

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6284950号
(P6284950)

(45) 発行日 平成30年2月28日(2018.2.28)

(24) 登録日 平成30年2月9日(2018.2.9)

(51) Int.Cl. F 1
F 2 5 B 9/00 (2006.01) F 2 5 B 9/00 Z

請求項の数 12 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2015-551213 (P2015-551213)	(73) 特許権者	591036572
(86) (22) 出願日	平成25年11月8日(2013.11.8)		レール・リキード・ソシエテ・アノニム・
(65) 公表番号	特表2016-504558 (P2016-504558A)		ブール・レテュード・エ・レクスプロワタ
(43) 公表日	平成28年2月12日(2016.2.12)		シオン・デ・プロセデ・ジョルジュ・クロ
(86) 国際出願番号	PCT/FR2013/052686		ード
(87) 国際公開番号	W02014/106697		フランス国、75007 パリ、カイ・ド
(87) 国際公開日	平成26年7月10日(2014.7.10)		ルセイ 75
審査請求日	平成28年9月8日(2016.9.8)	(74) 代理人	100108855
(31) 優先権主張番号	1350018		弁理士 蔵田 昌俊
(32) 優先日	平成25年1月3日(2013.1.3)	(74) 代理人	100103034
(33) 優先権主張国	フランス (FR)		弁理士 野河 信久
		(74) 代理人	100075672
			弁理士 峰 隆司
		(74) 代理人	100153051
			弁理士 河野 直樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 冷凍及び／又は液化装置、並びにこれらに対応する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ヘリウムを含有するか又は純ヘリウムからなる作動ガスの冷凍及び／又は液化のための、作動ガスのためのループの形状の作動回路を備える装置であって、該装置は、順に、

－ 少なくとも1つの圧縮機（11、12）を備えた作動ガスの圧縮ステーション（1）と、

－ 作動ガスを冷却するための、及び順番に配置された複数の熱交換器（5）と前記作動ガスを膨張させるための少なくとも1つの部材（7）とを備える、低温箱（2）と、

－ 冷却された前記作動ガスとユーザー（10）との間の熱を交換するための熱交換システム（14）と、

－ 前記熱交換システム（14）を通過した前記作動ガスを前記圧縮ステーション（1）に戻す少なくとも1つの戻し管（9）とを備え、該戻し管（9）は、前記作動ガスを加温するための少なくとも1つの交換器（5）を含むものであり、

該装置は、圧縮ステーション（1）からの出口に、前記作動ガスを事前冷却するための付加的な事前冷却システムをさらに備え、該事前冷却システムは、補助的な低温流体のボリューム（3）を備え、該ボリューム（3）は、前記作動ガスに前記補助的な流体からフリゴリーを選択的に伝達するために、少なくとも1つの熱交換器により前記作動回路に接続されており、

前記低温箱（2）は、前記圧縮ステーション（1）の前記出口で、前記作動回路に直列と並列の両方に接続された第1の熱交換器（5）及び第2の熱交換器（15）、を備える

10

20

第1の作動ガス冷却用ステージを備え、これは、前記圧縮ステーション(1)を離れる前記作動ガスが、前記第1の熱交換器(5)に、及び／又は第2の熱交換器(15)に選択的に通され得ることをいうことを意味し、また、前記第1の作動ガス冷却用ステージは、前記補助的な流体と選択的に熱交換関係にある第3の熱交換器(25)を備える装置において、

前記第3の熱交換器(25)は、直列と並列の両方に接続される前記第1の熱交換器(5)及び第2の熱交換器(15)の下流で接続されていることを特徴とし、これは、前記第1の熱交換器(5)及び／又は前記第2の熱交換器(15)を離れる前記作動ガスが選択的に、前記第3の熱交換器(25)に通されることをいうことを意味し、前記作動回路は、少なくとも1つの弁(225)が取り付けられ、前記第2の熱交換器(15)に前記第3の熱交換器(25)を離れる作動ガスからのフリゴリーを伝達することを選択的に可能にするように、前記第2の熱交換器(15)に前記第3の熱交換器(25)の出口を接続する回収管(125)を備えることを特徴とする、前記装置。

10

【請求項2】

前記第1の熱交換器(5)、前記第2の熱交換器(15)及び前記第3の熱交換器(25)のうち少なくとも1つが、板及びフィンタイプのアルミニウム交換器であることを特徴とする、請求項1に記載の装置。

【請求項3】

前記第3の熱交換器(25)は、補助的流体の前記ボリューム(3)に少なくとも部分的に浸されている熱交換器であることを特徴とする、請求項1又は2に記載の装置。

20

【請求項4】

前記第3の熱交換器(25)は、前記ボリューム(3)から遠隔の交換器であり、及び少なくとも1つの供給管(13)を備える回路を経由して補助的流体が選択的に供給されることを特徴とする、請求項1又は2に記載の装置。

【請求項5】

気化した補助的なガスを排出するための、前記作動ガスに前記気化したガス状の補助的流体からフリゴリーを選択的に伝達するように、前記第2の熱交換器(15)における通路によって遠隔の回収システムにボリューム(3)の上端を接続する管(225)を備えることを特徴とする、請求項1から4のいずれか一項に記載の装置。

【請求項6】

30

前記第3の熱交換器(25)の前記出口に、前記作動回路は、2つの並行ラインに細分された限定された部分を備え、そのうち、前記2つのラインのうちの1つは前記回収管(125)を構成し、前記部分は、前記2つの並行ライン間での選択的な配分を保証するための一群の弁(225、44)を備えることを特徴とする、請求項1から5のいずれか一項に記載の装置。

【請求項7】

前記第3の熱交換器(25)を通過した前記回収管(125)は、前記作動ガスの冷却を継続するように、前記低温箱(2)の前記作動回路に下流に接続されていることを特徴とする、請求項1から6のいずれか一項に記載の装置。

【請求項8】

40

ユーザー(10)が前記熱交換システム(14)によって冷却される、請求項1から7のいずれか一項に記載の作動ガスの冷凍及び／又は液体化のための装置を用いてユーザー(10)を冷却する冷却方法。

