、72中に、熱伝導性の良い材料によって構成された、流体透過性を有する網状体ないしは多孔体である伝熱体63、73を設けたことにより、加熱器60及び冷却器70内における加熱、冷却効率を向上させることができた。

10

【0039】

前記加熱側通路41及び冷却側通路51の少なくとも一部分を、例えば銅管等の熱伝導性の良い材質で形成してそれぞれに伝熱部41a、51aを設けると共に、前記加熱側通路41の前記伝熱部41aと前記冷却側通路51の前記伝熱部51aの双方を共に熱伝導性の良い材質から成る伝熱体91で覆い、前記加熱側通路41を通る流体と前記冷却側通路51を通る流体の熱交換を行う再生器90を設けた構成にあっては、加熱側シリンダ10より排出された加熱された流体は、この再生器90を通過する際に熱交換によって冷却された後に冷却器70に導入されることにより、また、冷却側シリンダ20より排出された冷却後の流体はこの再生器90を通過する際に熱交換によって加熱された後に加熱器60に導入されることにより、冷却器70における冷却及び加熱器60における加熱の際に必要なエネルギー量を大幅に減少させることができた。

20

【0040】

しかも、上記のように伝熱部41a、51aの外周を伝熱体91で覆うことにより形成した再生器90の構成にあっては、流体の流路41、51内に金属製の網状体等の伝熱体を配置する場合のように、流路内を流れる流体に対して流動抵抗が加わることがなく、流体の流動抵抗として失われるエネルギーの損失が無いことから、この点でも高効率、高出力の運動エネルギーの回収を行うことができるものとなっている。

【0041】

なお、加熱側通路41に対する流体の通過は図2におけるT1-T2に、冷却側通路51に対する流体の通過は図2におけるT3-T0において生じるため、2つの流体は再生器90内を同時に通過するものとはなっていないが、前述したように伝熱部41aと51aを共に伝熱体91によって覆ったことで、各流路41、51の一方を通る流体の熱は、この伝熱体91に貯えられ、その後他方の流路を通過する気体がこの伝熱体91と熱交換することにより、伝熱体91を介した両気体の熱交換が行われる。

30

【0042】

前記加熱器60と前記加熱側シリンダ10、及び前記冷却器70と前記冷却側シリンダ20を、それぞれ一体的に形成した構成にあっては、比較的装置が大型化し易い、α形スターリングエンジンの欠点を解消することができた。

【0043】

更に、加熱器60及び冷却器70を、排気管64、74とケーシング61、71とを同心状に配置した構成としたことにより、ケーシング61、71の開口端側より導入された流体は、加熱器60、冷却器70内で反転した後、排気管64、74を介して排気されることで、加熱器60及び冷却器70内を長距離移動するため、加熱、冷却効率を向上させることができた。

40

【0044】

特に、加熱器60及び冷却器70内に網状乃至は板状の伝熱体63、73を、流体の流れを妨げない程度に充填した構成にあっては、この伝熱体63、73との衝突によって流体が拡散されて均一に加熱又は冷却されると共に、流体との接触面積が増大することで、加熱、冷却性能が向上させることができた。

50

【0045】

また、加熱器60のケーシング61の開口端部61aと加熱側シリンダ10の上死点側端部10aを共通の端板15で塞ぎ、また、冷却器70のケーシング71の開口端部71aと冷却側シリンダ20の上死点側端部20aを共通の端板25で塞ぎ、この端板15、25に入口流路16、26、排气流路17、27、及びバルブ81～84を設けた構成では、シリンダ10、20と加熱器60又は冷却器70とを一体的に構成することができ、強固な機体を製作し易いと共に、設置や配置が容易であると共に制約が緩和できた。

【0046】

加えて、加熱器60を加熱側シリンダ10の軸線延長上に、冷却器70を冷却側シリンダ20の軸線延長上にそれぞれ一体的に設けた構成とする場合には、加熱側シリンダ10と冷却側シリンダ20の配置を任意の角度とすることが容易であり、設置条件が緩和されると共に、加熱側シリンダ10と冷却側シリンダ20とを一对一組として複数組、クランクシャフトを介して連結することで、スターリングエンジンの多気筒化を容易に行うことができた。

【図面の簡単な説明】

【0047】

【図1】本発明の2ピストン形スターリングエンジンの構成図。

【図2】本発明の2ピストン形スターリングエンジンの各部における動作を示すタイムチャート。

【図3】本発明の2ピストン形スターリングエンジンの1/4周期毎の動作変化を示した模式図であり、(A)は図2におけるT0、(B)は図2におけるT1、(C)は図2におけるT2、(D)は図2におけるT3における動作状態をそれぞれ示す。

