

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-500526

(P2017-500526A)

(43) 公表日 平成29年1月5日 (2017. 1. 5)

(51) Int. Cl.

F 2 5 B 9/14 (2006.01)

F 1

F 2 5 B 9/14 5 3 0 A

テーマコード (参考)

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2016-534963 (P2016-534963)
 (86) (22) 出願日 平成26年12月19日 (2014. 12. 19)
 (85) 翻訳文提出日 平成28年7月22日 (2016. 7. 22)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2014/071506
 (87) 国際公開番号 W02015/095707
 (87) 国際公開日 平成27年6月25日 (2015. 6. 25)
 (31) 優先権主張番号 61/917, 999
 (32) 優先日 平成25年12月19日 (2013. 12. 19)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

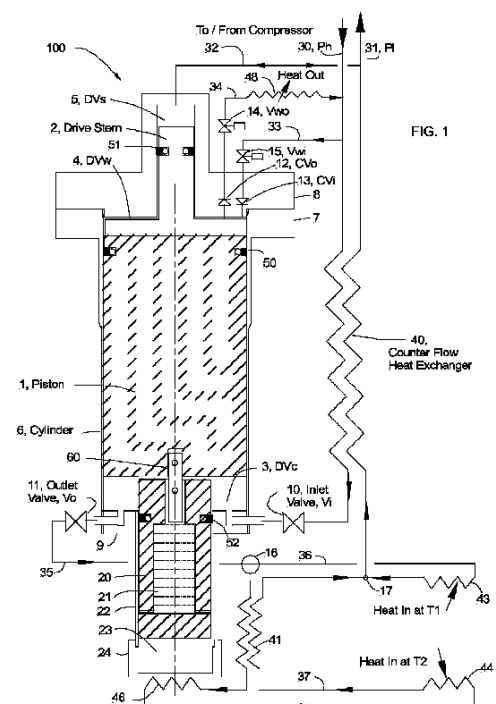
(71) 出願人 501356112
 スミトモ (エスエイチアイ) クライオ
 ジェニックス オブ アメリカ インコー
 ポレイテッド
 Sumitomo (SHI) Cryoge
 nics of America, Inc
 .
 アメリカ合衆国 18103 ペンシルベ
 ニア州 アレントウン ヴァルティール
 ストリート 1833
 (74) 代理人 110000811
 特許業務法人貴和特許事務所

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ハイブリッド型ブレイトン・ギフォード・マクマホン膨張機

(57) 【要約】

本発明は、ブレイトンエンジンによる第1段と、該ブレイトンエンジンからの流れを使用する、1以上の遠隔のヒートステーションに冷却を提供する1以上のGM (ギフォード・マクマホン) サイクルによるより低温段とを組み合わせたハイブリッド型膨張機を提供する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ピストン暖温端およびピストン冷温端を有する往復動ピストンを備え、第 1 の温度の冷却を生成する、ブレイトン膨張エンジンと、

前記ピストン冷温端に取り付けられて、前記ピストンと同時に往復動するディスプレイサを備え、第 1 の温度よりも低い第 2 の温度の冷却を生成する、ギフォード・マクマホン膨張機と、

を備え、

供給源から第 1 の圧力で供給され、第 1 の圧力よりも低い第 2 の圧力で前記供給源に戻されるガスとともに作動する、極低温の冷却を生成するハイブリッド型膨張機。

10

【請求項 2】

第 1 の温度に近い温度で、前記ブレイトン膨張エンジンを通ずる前あるいは後のガスにより冷却される、第 1 の低温ヒートステーションをさらに備える、請求項 1 に記載のハイブリッド型膨張機。

【請求項 3】

第 2 の温度に近い温度で、ガスにより冷却される第 2 の低温ヒートステーションをさらに備える、請求項 2 に記載のハイブリッド型膨張機。

【請求項 4】

前記ピストン暖温端に取り付けられた駆動ステムをさらに備える、請求項 1 に記載のハイブリッド型膨張機。

20

【請求項 5】

前記ピストン冷温端に隣接する冷温側容積部に接続された、調節可能な入口弁および出口弁をさらに備える、請求項 1 に記載のハイブリッド型膨張機。

【請求項 6】

前記ピストン暖温端に取り付けられた駆動ステムと、

前記ステムの暖温端に隣接する暖温側容積部に取り付けられた、入口逆止弁および出口逆止弁と、

をさらに備える、請求項 1 に記載のハイブリッド型膨張機。

【請求項 7】

前記ピストン冷温端に隣接する冷温側容積部に接続された、調節可能な入口弁および出口弁をさらに備える、請求項 6 に記載のハイブリッド型膨張機。

30

【請求項 8】

前記ギフォード・マクマホン膨張機を第 1 のギフォード・マクマホン膨張機とし、

第 1 のギフォード・マクマホン膨張機の冷温端に取り付けられて、前記ピストンと同時に往復動する、第 2 のディスプレイサを備え、第 2 の温度よりも低い第 3 の温度の冷却を生成する、第 2 のギフォード・マクマホン膨張機をさらに備える、請求項 1 に記載のハイブリッド型膨張機。

