

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5726526号
(P5726526)

(45) 発行日 平成27年6月3日(2015.6.3)

(24) 登録日 平成27年4月10日(2015.4.10)

(51) Int.Cl.

B23P 21/00
FO4B 37/08(2006.01)
(2006.01)

F 1

B 23 P 21/00
F O 4 B 37/083 O 1 A
37/08

請求項の数 10 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2010-521940 (P2010-521940)
(86) (22) 出願日	平成20年8月14日 (2008.8.14)
(65) 公表番号	特表2010-536592 (P2010-536592A)
(43) 公表日	平成22年12月2日 (2010.12.2)
(86) 国際出願番号	PCT/US2008/073192
(87) 国際公開番号	W02009/026104
(87) 国際公開日	平成21年2月26日 (2009.2.26)
審査請求日	平成23年8月12日 (2011.8.12)
審判番号	不服2014-2579 (P2014-2579/J1)
審判請求日	平成26年2月10日 (2014.2.10)
(31) 優先権主張番号	60/956,434
(32) 優先日	平成19年8月17日 (2007.8.17)
(33) 優先権主張国	米国(US)
(31) 優先権主張番号	12/039,332
(32) 優先日	平成20年2月28日 (2008.2.28)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	591087035 スーパーコンダクター・テクノロジーズ・ インコーポレイテッド SUPERCONDUCTOR TECH NOLOGIES INCORPORAT ED
	アメリカ合衆国93111-2310カリ フォルニア州サンタ・バーバラ、スキー ト・エフ、ワード・ドライブ460番
(74) 代理人	100108855 弁理士 蔵田 昌俊
(74) 代理人	100109830 弁理士 福原 淑弘
(74) 代理人	100075672 弁理士 峰 隆司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】往復動体のセンタリング方法及びそれをもって製造された構造体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

往復動体がチャンバに対して実質的に側面で固定された構造に回転カップリングを通して連結され、

前記往復動体は、前記チャンバに配設された、第1のガス入口、ガスペアリングキャビティ、及び、1又は複数のガスペアリングポートを含み、

前記第1のガス入口、前記ガスペアリングキャビティ、及び前記ガスペアリングポートは流体的に連通された

チャンバ内での往復動体の組立方法であって、

前記チャンバ内に前記往復動体を供給すること、

前記チャンバ内で前記チャンバの側壁に対して非接触関係に前記往復動体を配置するのに少なくとも十分な圧力で、前記往復動体が実質的に側面で固定された構造(2)に接続させないと同時に、前記ガスペアリングキャビティに対して前記第1のガス入口を通して、前記チャンバ(1)の前記側壁に対してガスペアリングポートを通してガスを流すこと、

前記実質的に側面で固定された構造に対して回転カップリングを一時的に接続するよう^にグルーで前記回転カップリングと前記実質的に側面で固定された構造との間を結合し、組立中に付加される外力及びトルクを排除すること、

前記回転カップリングを一時的に接続した後、前記実質的に側面で固定された構造に対して回転カップリングを恒久的に接続すること、

10

20

前記ガスの流れを停止することと
の工程を具備する、チャンバ内の往復動体の組立方法。

【請求項 2】

前記組立中に用いられる圧力は、請求項 1 のガスの流れを停止することの工程の後、前記往復動体が前記チャンバ内で往復動する際に用いられる圧力よりも大きいものである、請求項 1 のチャンバ内に往復動体を組み立てる方法。

【請求項 3】

前記回転カップリングを恒久的に接続することは、
1 又は複数のネジを用いること、
前記構造に対して前記回転カップリングを溶接すること、
前記構造に対して前記回転カップリングを螺付けすること
のグループから選択された方法を用いることを具備する、請求項 1 のチャンバ内で往復動体を組み立てる方法。

【請求項 4】

組立後、前記第 1 のガス入口を閉じることをさらに具備する、請求項 1 のチャンバ内で往復動体を組み立てる方法。

【請求項 5】

前記往復動体は、前記ガスペアリングキャビティ及び前記 1 又は複数のガスペアリングポートに流体的に連通する第 2 のガス入口を有し、

前記第 2 のガス入口は、前記チャンバ内で前記往復動体の組み立て中、前記第 2 のガス入口を選択的にシールするための逆止弁を有する、請求項 1 のチャンバ内で往復動体を組み立てる方法。

【請求項 6】

前記ガスペアリングキャビティは前記 1 又は複数のガスペアリングポートの少なくとも 1 つを選択的に駆動させるための 1 又は複数の逆止弁を有する、請求項 1 のチャンバ内で往復動体を組み立てる方法。

【請求項 7】

前記往復動体及び前記チャンバは、組み立て中、垂直方向に配設されている、請求項 1 のチャンバ内で往復動体を組み立てる方法。

【請求項 8】

前記ガスペアリングポートを通してガスが流れることにより前記往復動体及び前記チャンバ間のコンプレッションスペース内に増加した圧力を相殺するのに十分な反力を与えることをさらに具備する、請求項 1 の方法。

【請求項 9】

前記反力は直流電流でモータのコイルに電気を供給することによってモータによって発生されるものである、請求項 8 の方法。

【請求項 10】

前記往復動体の軸方向位置を制御するために電流を調整することをさらに具備する、請求項 9 の方法。

【発明の詳細な説明】

【関連する出願】

【0001】

この出願は “Method for Centering Reciprocating Bodies and Structures Manufactured Therewith” と題名が付けられた、2007年8月17日に出願された米国仮出願番号60/659,434の利益を主張する2008年2月28日に出願された米国特許出願番号12/039,332号の利益を主張し、これら出願を参照することによりそっくりそのまま組み込むものである。

【技術分野】

【0002】

これらの発明は、ボア内での往復動体のセンタリング方法、および、これら技術を用い

10

20

30

40

50

て製造された構造体に関する。より詳細には、この方法及びデバイスは、クライオクーラ及びモータの、最も詳細にはスターリングサイクルクライオクーラ及びモータの組立体及びデザインのために大いに応用される。

【背景技術】

【0003】

種々の構成要素は、オルタネータロッドのような対応した構造にリンクされた流体ベアリングに備えられたスターリングクーラを形成する。このデザインは、通常工程中、コンプレッサボア内で往復動コンプレッサピストンをセンタリングするために用いられる。

【0004】

米国特許第5,525,845号明細書では、チャンバ内で往復動体を支持する流体ベアリングを有する機械的なトランステューサのための「対応した」リンクージについて説明している。この往復動体は、リニアスターリングクーラに用いられるコンプレッサピストンであり得る。対応するリンクージは、ピストンからコンプレッサボアに適切にアライメントするためには要求された横方向移動を導くように、ピストンを受け入れる。図1A - 図1Bは、ガスペアリングによって発生したアライメントプロセスを示す。

【0005】

ピストンは通常、リーフスプリングに接続されている。リーフスプリングの軸方向バネ剛性は相対的に低く、径方向のバネ剛性は通常相対的に高い。リーフスプリングは、コンプレッサボアの対称軸に対して軸平行方向のために僅かに要求されたトルクで回転及び配列されるようにピストン軸を受け入れる。しかしながら、ピストン軸単独の回転は、ピストンからコンプレッサボアに適切にアライメントするのに十分ではない。図1Aの右側に示すように、ピストン軸の第2の横方向移動は、アライメントを得ることを要する。このデザインは、相対的に低いバネ剛性を有する横方向バネのように働く、対応する構造又はリンクージにリーフスプリングを接続することであり、このため、「ボディに及ぼされる他の全ての横方向の力の合計に少なくとも等しい、流体ベアリングによって及ぼされるセンタリング力のために十分な...」高い横方向従順性を有し、(ピストンは、)例えばスターリングクーラのコンプレッサ部のような「トランステューサの通常操作中、リンクージによってボディに及ぼされる横方向の力を含む」。

【0006】

対応する構造は、例えば、横方向にフレキシブルで軸方向に剛性がある「オルタネータロッド」を用いることによって、実現され得る。この構造は概略的に図1Aに示され、対応する構造のための代替的な選択肢(オプション)を与えていた。図1Bに概略的に示されている変形されたリーフスプリングは、横方向に対応する構成要素として機能することができる。

【0007】

ここで説明した従来のデザインには多数の不都合がある。ピストン及び他の関連構成要素の組立体は、クーラの性能及び長寿命を裏付けることが重要である製造工程に依存する種々のやり方を要求する。多数のクーラの製品の問題は、不適当なピストン及びディスプレーサアライメントに関する。

【0008】

米国特許第5,525,845号明細書は、全ての他の横方向力の合力に少なくとも等しくならなければならないことを指摘する。

【0009】

これは、組立工程中、ピストンが非摩擦ベアリングとして適切な機能を発揮するために、適切に予め配列されていなければならないことを意味する。変形され又は調整不良のオルタネータロッドは、利用できる最小のガスペアリング圧力によって制限されるガスペアリング力を提供するよりも大きい付加的な横方向力を引き起こすことができる。

【0010】

ピストンのアライメントの問題、すなわち、ピストン側に付加される力は、例えば、スターリングクーラが最小入力条件で実行し、ガスペアリング剛性が同様に最小に到達する

10

20

30

40

50

場合、なおさら重要になり得る。ガスペアリング剛性は、クーラのコンプレッションスペース内で発生した入力依存圧力波の機能である。

【0011】

予備的なアライメントプロセスのクオリティは、ピースパーツのクオリティ及び許容誤差によって決定される。特に、数千分の1インチから数万分の1インチのようなタイトな許容誤差は、製造中、案内されるピストン側の力を最小にするように維持されなければならない。

【0012】

生産の際の組立プロセスは、好ましくは訓練を受けたオペレータによって丁寧に行われなければならない。道具は有用である。しかしながら、アライメントプロセスのクオリティは未だオペレータに依存している。

10

【0013】

代替的な方法では、ガスペアリングを整列させる複雑で高価な方法を用いる。例えば、米国特許第7,043,835号明細書は、ボア内でボディの位置を計測し、ボア内でボディをセンターに配置するようにボディのピストンを調節するマイクロアクチュエータのためのコンピュータシステムを提供する。

【0014】

以下の文献は潜在的に関連する背景として引用する。それは、1996年6月11日に発行された米国特許第5,525,845号明細書「Fluid Bearing With Compliant Linkage For centering Reciprocating Bodies」(以下、Beale et al.という)、1959年10月6日に発行された米国特許第2,907,304号明細書「Fluid Actuated Mechanism」(以下、Macksという)、1985年10月8日に発行された米国特許第4,545,738号明細書「Linear Motor Compressor With Clearance Seals And Gas Bearings」(以下、Youngという)、1983年6月14日にファイルされた米国特許第4,387,568号明細書「Stirling Engine Displacer Gas Bearing」(以下、Dineenという)、ICC 11 Paper「Performance and Reliability Improvements in a Low-Cost Stirling Cryocooler」(以下、Hanesという)、米国特許第(10467.0063US01)号明細書で「Cryocooler Cold-end Assembly Apparatus And Method」(以下、O'Baid et al.という)である。前述の参考文献は、参照によってこの明細書中で十分に陳述したかのように取り込まれている。

20

【先行技術文献】

30

【特許文献】

【0015】

【特許文献1】米国特許第5,525,845号明細書

【特許文献2】米国特許第7,043,835号明細書

【特許文献3】米国特許第2,907,304号明細書

【特許文献4】米国特許第4,545,738号明細書

【特許文献5】米国特許第4,387,568号明細書

【特許文献6】米国特許第(10467.0063US01)号明細書

【非特許文献】

【0016】

40

【非特許文献1】ICC 11 Paper「Performance and Reliability Improvements in a Low-Cost Stirling Cryocooler」