【図4】従来のスターリングエンジンの説明図であり、(A)はβ形、(B)はγ形。

【図5】従来の2ピストン形スターリングエンジンの説明図であり、(A)～(C)はそれぞれ1/4周期毎の動作状態を示す。

【発明を実施するための形態】

【0048】

次に、添付図面を参照しながら、本発明の2ピストン形スターリングエンジン1について説明する。

【0049】

〔スターリングエンジンの構造〕

図1に、本発明の2ピストン形スターリングエンジン1の全体構成を示す。

【0050】

この2ピストン形スターリングエンジン1は、加熱側シリンダ10及び冷却側シリンダ20、前記加熱側シリンダ10内を進退移動する加熱側ピストン11、前記冷却側シリンダ20内を進退移動する冷却側ピストン21をそれぞれ備えており、各ピストン11、21は、各シリンダ10、20内を上死点と下死点間で進退移動するように構成されている。

【0051】

ここで、本明細書において「上死点」とは、各シリンダ10、20に設けた導入口12、22および排出口13、23の形成側における各ピストン11、21の移動端位置を示し、「下死点」とは、これとは反対側における各ピストン11、21の移動端位置を言う。

【0052】

従って、図1に示す実施形態にあつては、加熱側ピストン11における「上死点」は紙面上方における移動端、「下死点」は紙面下方における移動端であり、「上死点」及び「下死点」における「上」、「下」は、紙面上の上下と一致するが、冷却側ピストン21における「上死点」は、紙面下方における移動端、「下死点」は紙面上方における移動端となり、紙面における上下とは逆になる。

【0053】

更に、本明細書において加熱側ピストン 11 及び冷却側ピストン 21 における「中間点」とは、前述した上死点と下死点間の中間位置を指す。

【0054】

図示の実施形態において、前述した加熱側シリンダ 10 と冷却側シリンダ 20 とは、これを同一の軸線上となるように紙面上下に対向配置したものであるが、加熱側シリンダ 10 と冷却側シリンダ 20 の配置は、図示の例に限定されず、例えば軸線方向が交叉するように両者を例えば V 字状に配置するものとしても良く、更には、両者を平行に配置する等、任意の角度に配置しても良い。

【0055】

なお、以下の説明では加熱側シリンダ 10 と冷却側シリンダ 20 間を移動する流体として空気を用いる場合を例として説明するが、この流体は、熱による膨張、収縮によって加熱側、冷却側ピストン 11、21 を進退移動させることができるものであれば本実施形態で例示する空気限定されず、例えばヘリウムガス等のその他の気体を前述の流体とすることもでき、また、水、油、その他の液体を流体として使用することもできる。

【0056】

前述の加熱側ピストン 11 に設けられたピストンロッド 11a、及び冷却側ピストン 21 に設けられたピストンロッド 21a には、それぞれクロスヘッド 11b、21b が設けられていると共に、このクロスヘッド 11b、21b にコネクティングロッド 11c、21c を介してクランクケース 30 に収容されたクランクアーム 31 及びクランクシャフト 32 が取り付けられており、加熱側ピストン 11 に対して冷却側ピストン 21 が 90° の位相遅れで動作するように調整がされている。

【0057】

もっとも、ピストン 11、21 の往復運動を回転力として取り出すための動力伝達機構として、クロスヘッドやクランクアームを使用する例を示したが、この構成に代え、スコッチヨーク等の既知の他の手段を用いても良い。

【0058】

なお、図 1 中の符号 33 は前述のクランクシャフト 32 に取り付けられたフライホイールである。

【0059】

前述の加熱側シリンダ 10 には、図 1 中の紙面上方側において前記加熱側シリンダ 10 内の空間に流体、本実施形態にあっては空気を導入するための導入口 12 と、該加熱側シリンダ 10 内の空気を排出するための排出口 13 とがそれぞれ設けられている。

【0060】

また、冷却側シリンダ 20 には、図 1 中紙面下方側において前記冷却側シリンダ 20 内の空間に空気を導入する導入口 22 と、該冷却側シリンダ 20 内の空気を排出するための排出口 23 とがそれぞれ設けられている。

【0061】

そして、加熱側シリンダ 10 には、その導入口 12 に連通する加熱器 60 を、同様に、冷却側シリンダ 20 にはその導入口 22 に連通する冷却器 70 をそれぞれ設け、加熱側シリンダ 10 内に流入する空気を加熱、冷却側シリンダ 20 内に流入する空気を冷却できるように構成すると共に、加熱側シリンダ 10 の導入口 12 に連通された前記加熱器 60 の入口に、第 1 バルブ 81 を設け、このバルブを介して加熱側通路 41 の一端に連通すると共に、加熱側通路 41 の他端を、排気時の衝撃を緩衝するための排気補助容器 42、及び第 4 バルブ 84 を介して、冷却側シリンダ 20 の排出口 23 に連通している。

【0062】

また、加熱側シリンダ 10 の排出口 13 には、第 2 バルブ 82 及び排気補助容器 52 を介して冷却側通路 51 の一端が連通されていると共に、この冷却側通路 51 の他端を、冷却側シリンダ 20 の導入口 22 に連通した冷却器 70 の入口に連通している、第 3 バルブ 83 が設けられている。

