

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7645774号
(P7645774)

(45)発行日 令和7年3月14日(2025.3.14)

(24)登録日 令和7年3月6日(2025.3.6)

(51)国際特許分類

F 02 G	1/043(2006.01)	F 02 G	1/043	D
F 02 G	1/044(2006.01)	F 02 G	1/044	A
F 02 G	1/047(2006.01)	F 02 G	1/047	
F 02 G	1/05 (2006.01)	F 02 G	1/05	A
F 02 G	1/055(2006.01)	F 02 G	1/055	G

請求項の数 15 (全16頁)

(21)出願番号 特願2021-182824(P2021-182824)
 (22)出願日 令和3年11月9日(2021.11.9)
 (65)公開番号 特開2023-70562(P2023-70562A)
 (43)公開日 令和5年5月19日(2023.5.19)
 審査請求日 令和6年2月22日(2024.2.22)

(73)特許権者 720001060
 ヤンマーホールディングス株式会社
 大阪府大阪市北区茶屋町1番32号
 (74)代理人 110000947
 弁理士法人あーく事務所
 北崎 真人
 大阪府大阪市北区茶屋町1番32号 ヤ
 ンマーホールディングス株式会社内
 吉塚 徹
 大阪府大阪市北区茶屋町1番32号 ヤ
 ンマーホールディングス株式会社内
 坂本 修
 滋賀県米原市下多良1丁目113番地3
 株式会社eスター内
 田原 妙子

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】**

エンジン部、ヒータ熱交換器、再生器、およびクーラ熱交換器を有するスターリングエンジンであって、

少なくとも前記エンジン部および前記クーラ熱交換器を含むエンジン本体と、少なくとも前記ヒータ熱交換器を含むヒータ構造体とが別体構造とされており、

前記エンジン本体と前記ヒータ構造体とが連結管部を介して接続されており、
 前記再生器および前記クーラ熱交換器が前記エンジン部に含まれる気筒に対して前記ヒータ熱交換器の反対側に配置され、前記再生器の上端位置が前記気筒の上端位置よりも上方とされていることを特徴とするスターリングエンジン。

【請求項2】

請求項1に記載のスターリングエンジンであって、

当該スターリングエンジンは、前記エンジン部のクランクシャフトに対して直線状に配置された複数の前記気筒が駆動される複動型エンジンであることを特徴とするスターリングエンジン。

【請求項3】

請求項2に記載のスターリングエンジンであって、

ヒータ熱交換器においては、複数の前記気筒の分のヒータ細管群が円環状に配置されていることを特徴とするスターリングエンジン。

【請求項4】

請求項 1 から 3 の何れか 1 項に記載のスターリングエンジンであって、前記ヒータ熱交換器の長手方向が前記気筒におけるピストンの摺動方向と交差する向きとなるように配置されていることを特徴とするスターリングエンジン。

【請求項 5】

請求項 4 に記載のスターリングエンジンであって、前記ヒータ構造体を保持する第 1 サポート部材を有していることを特徴とするスターリングエンジン。

【請求項 6】

請求項 4 または 5 に記載のスターリングエンジンであって、前記再生器を保持する第 2 サポート部材を有していることを特徴とするスターリングエンジン。 10

【請求項 7】

請求項 2 に記載のスターリングエンジンであって、前記気筒の低温室と前記クーラ熱交換器とを繋ぐ作動流体経路に開閉バルブを備え、エンジンの停止時には前記開閉バルブによって前記作動流体経路を部分的に閉塞させることを特徴とするスターリングエンジン。

【請求項 8】

請求項 2 に記載のスターリングエンジンであって、位相が 180° ずれた複数の前記気筒の低温室同士を接続するバイパス経路と、前記バイパス経路に設けられた連通バルブとを備え、エンジン運転中は前記連通バルブを閉じて前記バイパス経路を閉塞し、エンジンの停止時には前記連通バルブを開いて前記バイパス経路を連通させることを特徴とするスターリングエンジン。 20

【請求項 9】

請求項 7 に記載のスターリングエンジンであって、エンジン運転中に前記開閉バルブを任意の開度に制御することで、エンジン出力を調整可能であることを特徴とするスターリングエンジン。

【請求項 10】

請求項 8 に記載のスターリングエンジンであって、エンジン運転中に前記連通バルブを任意の開度に制御することで、エンジン出力を調整可能であることを特徴とするスターリングエンジン。 30

【請求項 11】

請求項 8 に記載のスターリングエンジンであって、エンジン起動用のセルモータを有し、エンジン起動時には前記連通バルブを開いた状態で前記セルモータを始動させ、エンジンの起動後に、前記連通バルブを閉じ、前記セルモータを停止させることを特徴とするスターリングエンジン。

【請求項 12】

請求項 1 から 11 の何れか 1 項に記載のスターリングエンジンであって、前記再生器は、前記エンジン本体に含まれることを特徴とするスターリングエンジン。 40

【請求項 13】

請求項 1 から 12 の何れか 1 項に記載のスターリングエンジンであって、前記連結管部を構成する各連結管は、連結管壁の内部に管路全体に渡って蓄熱体が設かれていることを特徴とするスターリングエンジン。

【請求項 14】

請求項 13 に記載のスターリングエンジンであって、前記蓄熱体は中央部分が空洞部とされていることを特徴とするスターリングエンジン。

【請求項 15】

請求項 1 から 14 の何れか 1 項に記載のスターリングエンジンであって、前記連結管部は、前記エンジン本体および前記ヒータ構造体に対して着脱可能であり、 50

接続される部材との間のシール面に金属Oリングを配置させていることを特徴とする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する。