【発明の概要】

【0017】

方法はチャンバ内の往復動体を組み立てるために提供され、往復動体はチャンバに対して実質的に側面で固定された構造に回転カップリングを通して接続され、往復動体は、ガス入口と、チャンバに配設された1もしくは複数のガスペアリングポートとを有し、ガス入口及びガスペアリングポートは流体を連通状態にある。通常の工程は、第1にチャンバ内に往復動体を提供することを含む。第2に、チャンバ内でチャンバの側壁に対して非接触関係に往復動体を配置するのに少なくとも十分な圧力で、往復動体が実質的に側面で固

50

定された構造（2）に接続させないと同時に、ガスペアリング（1）に対してガス入口を通してガスが流される。その後、回転カップリングは、実質的に側面で固定された構造に加えられる。最後に、ガスの流れは止められる。

【0018】

この組立方法は、新規なスターリングサイクルクライオクーラの組み立てに特に有用である。このようなスターリングサイクルクライオクーラは、ピストンと、ピストンを含むように適用されたコンプレッサボアと、ピストンへのガス入口と、ピストン内に配設され前記コンプレッサボアに配設されているとともにガス入口に流体連通している複数のガスベアリングポートと、ピストンに一端が取り付けられた回転カップリング構造と、コンプレッサボア及び回転カップリング構造に直接的又は間接的に連結される実質的に側面で固定された構造とを備えている。間接的な付加物（アフィックス）は1つであり得、ハウジング又は他の構造はコンプレッサボアに対して実質的に側面で固定された構造を連結する。

【0019】

この発明の態様において、主にコンタクトフリーピストンベアリングは、ガスペアリングによって支持される実質的に側面で固定されたフレクシャベアリングを構成する。ピストン対称軸は適切なピストンアライメントを達成するためにコンプレッサボアの対称軸に配設された回転中心回りに傾斜又は回動することができる。従来技術で提供されたようなピストン対称軸の横方向の移動は、もはや要求されない。

【0020】

この方法のある1つの実施において、クーラガスペアリングシステムの駆動は、クーラの組立中、第2の入口を通してガスペアリングキャビティを加圧することによって生じる。これは1つの工程でピストンを整列させるために、自動的で、効率的で、速い組立工程である。「回転」は必要としない。アライメントのクオリティはオペレータに依存しない。この構造及び方法はスターリングサイクルクーラに特に有益であり、チャンバ内で往復動体を有する他のデバイスのために用いられ得る。例えば、ボア内でシリンダを有するモータはここで説明される構造及び方法を用い得る。他の実施形態において、ここで説明される方法は、ボア又はチャンバ内で回転体をセンタリング又は整列させるために用いられ得る。例えば、この方法はシリンダ内で回転体を整列させるために用いることができ、タイトクリアランスシールは、回転体及び、タービン又は真空ポンプのような静止したボディの間に必要とされる。回転体が整列させられると、径方向に実質的に側面で固定されたベアリングは、横方向に回転体を固定し、安定させるために用いられ得る。

【0021】

この発明のある任意的な態様において、改良されたピストン組立体およびアライメントプロセスは、通常のクーラ操作中、通常のキャビティ圧力よりも高い、高められたガスペアリング圧力を用いることによって達成される。より高い圧力は、より高いセンタリング力、及び、より良いアライメントを意味する。

【0022】

さらに他の態様において、ある方法はピストンのアライメントクオリティ（例えば、最小の横方向力を要求すること）に影響することなしで、実質的に側面で固定された構造に対してピストン及びピストンスプリングを接続するために与えられる。

【0023】

他の態様において、第2の逆止弁は、通常のクーラ操作中、自動的に第2の入口を近づけるのに用いられることができ、是正された駆動又はクーラの修理が必要である場合、僅かな試みで複数回の入口の駆動を許容する。

【0024】

随意的に、ガスペアリングポートが要求されない不適となることによって、通常のクーラ操作中に「駆動された」ガスペアリングポートの数が減少する。全てのガスペアリングポートの駆動は、組立プロセス中にのみ発生する。これは、限られた信頼性要求事項によりガスペアリングポート及び絞り弁（レストリクタ）要素が一時的に使用されるためにコ

10

20

30

40

50

ストが最適化されたデザインを受け入れている。

【0025】

生産における重要なアライメントプロセスを単純化することが更なる目的である。

【0026】

製品収量を増加し、クーラ不成功的リスクを減少することが更なる目的である。

【0027】

クーラプロダクションコストを減少させることがこの発明の更なる目的である。

【0028】

実質的に側面で固定されたデザインが認識され得ない場合、対応するデザインを用いるアライメントを受け入れるための単純化されたデザインアプローチを提供することがこの発明の更なる目的である。 10

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1A】図1Aは、側面に対応したオルタネータロッドを有する往復動体のための対応したデザイン（コンプライアントデザイン）を示し、通常の操作中、アライメントはガスベアリングを駆動することによって達成されることを示す。

【図1B】図1Bは、側面に対応する構成要素としてリーフスプリング／フレクシャススプリングを含む対応したデザインの別の実施形態を示す。

【図2A】図2Aは、チャンバ内での往復動体のための実質的に側面で固定されたデザインの実施形態を示す。 20

【図2B】図2Bは、図2Aの実施形態を示し、通常のクーラ操作中、ガスベアリングを動作させることによってピストンが整列されることを示す。

【図3】図3は、組立中、ガスベアリングを駆動させるための外部のガス源を用いることによってコンプレッサボアに対してピストンを整列させる方法を示す。

【図4】図4は、グルーを用いる実質的に側面で固定された構造に対して図3の整列されたピストンを一時的に接続する方法を示す。

【図5】図5は、ネジを用いることによってピストンスプリングと図4の実質的に側面で固定された構造を不变的に接続する方法を示す。

【図6A】図6Aは、ガスベアリングポートを選択的に駆動させるために2つの逆止弁を有する別の実施形態を示す。 30

【図6B】図6Bは、図6Aの実施形態を示し、組立工程中、第2の逆止弁が全てのガスベアリングポートの駆動を許容するための開口であることを示す。

【図6C】図6Cは、図6Bの実施形態を示し、通常の操作中、第2の逆止弁がガスベアリングポートのいくつかを非駆動するように閉じられたことを示す。

【図7A】図7Aは、別の実施形態を示し、ガスベアリングキャビティが静的なコンプレッサボア内に配置されていることを示す。

【図7B】図7Bは、図7Aの実施形態を示し、グルーがピストンスプリングと実質的に側面で固定された構造とを接着するために使用されていることを示す。

【図8】図8は、別の実施形態を示し、コンプレッサボア内に一体的なガスベアリングキャビティがガスベアリングポートを選択的に駆動させるために2つの逆止弁を有することを示す。 40

【図9】図9は、整列され、組み立てられる状態のディスプレーサの断面図である。

【図10A】図10Aは、ディスプレーサガスベアリングを示すディスプレーサの断面図である。

【図10B】図10Bは、ガスベアリングが駆動したとき、回転中心回りにディスプレーサを回転させることを示すディスプレーサの断面図である。

【図10C】図10Cは、クーラ組立体内でミスアライメントされたディスプレーサの断面図である。

【図11】図11は、ガスベアリングを駆動するための外部のガス源を用いることによって組立中、ディスプレーサを整列させる方法を示す。 50

【図12】図12は、実質的に側面で固定された構造に対して図11の整列されたディスプレーサを間接的に接続する方法を示す。

【図13】図13は、ディスプレーサが実質的に側面で固定された構造に対して接続された後、図12のディスプレーサキャビティをシールするための方法を示す。

【図14】図14は、付加的な外部キャビティボリュームを用いるディスプレーサキャビティをシールする代替的な方法を示す。

【図15】図15は、組立中、單一方向のガスフローによって引き起こされる加圧されたコンプレッションスペースにより、軸方向に変位されたピストンを示す。

【図16A】図16Aは、組み立て中、ピストンの軸中心位置を制御するとともに、クーラモータを駆動させることによってピストンのアライメントを制御する方法を示す。 10

【図16B】図16Bは、ピストンの軸位置を制御し、センタリングするために、ガス圧力に対抗するモータ力を示す。

【図17】図17は、ディスプレーサの組み立て中、クーラモータを駆動することによってピストンをセンター位置に制御する方法を示す。

【発明を実施するための形態】

【0030】

より詳細には図面によるが、図1A - 図1Bには、対応する構造にリンクされた流体ベアリングを有するリニアスターリングクーラのためのコンプレッサピストンのような、往復動体のセンタリング方法を示す。図1Aにおいて、ピストン2はコンプレッサボアの対称軸1に沿ってコンプレッサボア3内で往復動するように構成されている。ガスペアリング9a - 9dが駆動された場合、ピストン2及びその対称軸6は矢印7で示すように対称軸1に沿って回転することができ、コンプレッサボア3内で整列されるように矢印8の方向である横方向に移動し得るように、ピストン2がリーフスプリング5および横方向に対応するオルタネータロッド4に接続されている。その代わり、図1Bに示すように、構成を少し変えたリーフスプリング5'はピストン2に接続され、コンプレッサボア3内でピストン2を整列させるようにピストン2の回転7および横方向の動き8を許容する、側面に対応する要素として機能し、非摩擦ベアリングを実現する。 20

【0031】

このようなデザインは、「対応する（コンプライアント）」デザインを使用する。ある「対応する」デザインは、往復動体とボアとの間のリンクエージによって往復動体に及ぼされる側面の位置からを含む他の全ての側面からの力の合算に少なくとも等しい、流体ベアリングによって及ぼされるセンタリング力のための、例えば、ある力に応じて横方向に歪む能力のような十分な横方向の追従性を有し、その結果、摩擦がデバイスの寿命を減少させないように、非摩擦ベアリング又は摩擦を最適化したベアリングを効果的に創り出すように、流体ベアリングにセンタリング力を与える。 30

【0032】

図2A - 図2Bに示すように、あるボア内での往復動体のデザイン及び組立体は、実質的に側面で固定されたデザインのような非対応のデザイン（ノンコンプライアントデザイン）を用いることによって実質的に単純化することができる。横方向の往復動体の少なくとも一端がガスペアリングではなく構造上の力によってチャンバすなわちボア内で実質的に径方向にセンタリングされて固定される場合、実質的に側面で固定されたデザインは、組立の最終工程で達成されることがある。往復動体が回転中心回りにのみ回転し横方向に移動しないように、往復動体は実質的に側面で固定された構造に接続されている。当業者は十分な横方向の力が横方向の動きを引き出すことを認識するが、往復動体に通常駆動される全ての横方向の力の積算は、往復動体がチャンバ壁にコンタクトする横方向の動きを生み出すのには不十分である。ガスペアリングの駆動は、適切なアライメントを達成するために往復動体を回転中心回りに回転させる。このため、通常の操作中、往復動体の横方向の動きは往復動体を整列させ、非摩擦ベアリングを実現することは要求されない。 40

【0033】

この組立方法は、新規なスターリングサイクルクライオクーラの組立体に特に有益であ

10

20

30

40

50

る。この組立方法は、スターリングクライオクーラの実施形態について説明され、ここに説明された技術および構造は、ボア内で往復動するピストン又は他の往復動でバイスを有するスターリングサイクルモータのような、チャンバ内に往復動体を有するいずれのデバイスに用いられることができる。

【0034】

図2Aに示すように、ある実施形態の、実質的に側面で固定されたスターリングサイクルクーラは、ピストン21と、ピストン21を含むように適用するコンプレッサボア31と、ピストン21へのガス入口22と、ピストン21内に配設されコンプレッサボア31に配設されガス入口に流体連通された複数のガスペアリングポート91a - 91dと、ピストン21の端部に取り付けられた回転カップリング構造51と、コンプレッサボア31および回転カップリング構造51を連結する実質的に側面で固定された構造71とを具備する。断面の説明として、4つのガスペアリングポート91a - 91dが示されているが、ピストンの周囲周りの図示されたガスペアリングポートに対して対称的に配設された付加的な4つのガスポート91e - 91h(図示せず)を有することが理解されることができる。加えて、他の実施形態において、より多く又は少ないガスペアリングポートは、ピストンの長手方向及び軸方向回りに沿って配設されることができる。