【0063】

10

20

30

40

50

ここで図 1 に示した構造では、前記第 1 バルブ 8 1 は端板 1 5 内に形成された入口流路 1 6 の端部 1 6 b に連通されており、この入口流路 1 6 の他の端部を加熱器 6 0 の下部に設けた入口 6 9 と連結することで、加熱器 6 0 の入口 6 9 に対して第 1 バルブ 8 1 が取り付けられている。

【0064】

この加熱器 6 0 は、前記加熱側シリンダ 1 0 の導入口 1 2 に連通する排気管 6 8 と、この排気管 6 8 の外周に有底円筒状のケーシング 6 1 を開口方向が下向きとなるように同心状に被せた構造となっており、前記排気管 6 8 の外周とケーシング 6 1 の内周間に空気の流れを阻害しない程度に、伝熱性の良い金属等からなる網状、板状、多孔体（例えばハニカム状等）等から成る伝熱体 6 3 を充填し、二重管となるように配置した構造となっている。

10

【0065】

そしてこの第 1 バルブ 8 1 及び導入口 1 2、入口流路 1 6、加熱器 6 0 の入口 6 9 に加え、第 2 バルブ 8 2、排出口 1 3、及び前記第 2 バルブ 8 2 と排出口 1 3 とを連通する排気流路 1 7 についても前述の端板 1 5 の肉厚内に形成して一つの金属ブロックの如き態様に形成しており、この金属ブロック（端板 1 5）の上部に上記加熱器 6 0 を連結し、下部に加熱側シリンダ 1 0 を連結して機体構造を形成している。

【0066】

この構造は、冷却側（冷却側シリンダ 2 0 及び冷却器 7 0）も同様であり、冷却器 7 0 を、冷却側シリンダ 2 0 の導入口 2 2 と連通する排気管 7 8 と、この排気管 7 8 の外周を同心状に覆う有底円筒状のケーシング 7 1 を備えた二重管構造と成し、このケーシング 7 1 の開口側端部 7 1 a 側において排気管 7 8 の外周とケーシング 7 1 の内周間に連通する、冷却器 7 0 の入口 7 9 と、この入口 7 9 に一端を連通する入口流路 2 6、前記入口流路 2 6 の他端に連通する第 3 バルブ 8 3 を、ケーシング 7 1 の開口端部 7 1 a 及び冷却側シリンダ 2 0 の上死点側端部 2 0 a を共に塞ぐ端板 2 5 の肉厚内に形成している。

20

【0067】

この端板 2 5 の肉厚内には、更に、冷却側シリンダ 2 0 の排出口 2 3 と、この排出口 2 3 に連通して形成された排気流路 2 7、及び前記排気流路 2 7 に連通した第 4 バルブ 8 4 を設け、冷却シリンダ 2 0 と冷却器 7 0 とを上下に一体的に連結した機体としている。

【0068】

また、前述の加熱器 6 0 の排気管 6 8 は、これを前記端板 1 5 の肉厚を貫通する長さに形成して加熱側シリンダ 1 0 内まで延長し、この排気管 6 8 の加熱側シリンダ 1 0 側端部を、加熱側シリンダ 1 0 の導入口 1 2 としても良く、加熱器 6 0 のケーシング 6 1 内に形成された空間 6 2 内には、熱伝導性の良い材料（例えば金属）によって形成された、空気を透過可能な網状体乃至は多孔体から成る伝熱体 6 3 が収容されており、加熱器 6 0 内における空気と伝熱体 6 3 との接触面積を大きくすることで、加熱器 6 0 内の空間及びこれと連通する加熱側シリンダ 1 0 内の空気を効率的にかつ均一に加熱することができるようになっている。

30

【0069】

また、同様に、前述した冷却器 7 0 の排気管 7 8 は、これを前記端板 2 5 の肉厚を貫通する長さに形成して冷却側シリンダ 2 0 内まで延長し、この排気管 7 8 の冷却側シリンダ 2 0 側の端部を、冷却側シリンダ 2 0 の導入口 2 2 としても良く、ケーシング 7 1 内に形成された空間 7 2 内にも同様の伝熱体 7 3 を収容し、容器内を通過する空気を効率的にかつ均一に冷却することができるようにしている。

40

【0070】

なお、図 1 に示す実施形態において、冷却器 7 0 は水冷式であり、空気が導入される空間 7 2 が内部に形成された前述のケーシング 7 1 の外周を包囲する水冷ジャケット 7 4 を備え、前記ケーシング 7 1 と水冷ジャケット 7 4 との間に冷却水の流路 7 5 を形成すると共に、この流路 7 5 内に冷却水を導入するための冷却水の給水口 7 6 と、熱交換後の冷却水を排出するための排水口 7 7 を備えている。なお、本実施形態においては水冷式とした

