

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5683266号
(P5683266)

(45) 発行日 平成27年3月11日 (2015. 3. 11)

(24) 登録日 平成27年1月23日 (2015. 1. 23)

(51) Int. Cl.	F 1
F 2 5 J 1/00 (2006. 01)	F 2 5 J 1/00 B
C 1 0 L 3/06 (2006. 01)	C 1 0 L 3/00 A

請求項の数 17 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2010-515517 (P2010-515517)	(73) 特許権者	390023685
(86) (22) 出願日	平成20年7月10日 (2008. 7. 10)		シェル・インターナショナル・リサーチ
(65) 公表番号	特表2010-533278 (P2010-533278A)		・マーチャツピイ・ベー・ウイ
(43) 公表日	平成22年10月21日 (2010. 10. 21)		SHELL INTERNATIONAL
(86) 国際出願番号	PCT/EP2008/059046		E RESEARCH MAATSCHA
(87) 国際公開番号	W02009/007435		PPIJ BESLOTEN VENNO
(87) 国際公開日	平成21年1月15日 (2009. 1. 15)		OTSHAP
審査請求日	平成23年7月1日 (2011. 7. 1)		オランダ国 2596 ハーエル, ザ・ハ
(31) 優先権主張番号	07112351.7		ーグ, カレル・ヴァン・ピラントラーン
(32) 優先日	平成19年7月12日 (2007. 7. 12)		30
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)	(74) 代理人	100140109
			弁理士 小野 新次郎
		(74) 代理人	100075270
			弁理士 小林 泰

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 炭化水素流の冷却方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

- (a) 第 1 の混合冷媒を含む混合冷媒流を供給する工程と；
- (b) 前記混合冷媒流を 1 以上の熱交換器に通して冷却された混合冷媒流を得る工程と；
- ；
- (c) 前記冷却された混合冷媒流の少なくとも一部の温度 (T 1) 及び流量 (F 1) を監視する工程と；
- (d) 第 2 の混合冷媒を含む冷却流を供給する工程と；
- (e) 工程 (d) において供給された前記冷却流の少なくとも一部の流量 (F 2) を監視する工程と；
- (f) 前記冷却流の少なくとも一部分を膨張させ 1 以上の膨張した冷却流を得る工程と；
- ；
- (g) 前記 1 以上の膨張した冷却流のうち少なくとも 1 つを工程 (b) の前記熱交換器の 1 つ以上に通して前記混合冷媒流を冷却することによって前記冷却された混合冷媒流を得る工程と；
- (h) 前記冷却された混合冷媒流の少なくとも一部の流量 (F 1) 及び温度 (T 1) を用いて前記冷却流の流量 (F 2) を制御する工程と；
- (i) 前記冷却された混合冷媒流を用いて炭化水素流を冷却する工程と、
- を少なくとも含む炭化水素流を冷却する方法。

【請求項 2】

工程 (i) が、

(i 1) 前記冷却された混合冷媒流を少なくとも 1 つの主熱交換器に通す工程と；

(i 2) 前記炭化水素流を前記少なくとも 1 つの主熱交換器を通して前記冷却された混合冷媒流又は少なくともその一部によって冷却する工程と、
を含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記冷却流の少なくとも一部もまた工程 (b) の熱交換器の 1 つ以上に通して工程 (f) の前記膨張の前に 1 以上の更に低温の冷却流を得る、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記冷却流の少なくとも一部の流量 (F 2) を更に低温の冷却流の少なくとも一部の流量として監視する請求項 3 に記載の方法。

10

【請求項 5】

前記炭化水素流もまた工程 (i) の前に前記熱交換器の少なくとも 1 つに通す請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の方法。

【請求項 6】

前記冷却流の平均分子量が前記混合冷媒流の平均分子量より大きい請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の方法。

【請求項 7】

工程 (i) の前に、前記冷却された混合冷媒流を気体／液体分離器で軽質流と重質流に分離する請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の方法。

20

【請求項 8】

工程 (i) において前記冷却された混合冷媒流を用いて炭化水素流を冷却することが、前記炭化水素流を前記軽質流及び重質流と熱交換させることからなる請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記重質流が温度と流量が工程 (c) で監視される前記冷却された混合冷媒流の少なくとも一部を規定し、前記流量 (F 1) が前記重質流の流量 (F 3) の形式で監視され、かつ前記温度 (T 1) が前記気体／液体分離器中を通過する前記冷却された混合冷媒流の温度 (T 1 b) の形式で監視される、請求項 7 または 8 に記載の方法。