【背景技術】

【0002】

スターリングエンジンは多種多様な高温熱源から動力を回収できるものであり、近年は既存の高温排熱（ごみ焼却場や工場炉など）からの排熱回収・発電技術として注目されている。また、スターリングエンジンは、ピストン上方の高温空間（膨張空間）に対して、ヒータ熱交換器、再生器、クーラ熱交換器の順に各空間が連結されている。スターリングエンジンは、高温熱源にヒータ熱交換器を挿入し、そこから熱を吸収することで動力を発生させている。

10

【0003】

従来のスターリングエンジン（例えば、特許文献1～3）は、ヒータ熱交換器が膨張空間および再生器に直接接続された構造となっており、ヒータ熱交換器と（膨張空間を含む）エンジンとは近接して配置されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0004】

【文献】特開平7-259646号公報

【文献】特開平10-213012号公報

【文献】特許第5533713号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

従来のスターリングエンジンでは、ヒータ熱交換器の設置自由度が小さく、多種多様な高温熱源に合わせてエンジンを設置することが難しいといった問題がある。例えば、特許文献1では、ヒータ熱交換器はエンジンのピストン摺動方向（シリンダ軸上）に配置されているため、高温熱源ガスの配管がエンジンの真横に設置されている場合、ヒータ熱交換器を熱源配管に挿入することができない。

30

【0006】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、ヒータ熱交換器の設置自由度が高いスターリングエンジンを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記の課題を解決するために、本発明のスターリングエンジンは、エンジン部、ヒータ熱交換器、再生器、およびクーラ熱交換器を有するスターリングエンジンであって、少なくとも前記エンジン部および前記クーラ熱交換器を含むエンジン本体と、少なくとも前記ヒータ熱交換器を含むヒータ構造体とが別体構造とされており、前記エンジン本体と前記ヒータ構造体とが連結管部を介して接続されていることを特徴としている。

40

【0008】

上記の構成によれば、連結管部の形状を変更することで（例えば、連結管部を交換することで）エンジン本体とヒータ構造体との位置関係を容易に変更することができる。これにより、ヒータ熱交換器の設置自由度が高くなり、多種多様な高温熱源に対してヒータ熱交換器を容易に設置することができる。

【0009】

また、上記スターリングエンジンは、前記再生器および前記クーラ熱交換器が前記気筒の後方に配置され、前記再生器の上端位置が前記気筒の上端位置よりも上方とされている

50

構成とすることができます。

【 0 0 1 0 】

上記の構成によれば、再生器の上端位置を気筒の上端位置よりも上方とすることで、再生器、気筒、およびヒータ熱交換器との間で、連結管部の配置スペースが確保しやすくなる。

【 0 0 1 1 】

また、上記スターリングエンジンは、前記エンジン部のクランクシャフトに対して直線状に配置された複数の気筒が駆動される複動型エンジンである構成とすることができます。

【 0 0 1 2 】

また、上記スターリングエンジンでは、ヒータ熱交換器においては、複数の気筒分のヒータ細管群が円環状に配置されている構成とすることができます。

【 0 0 1 3 】

上記の構成によれば、ヒータ熱交換器において複数の気筒分のヒータ細管群を円環状に配置することで、ヒータ細管群のコンパクト配置が実現できる。

【 0 0 1 4 】

また、上記スターリングエンジンは、前記ヒータ熱交換器の長手方向が前記気筒におけるピストンの摺動方向と交差する向きとなるように配置されている構成とすることができます。

【 0 0 1 5 】

また、上記スターリングエンジンは、前記ヒータ構造体を保持する第1サポート部材を有している構成とすることができます。

20

【 0 0 1 6 】

また、上記スターリングエンジンは、前記再生器を保持する第2サポート部材を有している構成とすることができます。

【 0 0 1 7 】

また、上記スターリングエンジンは、前記気筒の低温室と前記クーラ熱交換器とを繋ぐ作動流体経路に開閉バルブを備え、エンジンの停止時には前記開閉バルブによって前記作動流体経路を部分的に閉塞させる構成とすることができます。

【 0 0 1 8 】

上記の構成によれば、バタフライバルブなどの安価なバルブを用いてエンジンの停止制御を安全に行うことができる。また、開閉バルブは、作動流体経路を部分的に閉塞することで、閉じられた経路に掛かる負荷（圧縮圧）が大きくなりすぎることを防止し、部品などに破損を生じることを回避できる。

30

【 0 0 1 9 】

また、上記スターリングエンジンは、位相が 180° ずれた気筒の低温室同士を接続するバイパス経路と、前記バイパス経路に設けられた連通バルブとを備え、エンジン運転中は前記連通バルブを閉じて前記バイパス経路を閉塞し、エンジンの停止時には前記連通バルブを開いて前記バイパス経路を導通させる構成とすることができます。

【 0 0 2 0 】

上記の構成によれば、位相が 180° ずれた気筒の低温室同士を連通させることで、エンジン停止時に部品などに過負荷を与えることなく、速やかなエンジン停止が可能となる。

40

【 0 0 2 1 】

また、上記スターリングエンジンは、エンジン運転中に前記開閉バルブあるいは前記連通バルブを任意の開度に制御することで、エンジン出力を調整可能である構成とすることができます。

【 0 0 2 2 】

上記の構成によれば、エンジン出力を調整可能とすることで、例えば、高温熱源の温度が上がりすぎた場合などに、エンジン出力を低下させ、エンジンの部品保護を図ることが可能となる。

【 0 0 2 3 】

50

また、上記スターリングエンジンは、エンジン起動用のセルモータを有し、エンジン起動時には前記連通バルブを開いた状態で前記セルモータを始動させ、エンジンの起動後に、前記連通バルブを閉じ、前記セルモータを停止させる構成とすることができる。