【請求項9】

120 Kから400 Kまでの間の初期温度を有するユーザー(10)を事前冷却するステップを含み、このステップにおいて、前記圧縮ステーション(1)を離れる前記作動ガスは、前記第1の熱交換器(5)において次いで前記第2の熱交換器(15)において次いで前記第3の熱交換器(25)において熱の交換によって冷却されることを特徴とし、及び前記第3の熱交換器(25)を離れる前記冷却された作動ガスの少なくとも部分は、それがフリゴリーを引き渡す前記第2の熱交換器(15)内の上流に再び通されることを

50

特徴とする、請求項 8 に記載の冷却方法。

【請求項 10】

50 K から 200 K までの間の初期温度を有するユーザー (10) を事前冷却するステップを含み、このステップにおいて、前記圧縮ステーション (1) を離れる前記作動ガスは、前記第 1 の熱交換器 (5) において、次いで前記第 2 の熱交換器 (15) において、次いで前記第 3 の熱交換器 (25) において、熱の交換によって冷却されることを特徴とし、及び、前記第 3 の熱交換器 (25) を離れる前記冷却された作動ガスは、前記第 2 の熱交換器 (15) を経由して上流に戻ることなく、前記低温箱 (2) 内に前記作動回路の下流に向けられることを特徴とする、請求項 8 又は 9 に記載の冷却方法。

【請求項 11】

90 から 400 K までの間の初期温度を有するユーザー (10) を事前冷却するステップを備えることを特徴とし、及び、前記事前冷却のステップ後、前記ユーザーが 50 から 90 K までの間の温度に到達したとき、前記冷却方法は、次いで、前記ユーザー (10) の連続的な冷却のステップを含み、このステップにおいて、前記圧縮ステーション (1) を離れる前記作動ガスは、それぞれ前記第 1 の熱交換器 (5) において及び前記第 2 の熱交換器 (15) において熱の交換により冷却される 2 つの画分に分割され、前記 2 つのガス画分は、次いで再結合され及び前記第 3 の熱交換器 (25) において冷却されることを特徴とし、及び、前記第 3 の熱交換器を離れる前記冷却された作動ガス (25) は、前記第 2 の熱交換器 (15) を経由して上流に戻ることなく、前記低温箱 (2) 内に前記作動回路の下流に向けられることを特徴とする、請求項 8 から 10 のいずれか一項に記載の冷却方法。

【請求項 12】

気化した補助的流体の少なくとも一部を回収するステップ (225) と、前記第 2 の熱交換器 (15) において、前記作動ガスに、この気化した補助的流体からフリゴリーを伝達するステップと、を含むことを特徴とする、請求項 8 から 11 のいずれか一項に記載の冷却方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、冷凍及び／又は液化装置、並びにこれらに対応する方法に関する。

【発明の概要】

【0002】

本発明は、より具体的には、ヘリウムを含有するか又は純ヘリウムからなる作動ガスの冷凍及び／又は液化のための装置に関し、装置は、作動ガスのためのループの形状の作動回路を備え、作動回路は直列に、

- 少なくとも 1 つの圧縮機を備えた作動ガス圧縮ステーションと、
- 作動ガスを冷却するための、直列に配置された複数の熱交換器と作動ガスを膨張させるための少なくとも 1 つの部材とを備える、低温箱と、
- 冷却された作動ガスとユーザーとの間で熱を交換するためのシステムと、
- 熱交換システムを通過した作動ガスを圧縮ステーションに戻す少なくとも 1 つの戻し管であって、作動ガスを加温するための少なくとも 1 つの交換器を備える戻し管とを備え、装置は、さらに、圧縮ステーションからの出口に、作動ガスを事前冷却するための付加的なシステムを備え、事前冷却システムは、液体窒素のような補助的な低温流体のポリウムを備え、ポリウムは、作動ガスに補助的流体からフリゴリーを選択的に伝達するために、少なくとも 1 つの熱交換器を介して作動回路に接続されており、低温箱は、圧縮ステーションの出口で作動回路に直列及び並列の両方に接続された第 1 の及び第 2 の熱交換器を備える第 1 の作動ガス冷却用ステージを備え、これは、圧縮ステーションを離れる作動ガスは第 1 の及び／又は第 2 の熱交換器に選択的に通され得ることをいうことを意味し、また、第 1 の冷却ステージは、補助的流体との熱交換関係で、選択的に第 3 の熱交換器を備える。

【0003】

本発明は、特に、超電導ケーブル又はプラズマ発生装置（「トカマク」）の構成要素のようなユーザー（使用するもの）、を連続的に冷却することを目的として非常に低い温度（例えば、ヘリウムの場合は4.5 K）を発生するヘリウム冷凍機／液化機に関する。冷凍／液化装置によって意味されているのは、特に、ヘリウムのような低モル質量を有するガスを冷却し、適切であれば液化する、非常に低い温度（極低温）の冷凍装置及び／又は液化装置である。

【0004】

ユーザーが冷却されるとき、これは、ユーザーが、相対的に高い開始温度（例えば300 K以上）から、定められた低い公称動作温度（例えば、約80 K）に下げられる必要があるときということを意味する。冷凍／液化装置は、一般的に、そのような冷却に不向きである。

10

重い構成要素（例えば、超電導磁石など）が周囲温度から80 Kに至るまで長期間にわたって（数十日にわたって）冷却されるときに起きることは、ヘリウムの相対的に熱い流れ及び冷たい流れ（ユーザーに向かって供給され、及びユーザーから戻る）は、共通の交換器を対向流方向に通過する。装置が終始正確に動作するために、ヘリウムのこれらの流れの間の温度の差を制限する必要がある（例えば、最大で40 Kから50 Kまでの間の差に）。

