

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4521833号
(P4521833)

(45) 発行日 平成22年8月11日(2010.8.11)

(24) 登録日 平成22年6月4日(2010.6.4)

(51) Int.Cl. F I
F 2 5 B 25/02 (2006.01) F 2 5 B 25/02 A
F 2 5 B 9/00 (2006.01) F 2 5 B 9/00 3 9 5

請求項の数 6 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2006-544772 (P2006-544772)	(73) 特許権者	000148357 株式会社前川製作所 東京都江東区牡丹3丁目14番15号
(86) (22) 出願日	平成17年2月24日(2005.2.24)	(74) 代理人	100083024 弁理士 高橋 昌久
(86) 国際出願番号	PCT/JP2005/003001	(74) 代理人	100137257 弁理士 松本 廣
(87) 国際公開番号	W02006/051622	(72) 発明者	猪野 展海 日本国東京都江東区牡丹2丁目13番1号 株式会社前川製作所内
(87) 国際公開日	平成18年5月18日(2006.5.18)	(72) 発明者	岸 孝幸 日本国東京都江東区牡丹2丁目13番1号 株式会社前川製作所内
審査請求日	平成19年6月13日(2007.6.13)		
(31) 優先権主張番号	特願2004-330160 (P2004-330160)		
(32) 優先日	平成16年11月15日(2004.11.15)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 低温液化冷凍方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

圧縮機から吐出された高温高压の被液化ガスを予冷した後、被液化ガスを多段熱交換器に導入して段階的に冷却し、次いで被液化ガスを断熱膨張させることによりガスの一部を液化し、液化されていない低温低压ガスを前記多段熱交換器の冷却媒体として使用した後、前記圧縮機の吸入口に戻すようにした低温液化冷凍方法において、前記圧縮機から吐出され予冷された前記被液化ガスを同圧縮機から排出される廃熱を動力源としたケミカル冷凍機で冷却し、その後被液化ガスを前記多段熱交換器に導入することを特徴とする低温液化冷凍方法。

【請求項2】

前記ケミカル冷凍機で冷却した前記被液化ガスを蒸気圧縮式冷凍機でさらに冷却し、その後被液化ガスを前記多段熱交換器に導入することを特徴とする請求項1記載の低温液化冷凍方法。

【請求項3】

高温高压の被液化ガスを吐出する圧縮機と、被液化ガスを予冷するアフタクーラと、同アフタクーラで予冷された被液化ガスを段階的に冷却する多段熱交換器と、同多段熱交換器で冷却された被液化ガスを断熱膨張させる膨張弁と、断熱膨張して一部液化した被液化ガスを貯留する気液分離器と、同気液分離器で液化ガスと分離した低温低压ガスを前記多段熱交換器の冷却媒体に供した後前記圧縮機の吸入口に戻す戻し通路とを備えた低温液化冷凍装置において、前記アフタクーラの後段に前記圧縮機から排出される廃熱を動力源とし

たケミカル冷凍機を設け、同ケミカル冷凍機により被液化ガスを予冷するように構成したことを特徴とする低温液化冷凍装置。

【請求項 4】

前記ケミカル冷凍機で予冷された被液化ガスを前記多段熱交換器の前段でさらに冷却する蒸気圧縮式冷凍機を設けたことを特徴とする請求項 3 記載の低温液化冷凍装置。

【請求項 5】

前記ケミカル冷凍機で冷却された低温冷媒の一部を前記蒸気圧縮式冷凍機の凝縮器に凝縮用冷媒として供給するように構成したことを特徴とする請求項 4 記載の低温液化冷凍装置。

【請求項 6】

前記気液分離器から液化ガスを導入して貯留するカーゴタンクと、同カーゴタンク内で気化したボイルオフガスを前記多段熱交換器の第 1 段熱交換器に冷却媒体として導入する予冷ラインと、同予冷ラインに介設された圧縮機とを備えたことを特徴とする請求項 3 記載の低温液化冷凍装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ヘリウム液化冷凍装置や LNG ガス再液化装置に代表される低温液化冷凍装置において、従来利用されていなかった圧縮機モータの廃熱エネルギー及び圧縮機出口ガスの顕熱エネルギーや圧縮機の軸動力の一部をケミカル冷凍機や蒸気圧縮式冷凍機により冷熱変換して有効に利用し、かつケミカル冷凍機や蒸気圧縮式冷凍機で圧縮機出口ガスを予冷することにより圧縮機の吸入ガス温度を低下させ、これによって圧縮機の圧縮動力を効果的に削減し、同時に液化冷凍装置の総所要動力を最小化するための方法及び装置を実現するものである。

【背景技術】

【0002】

従来低温液化冷凍装置においては、圧縮機は室温以上に設定され、冷却部は冷媒として使用する低温液化用ガスの液化温度であるため（例えばヘリウムの場合は約 - 269）、温度差が大きく、冷凍装置の冷凍効率は他の冷凍装置に比べると著しく低い。従って装置外から冷却することにより（これを「補助寒冷」と呼ぶ）、冷凍効率を少しでも上げることが行なわれる。ヘリウム液化冷凍装置の場合、代表的には液体窒素を補助寒冷に利用する場合が多い。

【0003】

ヘリウムガスを冷媒とするクローズドサイクルのヘリウム液化冷凍装置は、基本的な構成として特許文献 1（特開昭 60 - 44775 号公報）に開示されたものが知られている。

図 5 は、特許文献 1 に開示されたヘリウム液化冷凍装置の系統図である。図 5 において、01 は、外部からの熱侵入を防止するために真空中に保持された保冷槽、02 から 06 までは、保冷槽 01 内に配置された第 1 から第 5 までの熱交換器であり、07, 08 がそれぞれ第 1 及び第 2 膨張タービン、09 がジュール・トムソン（JT）膨張弁、010 が液体ヘリウム 011 を分離する気液分離器である。なお 012 は圧縮機（コンプレッサ）、013 は高圧ライン、014 は低圧ライン、015 はタービンライン、016 は液体窒素の冷却ラインである。