【請求項 10】

30

前記冷却された混合冷媒流の前記少なくとも一部の温度 (T 1) 及び流量 (F 1) の測定値と前記冷却流の流量 (F 2) の測定値をコントローラに送り工程 (f) での膨張を制御する請求項 1 ～ 9 のいずれかに記載の方法。

【請求項 11】

前記炭化水素流が天然ガス流である請求項 1 ～ 10 に記載の方法。

【請求項 12】

炭化水素流を前記少なくとも 1 つの主熱交換器に通す間に主熱交換器において炭化水素流を液化して液化炭化水素流を得る請求項 1 ～ 11 のいずれかに記載の方法。

【請求項 13】

前記炭化水素流が液化天然ガスである請求項 12 に記載の方法。

40

【請求項 14】

第 2 の混合冷媒を含む冷却流の少なくとも一部の流量 (F 2) を監視する流量監視装置と；

前記冷却流の少なくとも一部分を膨張させて 1 以上の膨張した冷却流を得るための 1 以上の膨張器と；

第 1 の混合冷媒を含む混合冷媒流を受け入れて前記 1 以上の膨張した冷却流のうちの少なくとも 1 つによって冷却することで冷却された混合冷媒流を得るための 1 以上の熱交換器と；

前記冷却された混合冷媒流の少なくとも一部の温度 (T 1) 及び流量 (F 1) を監視するための温度監視装置及び流量監視装置と；

50

前記冷却された混合冷媒流の前記少なくとも一部の流量（F 1）及び温度（T 1）の測定値を用いて前記冷却流の流量（F 2）を制御するコントローラと；

前記 1 以上の前記熱交換器の下流に配置され、前記冷却された混合冷媒流と前記炭化水素流を受け入れて前記冷却された混合冷媒流により前記炭化水素流を冷却する少なくとも 1 つの主熱交換器と、

を少なくとも備えた炭化水素流を冷却するための装置。

【請求項 1 5】

（a）第 1 の混合冷媒を含む混合冷媒流を供給する工程と；

（b）前記混合冷媒流を 1 以上の熱交換器に通して冷却された混合冷媒流を得る工程と；

（c）前記冷却された混合冷媒流の少なくとも一部の温度（T 1）及び流量（F 1）を監視する工程と；

（d）第 2 の混合冷媒を含む冷却流を供給する工程と；

（e）工程（d）で供給される前記冷却流の少なくとも一部の流量（F 2）を監視する工程と；

（f）前記冷却流の少なくとも一部分を膨張させて 1 以上の膨張した冷却流を得る工程と；

（g）前記 1 以上の膨張した冷却流の少なくとも 1 つを工程（b）の前記熱交換器の 1 つ以上に通して前記混合冷媒流を冷却することで前記冷却された混合冷媒流を得る工程と；

（h）前記冷却された混合冷媒流の少なくとも一部の流量（F 1）及び温度（T 1）を用いて前記冷却流の流量（F 2）を制御する工程と、
を少なくとも含む混合冷媒流の冷却方法であって、

炭化水素流もまた工程（b）の前記熱交換器の少なくとも 1 つに通して冷却し冷却された炭化水素流を生成する、前記混合冷媒流の冷却方法。

【請求項 1 6】

前記炭化水素流が天然ガスである請求項 1 5 に記載の方法。

【請求項 1 7】

第 2 の混合冷媒を含む冷却流の少なくとも一部の流量（F 2）を監視する流量監視装置と；

前記冷却流の少なくとも一部分を膨張させることにより 1 以上の膨張した冷却流を得るための 1 以上の膨張器と；

第 1 の混合冷媒を含む混合冷媒流と炭化水素流を受け入れて前記 1 以上の膨張した冷却流の少なくとも 1 つにより冷却することで冷却された混合冷媒流を得るための 1 以上の熱交換器と；

前記冷却された混合冷媒流の少なくとも一部の温度（T 1）及び流量（F 1）を監視するための温度監視装置及び流量監視装置と；

前記冷却された混合冷媒流の少なくとも一部の流量（F 1）及び温度（T 1）の測定値を用いて前記冷却流の流量（F 2）を制御するコントローラと、
を少なくとも備える混合冷媒流の冷却装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、炭化水素流、限定するものではないが特に天然ガスを冷却、場合によっては液化する方法及び装置に関する。別の態様では、本発明は混合冷媒流を冷却する方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