【0005】

そうするために、装置は、このクールダウンの間にフリゴリーを供給する補助的な事前冷却システムを備える。

20

特に論文（「ヘリウム冷凍サイクルにおける液体窒素事前冷却のための解決策（Solutions for liquid nitrogen pre-cooling in helium refrigeration cycle）」、U. Wagner of CERN-2000）に例示されるように、事前冷却システムは、一般に、少なくとも1つの熱交換器によって作動ガスにフリゴリーを供給する（例えば80 Kの定温の）液体窒素のボリュームを備える。

これらの知られている事前冷却システムは、しかしながら、制約又は不利点を有する。

【0006】

したがって、80 Kのヘリウムを（周囲温度、又は冷却されるべきユーザーからヘリウムが戻る温度の）より熱いヘリウムと混合する必要がある。

30

【0007】

液体窒素の消費を制限するために、ユーザーが徐々に冷却される際に、冷却されるべきユーザーから戻るヘリウムからフリゴリーを取り戻すことが、さらに必要である。温度差及び性能に関するこれらの制約は、様々な動作構成（クールダウン、公称動作）により異なる熱交換器技術を要求する。

したがって、公称動作（クールダウン段階以外）の間、交換器は、非常に高い性能、すなわち低い圧力降下を有する必要がある、大幅な温度差に直面すべきではない。この公称動作に適している熱交換器は、アルミニウムろう付け板及びフィンタイプの熱交換器を備える。このタイプの交換器は、典型的に、対向流流体間に50 Kを超える温度差を許容し得る。

40

【0008】

ヘビーユーザーのクールダウンの間、交換器において要求される熱交換性能は、それほど高くはないが、依然として高い。それに反して、温度差（一定温度の液体窒素による）は、相対的に大きくなる（50 Kを超える）。

回路及び交換器におけるヘリウム温度が依然として高いとき、圧力降下は、公称動作において要求されるものよりもはるかに大きい。

これらの問題に対処するための存在する解決策は、ヘリウムと窒素との間の熱の交換を提供する低温箱への入り口に主交換器を伴う。他の解決策は、この主交換器への供給が、流体（ヘリウム又は窒素）の性質により異なる熱交換器技術を用いて作り出されたいくつ

50

かの独立したセクションに分割されるようにする。

これらの解決策は、装置が公称動作に適さないか又はクールダウン段階に適さないかのいずれかなので、問題に対して満足のいく解決策を提供しない。

上述に開示した先行技術の不利点の全て又は一部を軽減させることが、本発明の目的である。

【0009】

この目的に向けて、本発明による装置は、上記前文において与えられたその包括的定義に従う別の点で、本質的に、第3の熱交換器が第1の及び第2の熱交換器に直列及び並列の両方に接続されていることを特徴としており、これは、第1及び／又は第2の熱交換器を離れる作動ガスは第3の熱交換器に選択的に通されることをいうことを意味し、作動回路は、少なくとも1つの弁が取り付けられ、第2の熱交換器に第3の熱交換器を離れる作動ガスからのフリゴリーを伝達することを選択的に可能にするように第2の熱交換器に第3の熱交換器出口を接続する、回収管を備える。

10

【0010】

さらに、本発明のいくつかの実施形態は、以下の特徴のうち1つ又は複数を備え得る。

－ 第1の、第2の及び第3の熱交換器のうちの少なくとも1つは、板及びフィンタイプのアルミニウム交換器である、

－ 第3の熱交換器は、補助的流体のボリュームに少なくとも部分的に浸された熱交換器である、

20

－ 第3の熱交換器は、ボリュームから遠く、少なくとも1つの供給管を備える回路を経由して補助的流体が選択的に供給される、交換器である、

－ 本装置は、気化した補助的なガスを排出し、作動ガスに、気化したガス状の補助的流体からフリゴリーを選択的に伝達するように、第2の熱交換器において通路を介して遠隔の回収システムにボリュームの上端を接続する管を備え、

－ 第3の熱交換器の出口に、作動回路は、2つの並行ラインに細分される限定された部分を備え、そのうち、2つのラインのうちの1つは回収管を構成し、前記部分は2つの並行ライン間での選択的な配分を保証する一群の弁（複数可）を備える、

－ 第3の熱交換器を通過した回収管は、作動ガスの冷却を継続するように、低温箱の作動回路に下流で接続される、

30

－ 第1の及び第2の熱交換器は、2つの熱交換器と第1の熱交換器をバイパスするバイパスラインとの間の並列接続と直列接続とを形成する管及び弁のネットワークによって、圧縮ステーションの出口で作動回路に直列及び並列の両方に接続される、

－ ボリュームは、補助的流体の源に接続され弁を備えた輸送管を経由して、補助的流体が選択的に供給される、

－ 第1の熱交換器は、異なるそれぞれの温度の作動ガスの異なる流れの間で熱を交換するタイプのものであり、圧縮ステーションを離れる熱い高圧作動ガスといわれるものが供給される第1の通路と、第1の通路と流れが対向し、冷たく低圧であるといわれる作動ガスのための戻し管によって供給される第2の通路と、第1の通路と流れが対向し、熱交換システムを通過しなかった低温箱からの作動ガスを戻す作動回路戻し管によって、中圧であるといわれる作動ガスが供給される第3の通路と、を備える、

40

－ 第2の熱交換器は、作動ガスと補助的なガスとの間で熱を交換するタイプのものであり、第1の熱交換器から来る及び／又は低温箱から直接的に来る作動ガスが供給される第1の通路と、第1の通路と流れが対向し、排出管を経由して、気化した補助的なガスが供給される第2の通路と、回収管によって作動ガスが供給される第3の通路と、を備える、

－ 第1の及び第2の熱交換器の作動流体出口と、第1の熱交換器をバイパスするバイパスラインと、は、第3の熱交換器が、第1の熱交換器のみから来る作動流体及び／又は第2の熱交換器のみから来る作動流体及び／又は第1の次いで第2の熱交換器を通過した作動流体のいずれかを選択的に受容するように、管及び弁のネットワークによって第3の