【0035】

図2Aに示すように、ピストン21はフレクシャベアリングを有するリーフスプリングのようなピストンスプリング51によってコンプレッサボア31内に浮遊されている。組立工程中、ピストン21がコンプレッサボア31の対称軸1上に実質的に配設されると、ピストンスプリング51は実質的に側面で固定された構造71に接続される。このため、ピストンの対称軸6は方向7に向かって回転中心52回りに回転することができるよう、ピストン21の一端がコンプレッサボアの対称軸1上又は近接したポイント52に固定され、もはや横方向に移動することができない。ポイント52でピストン21の一端を固定することは、ピストンスプリング51をフレクシャベアリングのように働くことを要求する。

【0036】

通常の組立作業中、図2Bに示すように、ピストン21の一端は実質的に側面で固定された構造71に接続されたフレクシャベアリング51によって支持され、ピストン21の他端は、ガスペアリングポート91a - 91d及び91e - 91h(図示せず)を通して送り込まれたガスを介してガスペアリングによって持ち上げられ、コンプレッサボア31内でピストン21をセンタリングし、実質的に非摩擦ベアリングを達成する。ピストンがコンプレッサボア31の対称軸1上にセンタリングされるまで、ガスペアリング力は回転中心52回りの方向7(図2A参照)に向かってピストン21を回転させる。実施の形態において図示されているように、8つのガスペアリングポート91a - 91d及び91e - 91h(図示せず)はピストンを整列させるのに必要となる回転力を創り出すように設けられている。他の実施形態において、ガスペアリングは有効なセンタリング力を創り出すことが要求されるように、8つより多くの又は少ないガスペアリングポートを含むことができる。加えて、以下により詳細に説明するように、幾つかの実施形態において、1つ又は複数の付加的なガスペアリングポートは、往復動体をセンタリングするようにガスペアリングに必要な圧力に依存して、必要に応じて選択的に駆動され及び駆動が止められることがある。さらに、「センタリングすること」又は「中心に移動すること」の言及は、ボアのような構造中心で往復動体の正確な物理的な配置を要求しないことが、当業者によって高く評価される。むしろ、往復動する構造は、摩擦接触を避けるように互いから十分に離れて動くことが要求される。

【0037】

図2Bに示すように、実質的に側面で固定された構造71に接続されたフレクシャベアリングによってピストン21の一端を支持すること、ガスペアリングを有するピストン21の他端を持ち上げることは、この発明の背景技術で説明されたように、横方向に対応する構成要素の変形によって引き起こされる、予測できないピストン側荷重の反動を排除す

10

20

30

40

50

る。主な困難は、ピストンを適切に整列し、ガスペアリングを駆動することによって非摩擦ベアリングを達成することができるよう、不变的にコンプレッサボア31の対称軸1上又は近接する回転中心52を配置するように機能させることである。

【0038】

図3-図5に示すように、ある実施形態において、ピストン21は製造及び組立工程中、コンプレッサボア31に対して自動的に整列されることができる。例えば、組立中、ピストン21はコンプレッサボア31内に浮遊され、かつ、フレクシャベアリングを有するピストンスプリング51に接続される。ケージのように実質的に側面で固定された構造71はコンプレッサボア31に固定されている。ピストンスプリング51は未だ、実質的に側面で固定された構造71に取り付けられていない。このため、ピストン31は軸方向および横方向の両方に動くことが可能で、コンプレッサボア31及び実質的に側面で固定された構造71に対して整列されている。ピストン21はピストンキャビティ24に出し入れ可能に提供する第1のガス入口22及び第2のガス入口23を有する。この第1及び第2のガス入口22, 23は両方がガスペアリングポート91a-91dに流体的に連通している。第1のガス入口22は逆止弁25を用いて開閉される。

10

【0039】

組立および整列工程中、逆止弁25は第1のガス入口22をシールするように閉じられている。ガス源110は第2のガス入口23に取り付けられている。ガス源110が第2のガス入口23に流体的に連通した場合、ガスはピストンキャビティ23およびガスペアリングポート91a-91dを通して、コンプレッサボア31とピストン21との間の隙間26に流れ、ガスペアリングを駆動させる。ガスペアリングポート91a-91dから流れるガスによって引き起こされる隙間26内の圧力差は、その全体をここに取り込む例えばDesign of Aerostatic Gas Bearings By J. W. Powell B.Sc. (Eng), Ph.D (The Machining Publishing Co., LTD.)により詳細に説明されているコンプレッサボア31内でピストン21をセンタリングすることができる。

20

【0040】

このため、ピストン21は、オペレータによる手動調整の必要なく、製造工程中コンプレッサボア31に対して「自動的に」整列させられることができる。更なるアライメントツールは要求されない。スターリングクラ構造は、それ自体、アライメントツールを具備する。さらに、ガスペアリング圧力は、通常操作中スターリングクラ内の最小有効圧力、又は、ピストンキャビティ体積によって制限されない。むしろ、組立中、ガスペアリング圧力は第2の入口23を介してピストン21に接続されたガス源110の圧力によって決定される。初期の組立及びアライメント工程中、ガス源110は、通常のクラ操作中に可能であるよりも高いガスペアリング圧力を創り出す、通常のキャビティ圧力よりも高い、高められたガス圧を用いることができる。高められたガスペアリング圧力は、改良されたアライメント及びより安定した製造工程のためにピストンをセンタリングする力を増加することができる。

30

【0041】

図4および図5に示すように、ピストン21がコンプレッサボア31の対称軸1に沿って配列されると、好ましくは径方向に高く軸方向に低い剛性を有するスプリングであるピストンスプリング51は、ピストン21及びコンプレッサボア31の間に回転カップリングを創り出すためのケージのような、実質的に側面で固定された構造71に接続されることができる。回転カップリングがコンプレッサボア31の対称軸1に対してピストンを軸方向に移動させることができるが、コンプレッサボア31に対するピストン21の横方向の移動を防止するように、実質的に側面で固定された構造71に対するピストンスプリング51の接続によって創り出された回転カップリングは回転中心52を有し、ガスペアリングを駆動させるための外部の圧力源110が除去された後、通常の操作中、対称軸1に沿ってセンタリングされたピストン21を維持する。

40

【0042】

ピストンスプリング51は例えば1つの工程又は2つの工程を介して、実質的に側面で

50

固定された構造に接続されることができる。例えば、ある実施形態において、図4に示すように、ピストンスプリング51は初期の接続72を形成するように実質的に側面で固定された構造71に対して初期に結合されている。幾つかの実施形態において、結合することは、接着（グルー）、TIG溶接、蝕付け、又は他の幾らかの工程を有することができる。初期の接続72を創り出すためにグルーを用いることは有利であり、グルーは、組立工程中、部品に触れ、又は操作する必要性を除去する。このため、この方法は、組立中、横方向に構成要素を歪ませ、アライメントクオリティを害し得る付加的な外力及びトルクを実質的に排除する。幾つかの実施形態において、この初期の接続72は、ピストンスプリング51と実質的に側面で固定された構造71との間を唯一接続することができる。例えば、幾つかの実施形態において、ピストンスプリング51及び実質的に側面で固定された構造71は、接着（グルーイング）、蝕付け又は溶接によって単に連結されることができる。

10

【0043】

他の実施形態において、図5に示すように、初期の接続72は一時的な接続とみなされ、第2の恒久的な接続によって接続される。例えば、ピストンはグルー72によって初期には一時的に接続されることができる。そして、ピストンスプリング51が実質的に側面で固定された構造71に一時的に接続されると、ピストンスプリング51及び実質的に側面で固定された構造71が恒久的に接続されることがある。図5に示すように、幾つかの実施形態において、ピストンスプリング51及び実質的に側面で固定された構造71は1つ又は複数のネジ73によって恒久的に接続されることがある。ピストンが回転中心52回りに方向7に向かって回転可能であるが、横方向に移動することができないよう、ピストン21の一端はコンプレッサボアの対称軸1上又は近接したポイント52に固定されている。

20

【0044】

ガス源110が除去された後、第2のガス入口23は仕切られなければならず、操作中、ガスペアリングが第1のガス入口22を介して再び通常に機能することができる。幾つかの実施形態において、図5に示すように、第2のガス入口23はプラグ27で閉じられることがある。代わりの実施形態において、第2のガス入口23は第2の逆止弁を介して挿まれ又は閉じられることができる。第2のガス入口は恒久的に閉じられ、又は、アライメントを是正することやクーラの修理に必要であれば、第2のガス入口のためのクロージャは入口の後に統いて使用を許可するように反転することができる。例えば、幾つかの実施形態において、通常のクーラ操作中に第2の逆止弁が自動的に閉じるように用いることができるが、ガス入口が必要とされている場合、僅かな付加的な試みで再び駆動されることがある。

30

【0045】

図面及び上述した説明のように、この発明は、組立中、構成要素が水平方向に配置され、ボア内での往復動体の組立方法について熟慮したものである。組み立て中、ピストン及びボアを垂直方向に向けるのに有利であるさらに、代わりの方法において熟慮される。垂直配置において、重力はボアにピストンを引き入れず、ガスペアリングから要求されたセンタリング力を小さくすることができ、アライメントクオリティを改善できる。

40

【0046】

幾つかの実施形態において、図6A - 図6Cに示すように、ピストンキャビティ24は、ピストンキャビティ24にアクセスする流体を供給するための複数の逆止弁を有しガスペアリングポート91a - 91dの操作を選択的に制御することができる。図6Aに示すように、ある実施形態において、ピストンキャビティ24は、ピストンキャビティ24の端部でガス入口22に配設された第1の逆止弁25と、ガスペアリングポート91b, 91d及び91a, 91c間でピストンキャビティ24に配設された第2の逆止弁28とを含む。

【0047】

図6Bに示すように、組立プロセス中、逆止弁25はガス入口22から流される流体を

50

防ぐように閉じられている。逆止弁 28 はガス源 110 からガスをピストンキャビティ 24 を通して流すことができるよう、ガスの圧力差によって開けられ、ピストン 21 をセンタリングするためにガスペアリングポート 91a - 91d から排出される。ピストン 21 が回転中心 52 で実質的に側面で固定された構造に恒久的に接続されると、図 6C に示すように、通常のクーラ操作中、ピストン 21 はガスペアリング、及び、実質的に側面で固定された構造に取り付けられたピストンスプリング 51 によって創り出されるフレクシャベアリングによって合同して支持されている。フレクシャベアリングが側方荷重を支持するので、チャンバ 31 内でピストン 21 をセンタリングするのに必要なガスペアリング力が小さくなる。このため、通常の組立操作中、第 2 の逆止弁 28 はピストンキャビティ 24 及びボリューム 32 の間の圧力差により自動的に閉じられる。このため、第 2 の逆止弁 28 は、もはや十分なセンタリング力を提供することは必要でないガスペアリングポート 91b 及び 91d へのアクセスを閉鎖する。ガスペアリングポート 91b 及び 91d をより少数に用いるためのより限られた信頼性の要求は、それらのデザインを単純化し、コスト削減することができる。第 1 の逆止弁 25 は、ガスペアリングを駆動させるために、ガス入口 22 を通してピストンキャビティ 21 内に流れてガスペアリングポート 91a 及び 91c を抜けるように流れる圧縮されたガスを受け入れるように運転可能とする。

