

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4879449号  
(P4879449)

(45) 発行日 平成24年2月22日(2012.2.22)

(24) 登録日 平成23年12月9日(2011.12.9)

(51) Int.Cl. F I  
**F 2 5 B 21/00 (2006.01)** F 2 5 B 21/00 A

請求項の数 23 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2002-518044 (P2002-518044)	(73) 特許権者	503057053
(86) (22) 出願日	平成13年8月8日(2001.8.8)		アストロノーティックス コーポレイシ ン オブ アメリカ
(65) 公表番号	特表2004-506168 (P2004-506168A)		アメリカ合衆国 ウィスコンシン州 53 704 ミルウォーキー ノース トゥー トミア アヴィニア 4115 ポスト オフィス ボックス 523
(43) 公表日	平成16年2月26日(2004.2.26)	(74) 代理人	100059959
(86) 国際出願番号	PCT/US2001/025009		弁理士 中村 稔
(87) 国際公開番号	W02002/012800	(74) 代理人	100067013
(87) 国際公開日	平成14年2月14日(2002.2.14)		弁理士 大塚 文昭
審査請求日	平成20年6月5日(2008.6.5)	(74) 代理人	100082005
(31) 優先権主張番号	60/223,940		弁理士 熊倉 禎男
(32) 優先日	平成12年8月9日(2000.8.9)	(74) 代理人	100065189
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 穴戸 嘉一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転ベッド式磁気冷却装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

熱伝達流体の再生冷却を行う方法において、

(a) 偶数の磁気再生ベッドのリングを用意し、各ベッドに含まれる材料は、磁熱効果を示し、多孔性であり且つこのような磁熱材料を通して熱伝達流体を流すことができ、各ベッドは、ホット端及びコールド端を有し、更に、当該ベッドは、各ベッドのコールド端がその隣接ベッドのコールド端に隣接しそして各ベッドのホット端がその隣接ベッドのホット端に隣接するように円形リングに配列され、

(b) 磁界を通して上記再生ベッドのリングを回転して、上記再生ベッドのリングが回転するときには上記再生ベッドの各々に交互に磁界を付与しそして磁界を除去し、そして

(c) 上記ベッドが磁界内にないときには上記ベッドのホット端からコールド端へ上記再生ベッドを経て熱伝達流体を通して、上記ベッドが回転される中心軸に対して熱伝達流体が周囲流となるようにし、そして上記ベッドのリングが回転されて上記ベッドが磁界内にあるときには上記ベッドのコールド端からホット端へ上記再生ベッドを経て熱伝達流体を周囲流として通す、

という段階を備えた方法。

【請求項2】

上記ベッドが磁界内にあるときに上記ベッドのコールド端からホット端へと上記再生ベッドを通過した熱伝達流体から熱を引き出す段階を含む請求項1に記載の方法。

【請求項3】

熱伝達流体に熱を移送し、次いで、熱伝達流体を、上記再生ベッドが磁界内にあるときにそのベッドへ通しそしてそのベッドを経てそのコールド端からホット端へと通す段階を更に備えた請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

回転磁気冷却ヒートポンプ装置において、

(a) 中心軸の周りで回転するように取り付けられた偶数の磁気再生ベッドのリング、及び中心軸の周りで回転するように上記磁気再生ベッドのリングを駆動するためのドライブを備え、各ベッドに含まれる材料は、磁熱効果を示し、多孔性であり且つこのような磁熱材料を通して熱伝達流体を周囲流として流すことができ、各ベッドは、ホット端及びコールド端を有し、各ベッドの前記コールド端がその隣接ベッドの前記コールド端に隣接し、そして各ベッドの前記ホット端がその隣接ベッドの前記ホット端に隣接し、

10

(b) 上記リングにおける再生ベッドの全部ではなくその少なくとも 1 つを通る磁界を与えて、少なくとも 1 つのベッドが磁界内にありそして少なくとも 1 つのベッドが磁界の外部にあるようにするマグネットと、

(c) ホット熱交換器と、

(d) コールド熱交換器と、

(e) コンジットにより上記ホット熱交換器及びコールド熱交換器に接続されると共に、コンジットにより各磁熱ベッドのホット端及びコールド端に接続された分配バルブとを更に備え、この分配バルブは、上記再生ベッドのリングが回転するときにスイッチングして、磁界の外部にあるベッドからの流路にある熱伝達流体を、この分配バルブを経て上記コールド熱交換器へ向け、そしてこの分配バルブを経て磁界内にあるベッドへと戻し、次いで、この分配バルブを経てホット熱交換器へ向け、そしてこの分配バルブを経て、磁界の外部にあるベッドへと戻し、更に、この分配バルブは、これを通る流れを、コンジットを通る流れが同じ方向に維持されるように向け、そしてベッドが磁界の外部にあるときに各ベッドを通る流れの方向が、ベッドが磁界内にあるときの流れの方向と逆転されるようにし、そして

20

(f) 上記ホット及びコールド熱交換器、コンジット及び分配バルブを通して熱伝達流体を駆動するようにコンジットに接続されたポンプを更に備えた装置。

【請求項 5】

上記分配バルブとベッドとの間の対応する入口及び出口コンジットが Y コネクタを経てベッドにおける単一の入口/出口ポートへと合流される請求項 4 に記載の冷却装置。

30

【請求項 6】

前記ベッドは、円形リングに配列され、前記ベッドの隣接コールド端は、流体の流れに対して互いに開いていて、1 つの共通のコールド端入力ポート及び 1 つの共通のコールド端出力ポートを有し、そして前記ベッドの隣接ホット端は、流れ防止セパレータにより分離されていて、各ベッドのホット端に対して入力及び出力ポートを有する請求項 4 に記載の冷却装置。

【請求項 7】

上記分配バルブは、固定バルブ部材と、中心軸の周りでこの固定バルブ部材に係合して回転するように取り付けられた回転バルブ部材とを備え、そして上記コンジットは、上記回転バルブ部材から各ベッドのホット端及びコールド端へと延びて分配バルブとベッドとの間に流体を分配し、上記回転バルブ部材は、上記再生ベッドのリングと共に回転する請求項 4 に記載の冷却装置。

40

【請求項 8】

上記分配バルブは、内部の固定バルブ部材と、中心軸の周りでこの固定バルブ部材に係合して回転するように取り付けられた外部の回転バルブ部材とを備え、上記固定バルブ部材は、2 つのコールド流体チャンバー及び 2 つのホット流体チャンバーを有し、上記回転バルブ部材は、この回転バルブ部材が回転するときに、上記第 1 コールド流体チャンバーと次々に連通する第 1 コールド流体ポートと、この回転バルブ部材が回転するときに、上記第 2 コールド流体チャンバーと次々に連通する第 2 コールド流体ポートとを有し、上記

50

回転バルブ部材は、更に、この回転バルブ部材が回転するときに、上記第1ホット流体チャンバーと次々に連通する第1ホット流体ポートと、この回転バルブ部材が回転するときに、上記第2ホット流体チャンバーと次々に連通する第2ホット流体ポートとを有し、上記固定バルブ部材におけるチャンネルは、2つのホット流体開口から第1及び第2のホット流体チャンバーへと延び、そして2つのコールド流体開口から第1及び第2のコールド流体チャンバーへと延び、上記コンジットは、上記ベッドのコールド入力ポートから、第1のコールド流体チャンバーと次々に連通状態になる上記回転バルブ部材のポートへと延び、上記コンジットは、上記ベッドのコールド出力ポートから、第2のコールド流体チャンバーと次々に連通状態になる上記回転バルブ部材のポートへと延び、上記コンジットは、上記ベッドのホット出力ポートから、第1のホット流体チャンバーと次々に連通状態になる上記回転バルブ部材のポートへと延び、そして上記コンジットは、上記ベッドのホット入力ポートから、第2のホット流体チャンバーと次々に連通状態になる上記回転バルブ部材のポートへと延び、更に、上記コンジットは、上記コールド熱交換器の出口から、第1コールド流体チャンバーと連通する上記固定バルブ部材のコールド流体開口へと延び、上記コンジットは、上記コールド熱交換器の入口から、第2コールド流体チャンバーと連通する上記固定バルブ部材のコールド流体開口へと延び、上記コンジットは、第1ホット流体チャンバーと連通する上記固定バルブ部材のホット流体開口からポンプを経て上記ホット熱交換器の入口へと延び、そして上記コンジットは、上記ホット熱交換器の出口から、上記固定バルブ部材の第2ホット流体チャンバーと連通する上記固定バルブ部材のホット流体開口へと延びる請求項7に記載の冷却装置。