天然ガス流を液化して液化天然ガス（LNG）を得る方法が複数知られている。いくつかの理由により、天然ガス流は液化するのが望ましい。例として、天然ガスを貯蔵したり

10

20

30

40

50

長距離輸送する場合、ガスの状態よりも液体とする方が容易に行うことができる。液体の方が、占有する体積が小さく、高圧で貯蔵する必要もないからである。

【0003】

US4,404,008には、メタンに富んだガス流の冷却及び液化方法が記載され、まずプロパンなどの単一成分冷媒と熱交換させ、次に低級炭化水素などの多成分冷媒と熱交換させる。単一成分冷媒は、多成分冷媒を冷却し、それに続いて多成分冷媒を圧縮するのにも用いられる。US4,404,008に示された構成は、天然ガスを液化する一般的な方法と今では考えられており、同じ第1の熱交換器に通すことにより、単一成分冷媒で多成分冷媒を予冷する。

【0004】

10

US4,404,008の目的は冷却負荷を多成分冷却サイクルから単一成分冷却サイクルにシフトすることである。これは多成分冷媒サイクルの中間冷却を利用することにより達せられる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、多成分予冷冷却サイクルの制御は既存の方法を用いては十分でない場合がある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

20

1態様では、本発明は、

(a) 第1の混合冷媒を含む混合冷媒流を供給する工程と；

(b) 前記混合冷媒流を1以上の熱交換器に通して冷却された混合冷媒流を得る工程と；

；

(c) 前記冷却された混合冷媒流の少なくとも一部の温度 (T_1) 及び流量 (F_1) を監視する工程と；

(d) 第2の混合冷媒を含む冷却流を供給する工程と；

(e) 工程 (d) において供給された前記冷却流の少なくとも一部の流量 (F_2) を監視する工程と；

(f) 前記冷却流の少なくとも一部分を膨張させ1以上の膨張した冷却流を得る工程と

30

；

(g) 前記1以上の膨張した冷却流のうち少なくとも1つを工程 (b) の前記熱交換器の1つ以上に通して前記混合冷媒流を冷却することによって前記冷却された混合冷媒流を得る工程と；

(h) 前記冷却された混合冷媒流の少なくとも一部の流量 (F_1) 及び温度 (T_1) を用いて前記冷却流の流量 (F_2) を制御する工程と；

(i) 前記冷却された混合冷媒流を用いて炭化水素流を冷却する工程と、を少なくとも含む天然ガス流などの炭化水素流を冷却する方法を提供する。

【0007】

別の態様では、本発明は、

40

第2の混合冷媒を含む冷却流の少なくとも一部の流量 (F_2) を監視する流量監視装置と；

前記冷却流の少なくとも一部分を膨張させて1以上の膨張した冷却流を得るための1以上の膨張器と；

第1の混合冷媒を含む混合冷媒流を受け入れて前記1以上の膨張した冷却流のうちの少なくとも1つによって冷却することで冷却された混合冷媒流を得るための1以上の熱交換器と；

前記冷却された混合冷媒流の少なくとも一部の温度 (T_1) 及び流量 (F_1) を監視するための温度監視装置及び流量監視装置と；

前記冷却された混合冷媒流の前記少なくとも一部の流量 (F_1) 及び温度 (T_1) の測

50

定値を用いて前記冷却流の流量（F 2）を制御するコントローラと；

前記 1 以上の前記熱交換器の下流に配置され、前記冷却された混合冷媒流と前記炭化水素流を受け入れて前記冷却された混合冷媒流により前記炭化水素流を冷却する少なくとも 1 つの主熱交換器と、
を少なくとも備えた天然ガス流などの炭化水素流を冷却するための装置を提供する。

【0008】

更に別の態様では、本発明は、

（a）第 1 の混合冷媒を含む混合冷媒流を供給する工程と；

（b）前記混合冷媒流を 1 以上の熱交換器に通して冷却された混合冷媒流を得る工程と；

（c）前記冷却された混合冷媒流の少なくとも一部の温度（T 1）及び流量（F 1）を監視する工程と；

（d）第 2 の混合冷媒を含む冷却流を供給する工程と；

（e）工程（d）で供給される前記冷却流の少なくとも一部の流量（F 2）を監視する工程と；

（f）前記冷却流の少なくとも一部分を膨張させて 1 以上の膨張した冷却流を得る工程と；

（g）前記 1 以上の膨張した冷却流の少なくとも 1 つを工程（b）の前記熱交換器の 1 つ以上に通して前記混合冷媒流を冷却することで前記冷却された混合冷媒流を得る工程と；