【請求項 9】

前記ブレイトン膨張エンジンの冷温側を通じて流れるガスを収容し、前記ギフォード・マクマホン膨張機に接続されるラインであって、該ライン中のガスから前記ギフォード・マクマホン膨張機の膨張容積部内のガスに熱を移動させる熱交換器を有するラインを備える、請求項 1 に記載のハイブリッド型膨張機。

40

【請求項 10】

ピストン暖温端およびピストン冷温端を有する往復動ピストンを備える、ブレイトン膨張エンジンと、

前記ピストン暖温端に取り付けられ、かつ、ステム暖温端を有する、駆動ステムと、

前記ピストン冷温端に取り付けられて、前記ピストンと同時に往復動するディスプレイサを備える、ギフォード・マクマホン膨張機と、

前記ピストン冷温端に隣接する冷温側容積部に接続された、調節可能な入口弁および調節可能な出口弁と、

50

を備える、ハイブリッド型膨張機を用いて、極低温の冷却を生成する方法であって、
該方法は、

(a) 供給源から前記調節可能な入口弁に第1の圧力でガスを供給し、および、

(b) 前記ピストン、前記ディスプレイサ、および、前記駆動システムを、

(i) 第1の位置の近傍で、前記調節可能な入口弁を閉じ、前記調節可能な出口弁を開けて、第2の圧力のガスを排出ラインに排出して、前記冷温側容積部の大きさを減少させ、かつ、

(ii) 第2の位置の近傍で、前記調節可能な出口弁を閉じ、前記調節可能な入口弁を開けて、第1の圧力の前記ガスを入口ラインから導入し、前記冷温側容積部の大きさを増加させる、

ことにより、第1の位置から第2の位置まで、同時に往復動させる、
工程を備える、極低温の冷却を生成する方法。

【請求項11】

前記排出ラインは、第1の温度の負荷からの熱を受領する熱交換器に接続されている、
請求項10に記載の極低温の冷却を生成する方法。

【請求項12】

前記排出ラインに、該排出ラインを第1の分配ラインと第2の分配ラインに分配する流れ分配器がさらに備えられており、

第1の分配ラインは、第1の温度の負荷からの熱を受領する第1の熱交換器に接続されており、

第2の分配ラインは、第2の温度の負荷からの熱を受領する第2の熱交換器に接続されており、

第1の温度は第2の温度より高い、
請求項10に記載の極低温の冷却を生成する方法。

【請求項13】

第2の分配ラインは、第2の分配ライン内のガスからの熱を、前記ギフォード・マクマホン膨張機内のガスに移動させるための第3の熱交換器を備える、請求項12に記載の極低温の冷却を生成する方法。

【請求項14】

ピストン暖温端およびピストン冷温端を有する往復動ピストンを備える、ブレイトン膨張エンジンと、

前記ピストン暖温端に取り付けられ、かつ、ステム暖温端を有する、駆動システムと、

前記ピストン冷温端に取り付けられて、前記ピストンと同時に往復動するディスプレイサを備える、ギフォード・マクマホン膨張機と、

前記ピストン冷温端に隣接する冷温側容積部に接続された、調節可能な入口弁および調節可能な出口弁と、

前記システムの暖温端に隣接する暖温側容積部に取り付けられた、入口逆止弁および出口逆止弁と、
を備え、

ガスは、供給源から前記調節可能な入口弁および前記入口逆止弁に第1の圧力で供給され、

前記ピストン、前記ディスプレイサ、および、前記駆動システムは、

(i) 第1の位置の近傍で、前記調節可能な入口弁を閉じ、前記調節可能な出口弁を開けて、第1の圧力よりも低い第2の圧力のガスを、排出ラインに排出して、前記冷温側容積部の大きさを減少させ、および、ガスを、前記入口逆止弁を通じて第1の圧力で導入し、前記暖温側容積部の大きさを増加させ、かつ、