10

20

【請求項9】

上記固定バルブ部材は上端及び下端を有し、そして上記固定バルブ部材におけるコールド流体開口は、上記端の一方において軸方向を向き、そして上記固定バルブ部材におけるホット流体開口は、他方の端において軸方向を向く請求項8に記載の冷却装置。

【請求項10】

上記マグネットは、永久磁石より成る請求項7に記載の冷却装置。

【請求項11】

上記マグネットは、C字型である請求項10に記載の冷却装置。

【請求項12】

中心軸の周りで回転するように取り付けられた取り付けプラットホームを更に備え、上記回転バルブ部材から上記ベッドへと延びるコンジットは、この取り付けプラットホームから上記ベッドのリングへと延びる区分を有し、そして上記ベッドのリングは、中心軸の周りで回転するようにこの取り付けプラットホームにより支持される請求項7に記載の冷却装置。

30

【請求項13】

上記取り付けプラットホームから上記ベッドへ延びる上記コンジットの区分は、上記ベッドのリングに対する物理的な支持体をなす請求項12に記載の冷却装置。

【請求項14】

上記回転バルブ部材及び上記取り付けプラットホームは、中心軸の周りで一緒に回転するように一緒に接続される請求項12に記載の冷却装置。

40

【請求項15】

上記固定バルブ部材及び回転バルブ部材は、互いに係合するフラットな面をもつ円板として形成され、上記回転バルブ部材は、その面が中心軸に直角となるようにして中心軸の回りで回転するように取り付けられ、上記固定バルブ部材及び回転バルブ部材は、その回転バルブ部材が回転するときに連通したりしなくなったりするポートを有する請求項7に記載の冷却装置。

【請求項16】

上記固定バルブ部材円板を上記回転バルブ部材円板に係合するように取り付けるスプリング取り付け組立体を含む請求項15に記載の冷却装置。

【請求項17】

50

回転磁気冷却ヒートポンプ装置において、

(a) 偶数の磁気再生ベッドを備え、各ベッドに含まれる材料は、磁熱効果を示し、多孔性であり且つこのような磁熱材料を通して熱伝達流体を流すことができ、各ベッドは、ホット端及びコールド端、各ベッドのホット端におけるホット端入力及び出力ポート、そして各ベッドのコールド端におけるコールド端入力及び出力ポートを有し、上記ベッドは、各ベッドのコールド端がその隣接ベッドのコールド端に隣接しそして各ベッドのホット端がその隣接ベッドのホット端に隣接するように円形リングに配列され、これらベッドの隣接コールド端は、流体の流れに対して互いに開いていて、1つの共通のコールド端入力ポート及び1つの共通のコールド端出力ポートを有し、そしてこれらベッドの隣接ホット端は、流れ防止セパレータにより分離されていて、各ベッドのホット端に対して入力ポート及び出力ポートを有し、上記磁気再生ベッドのリングが中心軸の周りで回転するように取り付けられ、そして中心軸の周りで回転するように上記ベッドのリングを駆動するためにドライブを備え、更に、ベッドの入力ポートから出力ポートへ流れる熱伝達流体は、中心軸に対して周囲に流れ、

10

(b) 上記リングにおける再生ベッドの全部ではなくその少なくとも1つを通る磁界を与えて、少なくとも1つのベッドが磁界内にありそして少なくとも1つのベッドが磁界の外部にあるようにする少なくとも1つのマグネットを備え、

(c) 内部の固定バルブ部材、及び中心軸の周りでこの固定バルブ部材に係合して回転するように取り付けられた外部の回転バルブ部材を含む回転分配バルブを更に備え、上記固定バルブ部材は、2つのコールド流体チャンバー及び2つのホット流体チャンバーを有し、上記回転バルブ部材は、この回転バルブ部材が回転するときに、上記第1コールド流体チャンバーと次々に連通する第1コールド流体ポートと、この回転バルブ部材が回転するときに、上記第2コールド流体チャンバーと次々に連通する第2コールド流体ポートとを有し、上記回転バルブ部材は、更に、この回転バルブ部材が回転するときに、上記第1ホット流体チャンバーと次々に連通する第1ホット流体ポートと、この回転バルブ部材が回転するときに、上記第2ホット流体チャンバーと次々に連通する第2ホット流体ポートとを有し、上記固定バルブ部材におけるチャンネルは、2つのホット流体開口から第1及び第2のホット流体チャンバーへと延びそして2つのコールド流体開口から第1及び第2のコールド流体チャンバーへと延び、

20

(d) 上記ベッドのコールド入力ポートから、第1のコールド流体チャンバーと次々に連通状態になる上記回転バルブ部材のポートへと延びるコンジット、上記ベッドのコールド出力ポートから、第2のコールド流体チャンバーと次々に連通状態になる上記回転バルブ部材のポートへと延びるコンジット、上記ベッドのホット出力ポートから、第1のホット流体チャンバーと次々に連通状態になる上記回転バルブ部材のポートへと延びるコンジット、及び上記ベッドのホット入力ポートから、第2のホット流体チャンバーと次々に連通状態になる上記回転バルブ部材のポートへと延びるコンジットを更に備え、

30

(e) 入口及び出口をもつホット熱交換器と、

(f) 入口及び出口をもつコールド熱交換器とを更に備え、

(g) 上記コールド熱交換器の出口から、第1コールド流体チャンバーと連通する上記固定バルブ部材のコールド流体開口へと延びるコンジット、上記コールド熱交換器の入口から、第2コールド流体チャンバーと連通する上記固定バルブ部材のコールド流体開口へと延びるコンジット、第1ホット流体チャンバーと連通する上記固定バルブ部材のホット流体開口からポンプを経て上記ホット熱交換器の入口へと延びるコンジット、及び上記ホット熱交換器の出口から、上記固定バルブ部材の第2ホット流体チャンバーと連通する上記固定バルブ部材のホット流体開口へと延びるコンジットを更に備え、そして

40

(h) 上記ホット及びコールド熱交換器、コンジット、ベッド及び分配バルブを通る流路に熱伝達流体を駆動するように上記コンジットに接続されたポンプを更に備えた装置。

【請求項18】

上記固定バルブ部材は上端及び下端を有し、そして上記固定バルブ部材におけるコールド流体開口は、上記端の一方において軸方向を向き、そして上記固定バルブ部材における

50

ホット流体開口は、他方の端において軸方向を向く請求項 17 に記載の冷却装置。

【請求項 19】

上記マグネットは、永久磁石より成る請求項 17 に記載の冷却装置。

【請求項 20】

上記マグネットは、C字型である請求項 19 に記載の冷却装置。

【請求項 21】

中心軸の周りで回転するように取り付けられた取り付けプラットホームを更に備え、上記回転バルブ部材から上記ベッドへと延びるコンジットは、この取り付けプラットホームから上記ベッドのリングへと延びる区分を有し、そして上記ベッドのリングは、中心軸の周りで回転するようにこの取り付けプラットホームにより支持される請求項 17 に記載の冷却装置。

10

【請求項 22】

上記取り付けプラットホームから上記ベッドへ延びる上記コンジットの区分は、上記ベッドのリングに対する物理的な支持体をなす請求項 21 に記載の冷却装置。

【請求項 23】

上記外部の回転バルブ部材及び上記取り付けプラットホームは、中心軸の周りで一緒に回転するように一緒に接続される請求項 21 に記載の冷却装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【技術分野】

20

本発明は、一般に、磁気冷却の分野に係り、能動的磁気再生冷却装置に係る。

【0002】

【背景技術】

能動的磁気再生とは、再生装置を、磁熱効果で動作する装置と組み合わせたものである。能動的磁気再生装置の動作が、パークレイ氏等の米国特許第 4,332,135 号に開示されている。能動的磁気再生装置の実験モデルが形成されてテストされており、アドバンシス・イン・クライオジェニック・エンジニアリング、第 37B 巻、1999 年、に掲載された A. J. デグレゴリア氏等の論文「能動的磁気再生冷却装置のテスト結果 (Test Result of An Active Magnetic Regenerative Refrigerator)」に説明されている。能動的磁気再生装置の詳細モデルは、アドバンシス・イン・クライオジェニック・エンジニアリング、第 37B 巻、1999 年の A. J. デグレゴリア氏の論文に示されている。能動的磁気再生装置は、磁熱効果を利用するクーラー又はヒートポンプの形式である。磁熱効果を示す材料は、磁化の際に暖かくなりそして減磁の際に冷たくなる。基本的な能動的磁気再生 (AMR) 装置では、熱伝達流体に対して多孔性である磁熱材料のベッドが 2 つの熱交換器に接続され、磁熱材料のベッドを通して一方の熱交換器から他方の熱交換器へ流体の流れを往復運動させるメカニズムが設けられている。又、ベッドを磁化したり減磁したりするメカニズムも設けられている。AMR サイクルには次の 4 つの部分がある。即ち、磁熱効果によりベッドの磁熱材料及び流体を暖めるベッドの磁化；ホットサイドの熱交換器を通して熱を解放するのに伴いベッドを通して流体がコールドサイドからホットサイドへ流れること；ベッドの磁熱材料及び流体を冷やすベッドの減磁；及びベッドを通してホットサイドからコールドサイドへ流体が流れて、冷えた流体がコールドサイドの熱交換器において熱を吸収すること。