【0004】

かかる従来方式のヘリウム液化冷凍装置の作用を簡単に説明すると、圧縮機 012 から吐出された被液化ガスである高圧常温のヘリウムガスは、第 1 段熱交換器 02 の高圧ライン 013 に入り、ここで液体窒素の予冷ライン 016 及び低圧ライン 014 と熱交換して冷却され、第 2 段熱交換器 03 の高圧ライン 013 を通ってさらに冷却される。第 2 段熱交換器 03 を出た高圧ヘリウムガスの一部は第 1 膨張タービン 07 に入り、残りは第 3 段熱交換器 04 の高圧ライン 013 を通ってさらに冷却され、第 4 段熱交換器 05、第 5 段

10

20

30

40

50

熱交換器 06 を通ってジュール・トムソン膨張弁 09 に入る。

【0005】

第1膨張タービン07に入ったヘリウムガスはここで断熱膨張して中圧低温のガスとなり、第3段熱交換器04を冷却した後第2膨張タービン08に入り、ここでさらに断熱膨張して低圧低温のヘリウムガスとなって第4段熱交換器05の低圧ライン014に合流する。これによって低圧ライン014の温度を低温に保持する。ジュール・トムソン膨張弁09に入った高圧低温のヘリウムガスはここでジュール・トムソン膨張を行なって一部が液化し、気液分離器010で液体ヘリウム011が貯蔵され、残りの低圧低温のヘリウムガスは各熱交換器06～02の低圧ライン014を通して圧縮機012に戻る。

【0006】

また特許文献2(特開平10-238889号公報)には、上記のようなヘリウム液化冷凍機において、多段電動圧縮機群の効率的容量制御を可能にした、独立変速ガスタービン発電システムを備え、併せて同システムの冷熱利用と廃熱回収を可能としたヘリウム液化冷凍システムが開示されている。このシステムは、周波数変換機を含むガスタービン発電部と燃料供給部とケミカル冷凍機とからなり、ケミカル冷凍機はガスタービン発電部の廃ガスを熱源として多段の熱交換器に冷熱を供給する構成とし、燃料供給部は、液化天然ガスタンクよりの液化天然ガスの一部をガス化する加温器と、気化熱に相応する冷熱を多段の熱交換器に供給する気化部とより構成したことを特徴とする。

【0007】

このような構成により、多段電動圧縮機群の組み合わせに対応した均質波形をもつ最適周波数電力の導入により、同多段圧縮機群のそれぞれの駆動用誘導機が負荷要求に対応した回転数で駆動することができ、最適効率化を図ることができるとともに、天然ガス、例えばLNGガスを使用したガスタービン発電部と燃料供給部とケミカル冷凍機との構成により、LNGガスの気化熱に相当する冷熱を発生する気化部と、ガスタービン発電部の廃熱を利用して冷熱を発生するケミカル冷凍機との組み合わせにより、システムの熱効率化を図っている。

【0008】

【特許文献1】特開昭60-44775号公報

【特許文献2】特開平10-238889号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

低温液化冷凍装置に必要な動力はそのほとんどが圧縮機の圧縮動力であるが、圧縮機の軸動力低減手段としては、圧縮機に吸入される低温液化用ガスの温度を低下させて、その容積を減少させることが有効である。しかしそのためには吸入ガスの温度を冷却器により室温以下の温度まで冷却する必要がある、冷凍機等のエネルギー機器が必要である。

一方従来の液化冷凍装置においては、圧縮機から吐出された高圧常温の吐出ガスは、断熱のため真空中に保持されたコールドボックスと呼ばれる保冷槽内に設けられた多段の熱交換器に導入される前に、液化冷凍装置の冷凍効率低下を防止するために、通常水冷式アフタクーラにより室温(常温)程度まで冷却された後、コールドボックスに入ることになる。

【0010】

圧縮機吐出側の高圧ガスと圧縮機吸入側の低圧ガスとは、コールドボックス内の各段熱交換器で互いに熱交換するが、両者の温度は各段熱交換器の出口で若干の温度差はあるが、ほぼ同程度になる。このためコールドボックス内の第1段熱交換器に入る高圧ガスの温度が低減されなければ、圧縮機吸入ガスの温度を低下することはできない。

従って圧縮機の軸動力を低減することはできず、また圧縮機のモータ廃熱及び圧縮機から吐出される高温高圧ガスの顕熱が無駄に廃棄されている。

【0011】

図5に図示された従来のヘリウム液化冷凍装置においては、圧縮機012から吐出した

10

20

30

40

50

高圧常温のヘリウムガスは、そのまま高圧ライン013を通過して第1段熱交換器02に入るため、前述のように圧縮機軸動力を低減することができず、また第1段熱交換器02で液体窒素の冷却ライン016及び低圧ライン014と熱交換して冷却されるが、液体窒素の予冷ラインを装備することによるランニングコストが高価となり、また常温付近のヘリウムガスを多段の熱交換器に投入して温度を下げていくため、ヘリウムガスの液化温度まで冷却するまでに熱交換器の段数が多数必要であるとともに、圧縮機012で発生する廃熱の回収がなされていないため、装置全体の冷凍効率が向上しないという問題点がある。

【0012】

補助寒冷源として液体窒素を用いる方式は、大型の窒素液化プラントで製造された液体窒素をタンクローリ等の輸送手段を用いて供給されており、供給の安定とランニングコストに問題があり、またヘリウム液化冷凍装置の動力は低減できても、液体窒素製造動力がその動力低減分以上に動力を消費するために全体として所要動力を増加させていることとなる。

10

【0013】

また特許文献2のヘリウム液化冷凍機においては、ガスタービン発電部の廃ガスを熱源としたケミカル冷凍機で発生した冷熱と、液化天然ガスタンクよりの液化天然ガスの気化熱に相応する冷熱とを多段の熱交換器に供給してシステムの熱効率向上を図っているが、これらの手段は、図5に開示された従来装置の液体窒素による予冷ライン016と比べて、液体窒素の代わりに液化天然ガスの気化潜熱を利用しているだけであって、本質的には変わりなく、従ってコールドボックスに入る圧縮機吐出ガスの温度を下げることはできないため、圧縮機軸動力を低減することはできない等、図5に開示された従来装置と同様の問題点を有する。