50

が、空冷式とした場合、上記水冷ジャケット等の冷却装置は不要となる。

【0071】

前述の第1バルブ81、第2バルブ82、第3バルブ83及び第4バルブ84は、図示の実施形態においていずれもロータリバルブによって構成されており、これら第1～第4バルブによって、前記加熱側シリンダ10内の空間と冷却側シリンダ20内の空間の連通及び遮断を行うバルブ機構が構成されている。

【0072】

なお、この各バルブは、図2の各タイミングで開閉できるようにした他のバルブ、たとえば電磁式の弁等であってもよい。

【0073】

ロータリバルブである前述した第1～第4の各バルブ(81～84)は、例えばスプロケットとチェーン等の動力伝達機構によって前述したクランクシャフト32に連結されており、加熱側ピストン11及び冷却側ピストン21の動作位置に応じて、加熱側シリンダ10及び冷却側シリンダ20内の空間と各流路41、51間の連通及び遮断を制御することができるようになってい

10

【0074】

なお、このような動力伝達機構は前述したスプロケットとチェーンに限定されず、ベルトとプーリや歯車機構等、既知の各種の動力伝達機構に変更することができる。

【0075】

前述の加熱用流路41及び冷却用流路51は、いずれ共に少なくともその一部分が例えば銅管等の熱伝導性の良い材質で形成されて伝熱部41a、51aとして構成されており、加熱側通路41に形成された伝熱部41aと、冷却側通路51に形成された伝熱部51aとを共に、金属などの熱伝導性の良い材質から成る伝熱体91によって包囲して、加熱側通路41を流れる空気と、冷却側通路51内を流れる空気との間で熱交換を行う再生器90を形成している。

20

【0076】

なお、この再生器(熱交換器)90は、各流路の気体に混合が生じない構造であれば他の方式、たとえば二重管方式等でもよい。

【0077】

また、この再生器90の容積を、各シリンダ10、20の掃気容積を上回る容量のものとし、再生器90内に積極的に気体を滞留させることにより熱交換の効率を図る構造とすることもできる。

30

【0078】

〔動作説明〕

以上のように構成された本発明の2ピストン形スターリングエンジン1の動作について、図1及び図2、図3を参照して説明する。

【0079】

(1) 原位置(T0)、図3(A)

加熱側ピストン11が上死点側から中間点に到達した位置にあり、且つ、冷却側ピストン21が上死点に達した位置にある状態を原位置(T0)、図3(A)とし、この位置から本発明の2ピストン形スターリングエンジン1の1サイクルの動作を説明すると、この位置に至る前の状態(T3-T0)、図3(D)-(A)において第1バルブ81、第3バルブ83、第4バルブ84は開、第2バルブ82は閉の状態にあり、冷却側シリンダ20内の空気は排気されるとともに、加熱側シリンダ10は吸入し、空気は加熱器60で加熱されつつ加熱側シリンダ10内に移動されている。

40

【0080】

この各バルブは、加熱側ピストン11が中間点に至ると(T0)、図3(A)、第1バルブ81、第4バルブ84がいずれも閉じ、第2バルブ82は閉位置、第3バルブ83は開位置を維持する。

【0081】

50

これにより、加熱側シリンダ 10 及びこの加熱側シリンダ 10 と連通する加熱器 60 内の空間が、第 1 バルブ 81 及び第 2 バルブ 82 の閉により加熱側通路 41 及び冷却側通路 51 のいずれからも遮断され、密閉された空間となる。

【0082】

一方、冷却側シリンダ 20 は、冷却側ピストン 21 が上死点にある原位置 (T0) において、内部の空気が完全に排出された状態で第 4 バルブ 84 が閉じており、冷却側シリンダ 20 と加熱側通路 41 との連通が遮断されているが、第 3 バルブ 83 は開位置を維持するため、冷却側シリンダ 20 及びこの冷却側シリンダ 20 の導入口 22 に連通する冷却器 70 内の空間は、冷却側通路 51 と連通した状態となっている。

【0083】

もっとも、このとき、冷却側通路 51 と加熱側シリンダ 10 の排出口 13 間に設けられた第 2 バルブ 82 は閉位置にあることから、冷却側シリンダ 20 と加熱側シリンダ 10 間の連通は遮断された状態となっている。

【0084】

(2) T0-T1 , 図 3 (A) - (B)

このようにして、第 1 バルブ 81 及び第 2 バルブ 82 をいずれも閉じた状態として、加熱器 60 がケーシング 61 及び伝熱体 63 を介してケーシング 61 内の空気を加熱しつつ加熱側シリンダ 10 内に継続して吸入すると、この加熱された空気は膨張するが、前述したように第 1 バルブ 81 及び第 2 バルブ 82 はいずれも閉じた状態にあるために、加熱側シリンダ 10 とこれに連通する加熱器 60 のケーシング 61 内の空間 62 は、加熱側通路 41 及び冷却側通路 51 のいずれからも切り離された、密閉された状態となっている。