50

交換器の作動流体入口に並列に接続される。

【0011】

また、本発明は、上記又は下記特徴のうちの任意の1つに従う作動ガスの冷凍及び／又は液化のための装置を用いてユーザーを冷却する方法に関し、ユーザーは、熱交換システムによって冷却され、方法は、120 Kから400 Kまでの間の初期温度を有する、ユーザーを事前冷却するステップを含み、このステップにおいて、圧縮ステーションを離れる作動ガスは、第1の熱交換器において次いで第2の熱交換器において、次いで第3の熱交換器において熱の交換によって冷却され、第3の交換器を離れる冷却された作動ガスは、それがフリゴリーを引き渡す第2の熱交換器内に少なくとも部分的に上流で再び通される。

10

【0012】

さらに、本発明のいくつかの実施形態は、1つ又は複数の以下の特徴を備え得る。

— ユーザーは、熱交換システムによって冷却され、方法は、50 Kから200 Kまでの間の初期温度を有する、ユーザーを事前冷却するステップを含み、このステップにおいて、圧縮ステーションを離れる作動ガスは、第1の熱交換器において、次いで第2の熱交換器において、次いで第3の熱交換器において熱の交換により冷却され、第3の交換器を離れる冷却された作動ガスは、第2の熱交換器を経由して上流に戻ることにし、低温箱内に作動回路の下流に向けられる、

— ユーザーは、熱交換システムによって冷却され、方法は、90から400 Kまでの間の初期温度を有する、ユーザーを事前冷却するステップを備え、事前冷却ステップの後、ユーザーが50から90 Kまでの間の温度に到達したとき、方法は、次いで、ユーザーを連続的に冷却するステップを含み、このステップにおいて、圧縮ステーションを離れる作動ガスは、それぞれ第1の熱交換器において及び第2の熱交換器において熱の交換によって冷却される2つの画分に分割され、2つのガス画分は、次いで再結合され及び第3の熱交換器において冷却され、第3の熱交換器を離れる冷却された作動ガスは、第2の熱交換器を経由して上流に戻ることなく、低温箱内に前記作動回路の下流に向けられる、

20

— 本方法は、気化した補助的流体の少なくとも一部を回収するステップと、第2の熱交換器において作動ガスにこの気化した補助的流体からフリゴリーを伝達するステップと、を含む。

【0013】

30

本発明は、また、上記又は下記特徴の任意の組み合わせを備える、任意の代替的な装置又は方法に関し得る。

図面を参照して以下に与えられる説明を読むことから、さらなる詳細及び利点が明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】使用部材を冷却するために使用される液化／冷凍装置の構造を例示する簡略化された概略的な部分図。

【図2】使用部材を冷却するために使用される液化／冷凍装置の構造及び動作の第1の例を概略的及び部分的に描写する図。

40

【図3】第2の実施形態による液化／冷凍装置の低温箱の詳細を概略的及び部分的に描写する図。

【図4】様々な別個の動作構成における図3の詳細を描写する図。

【図5】様々な別個の動作構成における図3の詳細を描写する図。

【図6】様々な別個の動作構成における図3の詳細を描写する図。

【発明を実施するための形態】

【0015】

図1に描写されるように、プラント100は、慣用された方法で、低温を生み出すためにヘリウムを作業のサイクルの対象とする作動回路を備える冷凍／液化装置を備え得る。冷凍装置2の作動回路は、少なくとも1つの圧縮機11とヘリウムを圧縮する好ましくは

50

いくつかの圧縮機とを備えた圧縮ステーション 1 を備える。

【0016】

圧縮ステーション 1 を離れると、ヘリウムは、ヘリウムを冷却するための低温箱 2 に入る。低温箱 2 は、いくつかの熱交換器 5 を備え、これは、後者を冷却するためにヘリウムと熱を交換する。加えて、低温箱 2 は、圧縮されたヘリウムを膨張させるための 1 つ又は複数のタービン 7 を備える。好ましくは、低温箱 2 は、ブレイトンタイプの熱力学サイクル又は他の適当なサイクルに基づいて動作する。少なくともいくつかのヘリウムは、低温箱 2 を離れると液化され、液体ヘリウムと冷却されるべきユーザー（使用するもの）10 との間の熱の選択的交換を提供するように設計された熱交換システム 14 に入る。ユーザー 10 は、例えば、超電導磁石及び／又は 1 つ又は複数の低温凝縮ポンプユニット又は非

10

【0017】

図 1 に概略的に示されるように、装置は、それ自体が知られている方法で、圧縮ステーション 1 からの出口で作動ガスを事前冷却するための付加的な事前冷却システムをさらに備える。事前冷却システムは、液体窒素のような補助的な低温流体のボリューム 3 を備える。ボリューム 3 は、作動ガスに補助的流体からフリゴリーを選択的に伝達するために、少なくとも 1 つの熱交換器によって作動回路に接続されている。

例えば、ボリューム 3 は、補助的流体の源（不図示）に接続され、弁 23（図 3 参照）が取り付けられた輸送管 13 によって補助的流体が供給され得る。

20

【0018】

図 2 のより詳細な例において、圧縮ステーション 1 は、例えば、ヘリウムに関して、3 つの圧力レベルを画定する 2 つの圧縮機 11、12 を直列に備える。概略的に示されるように、圧縮ステーション 1 は、ヘリウム精製部材 8 を備えていてもよい。

圧縮ステーション 1 からの出口で、ヘリウムは低温箱 2 に通され、このヘリウムはいくつかの交換器 5 で熱の交換により冷却され、ヘリウムはタービン 7 を通って膨張させられる。

【0019】

低温箱 2 において液化されたヘリウムは、冷却されるべきユーザー 10 と熱を交換することが意図される交換器 144 が備わっているリザーバー 14 に貯蔵され得る（例えば、ポンプを備えた回路）。ヘリウムとユーザー 10 との間の熱の交換のためのこのシステム 14 は、任意の他の適当な構造を備えていてもよい。