30

40

【0003】

AMR 装置は、ベッドを磁化して暖めた後に、コールドサイドからホットサイドへ流体を流し、次いで、ベッドを減磁して冷やした後に、ホットサイドからコールドサイドへ流体を流す。磁化されたベッドに磁界を当てると、温度及び相対的位置の一对のプロファイルがベッドに形成され、その一方は、ベッドが磁化されたとき、そしてその他方は、ベッドが減磁されたときである。任意の位置における 2 つのベッドプロファイル間の相違は、磁界の変化を通して進むときに生じる磁熱材料の断熱的温度変化である。断熱的温度変化が十分に大きい場合には、ベッドのコールドサイドから出てくる流体の温度が、コールド貯

50

溜器の温度より低く、その結果、通常の再生装置の場合のようにホット貯溜器からコールド貯溜器へ熱が漏れるのではなく、コールド貯溜器の正味冷却が生じる。当然、熱力学の法則によれば、熱がコールド貯溜器からホット貯溜器へ流れるので、このようなプロセスにおいて仕事はなされねばならない。AMRの場合に、この仕事は、マグネット及び/又はベッドを互いに移動する駆動メカニズムによるか又は電氣的にスイッチされるマグネットにより実行される。ホットサイド及びコールドサイドの両方に熱交換器を利用することにより、コールドサイドの熱交換器からAMRを経て熱を除去しそしてホットサイドの熱交換器を通して解放することができる。この熱伝達を達成するための構造が、上記米国特許第4,332,135号に開示されている。

#### 【0004】

能動的磁気再生装置の更に別の拡張が、デグレゴリア氏等の米国特許第5,249,424号に開示されており、この場合、ベッドを通る熱伝達流体の流れはアンバランスで、ベッドのコールドサイドからホットサイドへの場合よりホットサイドからコールドサイドへベッドを通してより多くの流体が流れる。過剰な熱伝達流体は、ベッドのホットサイドへ転向されて戻され、そして能動的磁気再生装置の多数の段を使用することができる。上記特許に説明されたように、再生装置のベッドは、往復運動式に磁界に入れたり出したりすることもできるし、又は回転ホイールに取り付けることもできる。

#### 【0005】

上記能動的磁気再生装置の1つの欠点は、往復運動式の能動的磁気再生装置における熱伝達流体が、再生装置のベッド(1つ又は複数)と各ホット及びコールド熱交換器との間で前後に往復されるので、効率の悪さに遭遇することである。流体の流れは、ベッドと熱交換器との間で単一方向ではないので、常にある量の熱伝達流体がベッドと熱交換器との間の接続ラインにあり、ベッド及び熱交換器の両方を通して決して循環しない。この捕獲された熱伝達流体は、「デッドボリューム」と一般に称されるが、従来の能動的磁気再生装置における効率悪化の顕著な原因である。ロートン二世氏等の米国特許第5,934,078号は、熱伝達流体のデッドボリュームを著しく減少する往復式能動的磁気再生冷却装置を開示している。

#### 【0006】

##### 【発明の開示】

本発明によれば、回転ベッド磁気冷却装置は、中心軸の周りで回転するように取り付けられたリングに配置された磁気再生ベッドを有し、各ベッドは、リングが回転するときにマグネットによって形成される磁界に入ったり出たりする。各ベッドは、ホット端及びコールド端を有する。熱伝達流体は、分配バルブにより再生ベッドへ及び再生ベッドから案内され、分配バルブは、コンジットによってベッドのホット端及びコールド端に接続され、そしてベッドのリングと共に回転する。分配バルブは、コンジットによりホット熱交換器及びコールド熱交換器に接続された固定のバルブ部材を有する。コンジットに接続されたポンプは、コンジットを経、ホット及びコールド熱交換器、分配バルブ及び磁気再生ベッドを通して熱伝達流体を循環駆動させる。各ベッドは、多孔性であって熱伝達流体を通過できるようにする磁熱材料を含む。分配バルブは、磁界の外部にあるベッドのホット端へ熱伝達流体を向け、熱伝達流体はベッドの周囲をそのコールド端へと流れ、そこで、分配バルブへと戻される。ベッドが磁界中にあるときには、分配バルブは、ベッドのコールド端へ流体を向け、その周囲をホット端へと流れるようにし、そこで、流体は、分配バルブへと戻され、能動的磁気再生サイクルを完成する。再生ベッドのリングが各々完全に回転する間に、各コンジットに流れる流体は、単一方向にのみ流れるか又はサイクルの一部分の間に固定に保たれ、コンジットにおけるデッドボリュームを最小にし、ひいては、効率を向上させる。

#### 【0007】

分配バルブは、内部固定バルブ部材と、該固定バルブ部材に係合して中心軸の周りで回転するように取り付けられた外部回転バルブ部材とを備えたものが使用される。好ましい回転分配バルブでは、上記固定のバルブ部材は、2つのコールド流体チャンバーと、2つの

10

20

30

40

50

ホット流体チャンバーとを有し、そして回転バルブ部材は、その回転バルブ部材が回転するとき第1のコールド流体チャンバーと次々に連通する第1のコールド流体ポートと、その回転バルブ部材が回転するとき第2のコールド流体チャンバーと次々に連通する第2のコールド流体ポートとを有する。回転バルブ部材は、更に、その回転バルブ部材が回転するとき第1のホット流体チャンバーと次々に連通する第1のホット流体ポートと、その回転バルブ部材が回転するとき第2のホット流体チャンバーと次々に連通する第2のホット流体ポートとを備えている。固定バルブ部材には、2つのホット流体開口から第1及び第2のホット流体チャンバーへ延びそして2つのコールド流体開口から第1及び第2のコールド流体開口へ延びるチャンネルが形成される。次いで、コンジットは、ベッドのコールド端におけるコールド入力ポートから、第1のコールド流体チャンバーと次々に連通状態になる回転バルブチャンバーのポートへと延びる。又、コンジットは、ベッドのコールド出力ポートから、第2のコールド流体チャンバーと次々に連通状態になる回転バルブチャンバーのポートへと延びる。又、コンジットは、ベッドのホット端におけるベッドのホット出力ポートから、第1のホット流体チャンバーと次々に連通状態になる回転バルブチャンバーのポートへと延び、そしてコンジットは、ベッドのホット入力ポートから、第2のホット流体チャンバーと次々に連通状態になる回転バルブチャンバーのポートへと延びる。回転バルブ部材は、コンジットにより、ベッドのリングにおいてベッドに接続され、そしてリングと共に回転する。従って、流体の流れの全スイッチングは、リングに係合されたバルブではなく、中央の回転分配バルブにおいて生じる。中央の回転分配バルブに必要とされるシールは、ベッドのポートに係合する必要があるシールよりも非常に簡単で且つ十分なものであり、これは、シール設計を単純化し、シールにおける磨耗を減少し、そして分配バルブにおける機械的ロスを最小にできるようにする。

#### 【0008】

又、分配バルブは、互いにぴったりと係合されるフラットな面を有する2つの円板で形成することができる。一方の円板は、固定のバルブ部材であり、そして他方の円板は、回転するように取り付けられた回転バルブ部材である。これら2つの円板は、回転する円板から各磁気冷却ベッドのホット端及びコールド端へ延びる適当なコンジットに流体の流れを案内するように次々に連通状態になったり分離したりするポートを有する。分配バルブの固定円板は、コンジットにより、ホット熱交換器及びコールド熱交換器に接続され、そして流体の流れは、固定の内部バルブ部材及び回転する外部バルブ部材を有する分配バルブについて上述したのと同様に分配バルブ円板によって分配される。