(ii) 第2の位置の近傍で、前記調節可能な出口弁を閉じ、前記調節可能な入口弁を開けて、第1の圧力の前記ガスを入口ラインから導入し、前記冷温側容積部の大きさを増加させ、および、ガスを、第1の圧力よりも高い第3の圧力で前記出口逆止弁を通じて排出する、

10

20

30

40

50

ことにより、第 1 の位置から第 2 の位置まで、同時に往復動するようになっている、極低温の冷却を生成するハイブリッド型膨張機。

【請求項 15】

前記排出ラインは、第 1 の温度の負荷からの熱を受領する熱交換器に接続されている、請求項 14 に記載のハイブリッド型膨張機。

【請求項 16】

前記排出ラインに配され、該排出ラインを第 1 の分配ラインと第 2 の分配ラインに分配する流れ分配器をさらに備え、

第 1 の分配ラインは、第 1 の温度の負荷からの熱を受領する第 1 の熱交換器に接続されており、

第 2 の分配ラインは、第 2 の温度の負荷からの熱を受領する第 2 の熱交換器に接続されており、

第 1 の温度は第 2 の温度より高い、
請求項 14 に記載のハイブリッド型膨張機。

【請求項 17】

第 2 の分配ラインは、第 2 の分配ライン内のガスからの熱を、前記ギフォード・マクマホン膨張機内のガスに移動させるための第 3 の熱交換器を備える、請求項 16 に記載のハイブリッド型膨張機。

10

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ブレイトンサイクルエンジンによる第 1 段と、1 以上のギフォード・マクマホン（GM）膨張機とを組み合わせ、2 以上の極低温の冷却を生成するための冷却装置に関する。特に、本発明は、ブレイトンサイクルエンジンを循環した低温ガスを、1 以上の GM 膨張機でさらに冷却して、1 以上の遠隔にある熱交換器に搬送する、冷却装置に関する。該冷却装置は、たとえば、超伝導磁石を 30 K の温度に、かつ、周囲シールドを 70 K の温度まで冷却するために使用することができる。

30

【背景技術】

【0002】

ブレイトンサイクルで作動する冷却システムは、吐出圧力のガスを向流型熱交換器に供給する圧縮機を備え、ガスを、冷却入口弁を通じて膨張空間に導入し、該ガスを断熱膨張させ、このより冷却された膨張ガスを、出口弁を通じて排出し、冷却される負荷を通じて該冷却ガスを循環させ、該ガスを、前記向流型熱交換器を通じて、前記圧縮機に戻り圧力で戻すように構成されている。

40

【0003】

W. E. ギフォードおよび H. O. マクマホンによる米国特許第 3045436 号公報には、前記ギフォード・マクマホン（GM）サイクルについて記載されている。この冷却システムも、吐出圧力のガスを膨張機に供給する圧縮機を備え、ガスを、入口弁を通じて、熱交換する蓄冷機の暖温側に導入し、さらにピストンの冷温側の膨張空間に導入し、該ピストンの冷温側の膨張空間から、前記蓄冷機および暖温側出口弁を通じて、前記圧縮機に戻り圧力で戻すように構成されている。現在製造されている一般的な GM 型の膨張機では、前記蓄冷機は前記ピストン内に配置され、該ピストン／蓄冷機がディスプレーサを構成し、該ディスプレーサは、高压のガスとともに、冷温側から暖温側に移動し、その後、低压のガスとともに、暖温側から冷温側に移動するようになっている。GM 型の冷却装置

50

とブレイトン型の冷却装置との間の重要な相違は、ブレイトンサイクル冷却装置では、冷却ガスを遠隔の負荷まで供給できるのに対して、GM膨張機内の冷却膨張ガスは、膨張空間内にあるということである。

【0004】

2011年9月15日に発行された、R. C. ロングスワースによる発明に関する、米国特許出願公開第2011/0219810号公報には、ブレイトンサイクルで作動する往復動膨張エンジンについて記述されている。該往復動膨張エンジンでは、前記ピストンは、機械的駆動あるいは高圧および低圧の間で変化するガス圧により駆動される駆動システムを暖温側に備え、該ピストンの移動中では、前記駆動システムの周囲の領域における前記ピストンの暖温側の圧力が、該ピストンの冷温側の圧力と実質的に同じになるように構成されている。S. ダンらによる発明に関する、米国特許出願公開第2012/0285181号公報（2011年5月12日出願の出願番号第13/106218号）には、膨張機ピストンを作動させる代替手段について記述されている。2006年4月28日に出願されたS. ダンによる発明に関し、その発明の名称が「オイルバイパス付き膨張機」である、米国特許出願公開第2007/0253854号公報には、これらのエンジンにガスを供給するために使用される膨張機システムについて記述されている。これらの出願に記述されたエンジンは、本発明において使用することができるブレイトンエンジンの例である。