20

【0014】

本発明の目的は、かかる従来技術の課題に鑑み、液化冷凍装置の冷凍効率を下げずに、圧縮機の吸入部での被液化ガスの温度を低減して、ガス容積を減少させることにより、液化冷凍装置で最も大きな動力を要する圧縮機の軸動力を低減させるとともに、液化用ガスを段階的に冷却する多段熱交換器の段数を減らしてコンパクト化し、合わせて圧縮機で発生する廃熱あるいは軸動力の有効利用を図ることにより、装置全体としての総所要動力を最小限化し、冷凍効率を向上させることを目的とする。

即ち本発明は、高効率のケミカル冷凍機や蒸気圧縮式冷凍機を用いて圧縮機出口ガスを冷却することにより、低温の液化用ガスを圧縮機に吸入させ、もって圧縮機軸動力を低減させ、かつ液化冷凍効率を向上させることを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0015】

かかる目的を達成するため、本発明の低温液化冷凍方法は、圧縮機から吐出された高温高圧の被液化ガスを予冷した後、被液化ガスを多段熱交換器に導入して段階的に冷却し、次いで被液化ガスを断熱膨張させることにより一部を液化し、液化されていない低温低圧ガスを前記多段熱交換器の冷却媒体として使用した後、前記圧縮機の吸入口に戻すようにした低温液化冷凍方法において、前記圧縮機から吐出され予冷された前記被液化ガスを同圧縮機から排出される廃熱を動力源としたケミカル冷凍機で冷却し、その後被液化ガスを前記多段熱交換器に導入することを特徴とする。

40

【0016】

本発明方法においては、圧縮機から吐出され予冷された被液化ガスを同圧縮機から排出される廃熱を動力源としたケミカル冷凍機で冷却し、多段熱交換器に導入される被液化ガスの温度を低減することにより、多段熱交換器において被液化ガスと熱交換して被液化ガスを冷却した後圧縮機の吸入口に還流される低温低圧ガスの温度を低減するようにしている。

【0017】

本発明方法において、好ましくは、前記ケミカル冷凍機で冷却した被液化ガスを蒸気圧縮式冷凍機でさらに冷却し、その後被液化ガスを前記多段熱交換器に導入するようにする

50

【 0 0 1 8 】

また本発明装置は、高温高压の被液化ガスを吐出する圧縮機と、被液化ガスを予冷するアフタクーラと、同アフタクーラで予冷された被液化ガスを段階的に冷却する多段熱交換器と、同多段熱交換器で冷却された被液化ガスを断熱膨張させる膨張弁と、断熱膨張して一部液化した被液化ガスを貯留する気液分離器と、同気液分離器で液化ガスと分離した低温低压ガスを前記多段熱交換器の冷却媒体に供した後前記圧縮機の吸入口に戻す戻し通路とを備えた低温液化冷凍装置において、前記アフタクーラの後段に前記圧縮機から排出される廃熱を動力源としたケミカル冷凍機を設け、同ケミカル冷凍機により被液化ガスを予冷するように構成したことを特徴とする。

10

【 0 0 1 9 】

本発明においては、圧縮機から排出される廃熱を動力源としたケミカル冷凍機を設け、アフタクーラの後段でかつ熱交換器の前段においてケミカル冷凍機により圧縮機から吐出された高温高压の被液化ガスを予冷する。その後コールドボックス内に設けられた多段の熱交換器において、圧縮機吐出側の被液化ガスと気液分離器から戻る低温低压ガスとが互いに熱交換される。

必要に応じて、圧縮機吐出側の被液化ガスの一部を分岐させ膨張タービン等の膨張器を通して断熱膨張させることにより低温低压ガスとし、その低温低压ガスを気液分離器から圧縮機に戻る低温低压ガスに供給することにより、低温低压ガスを所望の温度に調整することができる。

20

【 0 0 2 0 】

圧縮機吐出側の被液化ガスと気液分離器から戻る低温低压ガスの温度は、各熱交換器出口で若干の温度差はあるがほぼ同程度になる。従ってコールドボックス内の第1段の熱交換器に導入される圧縮機吐出側被液化ガスの温度を低下させることにより、圧縮機の吸入側に還流される低温低压ガスの温度を低減することができる。これによって圧縮機軸動力の低減を図るとともに、圧縮機から廃棄される廃熱をケミカル冷凍機の駆動熱源に利用して、同廃熱の有効を図るようにしたものである。

【 0 0 2 1 】

この結果、本発明によれば、装置全体としての冷凍効率（単位動力当りの液化量又は冷凍能力）を向上させることができる。圧縮機の廃熱は60～80あり、ケミカル冷凍機としては吸着冷凍機や吸収式冷凍機などであるが、どちらも廃熱を回収できることが特徴のひとつであり、圧縮機のモータ廃熱を回収し、又は圧縮機出口ガスの顕熱を用いて、又はその両方を用いて、60～80の温水から5～10の冷水を製造することができる。

30

【 0 0 2 2 】

また本発明装置において、好ましくは、前記ケミカル冷凍機で予冷された被液化ガスを前記多段熱交換器の前段でさらに冷却する蒸気圧縮式冷凍機を設ける。これによって前記第1段熱交換器の入口部における被液化ガスの温度をさらに低減することができる。

【 0 0 2 3 】

また好ましくは、前記構成に加えて、ケミカル冷凍機で冷却された低温冷媒の一部を蒸気圧縮式冷凍機の凝縮器に凝縮用冷媒として供給するように構成し、同低温冷媒によって蒸気圧縮式冷凍機の凝縮温度を下げることで、凝縮工程時の圧力を低減して、同蒸気圧縮式冷凍機の冷凍効率を向上させるようにする。