#### 【0009】

リングは、円運動するように一定速度で駆動できるので、往復運動システムの場合より高い機械的効率を得ることができる。更に、回転部品の質量を減少することにより慣性作用を最小にすることができる。好ましくは、リングを形成する多数のベッドは、隣接ベッドのホット端が互いに隣接しそして隣接ベッドのコールド端が互いに隣接するように配置され、隣接ベッド間の温度差を最小にし、ひいては、ベッド間の熱の漏洩を最小にする。好ましくは、隣接ベッドのホット端は、流れ防止セパレータにより分離される。これらセパレータは、隣接ベッドのコールド端にも使用できるが、それは必要ではなく、そして好ましい設計では、隣接ベッドのコールド端は、オープンとなっていて互いに連通している。

#### 【0010】

##### 【発明を実施するための最良の形態】

本発明の更に別の目的、特徴及び効果は、添付図面を参照した以下の詳細な説明から明らかとなる。

本発明による回転ベッド磁気冷却装置は、連続的な円形運動で装置の可動部の機械的運動を実行して、優れた機械的効率を発揮する。装置の各部分にかかる力は、良くバランスされ、正味の駆動力は、主として、冷却プロセスを推進するに必要なものである。再生動作は、磁熱材料のベッドに対する熱伝達流体の流れを往復運動することにより与えられる。熱交換器及びコンジットを通る熱伝達流体の一方向の流れが得られ、これにより、熱交換器、又は活性材料と熱交換器との間のコンジットにおけるデッドボリューム作用を最小に

10

20

30

40

50

する。バルブは、簡単な設計のもので、最小限の磨耗に曝されるだけであり、そしてマシンに対して最小の摩擦負荷しか発生しない。更に、再生ベッドにおける回転部品の質量を減少することによって慣性作用を最小にすることができ、そして同様の温度をもつベッドと一緒にグループ編成しそして明確に異なる温度のベッド間に空間分離を与えることにより熱漏洩を減少することができる。又、本発明は、多数の再生ベッドを通して同時に熱伝達流体の流れを与えることもできる。

#### 【0011】

本発明の原理を説明するために、本発明による回転ベッド磁気冷却装置が、図1に、簡単な概略図の形態で、参照番号20で一般的に示されている。この装置20は、複数の再生ベッド22で形成された円形リング21を備え、各ベッドは、磁熱効果を示す材料であって熱伝達流体を流通できるような多孔性の材料を含む。リング21は、中心軸23の周りで回転するように取り付けられる。中心軸23には中央分配バルブ24が配置され、これは、内部固定バルブ部材25及び外部回転バルブ部材26を含む。熱伝達流体のための1組の回転コンジット27が、外部バルブ部材26から、再生ベッド22のリング21への接続部まで延びている。1組のコンジット27は、説明上、回転分配バルブ24からリング21まで直接延びるように示されているが、他のやり方(以下にも述べる)で向けられてもよく、そして軸23の周りで回転するようにリング21が取り付けられるところのリング21の物理的支持体を形成するように使用されてもよいし、そうでなくてもよいことを理解されたい。

#### 【0012】

マグネット29は、リング21の全周ではなくその一部分を経て磁界が延びるところの区分をエンドプレート30間に有するように形成され、従って、リング21内の幾つかの個々のベッドは、マグネット29の磁界内に入れられ、他のベッド22は、磁界の外部に置かれる。リング21が軸23の周りを回転すると、リング21内の個々のベッド22は、マグネット29により与えられる磁界へと徐々に移動し、それを通り、そしてそこから出る。ベッド22がマグネット29からの磁界内にあるときには、ベッド内の磁熱材料の温度が上昇し、そして冷たい熱伝達流体をそこを通して、磁熱材料から熱を引き出すことができる。ベッド22が磁界から出ると、温度が低下し、暖かい熱伝達流体をベッドに通過させ、熱伝達流体からベッドの磁熱材料へ熱を引き出すことができる。ベッド22は、マグネット29の磁界内にベッドがあるときに各ベッドのコールド端からウォーム端へ冷えた熱電圧流体を流し、そしてベッドがマグネット29の磁界から出たときにベッドのホット端からベッドのコールド端へ暖かい熱伝達流体を流すことにより、ベッドの周囲にホット端からコールド端へ多孔性磁熱材料を経て熱勾配が維持されるように構成されるのが好ましい。コンジット27は、回転分配バルブ24から各ベッドのホット及びコールド端へ接続され、このような流れを発生することができる。

#### 【0013】

バルブ24は、磁界内の1つ以上のベッドからセット27の1つ以上のコンジットを経て出てくるホット熱伝達流体を受け取り、そして固定のバルブ部材25からコンジット31を経てポンプ33を通過してホット熱交換器34へ流体を向けるように機能し、この熱交換器34は、流体の熱を周囲の空気又は別のヒートシンクへ伝達する。ホット熱交換器34を出る冷えた流体は、コンジット35を経て固定のバルブ部材25のポートへと戻る。この流体は、次いで、1つ以上のコンジット27を経て、磁界の外部に置かれた1つ以上のベッド22のホット端へ向けられ、冷えたベッドを通るときに流体の温度が低下する。冷えた流体は、次いで、コンジット27を経てバルブ24の回転バルブ部材26へ戻され、そして冷えた流体は、固定バルブ部材25からコンジット37を経てコールド熱交換器38へと放出され、これは、冷却されるべきボリューム(例えば、冷却器包囲体の内部)から熱伝達流体へ熱を伝達する。暖められた熱伝達流体は、次いで、コールド熱交換器38を出てコンジット39を経てバルブ24へ戻され、バルブ24は、1つ以上のコンジット27を経て、マグネット29により課せられた磁界内にある1つ以上のベッド22のコールド端にそれを向ける。暖められた流体は、ベッドのホット端から1つのコンジット27

10

20

30

40

50

へ流出し、該コンジットは、流体を分配バルブ 24 へ向け、そこから流体はコンジット 31 を経てポンプ 33 へと流れ、サイクルを完了する。リング 21 が回転するときには、再生ベッド 22 がマグネット 29 の磁界に入って出るときに、回転分配バルブ 24 がコンジット 27 へ流れをスイッチし、再生ベッド 22 への適切な流れ方向を維持する。

【0014】

図 1 は、説明上、簡単化されているが、コンジット 27 のセットにおけるコンジットは、再生ベッド 22 に固定され、そして再生ベッドのリング 21 と共に回転することに注意されたい。従って、リング 21 の位置においてコンジット 27 と再生ベッドとの間にスライド式の接触は必要とされないことが明らかである。更に、コンジット 27 のセットは、リング 21 と共に回転する回転バルブ部材 26 にもしっかりと接続される。加えて、コンジット 27 における流れは一方向であり、即ちセット 27 の各コンジットが再生ベッドを通して熱伝達流体を送給するように接続されたときに流体がそのコンジットにおいて単一方向に流れるか、或いはコンジット 27 に熱伝達流体が流れず、コンジットが接続されたベッドが異なる位置に到達するまでコンジット内の流体が滞留するかのいずれかである。更に、外部コンジット 31 及び 35、ポンプ 33 並びにホット熱交換器 34 を通る熱伝達流体の流れは、単一方向であり、そして外部コンジット 37 及び 39 並びにコールド熱交換器 38 を通る熱伝達流体の流れも、単一方向であり、そしてこの流体は、これら要素を通して連続的に流れる。従って、熱伝達流体のデッドボリウムが最小にされる。

【0015】

図 2 は、熱伝達コンジット 27 がベッド 22 のホット端及びコールド端にいかにつなぐかを概略的に示す。図 2 のリング 21 は、この例では、1 から 6 まで番号付けされた 6 個のベッド 22 を含む。他の数のベッドを、同様のコンジット共に使用することもできる。各ベッドは、文字「h」で示されたホット端と、文字「c」で示されたコールド端とを有する。図 2 に示すように、各ベッド 22 は、2 つのホット端ポートを有し、即ちベッド 1 についてはポート h1、ベッド 2 については h2、ベッド 3 については h3、ベッド 4 については h4、ベッド 5 については h5 及びベッド 6 については h6 を有する。その 1 つのポートは、ホット端入力ポートとして働き、そして 27hi と示されたセット 27 における 1 つのコンジットに接続される。ホット端における他方のポートは、出力ポートとして働き、図 2 に 27ho と示された 1 つのコンジットに接続される。偶数個のベッドが存在して、各ベッド 22 のホット端が、隣接ベッドのホット端に隣接されるのが好ましい。ベッドリング 21 及びバルブのホット区分に対する構造上の支持体は、ベッドのホット端に取り付けられるのが最良である。各ベッドのホット端は、セパレータ 40 によって分離され、熱伝達流体が、ホット端において隣接ベッド間に流れないようにされる。従って、ベッドのコールド端も、互いに隣接され、ベッドのその側と同様のポート配列をもつことができる。しかしながら、図 2 に示すように、隣接ベッド 22 のコールド端が出会う位置において単一入力ポート及び単一出力ポートをもつことにより、コンジットの接続を簡単化することができる。27ci と示された単一コンジットが、隣接ベッドのコールド端に置いて入力ポートに接続され、そして図 2 に 27co と示されたコンジットが、隣接ベッド 22 のコールド端間の位置においてコールド端出力ポートに接続される。コールド端においてベッドを通して熱伝達流体を均一に分布できるようにするために、図 2 に 41 で示す破線により画成された分配スペースが隣接ベッド間に形成される。バルブのコールド区分に対する構造上の支持体は、ベッドのコールド端に取り付けられるのが最良である。