【0024】

上記の構成によれば、エンジン起動時に連通バルブを開くことでエンジン負荷が軽減され、これにより小型のセルモータの使用が可能となる。

【0025】

また、上記スターリングエンジンでは、前記再生器は、前記エンジン本体に含まれる構成とすることができます。

【0026】

上記の構成によれば、再生器およびクーラ熱交換器は何れも円筒状の類似した形状であることから、再生器をエンジン本体側に含め、再生器およびクーラ熱交換器が一定的に接続された構成とすることで、スターリングエンジンの小型化に有利となる。

【0027】

また、上記スターリングエンジンでは、前記連結管部を構成する各連結管は、連結管壁の内部に管路全体に渡って蓄熱体が設けられている構成とすることができます。

【0028】

上記の構成によれば、蓄熱体の蓄熱作用によって連結管に再生器と同様の機能を持たせることができ、熱を有効利用してスターリングエンジンの出力を向上させることができる。

【0029】

また、上記スターリングエンジンでは、前記蓄熱体は中央部分が空洞部とされている構成とすることができます。

【0030】

上記の構成によれば、空洞部が作動流体の通路となり、連結管において蓄熱体による圧力損失の増加を抑制することができます。

【0031】

また、上記スターリングエンジンでは、前記連結管部は、前記エンジン本体および前記ヒータ構造体に対して着脱可能であり、接続される部材との間のシール面に金属Oリングを配置させている構成とすることができます。

【0032】

上記の構成によれば、連結管部をエンジン本体およびヒータ構造体に対して着脱可能とすることで、エンジン本体とヒータ構造体との位置関係の変更が容易となり、また、金属Oリングの使用によって高温への耐性を要する箇所でのシールが行える。

【発明の効果】

【0033】

本発明のスターリングエンジンは、エンジン本体とヒータ構造体とを別体構造とし、これらが連結管部を介して接続されることで、ヒータ熱交換器の設置自由度が高くなり、多種多様な高温熱源に対してヒータ熱交換器を容易に設置することができるといった効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図1】本発明の一実施形態を示すものであり、スターリングエンジンの外観を示す斜視図である。

【図2】図1のスターリングエンジンを異なる方向から見た斜視図である。

【図3】スターリングエンジンの概略構成を示す模式図である。

【図4】スターリングエンジンと高温熱源との位置関係例を示す説明図である。

【図5】クランクシャフトに作用する偶力の一例を示す説明図である。

【図6】クランクシャフトに作用する偶力の好適例を示す説明図である。

【図7】スターリングエンジンの概略構成を示す模式図である。

【図8】スターリングエンジンにおける連結管部の拡大斜視図である。

10

20

30

40

50

【図9】スターリングエンジンにおける再生器、クーラ熱交換器および気筒の配置関係を示す図である。

【図10】ヒータ熱交換器におけるヒータ細管群の配置例を示す平面図である。

【図11】連結管の外観例を示す斜視図である。

【図12】スターリングエンジンの概略構成を示す模式図である。

【図13】連結管の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0035】

〔実施の形態1〕

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。図1および図2は、本実施の形態1に係るスターリングエンジン10の外観を示す斜視図である。図3は、スターリングエンジン10の概略構成を示す模式図である。

10

【0036】

図1および図2に示すように、スターリングエンジン10は、エンジン部11、ヒータ熱交換器12、再生器13、クーラ熱交換器14および連結管部15を有している。また、図1および図2に示すスターリングエンジン10では、エンジン部11のクラシクシャフト115(図3参照)に発電機20が接続されており、スターリングエンジン10の駆動によって発電機20にて発電を行うことが可能である。

【0037】

スターリングエンジン10は、高温熱源(例えば高温流体の流れる高温パイプ)にヒータ熱交換器12を挿入し、ヒータ熱交換器12において作動流体を加熱する。さらに、クーラ熱交換器14では、冷却水によって作動流体を冷却する(冷却水の供給手段については図示省略)。スターリングエンジン10は、こうして加熱/冷却される作動流体の移動によってエンジン部11を駆動するようになっている。尚、エンジン部11は単気筒タイプのエンジンであってもよく多気筒タイプのエンジンであってもよいが、本実施の形態1では4気筒タイプのエンジン部11を例示する。

20

【0038】

エンジン部11は、図3に示すように、4つの気筒111A~111D(特に区別しない場合は単に気筒111と称する)を有している。ここでは、クラシクシャフト115に対して直線状に配置された4つの気筒を、その配置順に従って気筒111A~111Dとしている。それぞれの気筒111にはピストン112が備えられ、ピストン112の摺動方向(図3では上下方向)に対する一方側(図3では上側)に高温室113が設けられ、他方側(図3では下側)に低温室114が設けられる。高温室113はヒータ熱交換器12と接続され、低温室114はクーラ熱交換器14と接続されている。再生器13は、ヒータ熱交換器12とクーラ熱交換器14との間の蓄熱手段となるものであり、作動流体がヒータ熱交換器12からクーラ熱交換器14に移動するときに作動流体から蓄熱し、反対の流れのときにその熱を作動流体に回収することで熱を有効利用する。尚、図3に示すスターリングエンジン10は4気筒複動型エンジンであり、間に同じ再生器13を挟んで接続されたヒータ熱交換器12およびクーラ熱交換器14は、それぞれ異なる気筒111に対して接続される構成となっている。

30

【0039】

スターリングエンジン10の動作は、各気筒111におけるピストン112が、第1位置(上死点位置:図3では気筒111A)、第2位置(ピストン112が下向きに移動する間に、上死点位置からクラシクシャフト115を90°回転させる位置:図3では気筒111D)、第3位置(下死点位置:図3では気筒111C)、および第4位置(ピストン112が上向きに移動する間に、下死点位置からクラシクシャフト115を90°回転させる位置:図3では気筒111B)を順にとるようなサイクルを繰り返すことで成立する。