【0085】

そのため、加熱による空気の膨張に伴うエネルギーは、加熱側通路 41 及び冷却側通路 51 を介して冷却側シリンダ 20 側に逃げることはできず、圧力損失を生じることなしに全量が加熱側ピストン 11 を下死点に向かって押し下げる力として作用し、空気の膨張エネルギーを、加熱側ピストン 11 の運動エネルギーとして高効率且つ高出力で取り出すことができるものとなっている。

【0086】

加熱側ピストン 11 が加熱側シリンダ 10 及び加熱器 60 内の空気の膨張に伴って下死点に向かって押し下げられると、この加熱側ピストン 11 とコネクティングロッド 11c, 21c, クランクアーム 31 及びクランクシャフト 32 を介して連結された冷却側ピストン 21 が上死点から中間点に向かって前記加熱側ピストン 11 に対して 90° の位相遅れで動作する。

【0087】

このとき、第 1 バルブ 81、第 2 バルブ 82、第 4 バルブ 84 はいずれも閉じた状態となっているが、第 3 バルブ 83 は開いた状態となっていることから、冷却側シリンダ 20 は加熱側通路 41 からは遮断された状態にあるが、冷却器 70 を介して冷却側通路 51 とは連通した状態となっている。

【0088】

従って、前述したように冷却側ピストン 21 が上死点から中間点に向かって移動すると、冷却側シリンダ 20、冷却器 70 及び冷却側通路 51 内の空間は密閉状態で冷却側ピストン 21 の動作により吸引されることとなり、容器内が負圧 (真空) となる。

【0089】

このように、冷却側ピストン 21 が上死点から中間点に至る際、冷却器 70 内は負圧 (真空) となっているために、空気を媒介とした熱伝導は行われず、冷却器 70 を冷却する熱 (冷熱) は、冷却器 70 のケーシング 71 及びその内部に充填された伝熱体 73 に貯えられた蓄冷された状態となる。

【0090】

(3) T1-T2 , 図 3 (B) - (C)

以上のようにして、加熱側ピストン 11 が下死点まで移動すると (T1)、図 3 (B)

10

20

30

40

50

、それまで閉じていた第 1 バルブ 8 1、第 2 バルブ 8 2 がいずれも開くと共に、第 3 バルブ 8 3 は開、第 4 バルブ 8 4 は閉を維持することから、加熱側シリンダ 1 0 は第 2 バルブ 8 2、冷却側通路 5 1、第 3 バルブ 8 3 及び冷却器 7 0 を介して冷却側シリンダ 2 0 に連通し、負圧となっていた冷却側通路 5 1、冷却器 7 0 及び冷却側シリンダ 2 0 内に加熱側シリンダ 1 0 より排気された空気の導入が開始される。

【0091】

この後、加熱容器内の空気は、加熱側ピストン 1 1 の、フライホイール 3 3 の回転による引き上げ動作により排気されると共に、冷却側容器内の負圧及び冷却側ピストンの吸引動作が加わり、加熱側から冷却側に急激に移動される。

【0092】

この、冷却側通路 5 1 を介して冷却側シリンダ 2 0 へ向かって移動する加熱側の空気は、再生器 9 0 内を構成する冷却側通路 5 1 の伝熱部 5 1 a を通過する際に、この再生器 9 0 に設けた伝熱体 9 1 と熱交換を行って温度が低下された後、冷却器 7 0 に導入され、冷却器 7 0 のケーシング 7 1 及び伝熱体 7 3 に前過程で蓄冷されていた冷熱により冷却されると共に、冷却器 7 0 で継続して冷却されつつ冷却側シリンダ 2 0 内に導入される。

【0093】

そして、加熱側ピストン 1 1 が中間点に、冷却側ピストン 2 1 が下死点迄移動すると (T2)、図 3 (C)、第 2 バルブ 8 2 及び第 3 バルブ 8 3 が閉じ、第 1 バルブ 8 1 は開、第 4 バルブ 8 4 は閉を維持する。

【0094】

その結果、加熱側シリンダ 1 0 は冷却側通路 5 1 から遮断され、加熱側シリンダ 1 0 の排気が完了するが、前述したように第 1 バルブ 8 1 は開状態を維持するため、加熱側シリンダ 1 0 及び加熱器 6 0 内の空間は、加熱側通路 4 1 と連通した状態となっている。もっとも、この加熱側通路 4 1 と冷却側シリンダ 2 0 間に設けられた第 3 バルブ 8 3 は閉じた状態であるために、加熱側シリンダ 1 0 と冷却側シリンダ 2 0 間は遮断された状態にある。

【0095】

一方、第 3 バルブ 8 3、第 4 バルブ 8 4 はいずれも閉じた状態となるために、冷却側シリンダ 2 0 及び冷却側シリンダ 2 0 の入口 2 2 に連通する冷却器 7 0 内の空間は、共に、冷却側通路 5 1 及び加熱側通路 4 1 のいずれからも遮断された、密閉された状態にある。

【0096】

(4) T2-T3、図 3 (C) - (D)