30

【0020】

熱交換システム 14 を通過した低圧ヘリウムは、作業のサイクルを再開するために、戻し管 9 によって圧縮ステーション 1 に戻される。この戻りの間、相対的に冷たいヘリウムは、熱交換器 5 にフリゴリーを引き渡し、及びしたがって、相対的に熱いヘリウムを冷却し、これは、ユーザー 10 に到達する前に、冷却され及び反対方向に膨張させられる。

例示されるように、作動回路は、熱交換システム 14 を通過しなかった低温箱 2 からのヘリウムを圧縮ステーション 1 に戻す戻し管 19 を備えていてもよい。

【0021】

40

図 2 において見えるように、装置は、例えば、80 K の温度の、液体窒素のような補助的な低温流体のボリューム 13 を備える事前冷却システムを備える。

低温箱 2 は、ヘリウムが圧縮ステーション 1 を離れるとすぐにそれを受容する第 1 のヘリウム冷却ステージを備える。

この第 1 の冷却ステージは、圧力ステーション 1 の出口に、作動回路に直列及び並列の両方に接続される第 1 の熱交換器 5 と第 2 の熱交換器 15 とを備える。これは、圧縮ステーション 2 を離れる作動ガスは、第 1 の熱交換器 5 及び／又は第 2 の熱交換器 15 に選択的に通され得ることをいうことを意味する。

【0022】

第 1 の熱交換器 5 は、例えば、その中で、異なるそれぞれの温度のヘリウムの異なる流

50

れの間の熱の交換があるタイプである。第1の交換器5は、圧縮ステーション1を直接的に離れる、熱く高圧といわれる作動ガスが供給される第1の通路6と、第1の通路と流れが対向し、冷たく低圧であるといわれる作動ガスが戻し管9によって供給される第2の通路と、第1の通路と流れが対向し、戻し管19によって中圧であるといわれる作動ガスが供給される第3の通路とを備えていてもよい。

【0023】

第2の熱交換器15は、作動ガスと補助的なガスとの間で熱を交換するタイプのものであり、及び、例えば、第1の熱交換器5から来る及び／又は低温箱2から直接的に来る作動ガスが供給される第1の通路16と、第1の通路と流れが対向し、及び気化した補助的なガスを対象とした第2の通路と、回収管125を経由する作動ガスが供給される第3の通路と、を備える。

10

【0024】

図3の例に例示されるように、第1の熱交換器5及び第2の熱交換器15は、
— 2つの熱交換器5、15の間の並列接続と、
— 2つの熱交換器5、15の間の直列接続と、
— 第1の熱交換器5をバイパスするバイパスラインと、
を形成する、管6、16、26、36の及び弁116、126、136のネットワークによって、圧力ステーション1の出口で、作動回路に直列及び並列の両方に接続されているもよい。

【0025】

20

また、第1の冷却ステージは、第3の熱交換器25を備える。この第3の熱交換器25は、第1の熱交換器5及び第2の熱交換器15に直列及び並列の両方に接続される。これがいわんとすることは、第1の熱交換器5及び／又は第2の熱交換器15を離れる作動ガスは、第3の熱交換器25に選択的に通されることである。例えば図3により詳細に例示されるように、これは、第1の熱交換器5及び第2の熱交換器15にそれぞれ属する2つの流体出口に、第3の熱交換器25の流体入口を接続することによって、得られる。

【0026】

図2に例示されるように、作動回路は、第2の熱交換器15への第3の熱交換器25を離れる作動ガスからのフリゴリーの伝達を選択的に可能にするために、第2の熱交換器15に第3の熱交換器25の出口を選択的に接続する回収管125を備える。

30

例えば、第3の熱交換器のヘリウム出口25で、作動回路は、2つの並行ラインに細分された限定された部分を備え、このうち、2つのラインのうちの1つは、回収管125を構成する。この回路部分は、2つの並行ライン間でのヘリウムの選択的な配分を保証するために、一群の弁225、44を備えていてもよい（図3参照）。

加えて、第3の熱交換器25を通過した回収管125は、作動ガスの冷却を継続するように、低温箱の作動回路2に下流で接続される。

【0027】

第3の熱交換器25は、補助的流体（例えば窒素）が選択的に供給される。例えば、第3の熱交換器25は、ボリューム3から遠隔の交換器であり、及び少なくとも1つの供給管13を備える回路を経由して補助的流体が選択的に供給される。これは、第3の熱交換器25内でヘリウムに補助的流体からフリゴリーが選択的に伝達されるのを可能にする。

40

【0028】

図2において見えるように、本装置は、好ましくは、気化した補助的なガスのための、第2の熱交換器15において通路によって遠隔の回収システムにボリュームの上端3を接続する、排出管225を備える。これは、第2の熱交換器15を通過する作動ガスに気化したガス状の補助的流体からフリゴリーが選択的に伝達されるのを可能にする。

【0029】

図3は、装置の第1の冷却ステージの実施形態の代替的な形態を例示する。図3の実施形態の形態は、図2のものと、第3の熱交換器25が、今回は、補助的流体のボリュームに浸されているという点のみで異なる。

50

【0030】

図4から図6は、それぞれ、装置の動作の連続する1つの可能な例において採用され得る3つの別個の構成を例示する。

ユーザーをクールダウンさせる第1の段階、この段階は図4に例示される、において、圧力ステーション1から来るヘリウムは、連続して第1の熱交換器5、第2の熱交換器15及び第3の熱交換器25において直列に冷却される（弁116及び126は閉鎖、弁136は開放）。加えて、第3の熱交換器25からの出口で、冷却されたヘリウムは戻り、回収管125を経由して、第2の熱交換器15を通過する（弁225及び44は開放）。

【0031】

補助的流体（窒素）は、約80 Kの温度で、第2の熱交換器25を通過して循環することが許される（それは、例えば約270 Kの温度でそこから再出現する）。 10

これは、当初300 Kの温度でユーザーをクールダウンする動作の開始に対応し得る。この第1の段階の間、ヘリウムの温度は、

- － 第1の熱交換器5からの出口で300 Kにほぼ等しい、
- － 第2の熱交換器15からの出口で110 Kにほぼ等しい、
- － 第3の熱交換器25からの出口で80 Kにほぼ等しい、
- － 第1の冷却ステージの下流4で154 Kにほぼ等しい、