【0016】

信頼性を改善するために、流体ループの外部区分に従来の流体取り扱い装置を追加することもできる。例えば、ポンプ 33 の後の流れループに流体アキュムレータ及びフィルタを追加して、バルブ及び磁熱ベッドを圧カスパイク及び汚染から保護することができる。

【0017】

バルブから出てくるコンジット 27 の入口及び出口対は、ベッドリング 21 で終わる単一通路に接合することができる。合流は、Yコネクタで行うことができる。例えば、図 2 を参照すれば、コンジット 27ho、27hi の入口及び出口対は、Yコネクタにより接合

10

20

30

40

50

され、そして各ベッドにおいて単一の入口及び出口ポートで終わり、そしてコンジット 27 c o、27 c i についても同様である。Y コネクタとベッドとの間の通路における流れは、両方向性であり、従って、流れのデッドボリュームが生じる欠点がある。しかしながら、ベッドにおける合成された入口/出口ポートは、あまりスペースをとらず、詰まるおそれがほとんどなく、そして熱漏洩がほとんどないという効果を有する。

【0018】

図3ないし5は、ベッドリング21が回転するときの回転及び固定コンジット、回転分配バルブ24、及び再生ベッド22を通る流れパターンを示す。説明上、マグネット29の位置は、これら図においてリング21に対して種々の位置で破線で示されているが、マグネットがリングに対して時計方向に移動するのではなく、リングがマグネットに対して反時計方向に移動することを理解されたい。これらの各図において、流体が流れるコンジットは、太線で示され、そして流体が流れないコンジットは、細線で示されている。同様に、コンジット間に流体の流れを許すバルブ24内の接続は、黒く塗りつぶした領域により示され、一方、バルブの明るい領域は、このような領域に接続されたコンジットへの又はコンジットからの流体の流れがバルブにより阻止されることを示す。バルブ24の4つの区分が、図3ないし5に24 h o、24 h i、24 c i 及び24 c o と示されている。

【0019】

図3に示す例では、ベッド1全体と、ベッド6のほとんどが、マグネット29の磁界内にある。熱伝達流体は、熱交換器38のウオーム端からコンジット39を経て流れ、そしてバルブ区分24 c i のコールド流れチャンバーへと流れ、そしてベッド1及びベッド6のコールド端入力ポートに接続される2つのコンジット27 c i へと流れる。熱伝達流体は、ベッド1の周囲をそのコールド端からそのホット端へと流れ、そしてホット端ポート h o からコンジット27 h o へ放出され、該コンジットは、ポート H 1 においてバルブ24のホット出力バルブ区分24 h o へと戻る。又、流体が流れ込むバルブ区分24 h o のホット出力チャンバーは、マグネット29の磁界から出るように動くベッド6のホット出力ポート h o からコンジット27 h o を経て熱伝達流体を受け取る。ホット出力バルブ区分24 h o により受け取られたライン27 h o からの暖かい熱伝達流体は、次いで、(固定の)出力コンジット31へ転送され、そしてポンプ33を経てホット熱交換器34へ転送され、そこで、流体から熱が放出されて流体を冷却する。冷えた流体は、次いで、コンジット35を経てバルブ24のホット入力バルブ区分24 h i へと流れ、そこで、図3に黒く塗りつぶして示されたホット流体チャンバーへと分配される。冷えた流体は、バルブ24から2つのコンジット27 h i へと流れ、これらコンジットは、ベッド3のホット端入力ポート h i 及びベッド4のホット端入力ポート h i へと通じている。ベッド3及び4は、全て、磁界の外にあり、従って、冷えている。熱伝達流体は、これら2つのベッドのホット端における入力ポート h i からベッドの磁熱材料を通してベッドのコールド端へと流れ、そこで、出力ポート c o を経てコンジット27 c o へ放出される。次いで、流体は、コールド出力バルブ区分24 c o を経て固定のコンジット31へ流れ、従って、コールド熱交換器38へと流れる。

【0020】

図4は、リング21に対するマグネット29の相対的な位置が変化し、マグネット29からの磁界が完全にベッド1及び2上にあり、そしてベッド6が磁界の外に出た流れパターンを示す。バルブ区分24 h o は、ベッド6の出力ポート h o から通じているコンジット27 h o の流れを今や阻止するように移動し、そしてバルブ区分24 c i は、ベッド6のコールド端入力ポート c i へ通じているコンジット27 c i の流れを今や阻止するように移動している。更に、バルブ区分24 h i は、ベッド3の入力ポート h i に通じているコンジット27 h i の流れを今や阻止するように移動し、従って、ベッド3には現在流体が流れていない。従って、完全に磁界内になく又は完全に磁界から出ているベッド3及び6は、それらを通る流れをもたず、一方、磁界内にあるベッド1及び2は、それらを通してホット熱交換器34へ進行する流体の流れを有し、そして完全に磁界の外にある(ひいては、低い温度にある)ベッド4及び5は、それらを通してコールド熱交換器38へ進行す

10

20

30

40

50

る流体の流れを有する。

【0021】

図5は、ベッド2の全体と、ベッド3のほとんどが磁界内にあるようにマグネット29に対してリング21が更に移動した相対的な位置を示す。バルブ区分24ciは、ベッド2及び3のコールド端入力ポートに通じているコンジット27ciがそれらベッドに流体を供給する位置へ今や移動し、そしてバルブ区分24hoは、ベッド2及び3の出力ポートhoからコンジット27hoを通る流れを与えるように移動している。従って、ベッド2及び3を通して流れる流体は、バルブ区分24hoを経て、出力コンジット31、ポンプ33そしてホット熱交換器34へ流れる。バルブ区分24hiは、ベッド5及び6（これらは今や完全に磁界の外にあり、従って、冷えている）のホット端入力ポートhiへコンジット27hiを経て流体の流れを与えるように今や移動し、そしてバルブ区分24coは、コンジット27coを経て、ベッド5及び6のコールド端出力ポートcoからバルブ区分24coを通りコンジット37へ、従って、コールド熱交換器38へ流れを与える位置に移動している。

10

【0022】

熱伝達流体の流れの上記パターンは、マグネット29の磁界に対するベッドリング21の相対的な位置がリング21の完全な一回転を完了したときに繰り返される。各ベッドを通る流体は、ベッドがマグネット29の磁界内にあるときにはベッドのコールド端からホット端へ流れ、そしてベッドが磁界の外部にあるときにはベッドのホット端からコールド端へ流れることが明らかである。従って、ベッド内の磁熱材料の温度勾配は、ベッドが磁界に入りそして出るときに維持される。各コンジット27における流れの方向は、一方向に保持され、従って、任意の時間に熱伝達流体が逆方向に流れることはない。バルブ24のある位置では、幾つかのコンジットにおいて（図3ないし5に細線で示すように）、熱伝達流体がバルブ24のその後の位置まで固定状態に保たれる（しかし、流れの方向は逆転しない）。

20

【0023】

図6は、冷却装置20を実施するための機械的構造体を例示する。例示のために、マグネット29は、磁束が集中するマグネット29の中央の開口50を経てリング21が延びるように形成される。開口50に通じているマグネット29のスロット51は、コンジット27の一部として機能するように中空に形成することもできる支持部材53を通すことができる。この支持部材53は、取り付けプラットフォーム55まで延び、これは、コア57に対して回転するようにベアリング56により取り付けられる。コンジット27は、分配バルブ24の回転する外部26まで延びる。バルブ24の固定部分25は、コア57に取り付けられ、一方、回転部分26は、ベアリング59により回転するようにコア57に取り付けられる。図6に示すように、固定コンジット31A、35A、37A及び39Aは、固定バルブ部材25に接続される。モーター60は、ギア61によりポンプ33に接続されてポンプを駆動し、又、取り付けプラットフォーム55及びこれに接続された回転バルブ部材26を回転駆動するようにも接続される。図6に示すように、ホット熱交換器34は、熱交換器の効率を向上するために熱交換器の要素を通して送風するように接続されたファン62を備えている。