40

【 0 0 2 4 】

また好ましくは、前記気液分離器から液化ガスを導入して貯留するカーゴタンクと、同カーゴタンク内で気化したボイルオフガスを前記多段熱交換器の第1段熱交換器に冷却媒体として導入する予冷ラインと、同予冷ラインに介設された圧縮機とを備えるようにし、同カーゴタンク内で気化したボイルオフガスを前記第1段熱交換器において被液化ガスを予冷するための冷却媒体として使用し、液化冷凍装置全体の冷凍効率を向上させるようにする。

50

【 0 0 2 5 】

ヘリウム液化冷凍装置に代表される低温液化冷凍装置の圧縮機には、オイルインジェクション式スクリー圧縮機が多く使用されているが、この形式の圧縮機は、圧縮部にオイル潤滑剤及び圧力シール剤を噴射しているため、極端な低温では使用できなくなる。また補助寒冷源に使用するヒートポンプは、冷却温度が - 4 0 以下になると、成績係数（冷凍能力 / 動力）は 1 以下となり、温度が低ければ低いほど効率が低下してくる。これらを考慮すると、圧縮機の吸入ガス温度を - 3 5 ぐらいまでの範囲で低下させることで、装置全体としての動力低減効果が現れる。

【 0 0 2 6 】

そこでまず廃熱回収が可能なケミカル冷凍機により、圧縮機モータ及び圧縮機出口ガスの顕熱を回収してそれを冷熱に変換し、5 ~ 1 0 の冷水を製造することにより、省エネの高い冷却が可能となる。蒸気圧縮式冷凍機は、冷凍範囲は広いが、5 ~ 1 0 の温度レベルでは廃熱回収型のケミカル冷凍機より効率が低い。従ってそれ以下の温度 - 3 5 ぐらいの温度に液化用ガスを冷却した上でコールドボックスに導入することが効果的である。

10

【 0 0 2 7 】

次に本発明の基本構成を従来装置の基本構成と比較しながら図 1 に基づいて説明する。図 1 は被液化ガスとしてヘリウムガスを用いた場合の低温液化冷凍装置であり、(a) は従来装置の基本構成図、(b) 及び (c) はともに本発明装置の基本構成図であり、(b) は、圧縮機出口ガスの予冷装置として、ケミカル冷凍機としての吸着冷凍機を単独配置した場合、(c) は、圧縮機出口ガスの予冷装置として、吸着冷凍機と蒸気圧縮式冷凍機としてのアンモニア冷凍機とを直列に配置した場合を示す。

20

【 0 0 2 8 】

図 1 において、0 2 1 及び 2 1 はコールドボックスと呼ばれる保冷槽であり、この中に第 1 段熱交換器 0 2 2 及び 2 2 から複数の熱交換器 0 2 2 ~ 0 2 7、2 2 ~ 2 6 が多段に配置されている。0 2 8、0 2 9 及び 2 8、2 9 がそれぞれ第 1 及び第 2 膨張タービン、0 3 0 及び 3 0 がジュール・トムソン膨張弁、0 3 1 及び 3 1 が液体ヘリウム 0 3 2 及び 3 2 を分離する気液分離器である。また 0 3 3 及び 3 3 は圧縮機、0 3 4 及び 3 4 は高圧ガスライン、0 3 5 及び 3 5 は低圧ガスライン、0 3 6 及び 3 6 はタービンライン、0 3 7 及び 3 7 は圧縮機出口の高圧ガスを冷却する水冷式アフタクーラである。

30

【 0 0 2 9 】

図 1 の各装置において、基本的には図 1 (a) の従来装置と同様に作動する。即ち圧縮機 0 3 3 又は 3 3 から吐出された高圧高温のヘリウムガスは、コールドボックス 0 2 1、2 1 内の高圧ライン 0 3 4、3 4 から第 1 段熱交換器 0 2 2、2 2 に入り、ここで低圧ライン 0 3 5、3 5 と熱交換して冷却され、さらに第 2 段から第 3 段、第 4 段の熱交換器に順々に入り、段階的に熱交換され、最後にジュール・トムソン膨張弁 0 3 0、3 0 に入る。膨張タービン 0 2 8、2 8、0 2 9、2 9 に入ったヘリウムガスはここで断熱膨張して低圧低温のヘリウムガスとなって低圧ライン 0 3 5、3 5 に合流する。これによって低圧ラインの温度を所望の低温度に調節することができる。

40

【 0 0 3 0 】

ジュール・トムソン膨張弁 0 3 0、3 0 に入った高圧、低温のヘリウムガスは、ここでジュール・トムソン膨張を行なって最終的にヘリウムガスの液化温度である 4 K (- 2 6 9) まで冷却され、一部が液化し、気液分離器 0 3 1、3 1 で液体ヘリウム 0 3 2、3 2 が分離されて貯蔵され、残りの低圧、低温のヘリウムガスは、各段の熱交換器 0 2 7 ~ 0 2 2 及び 2 6 ~ 2 2 の低圧ライン 0 3 5、3 5 を通って圧縮機 0 3 3、3 3 に戻る。

【 0 0 3 1 】

(b) 及び (c) の本発明装置においては、圧縮機 3 3 の廃熱を動力源とした吸着冷凍機 3 8 が設けられ、アフタクーラ 3 7 の後段の高圧ライン 3 4 に設けられた熱交換器 3 9 において吸着冷凍機 3 8 で冷却した低温冷媒により高圧ガスを予冷する構成となっている。

50

また(c)においては、さらにアンモニア冷凍機40が設けられ、熱交換器39の後段の高圧ライン34に設けられた熱交換器41においてアンモニア冷凍機40で冷却した低温冷媒により高圧ガスをさらに冷却する構成となっている。図1中の数値は各工程での温度を示す。

【0032】

従って(b)の本発明装置においては、高圧ライン34から第1熱交換器22に入る高圧ガスの温度は10に低減され、そのため低圧ライン35から圧縮機33に入る低圧ガスの温度は-3に低下している。また(c)の本発明装置では、高圧ライン34から第1熱交換器22に入る高圧ライン34の温度は-26に低減され、そのため低圧ライン35から圧縮機33に入る低圧ガスの温度は-39に低下している。