冷却側ピストン 2 1 が下死点にあるとき (T2)、図 3 (C)、第 3 バルブ 8 3 及び第 4 バルブ 8 4 は閉位置にあり、冷却側シリンダ 2 0 及びこの冷却側シリンダ 2 0 の入口 2 2 に連通する冷却器 7 0 は、冷却側通路 5 1 及び加熱側通路 4 1 より遮断された、密閉された空間となっている。

【0097】

そのため、冷却器 7 0 によって冷却器 7 0 内及びこれと連通する冷却側ケーシング 2 0 内の空気を冷却して空気が体積収縮を起こすと、この体積収縮が冷却側ピストン 2 1 を下死点から中間位置に向かって移動させ、この冷却側ピストン 2 1 の移動に伴う運動エネルギーが、コネクティングロッド 2 1 c、クランクアーム 3 1 を介してクランクシャフト 3 2 に伝達されて運動エネルギーである回転力として取り出される。

【0098】

このように、冷却側ピストン 2 1 の移動を生じさせる空気の収縮は、第 3 バルブ 8 3 及び第 4 バルブ 8 4 を閉じることにより冷却側シリンダ 2 0 及びこれと連通する冷却器 7 0 内の空間が密封された状態で行われることから、冷却用流路 5 1 や加熱用流路 4 1 を介した空気の流入に伴う圧力損失の発生が防止されているために、冷却に伴う空気の収縮のエネルギーを運動エネルギーとして高効率且つ高出力で回収することができるようになっている。

【0099】

このようにして冷却側ピストン 2 1 が下死点から中間点に向かって移動すると、この冷却側ピストン 2 1 とコネクティングロッド 1 1 a, 2 1 a, クランクアーム 3 1 及びクランクシャフト 3 2 を介して連結された加熱側ピストン 1 1 が、中間点から上死点に向かって移動する。

【0100】

この加熱側ピストン 1 1 の動作により、加熱側シリンダ 1 0, 加熱器 6 0 及び加熱側通路 4 1 内に残ったわずかの空気は圧縮されると共に、加熱器 6 0 を加熱する熱は、加熱器 6 0 のケーシング 6 1 及び内部に充填された伝熱体に蓄熱される。

【0101】

このようにして冷却側ピストン 2 1 が空気の収縮圧力によって中間点まで移動し、且つ、加熱側ピストン 1 1 がこの冷却側ピストン 2 1 の動作に連動して上死点迄移動すると、それまで閉じていた第 3 バルブ 8 3 及び第 4 バルブ 8 4 が開くと共に、第 1 バルブ 8 1 は開位置、第 2 バルブ 8 2 は閉状態をそれぞれ維持する (T3) 図 3 (D)。

【0102】

(5) T3-T0, 図 3 (D) - (A)

クランクシャフト 3 2 に取り付けられたフライホイール 3 3 の回転により、クランクシャフト 3 2 に連結された加熱側ピストン 1 1 は上死点から中間点に向かって移動し、冷却側ピストン 2 1 は中間点から上死点に向かって移動する。

【0103】

前述のように加熱側ピストン 1 1 が上死点、冷却側ピストン 2 1 が中間点にあるときに第 4 バルブ 8 4 が開くことにより、冷却側シリンダ 2 0 内で収縮した冷たい空気は、前過程で加熱側に残った圧縮された空気により、瞬時に収縮力を相殺される。その後、冷却側ピストン 2 1 の上死点に向かう移動に伴い冷却側シリンダ 2 0 内より押し出され、加熱側通路 4 1 及び加熱側通路 4 1 中に設けた伝熱部 4 1 a を構成に含む再生器 9 0 を通過して、伝熱体 9 1 から熱を得た後、第 1 バルブ 8 1, 加熱器 6 0 を介して加熱側シリンダ 1 0 内に導入される。

【0104】

このとき、加熱側シリンダ 1 0 の出口 1 3 は第 2 バルブ 8 2 によって閉ざされたままであることから、加熱側ピストン 1 1 が上死点から中間点に向かって移動し始めると、冷却側シリンダ 2 0 内の空気が、加熱側通路 4 1 及び加熱器 6 0 を介して、加熱側通路 4 1 や加熱器 6 0 内の空気と共に吸引される。

【0105】

一方、冷却側では、冷却側ピストン 2 1 によって冷却側シリンダ 2 0 内の空気が押し出されることにより、前述した加熱側ピストン 1 1 による吸引と相俟って、冷却側シリンダ 2 0 内の空気は急激に加熱側シリンダ 1 0 に向かって移動される。

【0106】

冷却側ピストン 2 1 が上死点迄移動して、冷却側シリンダ 2 0 内の空気を完全に排気すると共に、加熱側ピストン 1 1 が中間点に移動して加熱側シリンダ 1 0 内に所定量の空気が導入されると、それまで開いていた第 1 バルブ 8 1 及び第 4 バルブ 8 4 が閉じると共に、第 2 バルブ 8 2 は閉位置、第 3 バルブ 8 3 は開位置を維持した原位置に復帰する (T0), 図 3 (A)。