であってもよい。

【0032】

200 Kの温度を有する、ユーザーのクールダウンの第2の段階は、図4のものと同一の構成を含んでもよい。 20

この第2の段階の間、ヘリウムの温度は、

- － 第1の熱交換器5からの出口で200 Kにほぼ等しい、
- － 第2の熱交換器15からの出口で110 Kにほぼ等しい、
- － 第3の熱交換器25からの出口で80 Kにほぼ等しい、
- － 第1の冷却ステージの下流4で154 Kにほぼ等しい、

であってもよい。

【0033】

この第2の段階において、約80 Kの温度の補助的流体（窒素）は、第2の熱交換器15を通過して循環することが許され、及び例えば約190 Kの温度でそこから再出現する。 30

【0034】

140 Kの温度を有する、ユーザーをクールダウンさせる第3の段階は、図4のものと同一の構成を含んでもよい。

この第3の段階の間、ヘリウムの温度は、

- － 第1の熱交換器5からの出口で140 Kにほぼ等しい、
- － 第2の熱交換器15からの出口で115 Kにほぼ等しい、
- － 第3の熱交換器25からの出口で80 Kにほぼ等しい、
- － 第1の冷却ステージの下流4で96 Kにほぼ等しい、

であってもよい。

【0035】

この第3の段階において、約80 Kの温度の補助的流体（窒素）は、第2の熱交換器15を通過して循環することが許され、及び例えば約140 Kの温度でそこから再出現する。 40

【0036】

120 Kの温度を有する、ユーザーをクールダウンさせる第4の段階は、図4のものと、第3の熱交換器25を離れるヘリウムが、第2の熱交換器15を通過して再循環されない点のみで異なる構成を含んでもよい（弁225は閉鎖）。

この第4の段階の間、ヘリウムの温度は、

- － 第1の熱交換器5からの出口で120 Kにほぼ等しい、
- － 第2の熱交換器15からの出口で115 Kにほぼ等しい、
- － 第3の熱交換器25からの出口で80 Kにほぼ等しい、

ー 第1の冷却ステージの下流4で80 Kにほぼ等しい、
であってもよい。

この第4の段階において、約80 Kの温度の補助的流体（窒素）は、第2の熱交換器15を通して循環することが許され、及び例えば約120 Kの温度でそこから再出現する。
【0037】

最後に、この事前冷却プロセスの後、ユーザーがその低い公称動作温度（例えば80 K）に到達したとき、本装置は、図6に例示される動作の第5の段階を採用してもよい。

この動作の第5の段階は、「公称」又は通常といわれ（これは安定化されたということの意味する）、図5の構成と、圧力ステーション1からのヘリウムが、第1の熱交換器5と第2の熱交換器15との間で配分される点のみが異なる（弁116及び126は閉鎖、一方、弁136は開放）。

この第5の段階の間、ヘリウムの温度は、

- ー 第3の熱交換器25に入る前に86 Kにほぼ等しい、
- ー 第3の熱交換器25からの出口で80 Kにほぼ等しい、

であってもよい。

この第5の段階において、約80 Kの温度の補助的流体（窒素）は、第2の熱交換器15を通して循環することが許され、及び例えば約300 Kの温度でそこから再出現する。

【0038】

上述のアーキテクチャは、したがって、冷凍機／液化機の通常（公称）動作のために必要とされるのと同じ量の機器で、相対的に低い温度（例えば80 K）に相対的に熱い温度（例えば400 K）から重厚な構成要素をクールダウンすることを可能にする。

実際に、3つの交換器5、15及び25は、有利には、同じタイプの熱交換器、例えば、アルミニウム板及びフィン交換器であってもよい。これは、コンパクトな交換器5、15及び25を使用することを可能にし、並びに装置の全ての動作モード（クールダウン又は通常動作）に関して効果的にそのようにする。

このアーキテクチャは特に、知られているシステムと比べると、第1の熱交換器5のサイズを低減させることができる。具体的には、この第1の熱交換器5は、ヘリウムのみを受け入れる（窒素は受け入れない）。加えて、高圧ヘリウム（圧力ステーション1から来る）の流量は、第2の熱交換器15にこのヘリウムのうちのいくらかを配分することによって部分的にその中で低減され得る。

【0039】

加えて、ヘリウムの相対的に熱い及び冷たい流れは、完全にはバランスが取れず、これは、冷たい流れはピンチの増大を引き起こすことをいうこと意味し、これは、交換器に沿った冷たい流れと熱い流れとの間の最小の温度差の増大及びLMTDの増大、すなわち熱交換器5の対数平均温度差の増大をいうことを意味する。具体的には、比例的に、冷たい流れによって提供されたフリゴリーは、熱い流れから抽出されるべき熱エネルギーよりも大きくなる。冷たい流れは、したがって受ける加温がより少なく、したがって熱交換器5のLMTDを増大させる。

【0040】

通常動作において、第1の交換器5及び第2の交換器15は、並列に動作する（図6）。クールダウンの間、これら2つの交換器5、15は、それに反して、直列に動作する。

この配列は、回収管125によって第2の交換器15内に伝達されるヘリウムのために、第2の熱交換器15で温度差を低減させることができる。

回収管125からのこのヘリウムは、ウォームアップされ、第2の熱交換器15にフリゴリーを引き渡し、次いで、低温箱において下流方向に逸れるヘリウムの相対的に冷たい流れと混合される。

【0041】

本装置は、先行技術に対して多数の利点がある。

したがって、装置は、特に、冷凍機の通常動作のための第1の交換器5、第2の交換器

10

20

30

40

50

15及び第3の交換器25を特定することができ、及びこれらは、したがって、アルミニウム板及びフィンタイプの交換器で構成されていてもよい。

加えて、本装置は、動作のモードによるヘリウムの温度を調節する簡単で効果的な方法を可能にする。

以下に、出願当初の特許請求の範囲に記載の事項を、そのまま、付記しておく。

[1] ヘリウムを含有するか又は純ヘリウムからなる作動ガスの冷凍及び／又は液化のための、作動ガスのためのループの形状の作動回路を備える装置であって、該装置は、順に、