【0048】

実質的に側面で固定されたデザインのための代わりの実施形態において、ピストンを整列させるためのガスペアリングはピストンの代わりにコンプレッサボア内に組み込まれることができる。ここで、図 7A に示すように、ピストン 121 はフレクシャベアリングを有するリーフスプリングのようなピストンスプリング 151 によってコンプレッサボア 132 内に浮遊されている。コンプレッサボア 131 はコンプレッサボアキャビティ 134 に流体のアクセスを提供する第 1 のガス入口 122 及び第 2 のガス入口 133 を有する。コンプレッサボアキャビティ 134 は、コンプレッサボアキャビティ 134 からピストン 131 に対するクリアランスシール 126 にガスを開放できるコンプレッサボア 131 の内壁に配設されたガスペアリングポート 191a - 191d に流体的に連通されている。言及した実施形態と同様に、断面が図示されているように、4つのガスペアリングポート 191a - 191d は示されているが、図示された実施形態は、コンプレッサボア 131 の内壁回りに図示されたガスペアリングポートに対して対称的に配置された付加的な4つのガスペアリングポート 191e - 191h (図示せず) を有することが理解される。加えて、他の実施形態において、さらに多く又は少ないガスペアリングポートがコンプレッサボア 131 の内壁に沿って配設ができる。

【0049】

図 7A に示すように、ピストン 121 の組立及びアライメント中、逆止弁 125 はガス入口 122 をシールするように閉じられている。ガス源 110 は第 1 のガス入口 133 に接続されている。ガス源 110 から流れるガスは、コンプレッサボアキャビティ 134 を通して流れてガスペアリングポート 191a - 191d を抜け出し、クリアランスギャップ 126 に入り、ガスペアリングを駆動させる。ガスペアリングポート 191a - 191d からガスが流れることによって生じるクリアランスギャップ 126 内の圧力差は、コンプレッサボア 131 内でピストン 121 をセンタリングする。上述したように、一旦、ピストン 121 がコンプレッサボア 131 内にセンタリングされると、ピストンスプリング 151 は、ピストン 121 及びコンプレッサボア 131 間の回転カップリングを創り出すスプリングケージのような、実質的に側面で固定された構造に接続ができる。図 7B に示すように、実質的に側面で固定された構造 171 に対するピストンスプリング 151 の取り付けは、コンプレッサボア 131 内でピストン 121 を回転中心 152 回りに回転させるフレックシャベアリングを創り出すが、コンプレッサボア 131 内でピストン 121 が横方向に動くのを防止する。

【0050】

ある実施形態において、図 7B に示すように、ピストンはボンディング、溶接、蝋付け、グルーイングのような初期接続 172 を介して実質的に側面で固定された構造 171 に

接続されることができる。組立工程中、パーツに触れたり操作する必要なく初期接続を作り出すことは、組立中、横方向に構成要素を歪ませることができるピストン 121 及び／又はコンプレッサ 131への外力及びトルクを最小にする利点があり、アライメントクオリティに効果を挙げる。ある実施形態において、この初期接続 72 はピストンスプリング 151 と実質的に側面で固定された構造 171との間の接続にのみ存在することができる。代わりに、ある実施形態において、ピストンスプリング 151 及び実質的に側面で固定された構造 171 は、例えば 1つ又は複数のネジで不变に接続されることがある。一旦、ピストンスプリング 151 が実質的に側面で固定された構造 171 に、単なる初期接続、又は、その代わりの初期及び不变の接続の両方のいずれかを介して接続されると、ガス源 110 は除去できる。通常の操作中、ガス入口 133 は、ガスペアリングポート 191a - 191d を通して流れるガス入口 122 を通してコンプレッサボアキャビティ 134 にガスを入れるために、例えばプラグ 127 で密封することができ、コンプレッサボア 131 内でピストン 121 をセンタリングし、非摩擦ベアリングを実現するようにガスペアリングを駆動させる。

【0051】

ある代わりの実施形態において、コンプレッサボアキャビティ 134 はガスペアリングポート 191a - 191d の駆動を選択的に制御するための複数の逆止弁を含むことができる。複数の逆止弁を用いる場合、組み立て中又は実行可能な修理工程中、全てのガスペアリングを開くことができる。例えば、ある実施形態において、図 8 に示すように、コンプレッサボアキャビティ 134 は、コンプレッサボアキャビティ 134 の端部でガス入口 122 に配置された第 1 の逆止弁 125 と、ガスペアリングポート 191b, 191d 及びガスペアリングポート 191a, 191c の間に配置された第 2 の逆止弁 128 を含む壁 129 とを含む。壁 129 は、ガスペアリングポート 191a, 191c 及びガス入口 122 を含む第 1 のアクティブキャビティ 135 と、ガスペアリングポート 191b, 191d を含む第 2 のキャビティ 136 とにコンプレッサボアキャビティを分離する。クーラの正常な操作中、逆止弁 128 はアクティブキャビティ 135 とインアクティブキャビティ 136 との間の圧力差によって自動的に閉じられ、ガスペアリングポート 191b, 191d の使用を止める。

【0052】

ある代わりの実施形態において、図 9 - 図 14 に示すように、上述した構造及び方法は、参照によって、ここで説明されているかのように、全てここに組み込まれている米国特許第 6,141,971 号明細書、第 6,327,862 号明細書、第 6,499,304 号明細書、第 6,694,730 号明細書及び第 6,688,113 号明細書に説明されているスターリングクライオクーラのようなスターリングクライオクーラ内でディスプレーサを組み立てるのに用いられることができる。図 9 に示すように、スターリングクライオクーラはコールドフィンガ 201 と、コンプレッサ部 205 とを備えている。上述した図 3 - 5 を参照して、コンプレッサピストン 221 はコンプレッサボア 231 内に整列され、ピストンスプリング 251 は実質的に側面で固定された構造 271 に取り付けられている。図 9 に関して、ディスプレーサ 200 は未だ組み立てられていない。ディスプレーサボディ 206 及びディスプレーサロッド 210 を有するディスプレーサ 200 は、コンプレッサピストン 221 のインナボア 222 とディスプレーサパーツ及び隣接する構造の間の摩擦を避けるためのコールドフィンガチューブ 240 との内側に同軸上に配設されなければならない。ピストン 221 及びディスプレーサ 200 はクリアランスシール 226a - 226d を介して、ディスプレーサボディ 206 とコールドフィンガチューブ 240 との間、ディスプレーサロッド 210 とヒートエクスチェンジャー 208 との間、ディスプレーサロッド 210 とピストン 221 のインナボア 222 との間、ピストン 221 とコンプレッサボア 231 との間がシールされている。このため、ディスプレーサボディ 206 と隣接するコールドフィンガ構成要素との間、ディスプレーサロッド 210 とピストン 221 の内径との間の径方向ギャップはタイトであり、ディスプレーサ 200 と、コンプレッサボア 231 、ヒートエクスチェンジャー 208 及びコールドフィンガチューブ 2

10

20

30

40

50

40を含む隣接する構成要素との間の径方向の遊びは、例えはある実施形態と同様に、数万分の1インチのように小さい。さらに、これは、摩耗を引き起こし、クーラのライフタイムを減少させるので、ディスプレーサボディ206は通常の操作中、コールドフィンガチューブ240のような隣接する構成要素に触れないことが重要である。

【0053】

図9及び図10Aに示すように、ディスプレーサ200は、組立中、クライオクーラの対称軸1に沿ってディスプレーサボディ206及びディスプレーサロッド210を整列させるため、及び、通常のクーラ操作中、ディスプレーサロッド210と隣接する構造との間の最適化されたガスペアリングの摩擦を実現させるためのガスペアリングを創り出すように、ディスプレーサ200とヒートエクスチェンジャ208との間のクリアランスギャップ227内にガスを向けるのに用いることができる複数のガスペアリングポート291a-291bを有する。ガスペアリングポート291a-291bはヒートエクスチェンジャ208に隣接するディスプレーサロッド210に配置されている。図示された実施形態はディスプレーサロッド210の周囲に示されたガスペアリングポートに対して対称的に配置された2つの付加的なガスポート291c-291d(図示せず)を有する。加えて、他の実施形態において、更なる又は少ないガスペアリングポートがディスプレーサに沿って配置されることができる。クライオクーラの通常の操作中、圧縮ガスはガス入口202を介してディスプレーサキャビティ204に入り、ガスペアリングポート291a-291b及び291c-291d(図示しない)を抜けてガスペアリングを駆動させる。

【0054】

図9に示すように、回転中心254がクライオクーラの対称軸1上又は対称軸1付近に作り出されると、(図10に示すように、)ディスプレーサ200は回転中心254回りにのみ回転することができ、横方向には移動しないように、ディスプレーサロッド210及び実質的に側面で固定された構造271に取り付けられたスプリング253は軸方向に低いが、径方向に高い剛性を有する。図10Bに示すように、通常の操作中、ガスペアリングの駆動は、クライオクーラの対称軸1に沿って適当なアライメントを達成するために回転中心254回りにディスプレーサ200を回転させる。ディスプレーサロッド210の一端は、クーラの対称軸1に沿って回転中心254を有する回転カップリングによって支持されている。ガスペアリングの駆動中、ガスはガスペアリングポート291a-291bを通して誘導される。ガスペアリングは通常のクーラ操作中、ディスプレーサを整列させ、最適化されたペアリング摩擦を実現するために十分なディスプレーサ200の回転移動を創り出す。

【0055】

しかしながら、ディスプレーサロッド210の回転中心254の位置がクーラの対称軸1上又は対象軸1に近接している場合、ディスプレーサガスペアリングは適切にのみ働くことができる。図10Cに示すように、ディスプレーサロッドの回転中心254とクーラの対称軸1との間のオフセット300は、クーラ組立体内でディスプレーサ200を傾斜させ、クーラ組立体に触れさせ、いくつもの位置で摩擦を生じさせることができる。例えば、ディスプレーサボディ206は位置301でコールドフィンガチューブ240に触れることができ、ディスプレーサ200の自由な横方向移動が可能でないでディスプレーサガスペアリングは部分的に使用が止められることができ、ディスプレーサロッド210は位置304及び305でピストン221のインナボア222に対してこすることができる。これは、ディスプレーサボディ206及びディスプレーサロッド210は、組立工程中、非摩擦ガスペアリングの適当な機能を引き出すために適切に予備的に整列されなければならないことを意味する。このアライメントの正確性は、数千、ある実施形態ではそれぞれ1万分の1インチの連結内で、実現されなければならない。これは、「手によって」達成するのが不可能というわけではないが、難しい。

【0056】

図11-図13に示すように、ある実施形態において、ディスプレーサボディ206及びディスプレーサロッド210は、製造及び組立工程中、ディスプレーサガスペアリング

10

20

30

40

50

を駆動させることによって、自動的に整列される。ここで、ディスプレーサロッド 201 はディスプレーサガスキャビティ 204 に流体的に連通したチャンネル 211 を含む。組立中、外部のガス源 110 はディスプレーサキャビティ 204 にガスを運ぶためにディスプレーサロッドチャンネル 211 に流体的に連通して配置されている。図 12 に示すように、ディスプレーサガスキャビティ 204 は、組立工程中、ガス入口 202 を一時的にシールするように、ディスプレーサキャビティ 204 と周囲のボリュームとの間の圧力差によって閉じられるガス入口 202 に逆止弁 225 を有する。圧縮されたガスがディスプレーサキャビティ 204 に流れると、ガスはガスペアリングポート 291a - 291b を通してクリアランスシール 226b に流れ、ガスペアリングを駆動する。このため、ディスプレーサ 200 は持ち上げられてクーラの対称軸 1 に沿ってセンタリングされる。上述したように、組立中、ガスペアリング圧力は、通常の操作中、クーラ内でディスプレーサキャビティ最大容量又は最大圧力よりもむしろ、外部のガス源 110 の圧力によって決められる。このため、通常のガスペアリング力よりも高いペアリング力は、アライメントを改良し、及び更に安定した製造工程とすることができます。加えて、ある実施形態において、ガスペアリングによって引き起こされるリフト効果を視覚化するためにクーラが水平に示されている間、組み立て中、クーラの垂直方向が用いられることができる。この垂直方向は例えば重力のような側方からの力を減少させて最小化し、アライメントクオリティを改善する。10