【0107】

このように第 1 バルブ 8 1 と第 2 バルブ 8 2 とが共に閉じることにより、加熱側では、加熱側シリンダ 1 0 とこれに連通する加熱器 6 0 内の空間 6 2 が、冷却用流路 5 1 及び加熱用流路 4 1 のいずれからも切り離されて密閉された状態になると共に、冷却側シリンダ 2 0 は、加熱側通路 4 1 からは遮断された状態にあるが、冷却器 7 0 を介して冷却用流路 5 1 に対し連通された状態となっている。

【0108】

但し、冷却用流路 5 1 と加熱側シリンダ 1 0 の出口 1 3 間に設けた第 2 バルブ 8 2 は閉位置にあるため、加熱側シリンダ 1 0 と冷却側シリンダ 2 0 との連通は遮断された状態に

10

20

30

40

50

ある。

【0109】

このように、加熱側シリンダ10及びこれと連通する加熱器60内の空間62が、冷却用流路51及び加熱用流路41から遮断された密閉された状態で加熱器60により加熱器60内の空気及び加熱側シリンダ10内の空気が加熱されて膨張すると、加熱側ピストン11が中間位置より下死点に向かって移動して、前述した動作を繰り返す。

【0110】

なお、以上で説明した本発明の2ピストン形スターリングエンジン1は、1機の2ピストン形スターリングエンジンを単独で駆動するものとして説明したが、例えば複数機の2ピストン形スターリングエンジンのピストンを、共通のクランクシャフト32に連結して、同時に駆動するものとしても良い。

10

【0111】

また、本発明の2ピストン形スターリングエンジン1は、流体の加熱及び冷却によって回転駆動力としての運動エネルギーを取り出すための装置として使用する例を説明したが、これとは逆に、クランクシャフト32を回転させてピストン11、21を進退移動させることで、熱を得るための機関として使用することもでき、本発明の目的に反しない限り、本発明の2ピストン形スターリングエンジンの構成は、実施形態として説明した構成、使用方法に限定されない。