10

そのため軸動力は、(a)の装置の100%に対し、(b)の装置が92%に、(c)の装置が85%に低減され、またヘリウムガスの冷却に要する熱交換器の段数も低減され、吸着冷凍機38及びアンモニア冷凍機40で圧縮機33の廃熱や軸動力を利用している点から装置の冷凍効率も向上している。

【発明の効果】

【0033】

本発明方法によれば、圧縮機から吐出され予冷された被液化ガスを同圧縮機から排出される廃熱を動力源としたケミカル冷凍機で冷却し、その後被液化ガスを前記多段熱交換器に導入することにより、多段熱交換器に導入される被液化ガスの温度を低減することができ、これによって圧縮機の吸い込み側に還流させる低温低圧ガスの温度を低下させて、被液化ガスの容積を減少させることができるため、圧縮機軸動力を低減することができる。同時に、圧縮機から排出される廃熱の有効利用を図ることができるため、装置全体としての熱効率を従来の低温液化冷凍装置に比べて格段に向上することができる。

20

【0034】

本発明方法において、好ましくは、前記ケミカル冷凍機で冷却した被液化ガスを蒸気圧縮式冷凍機でさらに冷却し、その後被液化ガスを前記多段熱交換器に導入することにより、多段熱交換器に供給される被液化ガスの温度をさらに低減することができ、これによって圧縮機軸動力をさらに低減することができる。

【0035】

本発明装置によれば、圧縮機から排出される廃熱を動力源としたケミカル冷凍機を設け、アフタクーラの後段でかつ熱交換器の前段において同ケミカル冷凍機により被液化ガスを予冷するように構成したことにより、コールドボックスの第1段熱交換器に供給される被液化ガスの温度を低減することができ、これによって圧縮機の吸い込み側に還流させる低温低圧ガスの温度を低下させて、被液化ガスの容積を減少させることができるため、圧縮機軸動力を低減することができる。同時に、圧縮機から排出される廃熱の有効利用を図ることができるため、装置全体としての熱効率を従来の低温液化冷凍装置に比べて格段に向上することができる。

30

またコールドボックスの第1段熱交換器に供給される被液化ガスの温度を低減することができるため、被液化ガスの冷却に要する多段熱交換器の段数を低減させることができ、コンパクト化を達成できる。

40

【0036】

本発明装置において、好ましくは、ケミカル冷凍機で予冷された被液化ガスを前記熱交換器の前段でさらに冷却する蒸気圧縮式冷凍機を設けたことにより、コールドボックスの第1段熱交換器に供給される被液化ガスの温度をさらに低減することができ、これによって圧縮機軸動力をさらに低減することができる。

また前記構成に加えて、ケミカル冷凍機で冷却された低温冷媒の一部を蒸気圧縮式冷凍機の凝縮器に凝縮用冷媒として供給するように構成し、同低温冷媒によって蒸気圧縮式冷凍機の凝縮温度を下げることで、凝縮工程時の圧力を低減して、同蒸気圧縮式冷凍機の冷凍効率を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 3 7 】

【図 1】(a) , (b) 及び (c) は本発明装置の基本構成を従来装置の基本構成と比較しながら示す系統図である。

【図 2】本発明装置の第 1 実施例を示す系統図である。

【図 3】本発明装置の第 2 実施例を示す系統図である。

【図 4】本発明装置の第 3 実施例を示す系統図である。

【図 5】従来の低温液化冷凍装置を示す系統図である。

【符号の説明】

【 0 0 3 8 】

0 1、0 2 1、2 1、6 5	保冷槽 (コールドボックス)	10
0 2、0 2 2、2 2、6 6、1 0 7	第 1 熱交換器	
0 3、0 2 3、2 3、6 7、1 0 8	第 2 熱交換器	
0 4、0 2 4、2 4、6 8	第 3 熱交換器	
0 5、0 2 5、2 5、6 9	第 4 熱交換器	
0 6、0 2 6、2 6、7 0	第 5 熱交換器	
0 2 7、7 1	第 6 熱交換器	
0 7、0 2 8、2 8	第 1 膨張タービン	
0 8、0 2 9、2 9	第 2 膨張タービン	
0 9、0 3 0、3 0、1 1 2	ジュール・トムソン膨張弁	
0 1 0、0 3 1、3 1、8 2、1 1 3	気液分離器	20
0 1 1、0 3 2、3 2	液化ヘリウム	
0 1 2、0 3 3、3 3、5 1、1 0 1	圧縮機	
0 1 3、0 3 4、3 4、5 2、1 0 2	高圧ガスライン	
0 1 4、0 3 5、3 5、8 3、1 0 9	低圧ガスライン	
0 1 5、0 3 6、3 6	タービンライン	
0 1 6	液体窒素の冷却ライン	
3 7	アフタクーラ	
3 8、6 1	吸着冷凍機	
3 9、4 1、9 1	熱交換器	
4 0	アンモニア冷凍機	30
5 3	オイルセパレータ	
5 4、1 0 3	1 次アフタクーラ	
5 5、1 0 4	2 次アフタクーラ	
5 6	熱回収器	
5 7	オイルクーラ	
5 9	温水ライン	
6 2	低温水循環ライン	
8 1	不純物吸着器	
9 2	アンモニア冷凍機	
9 2 a	凝縮器	40
9 3	分岐ライン	
1 0 5	ケミカル冷凍機	
1 1 1	ヘッドタンク	
1 1 4	カーゴタンク	
1 1 5	B O G 圧縮機	
1 1 6	イナートガス管路	
1 1 7	弁	

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 3 9 】

以下、本発明を図に示した実施例を用いて詳細に説明する。但し、この実施例に記載さ 50

れている構成部品の寸法、材質、形状、その相対配置などは特に特定の記載がない限り、この発明の範囲をそのみに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