【0057】

さらに、このように図示された実施形態において述べられているように、ガスペアリングはディスプレーサロッド 210 に配設されたガスペアリングキャビティ 204 を有するディスプレーサ 200 内に一体的に複数のガスペアリングポート 291a - 291b を備え、ガスペアリング力はコンプレッサピストン及びコンプレッサボアに対して上述したようにいくつかの実施形態において、ヒートエクスチェンジャ 208 に向かってディスプレーサロッド 210 から径方向外方に向かう方向に向け、ガスペアリングキャビティはディスプレーサに隣接するヒートエクスチェンジャ 208 のような静止した構成要素に配置されることができる。20

【0058】

図 12 に示すように、ディスプレーサ 200 がクーラの対称軸 1 に沿って実質的に整列されると、ディスプレーサロッド 210 の端部はディスプレーサスプリング 253 に接続され、このため、実質的に側面で固定された構造 271 にディスプレーサを間接的に取り付け、ディスプレーサ 200 が回転できる回転中心 254 を作り出す。ここで、ディスプレーサスプリング 253 が回転中心 254 回りにディスプレーサロッド 210 及びディスプレーサボディ 206 を回転させることができるように、フレクシャベアリング又は回転カップリングとして作用するように、ディスプレーサスプリング 253 はスプリングケージのような実質的に側面で固定された構造 271 に接続されるが、ディスプレーサボディ 206 及びディスプレーサロッド 210 (図 10B も参照) の実質的な横方向の移動を防止する。ある実施形態において、ディスプレーサロッド 210 は、初期には、構成要素に触れたり動かしたりするのを要求されないグルー (図示せず) のような一時的な接続を有するディスプレーサスプリング 253 に接続され、組み立て中、ディスプレーサロッド 210 を径方向に歪ませ、アライメントクオリティに影響を与える外側の力を防止することができる。ディスプレーサロッド 210 がディスプレーサスプリング 253 に一時的に接続されていると、1つ又は複数のネジ、溶接、蝶付けのような付加的な機械的接続 273 はディスプレーサロッド 210 及びディスプレーサスプリング 253 を不变に固定するのに役立たせることができる。3040

【0059】

ディスプレーサロッド 210 及びピストンスプリング 253 が不变的に接続されると、外部のガス源 110 は除去されることができる。ディスプレーサロッド 210 の先端は、クーラの対称軸 1 上又は対称軸 1 近傍で不变に固定されている。スプリングケージ 271 に接続されたディスプレーサスプリング 253 はフレクシャベアリングとして作用し、ク50

ーラデザインの意図によりディスプレーサロッド 210 及びディスプレーサ 200 を傾斜すなわち回動させ、並びに振動させることができる。図 13 に示すように、ディスプレーサロッドチャンネル 211 は仕切られなければならず、このため、通常のクーラ操作中、ガスペアリングは適切に機能することができる。ある実施形態において、ディスプレーサロッドチャンネル 211 はディスプレーサロッド 210 の先端でプラグ 260 に不变的にシールされることが可能、又は、代わりに、ある実施形態において、ディスプレーサキャビティ 204 に配置された第 2 の逆止弁は（上述したようにピストンに対して）ディスプレーサロッドチャンネル 211 を反転可能に仕切るように用いられることができる。第 2 の逆止弁は通常のクーラ操作中、ディスプレーサキャビティ 204 とディスプレーサロッドチャンネル 211 との間の圧力差により、ディスプレーサキャビティ 204 及びディスプレーサロッドチャンネル 211 の間の開口を自動的にシールすることができる。10

【0060】

ある代わりの実施形態において、図 14 に示すように、ディスプレーサロッドチャンネル 211 は付加的なボリュームキャビティ 262 に近づけることができる。付加的なボリュームキャビティ 262 はディスプレーサキャビティ 204 のボリュームを補うための付加的なボリュームを提供することができ、通常のクーラ操作中、ガスペアリング 290 のためのより増したトータルボリュームを提供することができる。ある実施形態において、増やされたボリュームはディスプレーサ 200 を整列させるために十分な圧力でガスペアリングを操作させることを要求されることがある。ある実施形態において、例えばガスペアリングのための限られたボリュームを有する小さなシステムでは、付加的なボリュームキャビティ 262 は、通常のクーラ操作中、十分なガスペアリング力を提供するために必要なレベルにボリュームを増すように用いられることができる。20

【0061】

ある実施形態において、図 15 - 図 17 に示すように、付加的な工程は、アライメント及び組み立て工程中、ピストン 221 及びディスプレーサ 200 のいずれか又は両方のピストン軸センター位置を制御することが必要とされている。例えば、図 15 に示すように、組立工程中、ガスペアリングの駆動は、アライメント及び組み立てクオリティに対するネガティブな影響を有するシステム内の不要な圧力差を発生することができる。この基本的問題は、図 13 に示すスターリングクーラの組立中、ピストン及びディスプレーサガスペアリングの駆動に用いる。30

【0062】

この問題は図 15 に示され、ガスペアリングが駆動している間、圧力差によってピストンが軸方向に変位することを図示している。ガス源 110 からピストンキャビティ 224 に一定に一方向に流れるガスは、コンプレッションスペース 310 内でのガス圧を増大させる。ピストン 221 及びディスプレーサロッド 210 はクリアランスシール 226 b - 226 d を備えているので、ある圧力差はこれらシールを通してバックスペース 330 にガスが流れるのを開放することが要求される。これら圧力差は、たいていの場合、クーラを適切に組み立てるために受け入れられない状態となるピストン 221 を軸方向に変位させる。このため、反力がピストン 221 を軸方向中心に維持することが要求される。40

【0063】

垂直方向に構成要素を整列させている間、ある選択肢（オプション）は、反力を提供するためには重量（重力）を用い、圧力差を相殺する。このチャレンジはピストンの対称軸で重量の重心を径方向に整列させることである。そうでなくとも、ピストンは傾斜され、アライメントプロセスは妥協される。

【0064】

図 16A - 図 16B には反力を要求された駆動のための代わりの改善された方法を示す。ここで、クーラモータ 300 は組立及びアライメントプロセス中、ピストン 221 を軸方向にセンタリングした状態を維持する反力を提供するように駆動されている。モータ 300 は、例えば I 字形状積層物 320 の内側及び外側積層物と、モータコイル 350 と、移動磁石 340 とを有する。モータ 300 は殆ど完全な軸方向力を発生させるために形成50

されて最適化され、操作中にピストンへの側方からの荷重を防止する。一定のモータ力は組立中にパワーサプライ 360 によって供給される直流電流でコイル 350 に電気を供給することによって発生されることができる。電流の方向は力の方向を決定する。図 16B に示すように、クーラの組立を完了するために最後のボンディング作業中、ピストンを要求された軸方向位置に配置し、その状態を維持するために、ガス圧力に逆らうように電流が調節され又は自動的に調整されることがある。図 17 はディスプレーサ 200 が整列され、組み立てられる間の類似した状態を示す。ガスはガス源 110 からガスペアリングポート 291a - 291b を通してディスプレーサキャビティ 204 に流れ、クーラのワーキングスペース及びクーラの特にコンプレッションスペース 310 を加圧する。上述したように、ピストン 221 及びディスプレーサロッド 210 はクリアランスシール 226b - 226d を備え、ある圧力差はこれらシールを通してバックスペース 330 に流れるガスを開放することが要求されている。これらピストン 221 の軸方向に変位させることができ可能な圧力差は、パワーサプライ 360 によって供給される直流電流を用いるモータ 300 を駆動することによって逆らわれる。上述した方法は、移動コイル又は他のタイプのリニアモータを有するスターリングクーラ又はスターリングエンジンに用いることができる。

【0065】

前述の発明は、発明の明確性及び理解のために図示及び例によって幾つか詳細に説明したが、この発明は、ある変更や改良が添付のクレームの精神又は範囲から逸脱するがなくなされ得ることが、この発明の教示の観点から当業者に容易に理解され得る。

【0066】

例えば、この発明の方法は、これらの通常の操作中、ガスペアリングを使用しない往復動体又は回転体を有する構造内に用いられることがある。この方法及び装置は、このような構造を用いることができ、ガスペアリングは上述したように、アライメントすなわちセンタリング作業のために用いられる。ガスペアリングは無効になり得、すなわち、ガスペアリングが要求されない通常の操作から除去される。

【0067】

他の実施形態において、説明したアライメント方法は、ピストン、ディスプレーサ及びモータ構成要素を支持するために対応した構造（コンプライアント構造）又は非対応の構造（ノンコンプライアント構造）に有するクーラに用いられることができる。

[付記]

[付記1]

往復動体がチャンバに対して実質的に側面で固定された構造に回転カップリングを通して連結され、

前記往復動体は、前記チャンバに配設された、第1のガス入口、ガスペアリングキャビティ、及び、1又は複数のガスペアリングポートを含み、

前記第1のガス入口、前記ガスペアリングキャビティ、及び前記ガスペアリングポートは流体的に連通された

チャンバ内での往復動体の組立方法であって、

前記チャンバ内に前記往復動体を供給することと、

前記チャンバ内で前記チャンバの側壁に対して非接触関係に前記往復動体を配置するのに少なくとも十分な圧力で、前記往復動体が実質的に側面で固定された構造（2）に接続させないと同時に、前記ガスペアリングキャビティに対して前記第1のガス入口を通して、前記チャンバ（1）の前記側壁に対してガスペアリングポートを通してガスを流すことと、

前記実質的に側面で固定された構造に対して回転カップリングを一時的に加えることと、

前記ガスの流れを停止することと

の工程を具備する、チャンバ内での往復動体の組立方法。

[付記2]

10

20

30

40

50

前記組立中に用いられる圧力は、組立後、前記デバイスの操作中に用いられる圧力よりも大きいものである、付記 1 のチャンバ内に往復動体を組み立てる方法。

[付記 3]

前記構造に対して前記回転カップリングを加えることは、前記構造に対して回転カップリングを恒久的に取り付けることをさらに具備する、付記 1 のチャンバ内で往復動体を組み立てる方法。

[付記 4]

前記回転カップリングを恒久的に取り付けることは、

1 又は複数のネジを用いること、

前記構造に対して前記回転カップリングを溶接すること、

10

前記構造に対して前記回転カップリングを蝶付けすること

のグループから選択された方法を用いることを具備する、付記 3 のチャンバ内で往復動体を組み立てる方法。

[付記 5]

組立後、前記第 1 のガス入口を閉じることをさらに具備する、付記 1 のチャンバ内で往復動体を組み立てる方法。

[付記 6]

前記往復動体は、前記ガスペアリングキャビティ及び前記 1 又は複数のガスペアリングポートに流体的に連通する第 2 のガス入口を有し、

20

前記第 2 のガス入口は、前記チャンバ内で前記往復動体の組み立て中、前記第 2 のガス入口を選択的にシールするための逆支弁を有する、付記 1 のチャンバ内で往復動体を組み立てる方法。

[付記 7]

前記ガスペアリングキャビティは前記 1 又は複数のガスペアリングポートの少なくとも 1 つを選択的に駆動させるための 1 又は複数の逆止弁を有する、付記 1 のチャンバ内で往復動体を組み立てる方法。

[付記 8]

前記往復動体及び前記チャンバは、組み立て中、垂直方向に配設されている、付記 1 のチャンバ内で往復動体を組み立てる方法。

30

[付記 9]

前記往復動体及び前記チャンバは、組み立て中、水平方向に配設されている、付記 1 のチャンバ内で往復動体を組み立てる方法。

[付記 10]

前記往復動体はピストンである、付記 1 のチャンバ内で往復動体を組み立てる方法。

[付記 11]

前記往復動体はディスプレーサである、付記 1 のチャンバ内で往復動体を組み立てる方法。

[付記 12]

前記デバイスはスターリングサイクルクラーである、付記 1 のチャンバ内で往復動体を組み立てる方法。

40

[付記 13]