－ 少なくとも1つの圧縮機(11、12)を備えた作動ガス圧縮ステーション(1)と、

－ 作動ガスを冷却するための、及び順番に配置された複数の熱交換器(5)と前記作動ガスを膨張させるための少なくとも1つの部材(7)とを備える、低温箱(2)と、

－ 冷却された前記作動ガスとユーザー(10)との間の熱を交換するためのシステム(14)と、

－ 前記熱交換システム(14)を通過した前記作動ガスを前記圧縮ステーション(1)に戻す少なくとも1つの戻し管(9)とを備え、該戻し管(9)は、前記作動ガスを加温するための少なくとも1つの交換器(5)を含むものであり、

該装置は、圧縮ステーション(2)からの出口に、前記作動ガスを事前冷却するための付加的なシステムをさらに備え、該事前冷却システムは、液体窒素のような補助的な低温流体のボリューム(3)を備え、該ボリューム(3)は、前記作動ガスに前記補助的流体からフリゴリーを選択的に伝達するために、少なくとも1つの熱交換器により前記作動回路に接続されており、

前記低温箱(2)は、前記圧縮ステーション(1)の前記出口で前記作動回路に直列及び並列の両方に接続された第1の熱交換器(5)及び第2の熱交換器(15)を備える第1の作動ガス冷却用ステージを備え、これは、前記圧縮ステーション(1)を離れる前記作動ガスは、前記第1の熱交換器(5)に及び／又は第2の熱交換器(15)に選択的に通され得ることをいうことを意味し、また、前記第1の冷却ステージは、前記補助的流体と選択的に熱交換関係にある第3の熱交換器(25)を備える装置において、

前記第3の熱交換器(25)は、前記第1の熱交換器(5)及び第2の熱交換器(15)に直列及び並列の両方に接続されていることを特徴とし、これは、前記第1の熱交換器(5)及び／又は前記第2の熱交換器(15)を離れる前記ガスは前記第3の熱交換器(25)に選択的に通されることをいうことを意味し、前記作動回路は、少なくとも1つの弁(225)が取り付けられ、前記第2の熱交換器(15)に前記第3の熱交換器(25)を離れる作動ガスからのフリゴリーを伝達することを選択的に可能にするように、前記第2の熱交換器(15)に前記第3の熱交換器(25)の出口を接続する回収管(125)を備えることを特徴とする、前記装置。

[2] 前記第1の熱交換器(5)、前記第2の熱交換器(15)及び前記第3の熱交換器(25)のうち少なくとも1つが、板及びフィンタイプのアルミニウム交換器であることを特徴とする、[1]に記載の装置。

[3] 前記第3の熱交換器(25)は、補助的流体の前記ボリューム(3)に少なくとも部分的に浸されている熱交換器であることを特徴とする、[1]又は[2]に記載の装置。

[4] 前記第3の熱交換器(25)は、前記ボリューム(3)から遠隔の交換器であり、及び少なくとも1つの供給管(13)を備える回路を経由して補助的流体が選択的に供給されることを特徴とする、[1]又は[2]に記載の装置。

[5] 前記気化した補助的なガスを排出するための、前記作動ガスに前記気化したガス状の補助的流体からフリゴリーを選択的に伝達するように、前記第2の熱交換器(15)における通路によって遠隔の回収システムにボリュームの上端(3)を接続する、管(225)を備えることを特徴とする、[1]から[4]のいずれか一項に記載の装置。

[6] 前記第3の熱交換器(25)の前記出口に、前記作動回路は、2つの並行ライ

10

20

30

40

50

ンに細分された限定された部分を備え、そのうち、前記2つのラインのうちの1つは前記回収管(125)を構成し、前記部分は、前記2つの並行ライン間での選択的な配分を保証するための一群の弁(225、44)を備えることを特徴とする、[1]から[5]のいずれか一項に記載の装置。

[7] 前記第3の熱交換器(25)を通過した前記回収管(125)は、前記作動ガスの冷却を継続するように、前記低温箱(2)の前記作動回路に下流に接続されていることを特徴とする、[1]から[6]のいずれか一項に記載の装置。

[8] ユーザー(10)が前記熱交換システム(14)によって冷却される、[1]から[7]のいずれか一項に記載の作動ガスの冷凍及び／又は液体化のための装置を用いてユーザー(10)を冷却する方法。

10

[9] 120 Kから400 Kまでの間の初期温度を有するユーザー(10)を事前冷却するステップを含み、このステップにおいて、前記圧縮ステーション(1)を離れる前記作動ガスは、前記第1の熱交換器(5)において次いで前記第2の熱交換器(15)において次いで前記第3の熱交換器(25)において熱の交換によって冷却されることを特徴とし、及び前記第3の熱交換器(25)を離れる前記冷却された作動ガスの少なくとも部分は、それがフリゴリーを引き渡す前記第2の熱交換器(15)内の上流に再び通されることを特徴とする、[8]に記載の冷却方法。

[10] 50 Kから200 Kまでの間の初期温度を有するユーザー(10)を事前冷却するステップを含み、このステップにおいて、前記圧縮ステーション(1)を離れる前記作動ガスは、前記第1の熱交換器(5)において、次いで前記第2の熱交換器(15)において、次いで前記第3の熱交換器(25)において、熱の交換によって冷却されることを特徴とし、及び、前記第3の熱交換器(25)を離れる前記冷却された作動ガスは、前記第2の熱交換器(15)を経由して上流に戻ることなく、前記低温箱(2)内に前記作動回路の下流に向けられることを特徴とする、[8]又は[9]に記載の冷却方法。