30

40

【0024】

図7は、バルブ24の詳細な軸方向断面図であり、そして図8ないし11は、バルブの種々の区分24ho、24hi、24ci、24coのレベルにおける軸に垂直な断面図である。図7に示すように、バルブの固定部分25は、好ましくは、テーパ付けされた形状に作られ、そして回転バルブ区分26の内部ボアに受け入れられ、この回転バルブ区分も、固定部材のテーパに一致するようにテーパが付けられ、回転部材26を固定部材25の上にぴったりと嵌合することができる。スプリング65は、外側のバルブ部材26と固定部材25との間にカラー67を伴うベアリング66を経て圧力を付与する。バルブ部材25及び26は、Ny1atronGS及びTeflonのような商品を含む種々のプラスチックのような適当な材料で形成することができ、これは、内側及び外側のバルブ

50

部材間にぴったりとした係合を与えて流体の流れを阻止するが、外側のバルブ部材 26 が固定のバルブ部材 25 に対して回転するとき、抵抗及び摩擦ロスは比較的低い。

【0025】

ホット出力バルブ区分 24h0 (図 8) には、ホット流体チャンバー 71 が形成され、これは、固定バルブ部材に形成されたチャンネル 31A と連通し、該チャンネルは、ホット流体開口を経てコンジット 31 に接続される。ホット入力バルブ区分 24hi には、ホット流体チャンバー 70 が形成され、これには、バルブ部材 25 のチャンネル 35A が固定バルブ区分のホット流体開口を経て連通し、コンジット 35 に接続する (図 9)。コールド入力バルブ区分 24ci には、コールド流体チャンバー 75 が形成され、これは、固定バルブ部材 25 に形成されたチャンネル 39A と通信し、これは、コンジット 39 が接続されるコールド流体開口を有し (図 10)、そしてコールド出力バルブ区分 24co には、コールド流体チャンバー 74 が形成され、これは、固定バルブ部材 25 のチャンネル 37A に連通し、これは、コンジット 37 を接続できるコールド流体開口を有する (図 11)。図 6 に示すように、コールド流体開口は、バルブの一端 (図示されたように上端) において軸方向を向いており、そしてホット流体開口は、他端 (図示されたように下端) において軸方向を向いている。

10

【0026】

外側バルブ部材 26 が内側固定部材 25 に対して回転するときには、コンジット 27hi 及び 27ho に各々接続されたバルブ区分 24h0 及び 24hi 各々の 6 個のポート (H1 - H6) が、ホット流体チャンバー 70 及び 71 と連通したりしなくなったりする。同様に、バルブが回転するときには、コンジット 27ci 及び 27co が各々接続されたバルブ区分 24ci 及び 24co 各々のコールド流体ポート C1 - 2、C3 - 4 及び C5 - 6 が、コールド流体チャンバー 75 及び 74 と各々連通状態になる。

20

【0027】

バルブ 24 は、既に述べた合成バルブと同じ機能を達成する多数の区分に分割することができる。例えば、バルブを、区分 24h0 及び 24hi の機能を含むホット区分と、区分 24co 及び 24ci の機能を含むコールド区分へと分割することにより、ホットからコールドへの熱漏洩を減少することができる。

【0028】

バルブ 24 の別の構成は、円板バルブである。円板バルブも、2 つの目的を果たす。これは、装置の固定部分と回転部分との間に 4 つの別々の一方向性の流れを転送する。又、適切な流れを正しい時間に適切なベッドへ / から向けるスイッチング機能も遂行する。

30

【0029】

図 12 は、2 枚の円滑なフラット円板 80 及び 81 を有する円板バルブの実施形態を示す。第 1 円板 80 は、異なる半径で弧状スロット 82、83、84 及び 85 として形成されたポートを有し、その中心軸が装置の回転軸 23 と同軸となるように装置の固定部分に固定される。各スロットは、装置の固定部分から回転部分へ及びそれとは逆に転送されるべき個別の流体に対応し、そして各スロットポートは、コンジット 31、35、37 及び 39 の 1 つに接続される。好ましい単一マグネット 6 ベッド構成では、スロット 82 及び 83 が互いに対向し、弧状に 180° 延び、そしてコールド熱交換器へ / から流れを搬送し、そしてスロット 84 及び 85 が互いに対向し、弧状に 120° 延び、そしてホット熱交換器へ / から流れを搬送する。第 2 円板 81 は、2 つの円板が互いに回転するとき固定円板 80 のポートスロット 82、83、84、85 と連通したりしなくなったりする異なる半径の円形開口 87、88 として形成されたポートのセットを有する。ポート 87、88 は、回転コンジット 27 に接続される。好ましい単一マグネット 6 ベッド構成では、ポートが円の周りに均一に離間され、そしてポート 87 は、ポート 88 に対して 30° シフトされている。第 2 円板 81 も、その中心軸が装置の回転軸 23 と同軸である状態で、装置の回転部分に取り付けられる。円板 80 のフラットな面 90 及び円板 81 のフラットな面 91 は、嵌合されそしてぴったり係合されて、動的シールを形成する。2 つの円板 80 及び 81 は、正しい接触圧力を確保しそして不整列を修正するために、以下に述べるよう

40

50

にスプリングにより一緒に圧接されてもよい。

【0030】

図15及び16は、固定バルブ円板80の取り付け組立体105を示す。この取り付け組立体105は、円板80及び81を互いに保持するためのシール力を付与し、固定円板80が回転するのを防止し、そして固定円板80と回転円板81との間の不整列を受け入れる。伸縮チューブ108及び109に組み合わされたコイルスプリング107は、固定円板80を回転円板81に押し付け、円板を分離しようとする内部流体圧力に抵抗する。内部チューブ109に固定されそして外部チューブ108の軸方向に向けられたスロット113内をスライドするピン111は、回転円板により加えられる摩擦トルクに抵抗し、そして固定円板80が回転するのを防止する。円板80は、バックプレート115、弾性素子116（例えば、ゴム又はプラスチックリング）及び弁座117と共に取り付けられ、弾性素子116は、2つの円板間の若干の不整列即ち「ぐらつき」を受け入れて、2つの一致面を完全に接触状態に保つように働く。他の実施形態であるUジョイントを使用して、上記目的を達成することもできる。4つの流体の流れは、内部チューブ及びスプリングに通されるコンジット31、35、37及び39を経て搬送される。組立体105は、取り付けプレート119に固定され、そしてスプリング107は、ねじ切りされた調整具120により、ねじ切りされたチューブ121に保持される。回転バルブ円板81は、装置の回転部分（図示せず）にしっかり取り付けられる。

10

【0031】

図13及び14は、一对の円板93及び94と、一对の円板95及び96とで構成された2つの別々の円板バルブが使用される変形態様を示す。これらの円板は、円板80及び81について上述したものと同様に機能するポートスロット101、102及びポート103を有する。第1の円板バルブ対93及び94は、装置の軸方向の一端において回転部分と固定部分との間に配置され、一方、第2のバルブ対95及び96は、その反対端において回転部分と固定部分との間に配置される。4つの全ての個々の円板は、回転軸がその表面に直角で且つその中心を通るように配置され、従って、これらの円板は、装置の回転軸23と同軸的に回転する。バルブ対93、94及びバルブ対95、96の各々は、装置の固定部分と回転部分との間に2つの別々の流れを転送する。2つの別々の円板バルブを使用する効果は、装置のホット部分とコールド部分との間を熱的に分離できることと、小さなフラットな円板表面に対する製造コストをおそらく低減できることである。

20

30

【0032】

円板80、81、93、94、95、96は、セラミックやカーボン-グラファイト合成物を含む種々の材料で作ることができる。その嵌合対は、同じ材料で形成される必要はない。

【0033】

ベッド22を充填するために選択される特定の磁熱材料は、装置の動作温度範囲及びマグネット29の磁界に依存する。この材料は、熱伝達流体を通過できる間隙から出る一緒にパックされた小さな粒子として形成されてもよい。室温又はその付近で動作する場合に、適当な磁熱材料の一形式は、ガドリニウムであり、そして適当な熱伝達流体は、水、又は不凍液と混合された水である。ベッドの構成及び種々の要素の材料は、参考としてここに援用する上記米国特許第5,934,078号に開示されたものを使用できる。ベッドの壁には熱絶縁を追加してもよく、そして好ましい実施形態では、堅牢な発泡絶縁がベッドの内壁を形成する。マグネット29は、スロットがカットされたリングダイポール磁石のような永久磁石より成る。図17に示すように、永久磁石片125及び2つの磁束集中磁極片131、132をもつC字型断面のマグネット29を使用することができる。好ましい単一マグネット6ベッド構成では、マグネットが120°の弧にわたって延びる。更に、電磁石及び低温学的に冷却される超伝導磁石を含む他の形式のマグネットも使用できる。これらの例が、参考としてここに援用する上記米国特許第5,934,078号及び第5,249,424号に開示されている。