前記デバイスはモータである、付記 1 のチャンバ内で往復動体を組み立てる方法。

[付記 14]

前記ガスペアリングポートを通してガスが流れることにより前記往復動体及び前記チャンバ間のコンプレッションスペース内に増加した圧力を相殺するのに十分な反力を与えることをさらに具備する、付記 1 の方法。

[付記 15]

前記反力は前記往復動体を軸方向にセンタリングするのに十分なものである、付記 1 4 の方法。

[付記 16]

50

前記反力は直流電流でモータのコイルに電気を供給することによってモータによって発生されるものである、付記 15 の方法。

[付記 17]

前記往復動体の軸方向位置を制御するために電流を調整することをさらに具備する、付記 16 の方法。

[付記 18]

往復動体が回転カップリングを通してチャンバに対して実質的に側面で固定された構造を連結し、

前記チャンバのボディが、前記往復動体に対して配設された、第 1 のガス入口、ガスペアリングキャビティ、1 又は複数のガスペアリングポートを有し、

前記第 1 のガス入口、前記ガスペアリングキャビティおよび前記ガスペアリングポートが流体的に連通されている、

チャンバ内での往復動体の組立方法であって、

前記チャンバ内に前記往復動体を提供することと、

前記チャンバ内で前記チャンバの側壁に対して非接触関係に前記往復動体を配置するのに少なくとも十分な圧力で、前記往復動体が実質的に側面で固定された構造(2)に接続させないと同時に、前記ガスペアリングキャビティに対して前記第 1 のガス入口を通して、前記往復動体(1)に対してガスペアリングポートを通してガスを流すことと、

前記実質的に側面で固定された構造に対して回転カップリングを一時的に加えてガスの流れを停止することと

の工程を具備する、チャンバ内での往復動体の組立方法。

[付記 19]

ピストンと、

前記ピストンを含むことが可能なコンプレッサボアと、

前記ピストンへの第 1 の入口と、

前記ピストン内に配設され、前記コンプレッサボアに配設され、前記第 1 のガス入口に流体的に連通した複数のガスペアリングポートと、

前記ピストンの一端に取り付けられ、前記ピストンが前記ボアの少なくとも一部で非接触関係に回転可能であり、一時的接続及び永久接続の両者を含む回転カップリング構造と、

前記コンプレッサボア及び前記回転カップリング構造をカップリングする実質的に側面で固定された構造と

を具備するスターリングサイクルマシーン。

[付記 20]

前記回転カップリング構造はスプリングである、付記 19 のスターリングサイクルマシーン。

[付記 21]

前記スプリングはリーフスプリングである、付記 20 のスターリングサイクルマシーン。

[付記 22]

前記回転カップリング構造はグルーで前記構造に接続されている、付記 19 のスターリングサイクルマシーン。

[付記 23]

前記回転カップリング構造は、機械的アタッチメントでノンコンプライアント構造に接続されている、付記 19 のスターリングサイクルマシーン。

[付記 24]

前記回転機械的なアタッチメントはネジである、付記 23 のスターリングサイクルマシーン。

[付記 25]

前記回転機械的なアタッチメントは蝶付けである、付記 23 のスターリングサイクルマ

10

20

30

40

50

シーン。

[付記26]

前記回転機械的なアタッチメントは溶接である、付記23のスターリングサイクル。

[付記27]

前記マシーンはモータである、付記20のスターリングサイクルマシーン。

[付記28]

前記マシーンは、クーラである、付記20のスターリングサイクルマシーン。

[付記29]

前記ピストンのインナボアに挿入されることが可能なディスプレーサロッドに一端が接続されたディスプレーサと、

10

前記ディスプレーサを含むことが可能なコールドフィンガチューブと、

前記ディスプレーサへのガス入口と、

ディスプレーサガス入口で流体的に連通したディスプレーサ内に配設され、前記ディスプレーサのボディからガスを排出する複数のディスプレーサガスベアリングポートと、

前記ディスプレーサが前記コールドフィンガチューブの少なくとも一部に非接触関係に回転可能なように、前記ディスプレーサロッド及び前記実質的に側面で固定された構造に取り付けられた第2の回転カップリング構造と

をさらに具備する、付記20のスターリングサイクルマシーン。

[付記30]

前記第2の回転カップリング構造は、グルーで前記ディスプレーサロッドに接続されている、付記29のスターリングサイクルマシーン。

20

[付記31]

前記第2の回転カップリング構造は、機械的なアタッチメントで前記ディスプレーサロッドに接続されている、付記29のスターリングサイクルマシーン。

[付記32]

前記ピストンのインナボア内に挿入されることが可能なディスプレーサロッドに対して一端で接続されたディスプレーサと、

前記ディスプレーサを含むことが可能なコールドフィンガチューブと、

前記ディスプレーサへのガス入口と、

前記ディスプレーサガス入口で流体的に連通した前記ディスプレーサ内に配設され、前記ディスプレーサのボディからガスを排出することが可能な複数のディスプレーサガスベアリングポートと、

前記ディスプレーサが前記コールドフィンガチューブの少なくとも一部に非接触関係に回転可能であるように、前記ディスプレーサロッド及び前記実質的に側面で固定された構造に取り付けられ、一時的接続及び永久接続の両者を含む回転カップリング構造と

30

を具備する、スターリングサイクルマシーン。

【図1A】

図1A

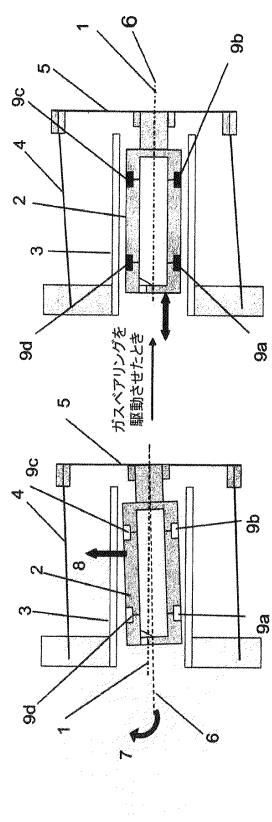


Fig. 1A

【図1B】

図1B

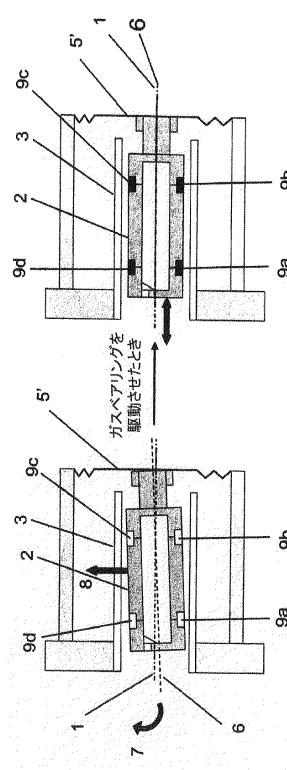


Fig. 1B

【図2A】

図2A

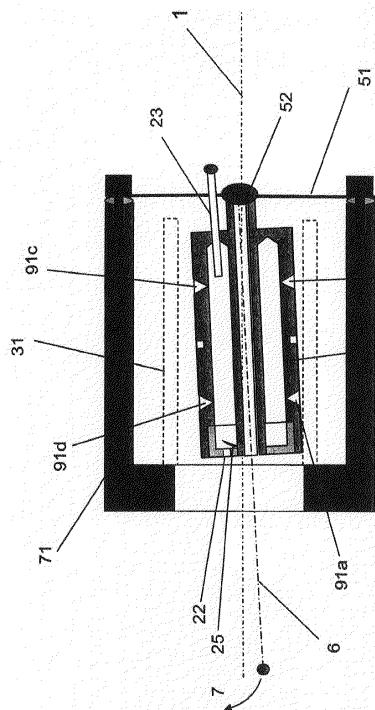


Fig. 2A

【図2B】

図2B

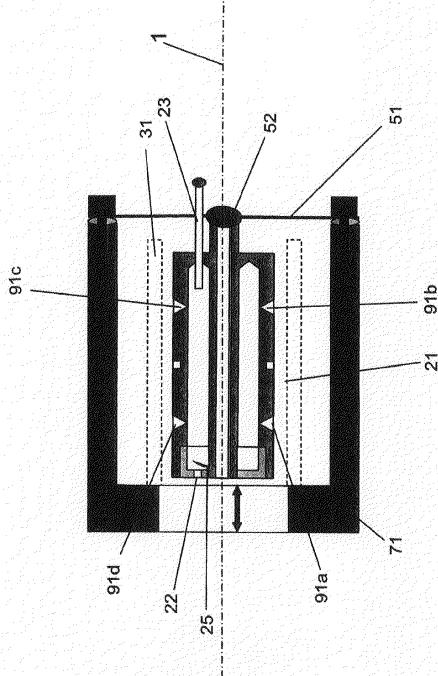
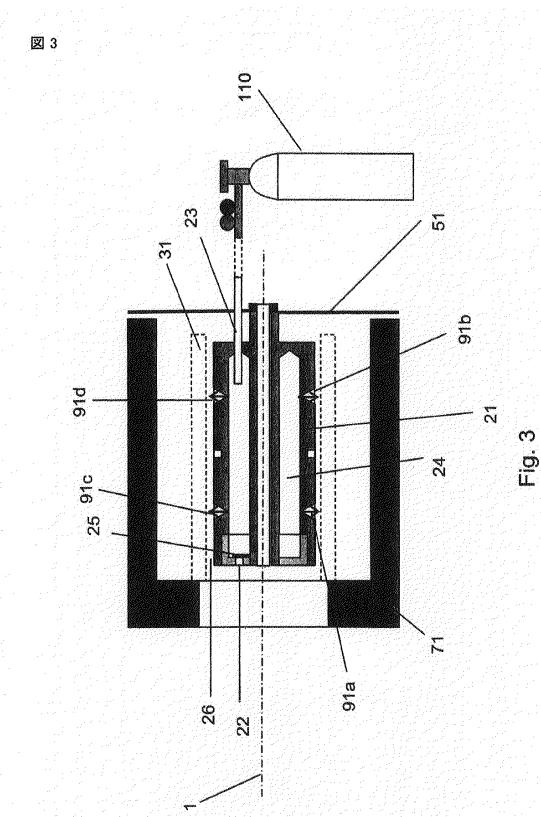
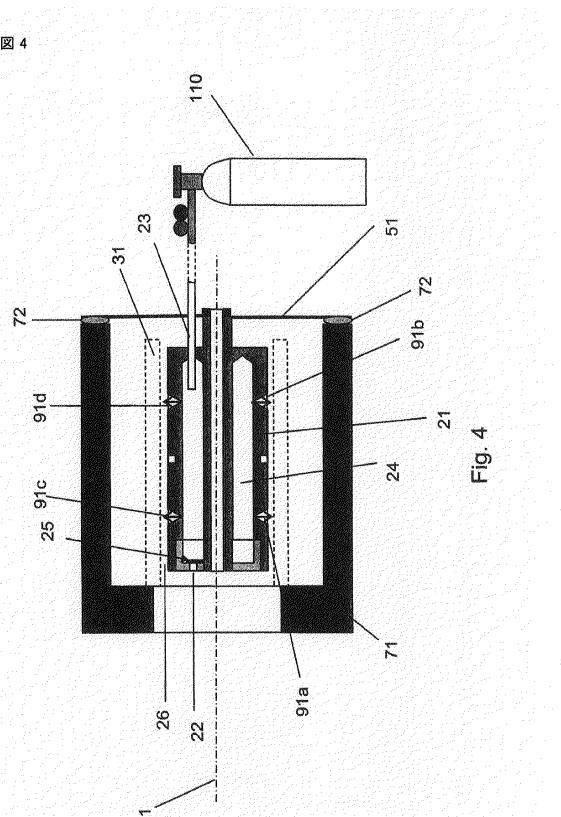