40

【0040】

50

本実施の形態 1 に係るスターリングエンジン 10 は、少なくともエンジン部 11 とクーラ熱交換器 14 とを含むエンジン本体 E (図 4 参照) と、少なくともヒータ熱交換器 12 を含むヒータ構造体 H (図 4 参照) とが別体構造とされ、これらが連結管部 15 を介して接続されることを構造的特徴としている。再生器 13 は、エンジン本体 E 側に含まれてもよく、あるいはヒータ構造体 H 側に含まれてよい。本実施の形態 1 では、再生器 13 をエンジン本体 E 側に含めた構成を例示しており、この場合、連結管部 15 は、ヒータ熱交換器 12 と再生器 13 との間を接続する複数の連結管と、ヒータ熱交換器 12 と各気筒 11 1 の高温室 113 との間を接続する複数の連結管とを含む構成となる。

【 0 0 4 1 】

尚、再生器 13 をヒータ熱交換器 12 側に含める場合は、連結管部 15 は、再生器 13 とクーラ熱交換器 14 との間を接続する複数の連結管と、ヒータ熱交換器 12 と各気筒 11 1 の高温室 113 との間を接続する複数の連結管とを含む構成となる。但し、再生器 13 およびクーラ熱交換器 14 は、何れも円筒状の類似した形状であることから、これらは一体的に接続された構成とすることがスターリングエンジン 10 の小型化に有利であり、再生器 13 はエンジン本体 E 側に含めることが好ましい。

【 0 0 4 2 】

このように、エンジン本体 E とヒータ構造体 H とを連結管部 15 を介して接続するスターリングエンジン 10 は、連結管部 15 の形状を変更することで（例えば連結管部 15 を交換することで）エンジン本体 E とヒータ構造体 H との位置関係を容易に変更することが可能となる。すなわち、多種多様な高温熱源に対してヒータ熱交換器 12 を容易に設置することができる。

【 0 0 4 3 】

例えば、図 4 に示す例では、ヒータ構造体 H はエンジン本体 E から側方に延びるように配置されており、ヒータ熱交換器 12 を配置すべき高温熱源がエンジン本体 E の側方に存在する高温パイプ 50A であるような場合には、高温熱源に対してヒータ熱交換器 12 を容易に設置することができる。しかしながら、ヒータ熱交換器 12 を配置すべき高温熱源がエンジン本体 E の上方に存在する高温パイプ 50B であるような場合には、ヒータ構造体 H はエンジン本体 E から側方に延びるのではなく、上方に延びるように配置されていることが好ましい。本実施の形態 1 に係るスターリングエンジン 10 は、連結管部 15 の形状を変更することで、ヒータ構造体 H がエンジン本体 E から上方に延びるような配置とすることも容易である。

【 0 0 4 4 】

尚、スターリングエンジン 10 において、エンジン本体 E とヒータ構造体 H との間のサポートを連結管部 15 のみで行うと強度の問題がある。スターリングエンジン 10 におけるサポート強度が弱いと、複数の気筒 111 のそれぞれの振動を抑制できず、エンジン全体としての振動が大きくなる。また、例えば図 1, 2 に示すように、ヒータ構造体 H がエンジン本体 E から側方に延びるような横向き構造（言い換えれば、ヒータ熱交換器 12 の長手方向が気筒 111 におけるピストン 112 の摺動方向と直交する構造）とした場合、ヒータ構造体 H の自重によって連結管部 15 に偏荷重が発生する恐れがある。

【 0 0 4 5 】

このため、本実施の形態に係るスターリングエンジン 10 は、エンジン本体 E およびヒータ構造体 H を保持するサポート部材（例えば、図 1 におけるフレーム 31, 32）を有していることが好ましい。フレーム 31 は、エンジン本体 E に対して水平方向に接続されたヒータ熱交換器 12 を、エンジン機関台 33 とエンジン部 11 のシリンダブロックからサポートするものであり、特許請求の範囲に記載の第 1 サポート部材に相当する。フレーム 32 は、ヒータ熱交換器 12 と各再生器 13 とを繋ぐと共に、再生器 13 同士をも繋いでサポートするものであり、特許請求の範囲に記載の第 2 サポート部材に相当する。これらのサポート部材により、スターリングエンジン 10 の振動を抑制できる。また、従来構造では実現できなかったヒータ横向き構造を採用できるようになる。

【 0 0 4 6 】

10

20

30

40

50

〔実施の形態 2〕

本実施の形態 2 では、スターリングエンジン 10 は、4 気筒複動型エンジンであることを前提する。すなわち、スターリングエンジン 10 は、図 3 に示すように、4 つの気筒 111A ~ 111D において、ピストン 112 は 90°ずつ位相をずらして駆動される（具体的には、ピストン 112 の位相は気筒 111A ~ 111D の順に位相が 90°ずつ遅れている）。ここで、基準となる気筒（例えば、気筒 111A）を第 1 気筒とし、第 1 気筒から位相の遅れる順に第 2 ~ 第 4 気筒と定義すれば、図 3 の例では、気筒 111B が第 2 気筒、気筒 111C が第 3 気筒、気筒 111D が第 4 気筒となる。

【0047】

4 つの気筒がクランクシャフト 115 に対して直線状に配置された気筒複動型エンジンの場合、位相が 180°ずれた 2 つの気筒の間では偶力が発生し、この偶力がエンジン振動の原因となったり、クランクシャフトに負荷（曲げ応力）を与えるたりする。図 3 の例では、第 1 気筒から第 4 気筒の順に 4 つの気筒 111 が並んで配置しているが、第 1 気筒と第 3 気筒との間、および第 2 気筒と第 4 气筒との間に偶力が発生する。また、図 5 に示すように、それぞれの気筒がクランクシャフト 115 に対して与える力を F、隣り合う 2 つの気筒間のピッチを Lとした場合、クランクシャフト 115 に作用する最大偶力 N（例えば、第 1 気筒と第 3 気筒との間の偶力）は、 $N = 2FL$ となる。