（h）前記冷却された混合冷媒流の少なくとも一部の流量（F 1）及び温度（T 1）を用いて前記冷却流の流量（F 2）を制御する工程と、
を少なくとも含む混合冷媒流の冷却方法であって、

天然ガス流などの炭化水素流もまた工程（b）の前記熱交換器の少なくとも 1 つに通して冷却し冷却された炭化水素流を生成する、前記混合冷媒流の冷却方法を提供する。

【0009】

更に別の態様では、本発明は、

第 2 の混合冷媒を含む冷却流の少なくとも一部の流量（F 2）を監視する流量監視装置と；

前記冷却流の少なくとも一部分を膨張させることにより 1 以上の膨張した冷却流を得るための 1 以上の膨張器と；

第 1 の混合冷媒を含む混合冷媒流と天然ガス流などの炭化水素流を受け入れて前記 1 以上の膨張した冷却流の少なくとも 1 つにより冷却することで冷却された混合冷媒流を得るための 1 以上の熱交換器と；

前記冷却された混合冷媒流の少なくとも一部の温度（T 1）及び流量（F 1）を監視するための温度監視装置及び流量監視装置と；

前記冷却された混合冷媒流の少なくとも一部の流量（F 1）及び温度（T 1）の測定値を用いて前記冷却流の流量（F 2）を制御するコントローラと、
を少なくとも備える混合冷媒流の冷却装置を提供する。

【図面の簡単な説明】

【0010】

以下、限定するものではないが、添付の図面に関して単なる例として本発明の実施態様を説明する。

【図 1】混合冷媒流を冷却する方法の第 1 の概略図である。

【図 2】図 1 の構成を用いて炭化水素流を冷却する方法を示す。

【図 3】炭化水素流を液化するための構成を示す。

【図 4】混合冷媒流を冷却する冷却流について比較流量及び本発明の流量を時間に対して示すグラフである。

【0011】

説明のため、1 つの管路とその管路で運ばれる流れとに 1 つの参照番号を割り当てる。

同じ参照番号は同種の構成要素を示す。

【発明を実施するための形態】

【0012】

ここに記載の方法及び装置は、冷却流を用いて冷却された混合冷媒流を生成するものであり、

- － 混合冷媒流を1以上の熱交換器に通して冷却された混合冷媒流を得る工程と；
 - － 冷却された混合冷媒流の少なくとも一部の温度（ T_1 ）及び流量（ F_1 ）を監視する工程と；
 - － 冷却流の少なくとも一部の流量（ F_2 ）を監視する工程と；
 - － 冷却流の少なくとも一部分を膨張させて1以上の膨張した冷却流を得る工程と；
 - － 1以上の膨張した冷却流のうち少なくとも1つを熱交換器の1以上に通して混合冷媒流を冷却することにより冷却された混合冷媒流を得る工程と；
- により行う。

10

【0013】

冷却された混合冷媒流の少なくとも一部の流量（ F_1 ）及び温度（ T_1 ）を用いて、冷却流の流量（ F_2 ）を制御する。

【0014】

このように、冷却された混合冷媒流の少なくとも一部の温度と流量の両方を監視することにより、冷却流の少なくとも一部の流量の操作に対してより正確で即時のフィードバックが与えられ、したがってより迅速に調節できるので、冷却された混合冷媒流の少なくとも一部の流量と温度の両方を用いて冷却流の流量を制御する。

20

【0015】

また、冷却流の流量についての更なる即時のフィードバック、調節及び制御により、混合冷媒流及び／又は冷却流の圧縮機（特に圧縮機の駆動装置）の効率が高まる。これにより、混合冷媒流、特に炭化水素流を冷却（場合により液化）するのに用いられる混合冷媒流を冷却する方法における電力消費が低減する。

【0016】

別の利点は、冷却された混合冷媒流の量すなわち質量及び／又は体積をより迅速に調節して混合冷媒流の後続の冷却効率をより良く適合させ、特に混合冷媒流の量を増加させることによって得られる冷却及び／又は液化された炭化水素流（例えばLNG）の量を増加