【実施例 1】

【0040】

図 2 は、本発明をヘリウム液化冷凍装置に適用した第 1 実施例を示す系統図である。図 2 において、5 1 は圧縮機であり、圧縮機吐出側の high 圧ライン 5 2 には、順にオイルセパレータ 5 3、1 次アフタクーラ 5 4、2 次アフタクーラ 5 5 が設けられている。オイルセパレータ 5 3 で high 圧ガスに混入した圧縮機 5 1 の潤滑油は、熱回収器 5 6 で温水ライン 5 9 を流れる温水に熱を回収された後、オイルクーラ 5 7 で冷却され、ポンプ 5 8 により圧縮機 5 1 に戻される。

10

【0041】

オイルセパレータ 5 3 で潤滑油を除去された high 圧ガスは、1 次アフタクーラ 5 4 及び 2 次アフタクーラ 5 5 により冷却される。温水ライン 5 9 を流れる温水は、吸着冷凍機 6 1 に送られてその駆動用に使用される。吸着冷凍機 6 1 は一般に公知の吸着冷凍機であり、ここで発生した低温水は、低温水循環ライン 6 2 を介して 2 次アフタクーラ 5 5 に送られて high 圧ガスを冷却するための冷熱源に供される。

high 圧ガスは、2 次アフタクーラ 5 5 で冷却された後、精密オイルセパレータ 6 4 を経て、コールドボックスと呼ばれる保冷槽 6 5 に供給される。

【0042】

コールドボックス 6 5 内には第 1 段から第 10 段までの多段熱交換器 6 6 ~ 7 5 が配置されており、high 圧ガスは、これらの熱交換器で圧縮機 5 1 に還流される low 圧ガスと熱交換される。7 6 ~ 7 9 は、high 圧ライン 5 2 から分岐した high 圧ガスの一部を断熱膨張して low 温、low 圧ガスにし、これを low 圧ライン 8 5 に供給して low 圧ライン 8 5 を流れる low 圧ガスを low 温に維持する膨張タービンである。膨張タービン 7 6 は図 5 の従来装置の液体窒素による冷却ライン 0 1 6 と同様の効果をもつ。

20

【0043】

8 0 は、同様に high 圧ガスの一部を断熱膨張して low 温中圧ガスにする膨張タービンであり、low 温中圧にされたガスはジュール・トムソン膨張弁 8 4 を経て low 温 low 圧となり一部が液化したガスになって気液分離器 8 2 に供給されることによって、気液分離器 8 2 内の低温化を補助する。high 圧ライン 5 2 を流れる high 圧ガスは、ジュール・トムソン膨張弁 8 3 を経て断熱膨張し、low 温中圧ガスとなって気液分離器 8 2 内を流れ、超臨界ガスとなって図示しない被冷却負荷に供給される。8 1 は、high 圧ガス中の不純物を除去する吸着器である。気液分離器 8 2 で液体ヘリウムと分離したヘリウムガスは、low 圧ライン 8 5 を経て圧縮機 5 1 に還流される。なお図 2 中、四角枠内の数値は各工程における温度を示す。

30

【0044】

かかる第 1 実施例の装置によれば、圧縮機 5 1 の潤滑油の廃熱が熱回収器 5 6 で回収され、その廃熱を利用して駆動される吸着冷凍機 6 1 で発生する低温水によって圧縮機吐出側の high 圧ライン 5 2 を流れる high 圧ガスを冷却することができる。

圧縮機 5 1 の吐出側 high 圧ガスを 1 次アフタクーラ 5 4 で冷却した後、コールドボックス 6 5 に入る前に、2 次アフタクーラ 5 5 で前記低温水によって high 圧ガスを予冷することができるため、コールドボックス 6 5 に入る high 圧ガスの温度を低減することができる。

40

【0045】

そのため low 圧ライン 8 5 から圧縮機 5 1 に還流される low 圧ガスの温度をコールドボックス 6 5 に入る high 圧ガスの温度と同等程度に低減させることができるため、圧縮機 5 1 に吸入されるガスの容積を低減でき、これによって圧縮機軸動力を低減することができるとともに、コールドボックス 6 5 に入る high 圧ガスの温度を低減できるため、ヘリウムガスを液化するに要する多段の熱交換器の段数をも低減できて装置のコンパクト化を達成できる。

また圧縮機 5 1 から排出される潤滑油が保有する熱を回収して吸着冷凍機 6 1 の駆動熱源としているため、装置全体の冷凍効果を向上することができる。

【実施例 2】

50

【 0 0 4 6 】

次に本発明装置の第2実施例を図3に基づいて説明する。本第2実施例は、図2に示す前記第1実施例において、精密オイルセパレータ64の後流側の高圧ライン52に熱交換器91を設け、さらに熱交換器91に低温冷媒を供給する蒸気圧縮式冷凍機としてのアンモニア(NH₃)冷凍機92及び低温水循環ライン62から分岐した分岐ライン93を追設した構成をなし、その他の構成は第1実施例と同一である。なお図3中、四角枠内の数値は各工程における温度を示す。

【 0 0 4 7 】

本第2実施例においては、2次アフタークーラ55で予冷され、精密オイルセパレータ64を経た高圧ガスは、熱交換器91においてアンモニア冷凍機92から供給される低温冷媒でさらに冷却される。アンモニア冷凍機92の凝縮器92aには、吸着冷凍機61から低温水の一部が分岐ライン93を通過して供給されており、これによってアンモニア冷凍機92の凝縮温度を下げることで、凝縮工程時の圧力を低減して、同アンモニア冷凍機の冷凍効率を向上させることができる。

10

【 0 0 4 8 】

本第2実施例の装置によれば、前記第1実施例と同様の作用効果を奏することができるが、それに加えて、アンモニア冷凍機92を追設することにより、コールドボックス65に入る高圧ガスの温度をさらに低減することができ、そのため圧縮機軸動力をさらに低減できるとともに、コールドボックス65内の多段熱交換器の段数をさらに低減できる。