【0048】

これに対し、本実施の形態 2 では、気筒の配置順序を工夫することでクランクシャフト 115 に発生する偶力を抑制（最小化）する。具体的には、位相が 180°ずれた気筒同士を近接させる（隣り合わせる）気筒配置とする。例えば、図 6 に示すように、第 1 気筒および第 3 気筒を隣り合わせ、かつ、第 2 気筒および第 4 気筒を隣り合わせる気筒配置として、クランクシャフト 115 に作用する最大偶力 N（例えば、第 1 気筒と第 3 気筒との間の偶力）は、 $N = FL$ となる。尚、図 6 は、第 1 気筒、第 3 気筒、第 4 气筒、第 2 気筒の順に配置されているが、第 4 気筒と第 2 気筒との順序は入れ替わってもよい。

【0049】

また、4 気筒複動型エンジンでは、セットとなるヒータ熱交換器 12、再生器 13 およびクーラ熱交換器 14 は、位相が 90°ずれた気筒間で接続される。図 3 を例に見れば、第 1 気筒である気筒 111A と第 2 気筒である気筒 111B との間で、ヒータ熱交換器 12、再生器 13 およびクーラ熱交換器 14 のセットが接続されている。具体的には、クーラ熱交換器 14 が位相の進んだ気筒 111A 側の低温室 114 に接続され、ヒータ熱交換器 12 が位相の遅れた気筒 111B 側の高温室 113 に接続されている。同様の接続関係は、第 2 気筒である気筒 111B と第 3 気筒である気筒 111C との間、第 3 気筒である気筒 111C と第 4 気筒である気筒 111D との間、および第 4 気筒である気筒 111D と第 1 気筒である気筒 111A との間にも存在する。

【0050】

ここで、図 3 はクランクシャフト 115 に対する気筒配置を第 1 ~ 第 4 気筒の順（図 5 に対応する配置順）としたものである。これに対し、クランクシャフト 115 に対する負荷低減のために、気筒配置を第 1 気筒、第 3 気筒、第 4 气筒、第 2 気筒の順（図 6 に対応する配置順）とした場合、気筒間におけるヒータ熱交換器 12、再生器 13 およびクーラ熱交換器 14 の接続は、模式的には図 7 に示すようになる。

【0051】

ヒータ熱交換器 12 は、高温熱源に挿入された状態で効率的な熱交換が行えるように、ヒータ細管群にて構成されている。エンジン本体 E とヒータ構造体 H とが一体構造とされ、ヒータ熱交換器 12 がエンジン部 11 の高温室 113 と再生器 13 との両方に直接接続される（連結管部 15 を介さずに接続される）ような従来構造の場合、図 7 に示すような接続構造を得ることは困難である。すなわち、ヒータ熱交換器 12 において、4 気筒分のヒータ細管群におけるコンパクト配置（例えば、図 10 に示すようなヒータ細管群の規則正しい配置）が不可能となる。

【0052】

10

20

30

40

50

これに対し、本実施の形態 2 に係るスターリングエンジン 10 は、実施の形態 1 と同様に、エンジン本体 E とヒータ構造体 H とが別体構造とされ、これらが連結管部 15 を介して接続されている。このため、図 8 に示すように、連結管部 15 における複数の連結管によって、ヒータ熱交換器 12 と再生器 13との間の接続、およびヒータ熱交換器 12 と各気筒 111 の高温室 113との間の接続を高い自由度で行えるようになる。その結果、ヒータ熱交換器 12 に関しては、再生器 13 や気筒 111 との接続関係に関わらず、4 気筒分のヒータ細管群におけるコンパクト配置が可能となる。

【 0 0 5 3 】

より具体的には、図 9 に示すように、再生器 13 およびクーラ熱交換器 14 が気筒 111 の後方に近接して縦置きされ、再生器 13 の上端位置 P1 が気筒 111 の上端位置 P2 よりも上方とされることが好ましい。これにより、再生器 13 、気筒 111 、およびヒータ熱交換器 12 との間で、連結管部 15 の配置スペースが確保しやすくなる。また、ヒータ熱交換器 12 においては、図 10 に示すように、4 気筒分のヒータ細管群を円環状に配置することが好ましい。これにより、ヒータ熱交換器 12 におけるヒータ細管群のコンパクト配置が実現できる。

10

【 0 0 5 4 】

尚、連結管部 15 は、図 11 に例示するような連結管 150 を、ヒータ熱交換器 12 と再生器 13 との間、あるいはヒータ熱交換器 12 と気筒 111 との間に個別に接続するような（エンジン本体 E およびヒータ構造体 H に対して着脱可能である）構成とすることができる。連結管 150 は、接続される部材（ヒータ熱交換器 12 、再生器 13 または気筒 111 ）との間のシール面に、金属 O リング 151 を配置させて気密を得る構成とすることが好ましい。金属 O リング 151 としては、高温への耐性を有するメタル中空型の O リングガスケットなどを使用することができる。

20

【 0 0 5 5 】

〔 実施の形態 3 〕

スターリングエンジン 10 は受動的なエンジンであり、基本的には、高温熱源から熱が供給される限りは動作を継続する（熱の供給が無くなれば動作を停止する）。しかしながら、緊急時などにおいてエンジンの動作を停止させる必要が生じることも考えられる。本実施の形態 3 では、スターリングエンジン 10 のエンジン停止構成についての好適例について説明する。