30

【0017】

本明細書において流れの流量を監視し制御することは、特に流速を監視し制御することを含むと理解される。流量と温度の監視又は測定は、流量及び温度用の適当なセンサーを用いて行うことができる。このようなセンサーは当該技術において公知のものが多く存在する。

【0018】

好ましくは、混合冷媒流は窒素、メタン、エタン、エチレン、プロパン、プロピレン、ブタン及びペンタンから選択される群の1種以上を含んだ組成物を有する。これを明細書及び特許請求の範囲において第1の混合冷媒という。

40

【0019】

冷却流もまた上述したように混合冷媒流である。これは第2の混合冷媒を含み、その組成は場合により混合冷媒流中の第1の混合冷媒とは異なる。

【0020】

冷却流の少なくとも一部分を膨張させることは、冷却流の当該一部分を膨張器に通すことを含んでもよく、この膨張器は適切にはバルブの形で与えることができ、場合により他のバルブ又はタービンなどの膨張器を追加し又はそれに置き換えてもよい。

【0021】

冷却流又はその少なくとも一部を熱交換器の1つ以上に通して混合冷媒流を冷却し、膨張の前に更に低温の冷却流を得てもよい。その代わりに又はそれに加えて、混合冷媒流が

50

通過しない 1 以上の他の熱交換器に冷却流を通してよい（冷却のため）。

【0022】

本発明の工程（b）における熱交換器は、1 以上のプレート／フィン型熱交換器、1 以上のスプール巻き型熱交換器、又はその両方の組合せからなる群から選択される 1 つ以上のものとし得る。

【0023】

冷却流を膨張させる前に熱交換器の 1 つ以上に通す場合、冷却流の流量を熱交換器のどれか 1 つ又はいくつかの前で、又は熱交換器のどれか 1 つ又はいくつかの後で、但し冷却流の少なくとも一部分を適切には膨張器（例えば 1 以上のバルブ）を通して膨張させる前に、監視してもよい。

10

【0024】

本発明の別の実施態様では、混合冷媒流を 1～6 の熱交換器、好ましくは 3 以下の熱交換器、より好ましくは 2 以下の熱交換器に通す。

【0025】

好ましくは、特に複数の熱交換器が用いられる場合、膨張した冷却流を各熱交換器に通して混合冷媒流を冷却する。この構成では、冷却流を各熱交換器の前後又は前若しくは後に分配、分離及び／又は分割してもよく、その一部分を工程（b）において必要とする後続の 1 以上の熱交換器に直接送り込み、その一部を 1 以上の膨張器（バルブなど）により膨張させ、熱交換器の 1 つ以上のための 1 以上の膨張した冷却流を得る。

【0026】

場合により、冷却された混合冷媒流が各々の熱交換器を通過した後にその混合冷媒流の温度と流量の両方を監視する。

20

【0027】

好ましくは、冷却流の平均分子量は混合冷媒流の平均分子量より大きい。

【0028】

冷却された混合冷媒流を生成するのに用いられる熱交換器は、「予冷」熱交換器とみなしてもよい。

【0029】

適切には、冷却された混合冷媒流を用いて炭化水素流を冷却、好ましくは液化する。このために、その後で当該混合冷媒流を 1 以上の別の熱交換器、特に炭化水素流（天然ガスなど）を液化するのに用いられる 1 以上の主低温熱交換器に送り込んでもよい。

30

【0030】

よって、冷却された混合冷媒流を用いて炭化水素流を冷却することは、冷却された混合冷媒流を少なくとも 1 つの主熱交換器に通すと共に、炭化水素流を当該少なくとも 1 つの主熱交換器に通して、冷却された混合冷媒流又はその少なくとも一部によって冷却することを含み得る。

【0031】

一般に、これは、混合冷媒流（場合により炭化水素流も）及び冷却流が通過する 1 以上の予冷熱交換器を含む第 1 の冷却段階と、冷却された混合冷媒流及び炭化水素流（予冷熱交換器を通過した場合には更に低温の炭化水素流であり得る）が通過して冷却された炭化水素流を得るための少なくとも 1 つの主熱交換器を含む第 2 の冷却段階と、を要して炭化水素蒸気を冷却する方法及び装置において具体化できる。

40

【0032】

炭化水素流は冷却される任意の適当なガス流でよいが、通常は天然ガス又は石油の貯蔵所から得られる天然ガス流である。その代わりとして、天然ガス流は、フィッシャー・トロプシュ法などの合成源も含めて別の供給源から得ることもできる。