またアンモニア冷凍機92は、吸着冷凍機61の低温水の冷熱を凝縮用に利用しているため、装置全体としての冷凍効率を大幅に向上できる。

20

【 0 0 4 9 】

前記第1実施例は図1(b)の装置構成に該当し、前記第2実施例は図1(c)の装置構成に該当するものであり、図1に付記した数値が示すように、(a)の従来装置に比べて、圧縮機軸動力が(b)において約8%低減され、(c)において約15%低減されている。

また装置効率FOM(1/成績係数COP;単位体積当りの圧縮機の所要動力)は、(a)の従来装置に比べて、(b)は約8%改善され、(c)は約11%改善されている。

【 実施例 3 】

【 0 0 5 0 】

次に本発明をLNGガスの再液化装置に適用した第3実施例を図4に基づいて説明する。図4において、101は圧縮機であり、圧縮機吐出側の高圧ガスライン102には、順に1次アフタークーラ103、2次アフタークーラ104が設けられ、圧縮機吐出側の高圧ガスはこれらアフタークーラで順々に冷却される。105は、例えば吸着冷凍機、吸収冷凍機等からなるケミカル冷凍機であり、前記第1及び第2実施例の吸着冷凍機と同様に、圧縮機101の潤滑油等に排出される圧縮機軸動力から発生する排熱を利用して冷水をつくり、冷水は循環ライン106によって2次アフタークーラ104に冷熱源として供給される。

30

【 0 0 5 1 】

107は第1段熱交換器、108は第2段熱交換器であり、高圧ガスは、熱交換器107及び108において低圧ガスライン109を通過して圧縮機101に還流される低圧ガスと熱交換される。110は、高圧ガスライン102から分岐し高圧ガスの一部を断熱膨張して低温・低圧ガスにし、これを低圧ガスライン109に供給して低圧ガスを低温に維持する膨張タービンである。111はヘッドタンクであり、後述するようにカーゴタンク114内で蒸発したLNGガス中に混入した若干の不純ガス(主として空気であり、これをイナートガスと称する)を溜め、溜まったイナートガスを随時弁117を開け、管路116から外部に放出する。

40

【 0 0 5 2 】

高圧ガスライン102を流れる高圧ガスは、ヘッドタンク111及びジュール・トムソン膨張弁112を経て断熱膨張し、低温・中圧ガスとなって気液分離器113に供給され

50

る。気液分離器 113 に供給されたガスは、低温のため一部液化され、気液分離器 113 内で気体と液体が混じった 2 相状態となる。気液分離器 113 内の LNG ガスは、低圧ガスライン 109 を経て圧縮機 101 に還流される。気液分離器 113 中の液体 LNG はカーゴタンク 115 に移されて貯蔵される。カーゴタンク 114 内で一部蒸発した気体 LNG は、BOG (ボイルオフガス) 圧縮機 115 によって圧縮され、その後第 1 熱交換器 107 の上流側の低圧ガスライン 109 に供給され、第 1 熱交換器 107 内で高圧ガスの冷却に供される。カーゴタンク 114 内で蒸発するガスはメタンであるが、メタン以外に若干の不純ガス (主として空気) が混入している。この不純ガスを前述のとおりヘッドタンク 111 に溜めるようにする。なお図 4 中の各所に記された数値は、各所における圧力値及び温度値を示す。

10

【0053】

かかる第 3 実施例によれば、圧縮機 101 の吐出側高圧ガスを 1 次アフタクーラ 103 で冷却した後、2 次アフタクーラ 104 でケミカル冷凍機 105 で発生する冷水によって高圧ガスを冷却するため、第 1 熱交換器 107 に入る高圧ガスの温度を低減することができる。

【0054】

これによって低圧ガスライン 109 から圧縮機 101 に還流される低圧ガスの温度を第 1 熱交換器 107 に入る高圧ガスの温度と同等程度に低減させることができるので、圧縮機 101 に吸入されるガス容積を低減でき、これによって圧縮機 101 の軸動力を低減できるとともに、第 1 熱交換器 107 に流入する高圧ガスの温度を低減することができるため、LNG ガスを液化するのに要する熱交換器の段数をも低減することができ、装置のコンパクト化を達成することができる。

20

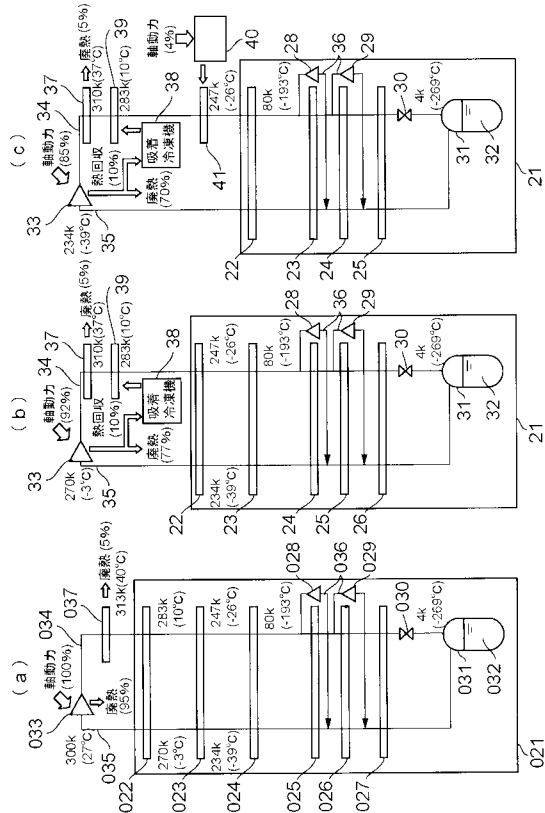
またケミカル冷凍機 105 は、圧縮機 101 の軸動力から発生する潤滑油等の排熱を利用して駆動されるので、装置全体の冷凍効率を向上させることができる。