10

【0005】

ブレイトンエンジンに別のピストンを追加するためには、別の一对の弁およびこれらに付属するアクチュエータが必要とされるのに対して、ブレイトンピストンに取り付けられるGMディスプレーサは、第2段へ圧力を循環させるための第1段弁を使用する。したがって、本発明の目的は、遠隔のヒートステーションにまで循環する冷却ガスを出力できるブレイトンエンジンの利点と、1以上のGM冷却をブレイトンエンジンに追加する簡易な構造とを組み合わせ、循環ガスをより低温で1以上の遠隔のヒートステーションを冷却するために使用できるようにすることにある。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】米国特許第3045436号公報

30

【特許文献2】米国特許出願公開第2011/0219810号公報

【特許文献3】米国特許出願公開第2012/0285181号公報

【特許文献4】米国特許出願公開第2007/0253854号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、ブレイトンエンジンによる第1段と、該ブレイトンエンジンからの流れを使用する、1以上の遠隔のヒートステーションに冷却を提供する1以上のGMサイクルによるより低温段とを組み合わせる。

【課題を解決するための手段】

40

【0008】

極低温の冷却を生成するためのハイブリッド型膨張機は、第1の圧力でソースから供給され、第2の圧力でソースに戻される、ガスにより作動する。第2の圧力は、第1の圧力よりも低い。ハイブリッド型膨張機は、

ピストン暖温端とピストン冷温端を有する往復動ピストンを備え、第1の温度で冷却を生成するブレイトン膨張エンジンと、

前記ピストン冷温端に取り付けられ、前記ピストンと同時に往復動するディスプレーサを備え、第1の温度よりも低温である第2の温度で冷却を生成するギフォード・マクマホン膨張機と、

を備える。

50

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】図1は、第1段の空圧作動式ガス平衡ブレイトンエンジンと、第2段のGMサイクルと、第1段の遠隔の熱交換器と、第2段の遠隔の熱交換器とを備える、ハイブリッド型膨張機100の概念図である。

【図2】図2は、第1段のブレイトンエンジンと、第2段のGMサイクルと、第1段の遠隔の熱交換器と、第2段の一体式の熱交換器とを備える、ハイブリッド型膨張機200の概念図である。

【図3】図3は、第1段のブレイトンエンジンと、第2段のGMサイクルと、第3段のGMサイクルと、第1段の遠隔の熱交換器と、第3段の遠隔の熱交換器とを備える、ハイブリッド型膨張機300の概念図である。

【図4】図4は、第1段のブレイトンエンジンと、第2段のGMサイクルと、第2段の遠隔の熱交換器とを備える、ハイブリッド型膨張機400の概念図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

本発明の1以上の実施形態を通じて、図1～図4において、同様の部分には、同じ参照番号および同じ図表示が使用される。

【0011】

膨張エンジンは、熱交換器における対流損失を最小限とするために、通常、冷温側が下側となるように配置されるため、ピストンの冷温側から暖温側への移動は、多くの場合に、上昇移動として表現される。すなわち、該ピストンは、上下移動する。図面では、暖温側フランジ7が取り付けられる暖温側の取付板および該暖温側フランジ7の下方に配置され、冷温側の部材を外気から隔離する真空ハウジングは、省略されている。

【0012】

図1は、発明の名称を「ガス平衡極低温膨張エンジン」とし、2012年11月14日に公開された、米国特許出願公開第2012/0285181号公報に記載された、ブレイトンエンジン駆動機構を用いた例を示している。一方、図2～図4は、一般的な駆動機構を用いた本発明の変更例を示している。

【0013】

図1では、ハイブリッド型膨張機100は、ブレイトンピストン/GMディスプレイサアセンブリ、暖温側の駆動アセンブリ、シリンダアセンブリ、および、多管式熱交換器を含む配管アセンブリを備える。ブレイトンピストン1は、暖温側の駆動ステム2に取り付けられ、かつ、冷温側の連結具60により、蓄冷機21を含むGMディスプレイサ20に連結される。シール51は、ガスが、駆動ステム2の上にある変位容積部DV s 5から、ブレイトンピストン1の上にある変位容積部DV w 4に抜けてしまうことを防止する。シール50は、ガスが、変位容積部DV w 4から、ブレイトンピストン1の下にある変位容積部DV c 3に抜けてしまうことを防止する。シール52は、ガスが、変位容積部DV c 3から、ディスプレイサ20の下にある変位容積部23に抜けてしまうことを防止する。このピストン/ディスプレイサアセンブリは、シリンダアセンブリ内で往復動する。シリンダアセンブリは、暖温側フランジ7、第1段のシリンダ6、第1段のエンドキャップ9、第2段のシリンダ22、および、第2段のエンドキャップ24を備える。