40

【0034】

50

本発明は、例示のために上述した特定の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲内に包含されるあらゆる形態を網羅することを理解されたい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の磁気冷却装置を示す簡単な図である。

【図 2】 本発明による磁気再生ベッドのリングの簡単な上面図で、分配バルブから再生ベッドのホット端及びコールド端におけるポートへ延びるコンジットの構成を簡単な形態で示す図である。

【図 3】 再生ベッドのリングの第 1 位置において装置の要素を経て流れる熱伝達流体のパターンを示す概略図である。

【図 4】 図 3 と同様の図で、ベッドのリングが第 2 の移動した位置にある状態で流体の流れを示す概略図である。

10

【図 5】 図 3 と同様の図で、ベッドのリングが更に別の移動した位置にある状態で流体の流れを示す概略図である。

【図 6】 本発明による回転ベッド磁気冷却装置の好ましい実施形態を示す部分断面図である。

【図 7】 図 6 の分配バルブの断面図である。

【図 8】 図 7 の 8 - 8 線に一般的に沿った分配バルブの断面図である。

【図 9】 図 7 の 9 - 9 線に一般的に沿った分配バルブの断面図である。

【図 10】 図 7 の 10 - 10 線に一般的に沿った分配バルブの断面図である。

【図 11】 図 7 の 11 - 11 線に一般的に沿った分配バルブの断面図である。

20

【図 12】 別の分配バルブ構成体に使用される円板を示す図である。

【図 13】 分配バルブに使用するための別の円板を示す図である。

【図 14】 分配バルブに使用するための別の円板を示す図である。

【図 15】 図 12 の円板を使用する分配バルブのための取り付け組立体の正面図である。

【図 16】 図 15 の取り付け組立体の断面図である。

【図 17】 好ましい C 字型マグネットの断面図である。

【図 1】

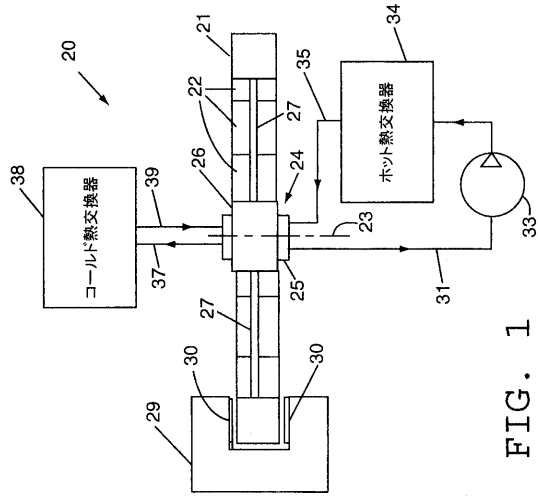


FIG. 1

【図 2】

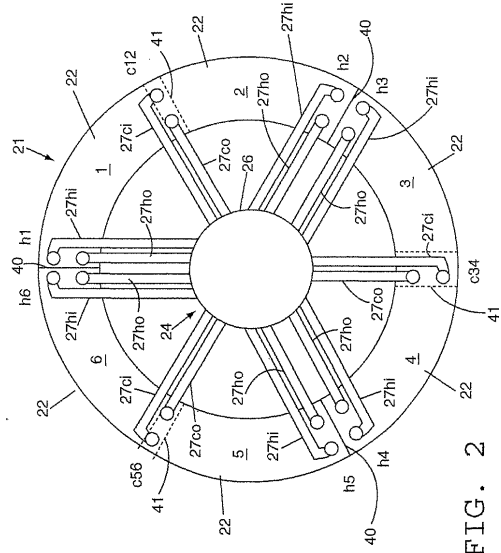


FIG. 2

【図 3】

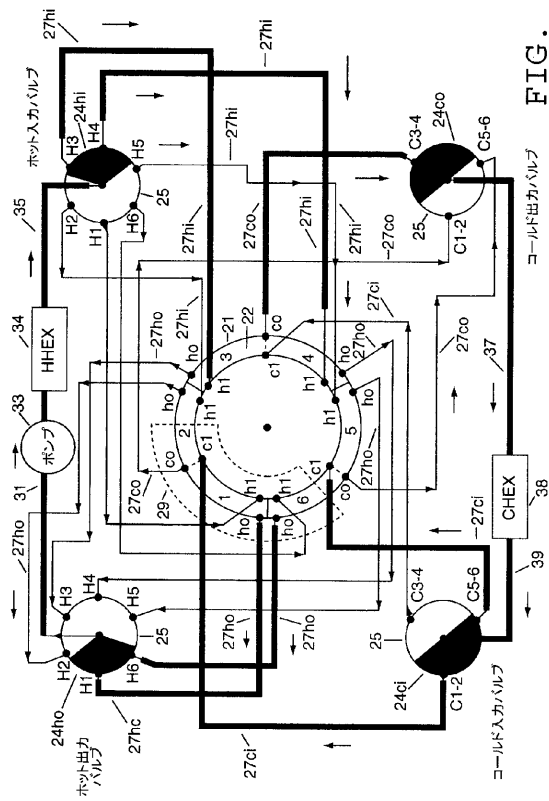


FIG. 3

【図 4】

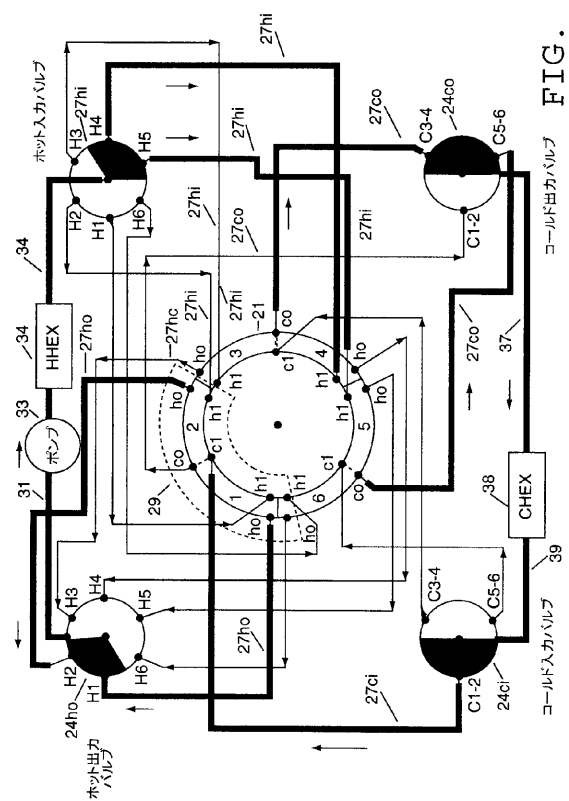


FIG. 4

【 図 5 】

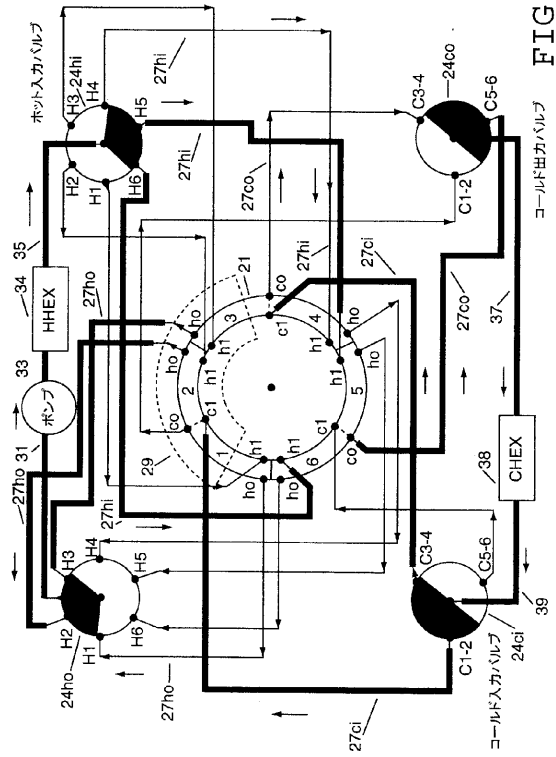


FIG. 5

【 図 6 】

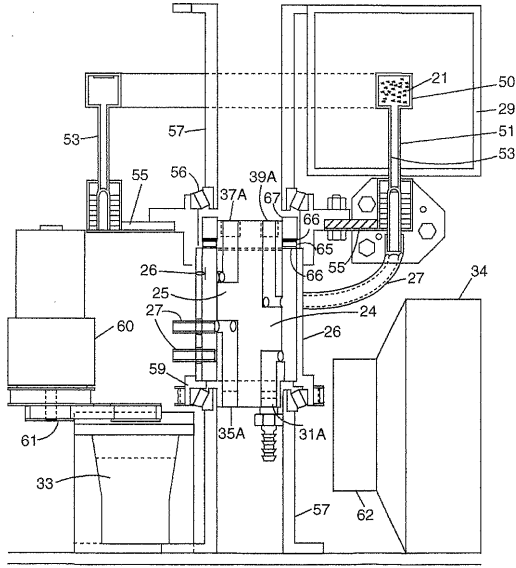


FIG. 6

【 図 7 】

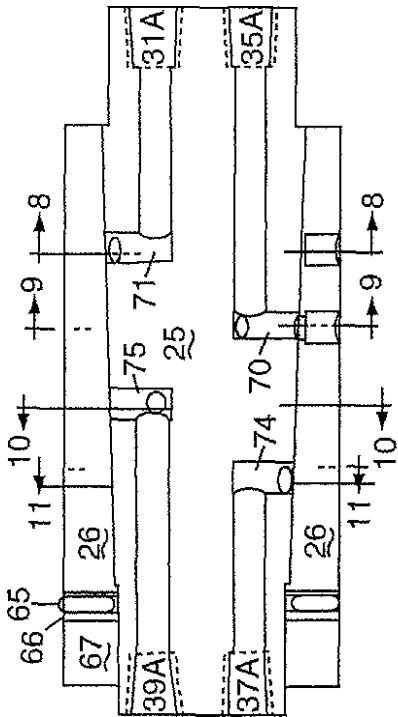


FIG. 7

【 図 8 】