30

【 0 0 5 6 】

スターリングエンジン 10 は、作動流体の移動を止めることでエンジンを停止させることができる。このため、本実施の形態 3 に係るスターリングエンジン 10 は、作動流体の低温部経路（気筒 111 の低温室 114 とクーラ熱交換器 14 とを繋ぐ作動流体経路）に開閉バルブ 16 （図 1 参照）を設け、エンジン動作中は開閉バルブ 16 を開き、この開閉バルブ 16 を閉じることでエンジンを停止させる構成とができる。尚、原理的には、開閉バルブ 16 を設ける経路は特に限定されるものではなく、高温部経路（気筒 111 の高温室 113 とヒータ熱交換器 12 とを繋ぐ作動流体経路）に設けることも可能である。但し、スターリングエンジン 10 では、高温部経路は連結管部 15 となるため、高温部経路は開閉バルブ 16 の配置に不適であり、開閉バルブ 16 は低温部経路に設けられることが好ましい。

40

【 0 0 5 7 】

使用される開閉バルブ 16 の種類は特に限定されるものではなく、例えば、バタフライバルブなどの安価なバルブを用いることができる。この場合、開閉バルブ 16 は、経路を完全に塞ぐようなものとすると、閉じられた経路に掛かる負荷（圧縮圧）が大きくなりすぎて部品などに破損を生じる恐れもある。このため、開閉バルブ 16 は経路を完全に塞ぐものではなく、作動流体をある程度は通過させることのできる（経路を部分的に閉塞させる）穴開き弁とすることが好ましい。すなわち、開閉バルブ 16 は、経路を完全に塞がなくても、流路面積を低減して作動流体の移動量を減らすだけでもエンジン停止させることができるものである。より具体的には、開閉バルブ 16 の通路閉塞面積は、閉塞により発生する

50

圧縮圧でエンジンが破損しない最大の面積で、かつ確実にエンジンを停止できる（エンジン出力 機械損失となる）面積に設定されている。

【 0 0 5 8 】

また、開閉バルブ 16 は、ロータリーソレノイドなどを用いて経路の流路面積を調整できるようなものであってもよい。この場合、経路の流路面積を徐々に小さくするような制御が可能であり、エンジンの急激な停止を避け、エンジン停止時にピストン 112 に掛かる負荷などを低減することができる。

【 0 0 5 9 】

また、本実施の形態 3 に係るスターリングエンジン 10 の変形例として、図 12 に示す構成も考えられる。図 12 に示すスターリングエンジン 10 は、位相が 180° ずれた気筒 111 の低温室 114 同士をバイパス経路 17 で接続し、バイパス経路 17 に連通バルブ 171 を設けた構成である。図 12 の例では、気筒 111A と気筒 111C とがバイパス経路 17 で接続され、かつ、気筒 111B と気筒 111D とがバイパス経路 17 で接続されている。

10

【 0 0 6 0 】

図 12 のスターリングエンジン 10 では、エンジン動作中は連通バルブ 171 を閉じておき、この連通バルブ 171 を開いてバイパス経路 17 を導通させる（位相が 180° ずれた気筒 111 の低温室 114 同士を連通させる）ことでエンジンを停止させることができる。この構成では、エンジン停止時に部品などに過負荷を与えることなく、速やかなエンジン停止が可能となる。

20

【 0 0 6 1 】

尚、図 12 におけるエンジン停止構成を図 6 に示す気筒配置を採用したスターリングエンジン 10 に適用した場合、位相が 180° ずれた気筒同士は互いに隣り合う配置となるため、バイパス経路 17 を短くすることができる。これにより、バイパス経路 17 による無駄な容積の発生やコストアップを抑制できる。また、バイパス経路 17 が長くなる場合の起動時の馬力ロスも低減することができる。

30

【 0 0 6 2 】

また、本実施の形態 3 に係るスターリングエンジン 10 では、開閉バルブ 16 や連通バルブ 171 の開度を調整可能とすることで、エンジンの出力制御に用いることも可能である。例えば、高温熱源の温度が上がりすぎた場合などに、開閉バルブ 16 を幾分閉じたり、連通バルブ 171 を幾分開いたりすることでエンジン出力を低下させ、エンジンの部品保護を図ることが可能となる。

【 0 0 6 3 】

〔 実施の形態 4 〕

本実施の形態 4 では、スターリングエンジン 10 のエンジン起動制御についての好適例について説明する。

【 0 0 6 4 】

スターリングエンジン 10 は、その起動においてセルモータ 40（図 1 参照）を必要とする。このセルモータ 40 は、当然ながら、スターリングエンジン 10 の起動時におけるエンジン負荷（圧力損失）が大きいほど大型のモータが必要となる。

40

【 0 0 6 5 】

これに対し、本実施の形態 4 に係るスターリングエンジン 10 は、図 12 に示す構成を有することを前提とし、連通バルブ 171 を用いて起動時のエンジン負荷を低減することを特徴とする。すなわち、実施の形態 4 に係るスターリングエンジン 10 は、その起動時に連通バルブ 171 を開いた状態でセルモータ 40 を始動させる。スターリングエンジン 10 は、連通バルブ 171 を開くことでエンジン負荷が軽減され、これにより小型のセルモータ 40 の使用が可能となる。そして、エンジンの回転数が所定値となれば、連通バルブ 171 を閉じ、セルモータ 40 を停止させて、エンジンの運転を維持することができる。

【 0 0 6 6 】

〔 実施の形態 5 〕

50

上述したスターリングエンジン 10 は、エンジン本体 E とヒータ構造体 H とを別体構造とし、これらが連結管部 15 を介して接続された構造を特徴としている。この構造においては、連結管部 15 が熱サイクルに寄与しない無効容積となり、スターリングエンジン 10 の出力低下の要因となりうる。本実施の形態 5 では、連結管部 15 による出力低下を抑制するための好適例について説明する。

【0067】

図 13 は、連結管部 15 に使用される連結管 150 の断面図である。図 13 に示す連結管 150 は、連結管壁 152 の内部に管路全体に渡って金網メッシュや金属不織布などの蓄熱体 153 が設けられている。また、蓄熱体 153 は、その中央部分が空洞部 154 とされていることが好ましい。このような構成の連結管 150 は、その内部を高温の作動流体を通過するときに、蓄熱体 153 において熱を蓄熱し、外部への放熱を低減することができる。また、蓄熱体 153 の中央部分を空洞部 154 とすることで、空洞部 154 が作動流体通路となり、蓄熱体 153 による圧力損失の増加を抑制することができる。