【0014】

空圧作動式の駆動アセンブリは、図示はされていないが、ピストン1が冷温端近傍にあるときに入口弁V i 10を開け、ピストン1が頂上部にあるときに入口弁V i 10を閉じる部材、および、ピストン1が頂上部にあるときに出口弁V o 11を開けて、ピストン1が底部近傍にあるときに出口弁V o 11を閉じる部材を備える。変位容積部DV c 3、変位容積部23、および、蓄冷機21におけるガス圧は、ほぼ同じである。ただし、蓄冷機21の圧力は、ガスの移動時には低下する。

【0015】

ピストン1が頂上部に到達すると、変位容積部DV c 3および変位容積部DV w 4は、

10

20

30

40

50

高圧 P_h に近い圧力のガスを有する。入口弁 V_{i 1 0} が閉じて、出口弁 V_{o 1 1} が開くことにより、低温ガスが流れ出て、低圧 P_l となる。変位容積部 D V w 4 と変位容積部 D V c 3 との間の圧力の相違により、ピストン 1 が下方に移動し、高圧供給ライン 3 0 から、暖温側入口弁 V w i 1 5、入口逆止弁 C V i 1 3、および接続ライン 3 3 を通じて、ガスが変位容積部 D V w 4 内に引き込まれる。ピストン 1 が下方に移動する速度は、暖温側入口弁 V w i 1 5 の設定により調節される。

【0016】

ピストン 1 が底部に到達すると、出口弁 V_{o 1 1} が閉じるが、ガスは、圧力 P_h に近くなるまで、変位容積部 D V w 4 内に引き続き流れ込む。次に、入口弁 V_{i 1 0} が開き、変位容積部 D V c 3 内のガスが圧力 P_h になる。ピストン 1 の冷温端に作用する圧力 P_h と駆動ステム 2 に作用する圧力 P_l との不均衡により、変位容積部 D V w 4 内のガスが押圧されて圧力 P_h よりも大きい第 3 の圧力となり、これによりガスが押されて、出口逆止弁 C V o 1 2、暖温側出口弁 V w o 1 4、アフタクーラ 4 8、および、接続ライン 3 4 を通じて、高圧ライン 3 0 に排出される。

【0017】

ピストン 1 が上方に移動する速度は、暖温側出口弁 V w o 1 4 の設定により調節される。変位容積部 D V s 5 は、ライン 3 2 を通じて、低圧の戻りライン 3 1 に接続されているため、変位容積部 D V s 5 内は常に圧力 P_l となっている。

【0018】

配管アセンブリは、室温と第 1 段の温度との間にある向流型熱交換器 4 0 と、第 1 段の温度と第 2 段の温度との間にある向流型熱交換器 4 1 と、温度 T₁ にある負荷から熱を受領する遠隔の熱交換器 4 3 と、温度 T₂ にある負荷から熱を受領する遠隔の熱交換器 4 4 と、循環ガスからの熱を、第 2 段の冷温端部 2 4 を介して、GM 膨張空間 2 3 内のガスに移動させる熱交換器 4 6 と、および、接続配管とを備える。

【0019】

配管は、このシステムにおいて、上述の部材間を接続するものとして定義される。ここで、ライン 3 0 は、圧力 P_h のガスを、圧縮機から熱交換器 4 0 を介して入口弁 V_{i 1 0} まで搬送するためのものであり、ライン 3 5 は、圧力 P_l のガスを、出口弁 V_{o 1 1} から流れ分配器 1 6 まで搬送するためのものであり、ライン 3 6 は、分配された一部のガスを、流れ分配器 1 6 から熱交換器 4 3 を介して T 字管 1 7 まで搬送するためのものであり、ライン 3 7 は、分配された残りのガスを、熱交換器 4 1、4 6、4 4、4 1 を順次介して T 字管 1 7 まで搬送するためのものであり、および、ライン 3 1 は、戻りガスを、T 字管 1 7 から熱交換器 4 0 を介して圧縮機に搬送するためのものである。