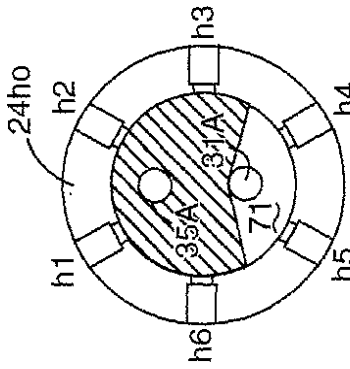


FIG. 8

【 図 9 】

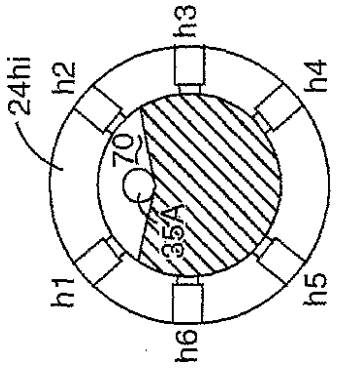


FIG. 9

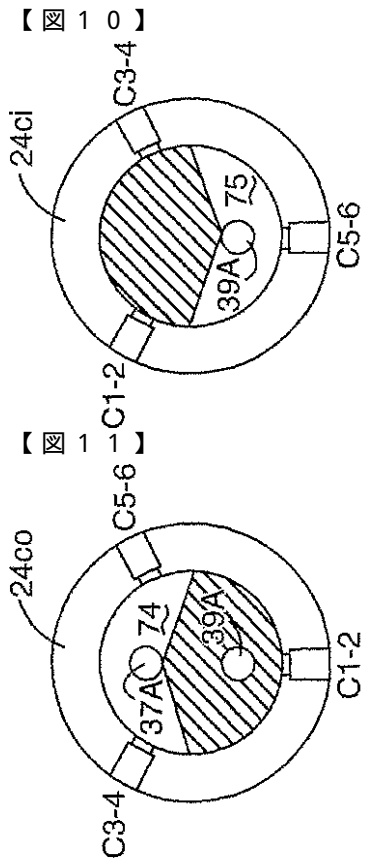


FIG. 10  
FIG. 11

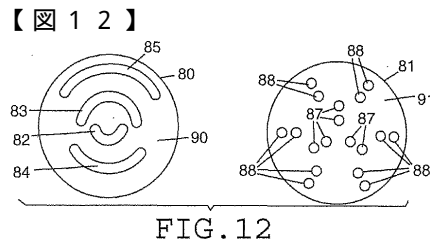


FIG. 12

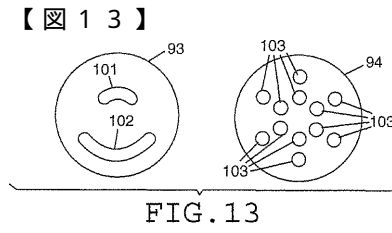


FIG. 13

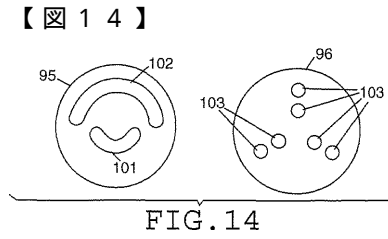


FIG. 14

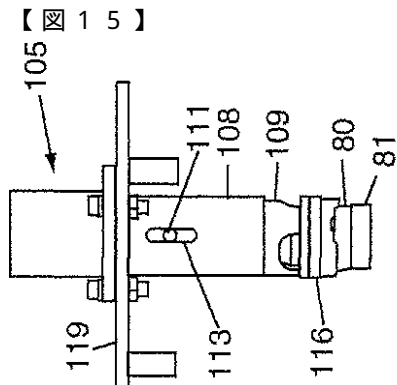


FIG. 15

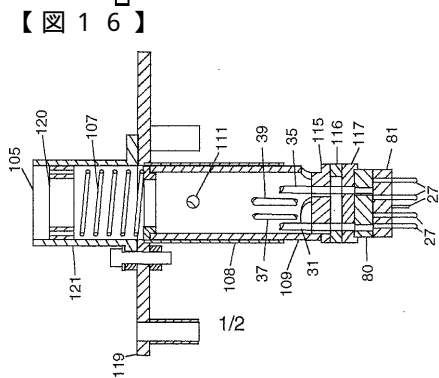


FIG. 16

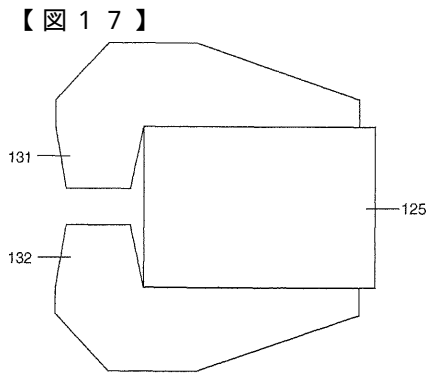


FIG. 17

## フロントページの続き

- (74)代理人 100074228  
弁理士 今城 俊夫
- (74)代理人 100084009  
弁理士 小川 信夫
- (74)代理人 100082821  
弁理士 村社 厚夫
- (74)代理人 100086771  
弁理士 西島 孝喜
- (74)代理人 100084663  
弁理士 箱田 篤
- (72)発明者 ジム カール ビー  
アメリカ合衆国 ウィスコンシン州 5 3 7 0 4 マディソン ヤハラ プレイス 2 0 3 4
- (72)発明者 スターンバーグ アレクサンダー  
アメリカ合衆国 ウィスコンシン州 5 3 7 1 9 マディソン ウェスティン ドライヴ 6 4 4  
5
- (72)発明者 ジャストラブ アレクサンダー ジー  
アメリカ合衆国 ウィスコンシン州 5 3 5 2 3 ケンブリッジ パーク ロード ノース 4 3  
7 1
- (72)発明者 ベーダー アンドレ エム  
アメリカ合衆国 ウィスコンシン州 5 3 7 1 4 モノナ モノナ ドライヴ 3 8 2 5 アパー  
トメント 6 3
- (72)発明者 ロートン ルイス エム ジュニア  
アメリカ合衆国 イリノイ州 6 0 0 1 0 バーリントン サウス ウィンストン ドライヴ 5  
1
- (72)発明者 チェル ジェレミー ジョナサン  
アメリカ合衆国 ウィスコンシン州 5 3 7 0 3 マディソン ウォッシュバーン プレイス 4  
0 1

審査官 田々井 正吾

- (56)参考文献 特開昭58-124178(JP,A)  
米国特許第05444983(US,A)  
特開昭62-153662(JP,A)  
米国特許第04332135(US,A)  
米国特許第05249424(US,A)  
米国特許第05934078(US,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
F25B 21/00