【産業上の利用可能性】**【0055】**

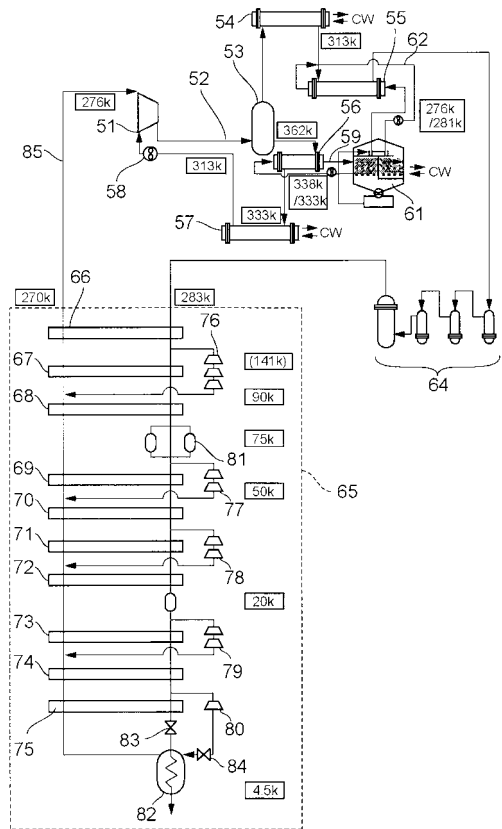
本発明によれば、ヘリウムガスや LNG ガス等の極低温の液化温度を有するガスを低温液化する冷凍装置において、従来利用されていなかった圧縮機モータの廃熱エネルギー及び圧縮機出口ガスの顕熱エネルギーや圧縮機の軸動力の一部をケミカル冷凍機や蒸気圧縮式冷凍機により冷熱変換して有効に利用し、かつケミカル冷凍機や蒸気圧縮式冷凍機で圧縮機出口ガスを予冷することにより圧縮機の吸入ガス温度を低下させ、これによって圧縮機の圧縮動力を効果的に削減し、同時に液化冷凍装置の総所要動力を最小化するための方法及び装置を実現することができる。

30

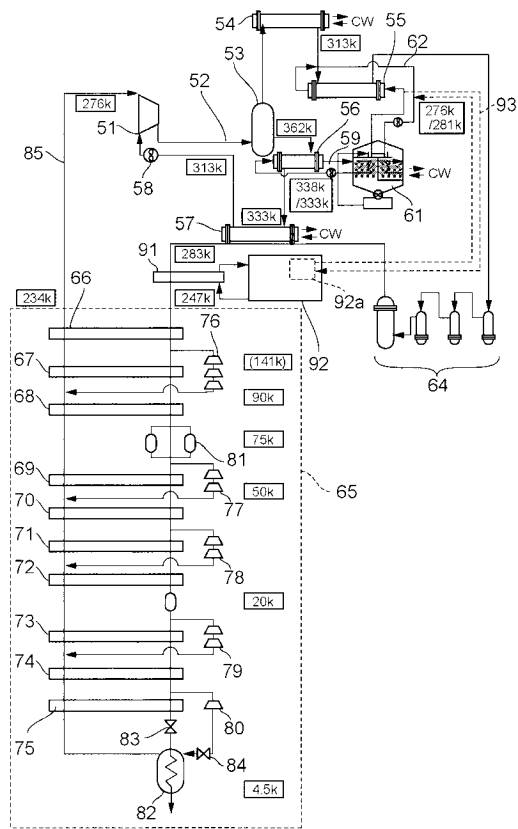
【図1】



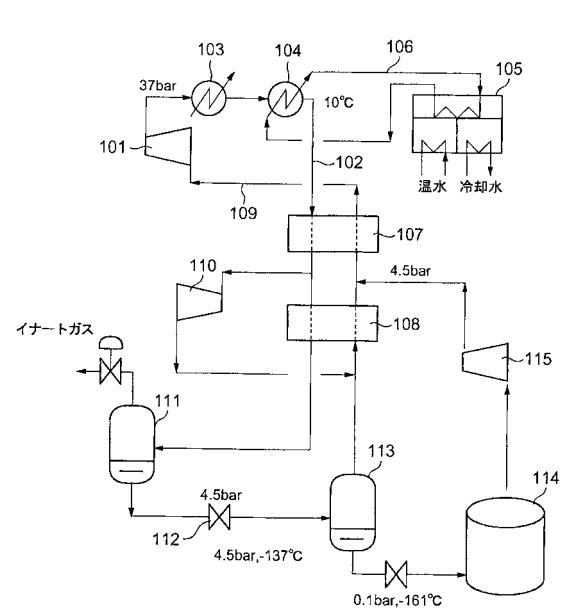
【図2】



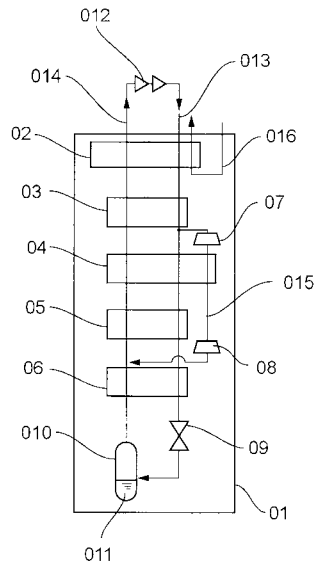
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

- (72)発明者 西尾 敏生
日本国東京都江東区牡丹2丁目13番1号 株式会社前川製作所内
- (72)発明者 町田 明登
日本国東京都江東区牡丹2丁目13番1号 株式会社前川製作所内
- (72)発明者 関屋 宣三
日本国東京都江東区牡丹2丁目13番1号 株式会社前川製作所内
- (72)発明者 小浜 正己
日本国東京都江東区牡丹2丁目13番1号 株式会社前川製作所内
- (72)発明者 野口 雅人
日本国東京都江東区牡丹2丁目13番1号 株式会社前川製作所内

審査官 田々井 正吾

- (56)参考文献 特開平10-238889(JP,A)
特開昭60-44775(JP,A)
特公平7-18611(JP,B2)
特開平5-248729(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F25B 25/02
F25B 9/00