【0020】

図 2 は、ブレイトンピストン/GM ディスプレーサアセンブリ、シリンダアセンブリ、および、多管式熱交換器を含む配管アセンブリを備える、ハイブリッド型膨張機 2 0 0 を示す。ピストン/ディスプレーサアセンブリを上下に駆動するための手段は示されていないが、これらは機械式の駆動機構あるいは空圧作動式の駆動機構により、駆動される。ブレイトンピストン/GM ディスプレーサアセンブリおよびシリンダアセンブリは、膨張機 1 0 0 におけるものと同様である。膨張機 2 0 0 は、配管アセンブリが 1 つの遠隔のヒートステーションのみを備えている点で、膨張機 1 0 0 と異なっている。低温ガスは、出口弁 V_{o 1 1} から、遠隔の熱交換器 4 3 を通って、熱交換器 4 0 まで、ライン 3 8 を介して流れる。熱は、温度 T₁ の負荷から熱交換器 4 3 に移動し、かつ、温度 T₂ のより低温の負荷から冷温端部 2 4 に直接移動する。

【0021】

図 3 は、ブレイトンピストン/GM ディスプレーサアセンブリ、シリンダアセンブリ、および、多管式熱交換器を含む配管アセンブリを備える、ハイブリッド型膨張機 3 0 0 を示す。ピストン/ディスプレーサアセンブリを上下に駆動するための手段は示されていないが、これらは機械式の駆動機構あるいは空圧作動式の駆動機構により、駆動される。第 1 段および第 2 段のブレイトンピストン/GM ディスプレーサアセンブリは、図 1 および

図 2 に示したものと同様である。本発明のこの実施形態には、蓄冷機 2 6 およびシール 5 3 を備え、連結具 6 1 により第 2 段のディスプレイサ 2 0 に連結され、シリンダ 2 7 および冷温端部 2 9 からなるシリンダアセンブリの延長部内で往復動する、第 3 段の GM ディスプレーサ 2 5 が備えられる。冷却は、変位容積部 2 8 内のガスの膨張により生成される。

【0022】

膨張機 3 0 0 の配管は、より低温の遠隔の熱交換器に配管が施されている点で、膨張機 1 0 0 と異なっている。低温ガスの一部は、ライン 3 6 を介して、分配器 1 6 から遠隔の熱交換器 4 3 を通って、T 字管 1 7 まで、膨張機 1 0 0 と場合と同様に流れる。低温ガスの流れの残部は、ライン 3 9 内を、分配器 1 6 から、熱交換器 4 1、4 6、4 2、および 4 7 を順次流れるに従って、より低い温度まで冷却され、その後、熱交換器 4 5、4 2、および 4 1 において温められたのち、T 字管 1 7 において、前記ガスの一部と合流する。熱は、温度 T 1 の負荷から熱交換器 4 3 に移動し、かつ、温度 T 3 の負荷から熱交換器 4 5 に移動する。

【0023】

図 4 は、膨張機 1 0 0 と同様のブレイトンピストン／GM ディスプレーサアセンブリおよびシリンダアセンブリを備える、ハイブリッド型膨張機 4 0 0 を示す。ピストン／ディスプレイサアセンブリを上下に駆動するための手段は示されていないが、これらは機械式の駆動機構あるいは空圧作動式の駆動機構により、駆動される。配管アセンブリは、圧力 P_h の循環ガスが、温度 T 2 にある単一の遠隔の熱交換器を通ずるオプションとなっている。圧力 P_h のガスの密度は、圧力 P_l のガスの密度よりも大きいため、配管をより小さくすることができる。図 4 に示したオプションでは、第 1 段の冷却のすべてが、熱交換器 4 0 における熱損失を除去することに使用され、このエンジンにより循環する流れのすべてが、温度 T 2 にある熱交換器 4 4 を通ずるようになっている。膨張機 4 0 0 内の配管は、圧縮機から熱交換器 4 0、4 1、4 4、4 6、および 4 1 を順次通じて、入口弁 V_{i1} 0 まで伸長するライン 3 0 を含む。圧力 P_l のガスは、ライン 3 8 を介して、出口弁 V_{o1} 1 から熱交換器 4 0 に流れる。