Fig. 2B

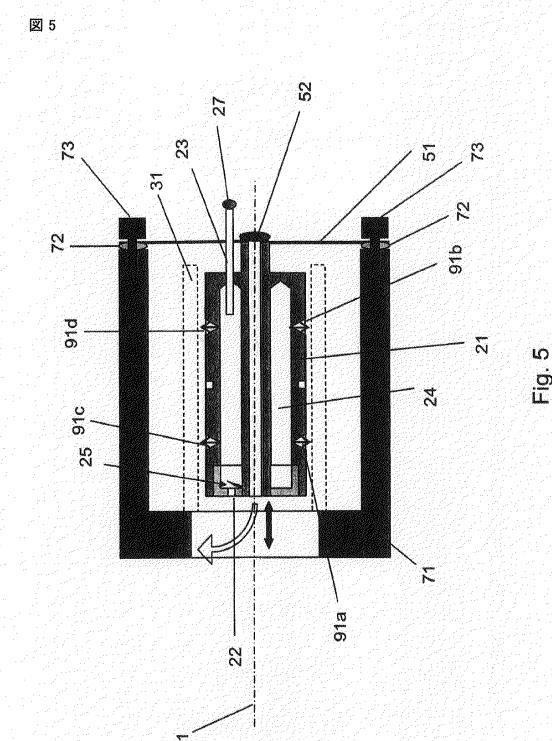
【図3】



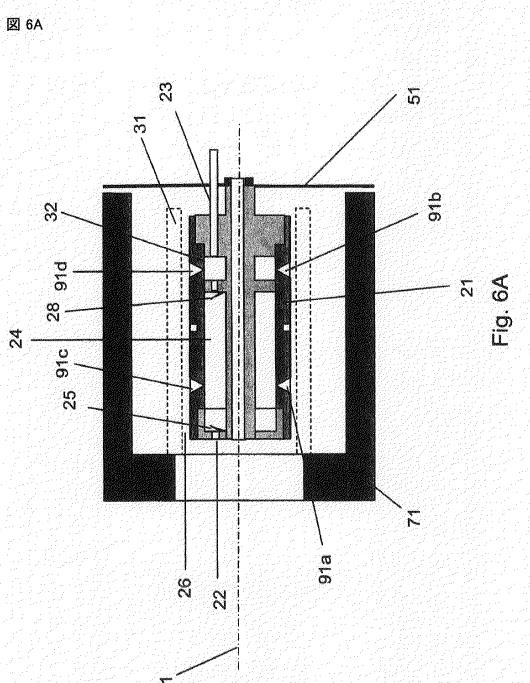
【図4】



【図5】



【図6A】



【図 6B】

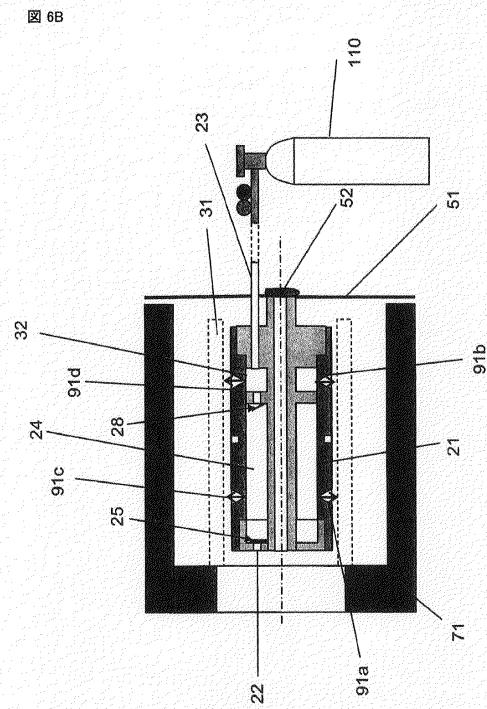


Fig. 6B

【図 6C】

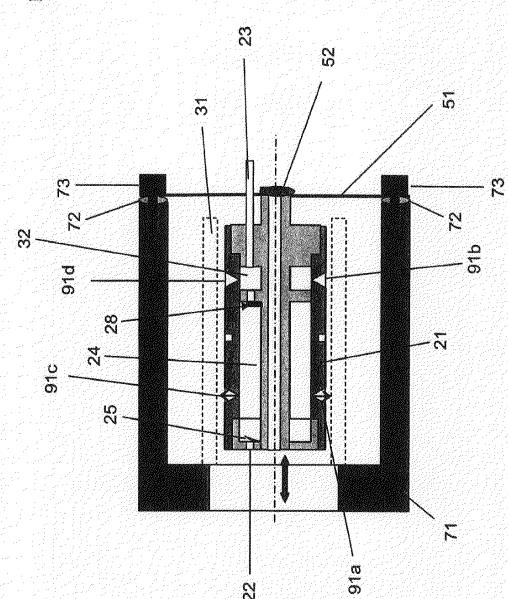


Fig. 6C

【図 7A】

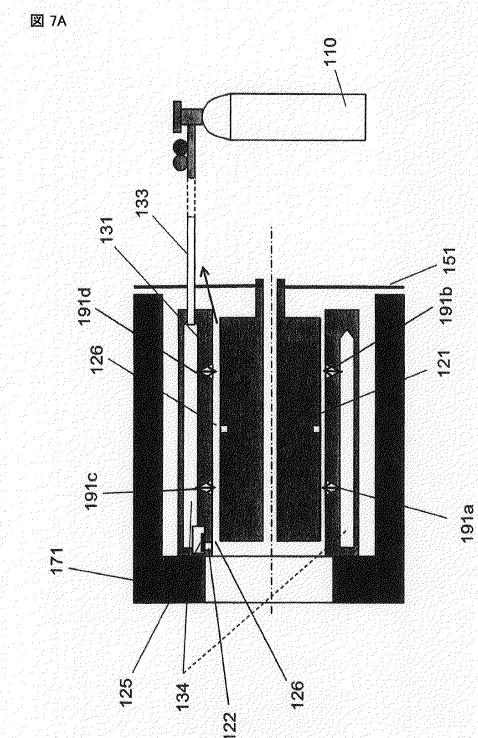


Fig. 7A

【図 7B】

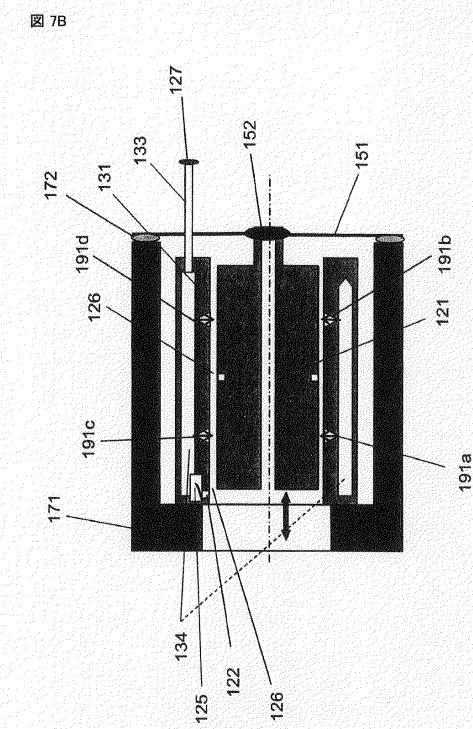


Fig. 7B

【図8】

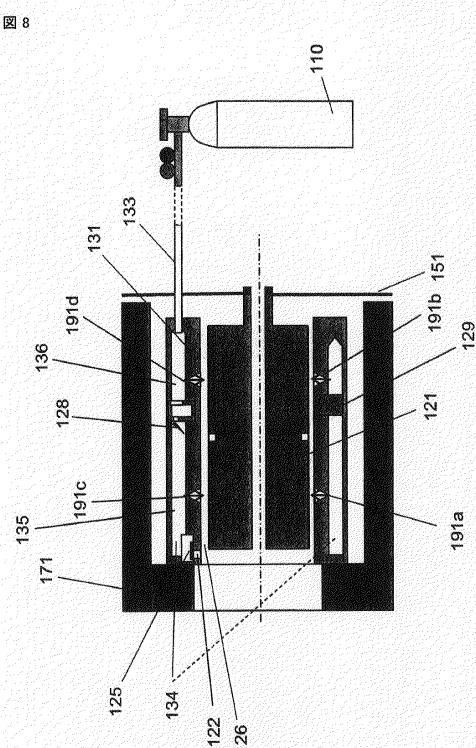
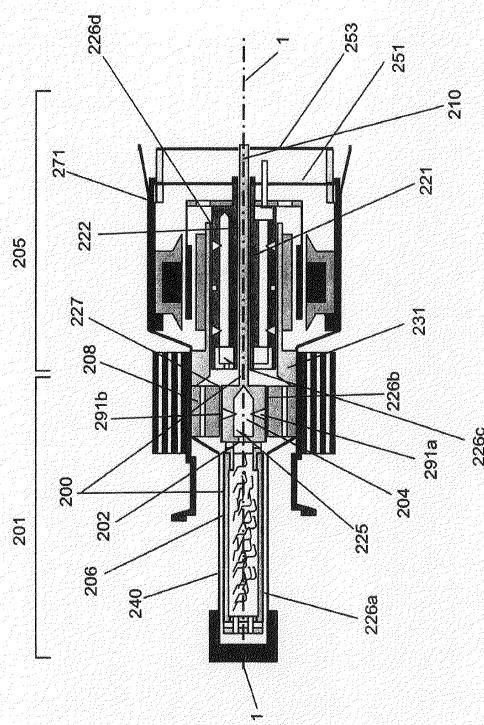