【0068】

図 13 に示す連結管 150 は、蓄熱体 153 の蓄熱作用によって、再生器 13 と同様の機能を有することができ、熱を有効利用してスターリングエンジン 10 の出力を向上させることができる。

【0069】

今回開示した実施形態は全ての点で例示であって、限定的な解釈の根拠となるものではない。したがって、本発明の技術的範囲は、上記した実施形態のみによって解釈されるものではなく、特許請求の範囲の記載に基づいて画定される。また、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内での全ての変更が含まれる。

【符号の説明】

【0070】

- 10 スターリングエンジン
- 11 エンジン部
- 111 気筒
- 112 ピストン
- 113 高温室
- 114 低温室
- 115 クランクシャフト
- 12 ヒータ熱交換器
- 13 再生器
- 14 クーラ熱交換器
- 15 連結管部
- 150 連結管
- 151 金属 O リング
- 152 連結管壁
- 153 蓄熱体
- 154 空洞部
- 16 開閉バルブ
- 17 バイパス経路
- 171 連通バルブ
- 20 発電機
- 31 フレーム（第 1 サポート部材）
- 32 フレーム（第 2 サポート部材）
- 33 エンジン機関台
- 40 セルモータ
- 50A 高温パイプ
- 50B 高温パイプ

10

20

30

40

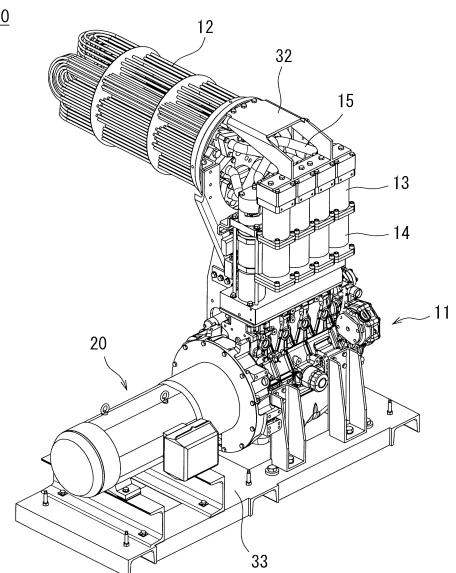
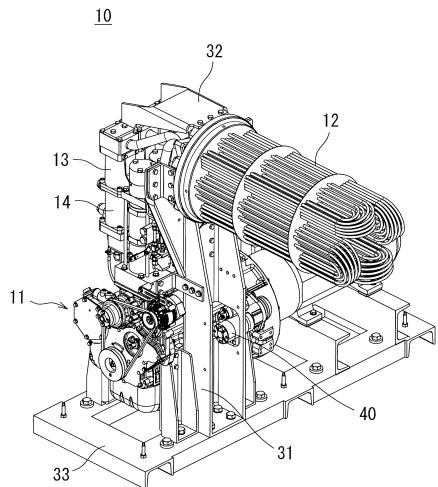
50