【0024】

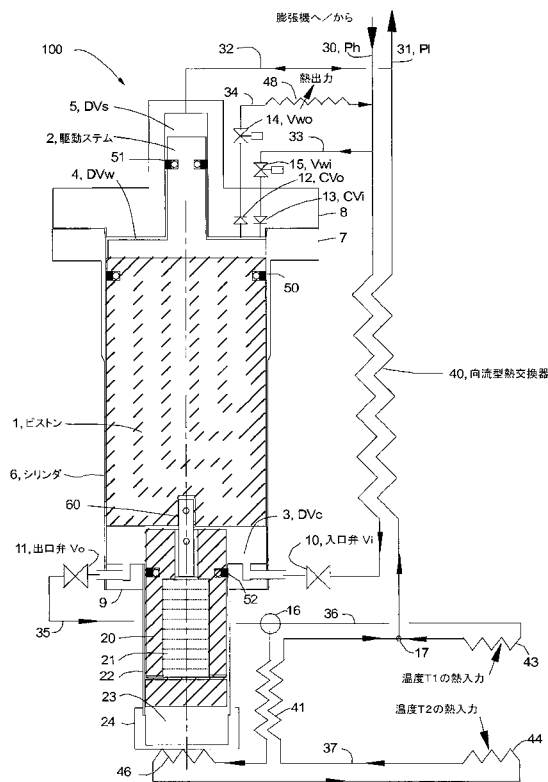
これらの実施形態は、本発明の基本概念を適用可能である多様な手段の例を示したものである。本発明の 1 以上の実施形態では、GM ディスプレーサは、ブレイトンエンジンピストンの冷温側に配され、ブレイトンエンジンの入口弁および出口弁を使用してガスを循環させ、ピストンおよびディスプレイサにより容積を変化させている。本発明の 1 以上の実施形態では、ガスは、ブレイトンエンジンにより循環し、高圧あるいは低圧のいずれかの状態で、1 以上の遠隔の位置から熱を除去する。向流型熱交換器は、複数段の GM 膨張機の間に配置し、ガスを、1 以上の向流熱交換器により 1 段以上の GM サイクルに課される熱損失を小さくした状態で、遠隔の負荷から 1 以上の GM 膨張機による 1 以上の低温段に熱を移動させるのに利用することもできる。代替的に、熱を GM のヒートステーションに直接移動させることもできる。ブレイトンエンジン用の駆動機構、および、入口弁と出口弁を開閉する手段は、選択可能である。最も極低温の冷却用ガスとしてはヘリウムを用いることが好ましいが、水素やネオンなどの他のガスも使用可能である。

【0025】

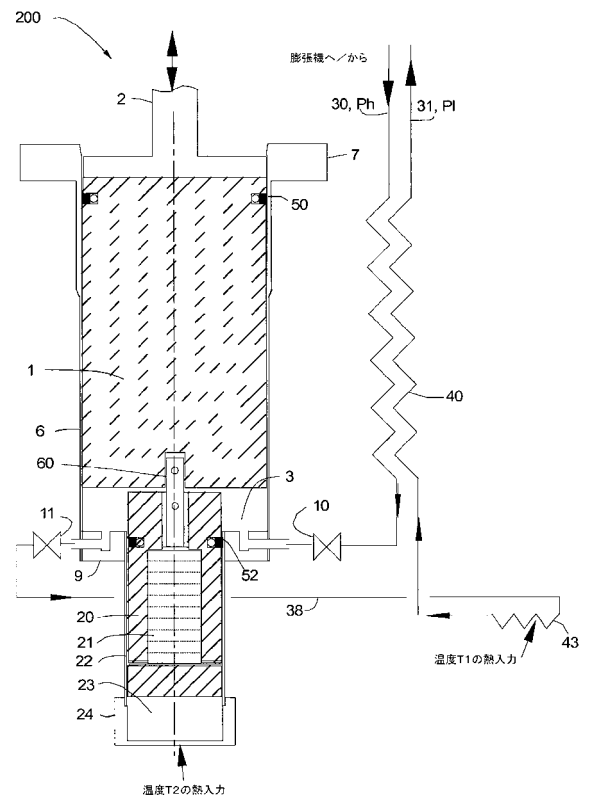
圧縮機で、 11 g/s で供給される室温のヘリウムを、 0.8 MPa から 2.2 MPa まで圧縮し、約 14 KW の出力を引き出した場合のハイブリッド型膨張機 1 0 0 および 4 0 0 に対して予想される冷却能力は次のように推定される。直径 100 mm のブレイトンエンジンピストンおよび直径 50 mm の GM ディスプレーサを有するハイブリッド型膨張機 1 0 0 では、 80 K の遠隔の熱交換器において約 200 W の冷却、および、 30 K の遠隔の熱交換器において約 100 W の冷却が提供される。直径 100 mm のブレイトンエンジンピストンおよび直径 75 mm の GM ディスプレーサを有するハイブリッド型膨張機 4 0 0 では、 30 K の遠隔の熱交換器において約 175 W の冷却が提供され、 100 K では冷却なしである。この設計において、ブレイトンエンジンからの冷却は、熱交換器 4 0 に