20

[11] 90から400 Kまでの間の初期温度を有するユーザー(10)を事前冷却するステップを備えることを特徴とし、及び、前記事前冷却ステップ後、前記ユーザーが50から90 Kまでの間の温度に到達したとき、前記方法は、次いで、前記ユーザー(10)の連続的な冷却のステップを含み、このステップにおいて、前記圧縮ステーション(1)を離れる前記作動ガスは、それぞれ前記第1の熱交換器(5)において及び前記第2の熱交換器(15)において熱の交換により冷却される2つの画分に分割され、前記2つのガス画分は、次いで再結合され及び前記第3の熱交換器(25)において冷却されることを特徴とし、及び、前記第3の熱交換器を離れる前記冷却された作動ガス(25)は、前記第2の熱交換器(15)を経由して上流に戻ることなく、前記低温箱(2)内に前記作動回路の下流に向けられることを特徴とする、[8]から[10]のいずれか一項に記載の冷却方法。

30

[12] 気化した補助的流体の少なくとも一部を回収するステップ(225)と、前記第2の熱交換器(15)において、前記作動ガスに、この気化した補助的流体からフリゴリーを伝達するステップと、を含むことを特徴とする、[8]から[11]のいずれか一項に記載の冷却方法。

【図 1】

図 1

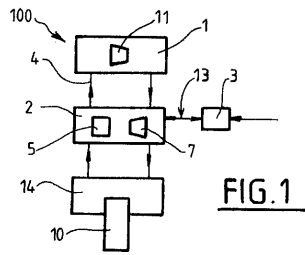


FIG. 1

【図 2】

図 2

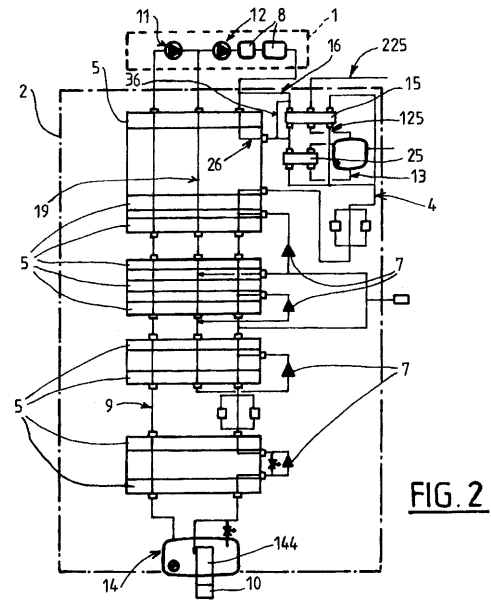


FIG. 2

【図 3】

図 3

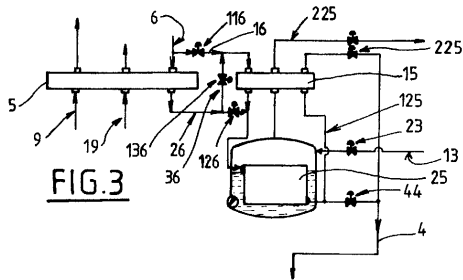


FIG. 3

【図 5】

図 5

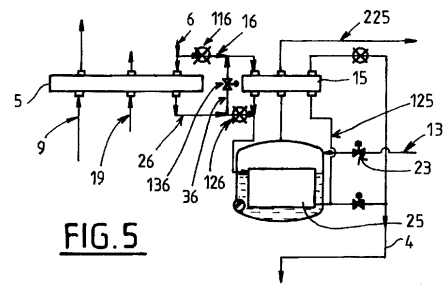


FIG. 5

【図 4】

図 4

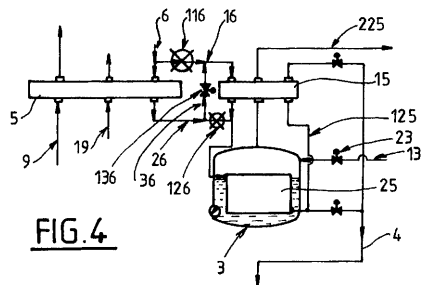


FIG. 4

【図 6】

図 6

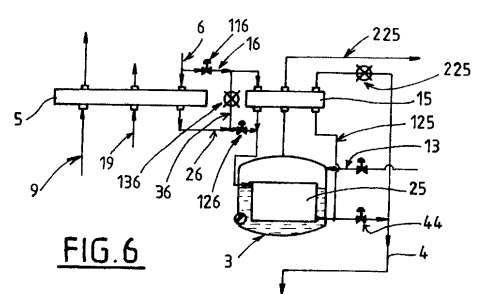


FIG. 6

フロントページの続き

- (74)代理人 100140176
弁理士 砂川 克
- (74)代理人 100124394
弁理士 佐藤 立志
- (74)代理人 100112807
弁理士 岡田 貴志
- (74)代理人 100111073
弁理士 堀内 美保子
- (72)発明者 フラビアン、ジル
フランス国、3 8 0 0 0 グルノーブル、リュ・デュ・ドクトール・グルフィー 2 0
- (72)発明者 エロワン、バンサン
フランス国、3 8 3 6 0 サセナージュ、シュマン・ドゥ・ロウ・ビブ 4、アパルトマン 2 0
3
- (72)発明者 バルジョー、ピエール
フランス国、3 8 7 0 0 ラ・トロンシェ、リュ・ボワロー 8
- (72)発明者 ベルンハルト、ジャン＝マルク
フランス国、3 8 5 0 0 ラ・ビュイッセ、リュ・ドゥ・リセル 1 0 3
- (72)発明者 デュラン、ファビアン
フランス国、3 8 3 4 0 ボルッペ、アレ・ドゥ・ラ・フォンテーヌ・オー・メルレ 8 5

審査官 石黒 雄一

- (56)参考文献 特開平01-127860 (JP, A)
特開平01-244254 (JP, A)
特開平11-125438 (JP, A)
特開2004-085095 (JP, A)
特開2007-051565 (JP, A)
特開2004-116433 (JP, A)
特開昭60-165597 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F 2 5 B 9 / 0 0 - 1 1 / 0 4