Fig. 8

【 図 9 】



୧୦

【図10A】

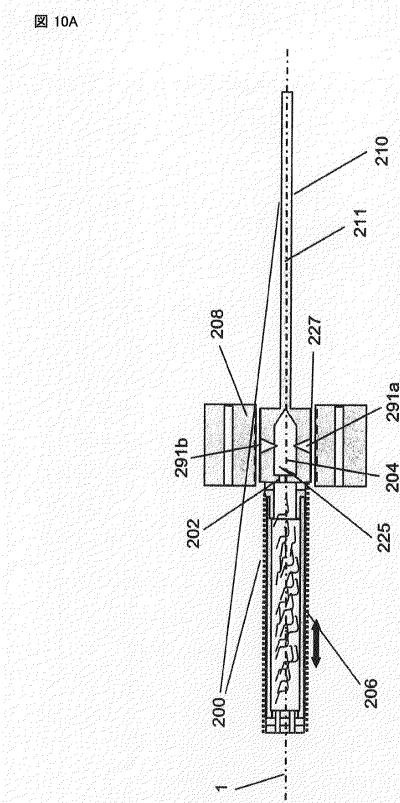


Fig. 10A

【図10B】

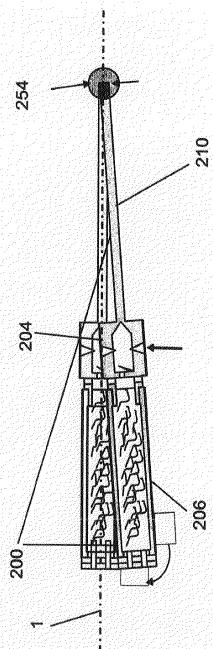


Fig. 10B

【 図 1 0 C 】

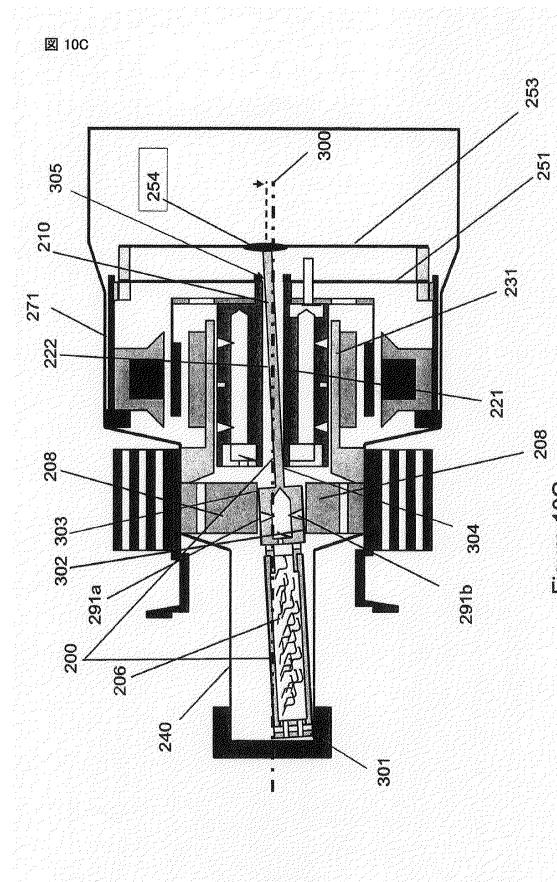


Figure 10C

【図11】

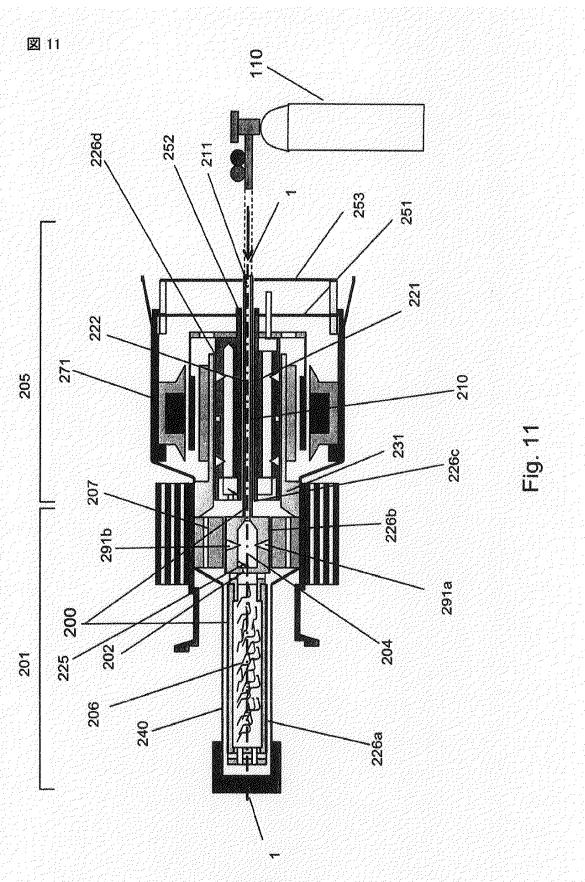


Fig. 11

【図12】

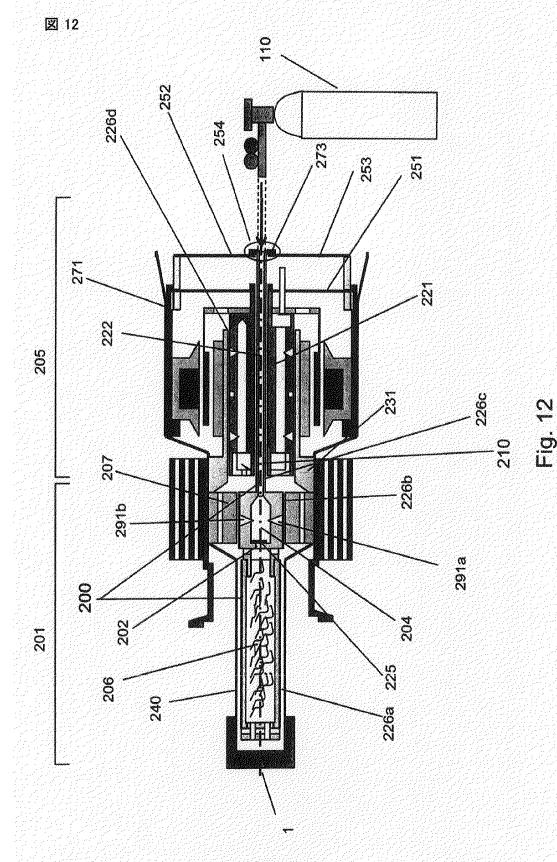
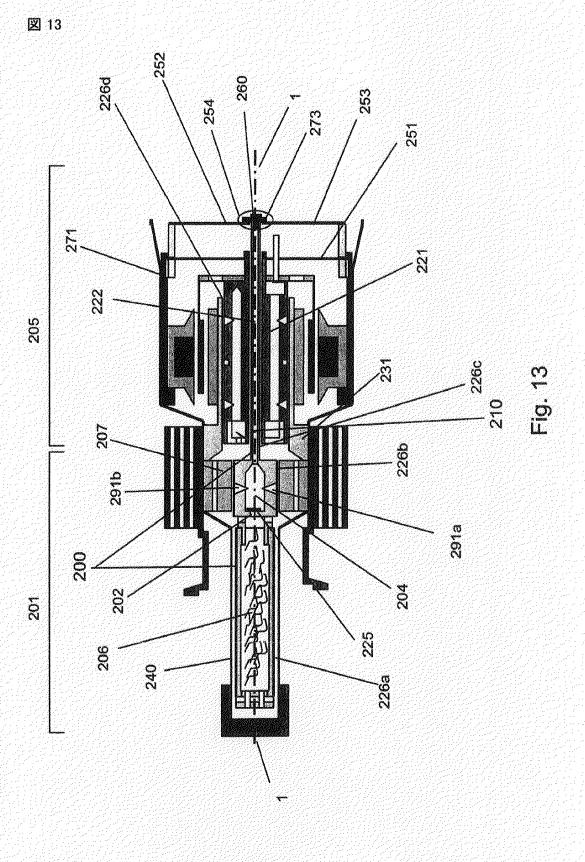


Fig. 12

【図13】



Eig. 13

【図14】

図14

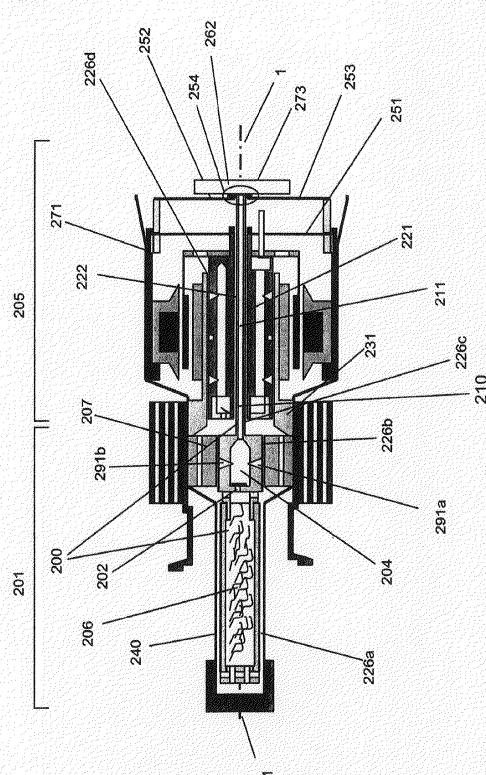


Fig. 14

【図15】

図15

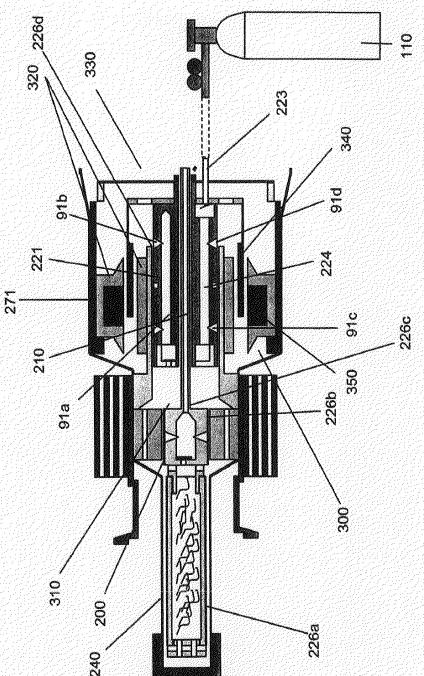


Fig. 15

【図16A】

図16A

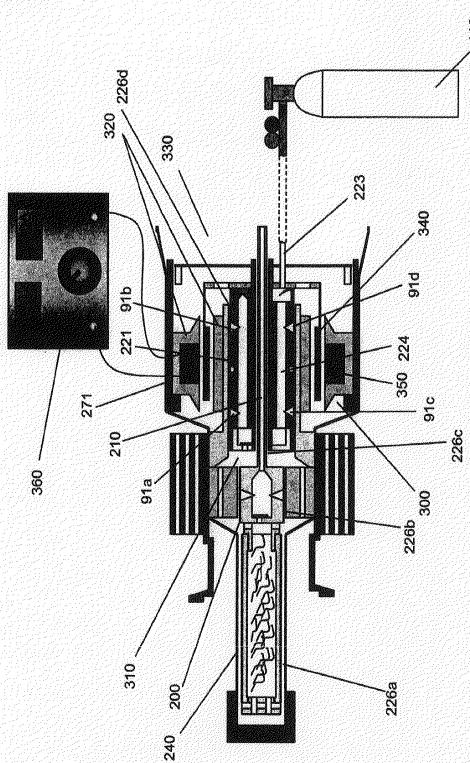


Fig. 16A

【図16B】

図16B



Fig. 16B

【図17】

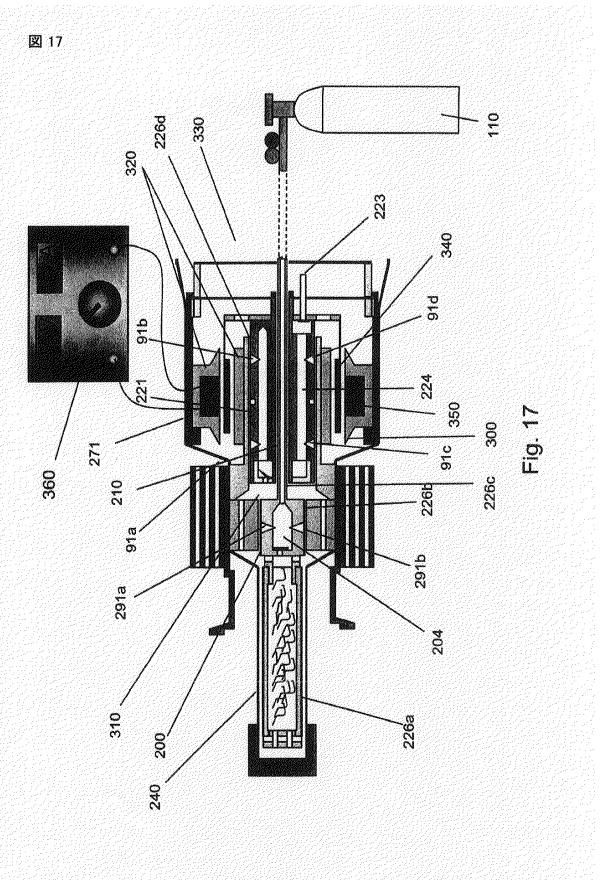


Fig. 17

フロントページの続き

(72)発明者 フィードラー、アンドreas
アメリカ合衆国、カリフォルニア州 93105、サンタ・バーバラ、カジアノ 776-エー

合議体

審判長 長屋 陽二郎

審判官 久保 克彦

審判官 刈間 宏信

(56)参考文献 米国特許出願公開第2007/0157801(US, A1)

特開2005-264854(JP, A)

特開2000-81631(JP, A)

特開2000-219124(JP, A)

特開平3-98722(JP, A)

特開2005-349484(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23P 21/00

H04B 37/08