おける熱損失の除去のみに使用される。

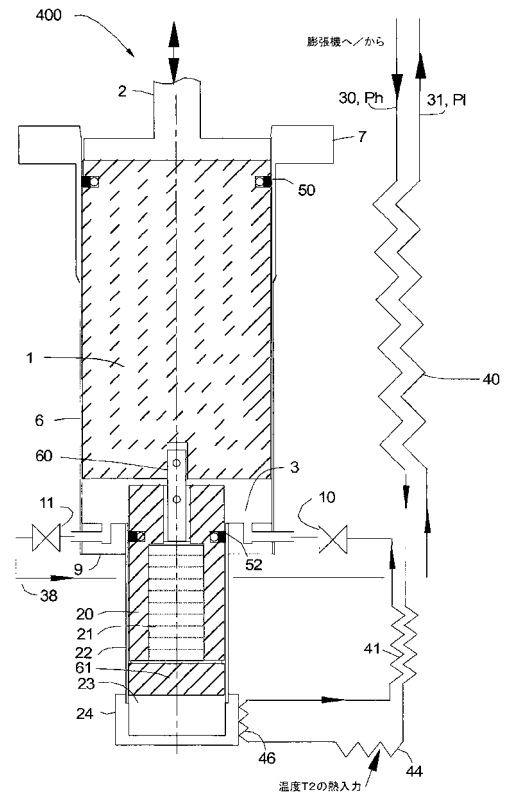
【図 1】



【図 2】



【 図 4 】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2014/071506
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER F25B 7/00(2006.01)i, F25B 41/06(2006.01)i, F25B 49/00(2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F25B 7/00; F25B 9/06; F01B 21/04; F25B 9/00; F25B 41/06; F25B 49/00 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: hybrid, expander, Brayton expansion engine, Gifford-McMahon, piston, and displacer		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 3,613,385 A (W.H.HOGAN et al.) 19 October 1971 See column 6, line 68 - column 7, line 10, column 7, line 68 - column 8, line 16; and figures 1, 13.	1-10, 14
A		11-13, 15-17
Y	US 2012-0285181 A1 (DUNN et al.) 15 November 2012 See paragraphs [0024]-[0028]; and figure 1.	1-10, 14
A	US 2012-0085121 A1 (LONGSWORTH, RALPH) 12 April 2012 See paragraphs [0021]-[0022]; and figure 3.	1-17
A	US 2011-0219810 A1 (LONGSWORTH, RALPH) 15 September 2011 See paragraphs [0018]-[0020]; and figure 1.	1-17
A	US 4,708,725 A (OKUMURA, NOBUO) 24 November 1987 See column 1, line 48 - column 2, line 39; and figure 1.	1-17
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 08 April 2015 (08.04.2015)		Date of mailing of the international search report 08 April 2015 (08.04.2015)
Name and mailing address of the ISA/KR  International Application Division Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon Metropolitan City, 302-701, Republic of Korea Facsimile No. +82 42 472 7140		Authorized officer HAN, Joong Sub Telephone No. +82-42-481-5606 

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/US2014/071506

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3613385 A1	19/10/1971	None	
US 2012-0285181 A1	15/11/2012	CN 103814191 A DE 112012002047 T5 GB 201319604 D0 GB 2504045 A JP 2014-513269 A KR 10-1422439 B1 KR 10-2014-0000355 A US 2014-290278 A1 US 8776534 B2 WO 2012-154299 A1	21/05/2014 20/02/2014 18/12/2013 15/01/2014 29/05/2014 22/07/2014 02/01/2014 02/10/2014 15/07/2014 15/11/2012
US 2012-0085121 A1	12/04/2012	CN 103261816 A EP 2625474 A1 EP 2625474 A4 US 8448461 B2 WO 2012-047838 A1	21/08/2013 14/08/2013 12/11/2014 28/05/2013 12/04/2012
US 2011-0219810 A1	15/09/2011	CN 103249914 A DE 112011100912 T5 GB 201217289 D0 GB 2491769 A JP 2013-522576 A KR 10-1289395 B1 KR 10-2012-0129950 A WO 2011-115790 A2 WO 2011-115790 A3	14/08/2013 10/01/2013 14/11/2012 12/12/2012 13/06/2013 29/07/2013 28/11/2012 22/09/2011 05/01/2012
US 4708725 A	24/11/1987	JP 04017334 B JP 62-116867 A	25/03/1992 28/05/1987

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72)発明者 ロングスワース, ラルフ
アメリカ合衆国, 18103-4783, ペンシルベニア州, アレンタウン, バルティール ストリート 1833番地, スミトモ (エスエイチアイ) クライオジェニックス オブ アメリカ インコーポレイテッド内