E エンジン本体
H ヒータ構造体

【図面】

【図1】

【図2】



10

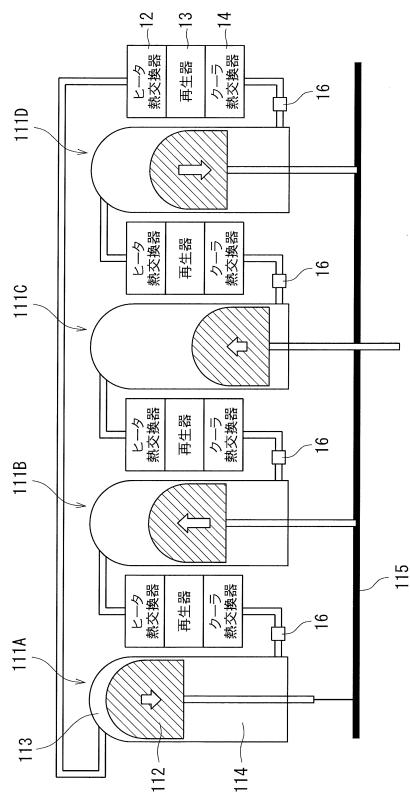
20

30

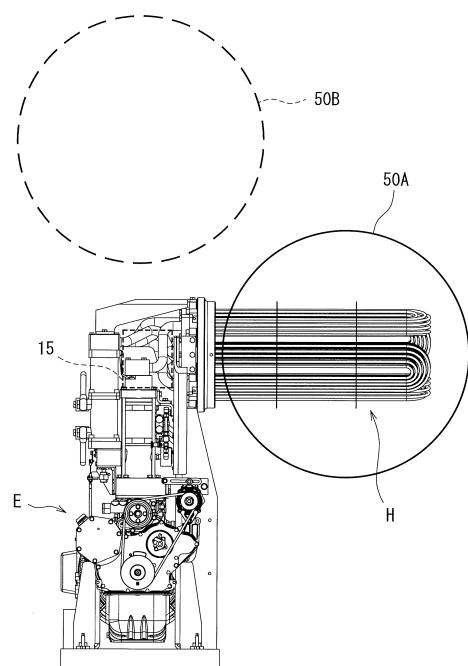
40

50

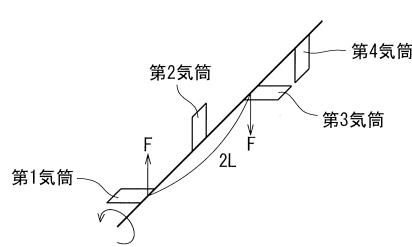
【図 3】



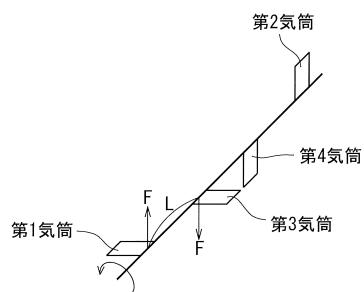
【図 4】



【図 5】



【図 6】



10

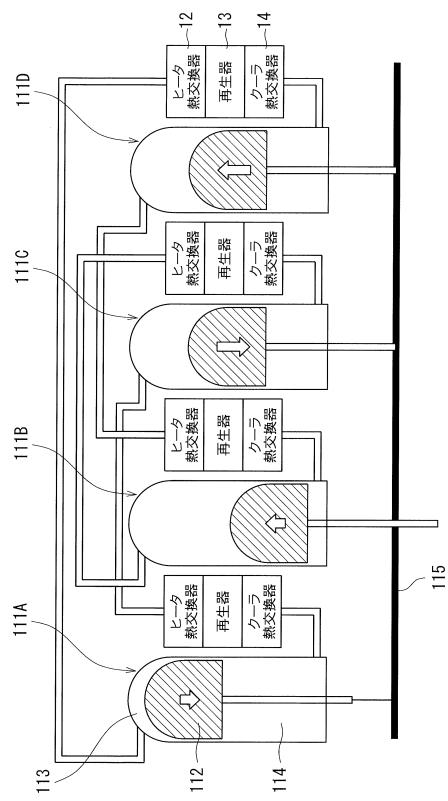
20

30

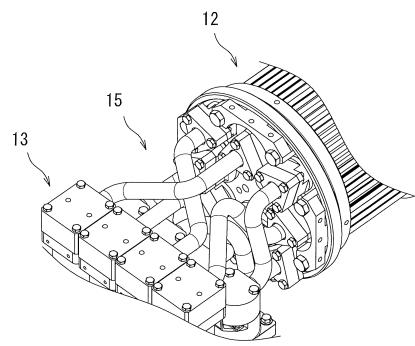
40

50

【図 7】

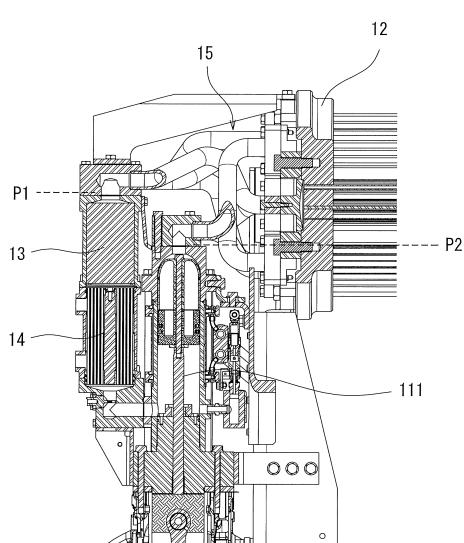


【図 8】

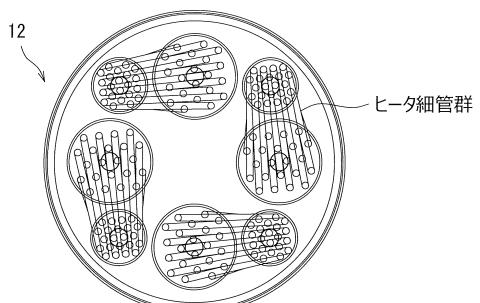


10

【図 9】



【図 10】

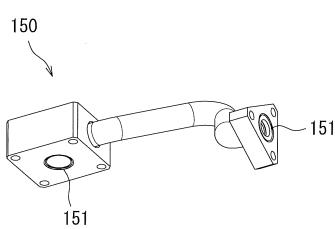


30

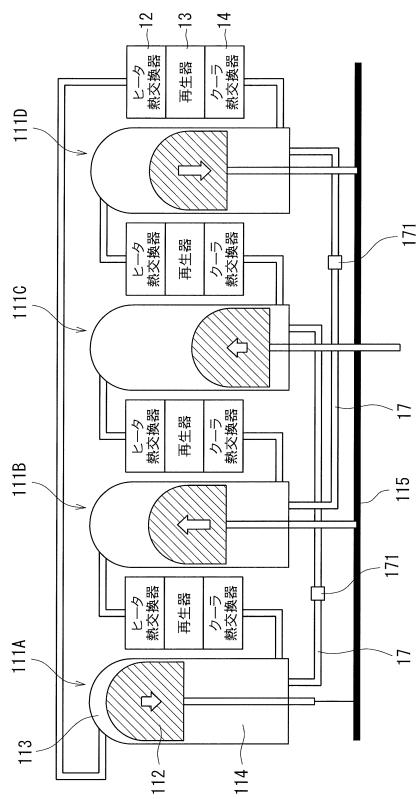
40

50

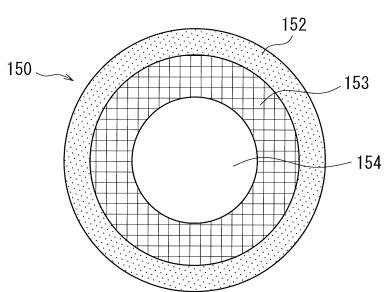
【図11】



【図12】



【図13】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

滋賀県米原市下多良1丁目113番地3 株式会社eスター内

審査官 小関 峰夫

(56)参考文献 特開昭57-013250 (JP, A)

特開昭58-122343 (JP, A)

特開平05-231240 (JP, A)

特開平07-286558 (JP, A)

特開2003-172452 (JP, A)

特開2011-064121 (JP, A)

米国特許第04765138 (US, A)

西獨国特許出願公開第02231360 (DE, A)

韓国公開特許第10-2019-0070375 (KR, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

F02G 1/04