【符号の説明】

【0112】

20

1 2ピストン形スターリングエンジン

10 加熱側シリンダ

10a 上死点側端部

11 加熱側ピストン

11a ピストンロッド

11b クロスヘッド

11c コネクティングロッド

12 導入口

13 排出口

15 端板

30

16 入口流路

17 排気流路

20 冷却側シリンダ

20a 上死点側端部

21 冷却側ピストン

21a ピストンロッド

21b クロスヘッド

21c コネクティングロッド

22 導入口

23 排出口

40

25 端板

26 入口流路

27 排気流路

30 クランクケース

31 クランクアーム

32 クランクシャフト

33 フライホイール

41 加熱側通路

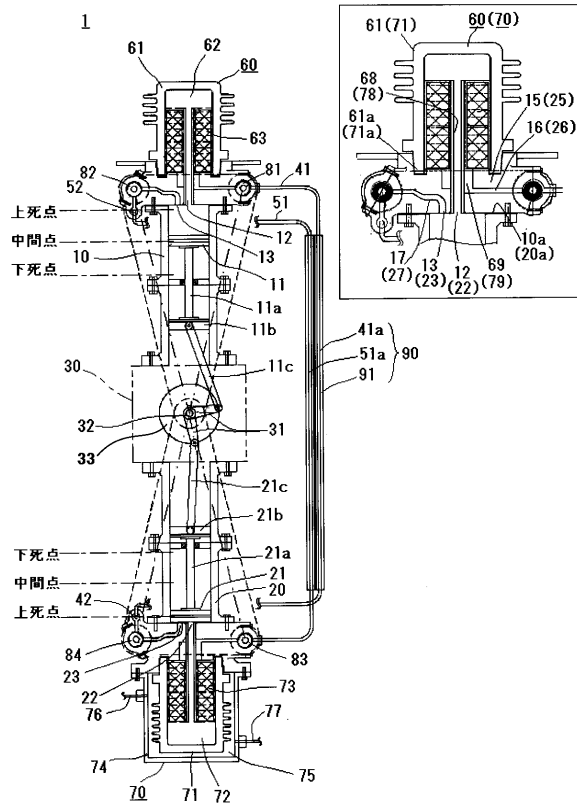
41a 伝熱部

42 排気補助容器

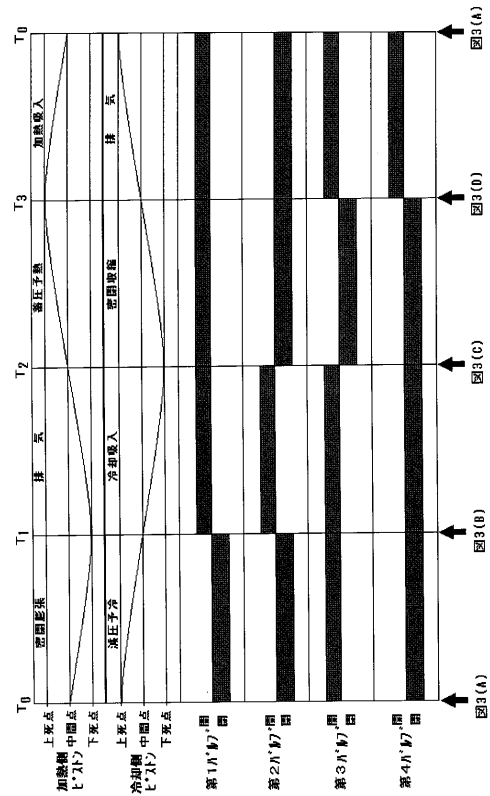
50

5 1	冷却側通路	
5 1 a	伝熱部	
5 2	排気補助容器	
6 0	加熱器	
6 1	ケーシング（加熱器の）	
6 1 a	開口端部	
6 2	空間（加熱器内の）	
6 3	伝熱体	
6 4	排気管	
6 8	排気管	10
6 9	入口	
7 0	冷却器	
7 1	ケーシング（冷却器の）	
7 1 a	開口端部	
7 2	空間（冷却器のケーシング内の）	
7 3	伝熱体	
7 4	水冷ジャケット	
7 5	冷却水の流路	
7 6	給水口	
7 7	排水口	20
7 8	排気管	
7 9	入口	
8 1	第 1 バルブ（高温側吸入バルブ）	
8 2	第 2 バルブ（高温側排気バルブ）	
8 3	第 3 バルブ（低温側吸入バルブ）	
8 4	第 4 バルブ（低温側排気バルブ）	
9 0	再生器	
9 1	伝熱体	
1 0 0	スターリングエンジン（ β 形）	
1 0 0 '	スターリングエンジン（ γ 形）	30
1 1 0	加熱室	
1 1 1	ディスプレイサ	
1 1 2	パワーピストン	
1 2 0	冷却室	
1 3 0, 1 3 0 ', 1 3 1	シリンダ	
1 6 0	加熱器	
1 7 0	冷却器	
2 0 0	2 ピストン形スターリングエンジン（ α 形）	
2 1 0	加熱側シリンダ	
2 1 0 '	加熱室	40
2 1 1	加熱側ピストン	
2 2 0	冷却側シリンダ	
2 2 0 '	冷却室	
2 2 1	冷却側ピストン	
2 3 0	連通路	
2 6 0	加熱器	
2 7 0	冷却器	

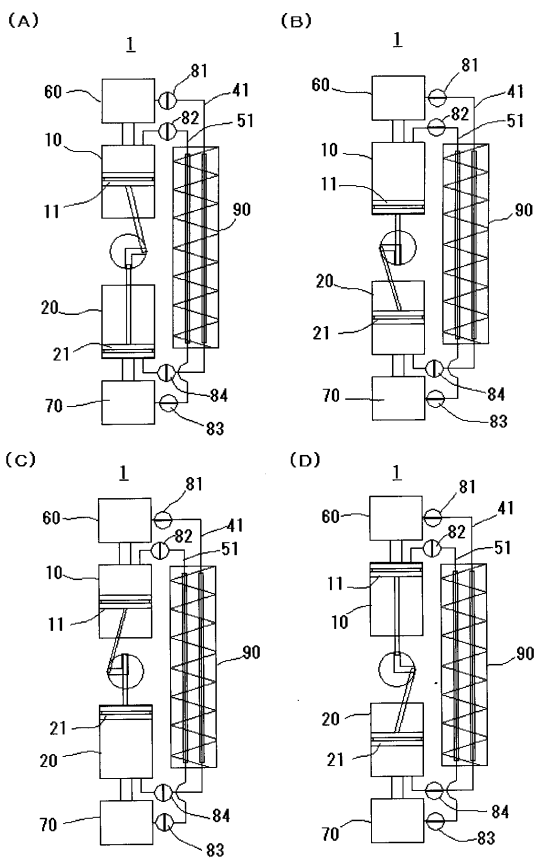
【図 1】



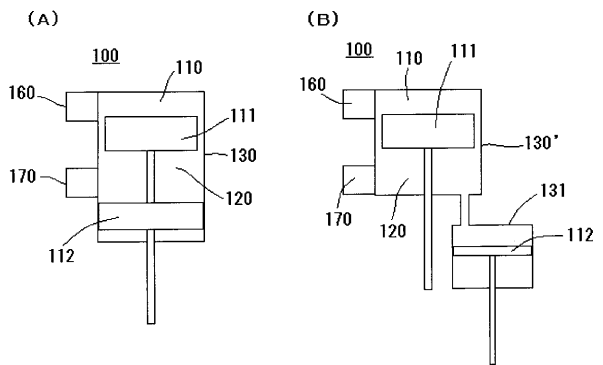
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【図 5】