【0033】

通常、天然ガス流は実質的にメタンから成る。好ましくは、冷却される炭化水素流は少なくとも 60 モル%のメタンを含み、さらに好ましくは少なくとも 80 モル%のメタンを

50

含む。

【0034】

供給源に依存して、天然ガスは、芳香族炭化水素だけでなくエタン、プロパン、ブタン及びペンタンなどのメタンより重い炭化水素についても種々の量にて含有し得る。天然ガス流はまた、 H_2O 、 N_2 、 CO_2 、 H_2S などの非炭化水素や他の硫黄化合物などを含有し得る。

【0035】

必要なら、天然ガスを含む炭化水素流を使用前に前処理してもよい。この前処理は、 CO_2 や H_2S などの不要な成分の除去、又は予冷、予備加圧などの他の工程を含み得る。これらの工程は当業者には周知であるので、ここでは更なる説明はしない。

10

【0036】

一般にメタンより重い炭化水素についても、異なる凍結温度又は液化温度を有することによってそれらがメタン液化プラントの一部を塞ぎ得るなどの幾つかの理由により、天然ガスから除去する必要がある。除去された $C_2 - 4$ 炭化水素は液化石油ガス(LPG)の供給源として使用できる。

【0037】

「炭化水素流」という用語はまた、限定するものではないが硫黄、硫黄化合物、二酸化炭素、水、及び $C_2 +$ 炭化水素を含めて1種以上の化合物又は物質を削減及び／又は除去するために部分的、実質的又は完全に処理した組成物だけでなく、洗浄、脱水及び／又はスクラビングを含めて任意の処理の前の組成物を含む。

20

【0038】

場合により、冷却したい炭化水素流を熱交換器の少なくとも1つに通し、その熱交換器に混合冷媒流と冷却流を通す。この構成は、すべて前記熱交換器又は1以上の前記熱交換器、通常は冷却(場合により液化)プロセスの1段階における一連の熱交換器の少なくとも最後の熱交換器を炭化水素流が通過することを含む。

【0039】

次に、冷却された混合冷媒流を、主熱交換器などの別の熱交換器に通す前に軽質流と重質流に分離してもよい。この場合、上記の冷却された混合冷媒流の少なくとも一部の流量を監視することに加えて、又はそれに代えて、重質流の流量を監視してもよい。

【0040】

適切には、冷却された混合冷媒流の温度及び流量並びに冷却流の流量についての測定値をコントローラに送り、コントローラが例えばバルブなどの膨張器を制御することにより工程(f)の膨張を制御する。

30

【0041】

炭化水素流を冷却する本方法は、天然ガスなどの炭化水素流を液化して液化天然ガスなどの液化炭化水素流を得ることに拡張される。

【0042】

図1は混合冷媒流10を冷却するための概略構成を示し、入口11から1以上の熱交換器(図1では1つの熱交換器12として図示)に通し、冷却された混合冷媒流20を出口15から得る。

40

【0043】

混合冷媒流10は、窒素、メタン、エタン、エチレン、プロパン、プロピレン、ブタン及びペンタンから選択された群の1種以上を含む第1の混合冷媒を含む。好ましくは、混合冷媒流10は、10モル%より少ない N_2 、30~60モル%の C_1 、30~60モル%の C_2 、20モル%より少ない C_3 及び10モル%より少ない C_4 を含む(合計が100%となる)。

【0044】

図1には、冷却された混合冷媒流20の温度 T_1 と流量 F_1 が測定されているのが示されている。流れの温度及び流量についての監視と測定は、任意の公知ユニット、装置又は当該技術において公知の他の装置の形式の任意の温度監視装置又は流量監視装置によって

50

行うことができる。

【0045】

図1には冷却流30も示されている。冷却流30は第2の混合冷媒を含み、これは2種以上の成分、例えば窒素と1種以上の炭化水素の混合物である。適切には、第2の混合冷媒は混合冷媒流10中の第1の混合冷媒より大きい平均分子量を有する。好ましくは、冷却流は0～20モル%のC1、20～80モル%のC2、20～80モル%のC3、20モル%より少ないC4、10モル%より少ないC5を含む(計100%)。

【0046】

冷却流30は入口16から入り熱交換器12を通過して出口17から出て、膨張器(ここではバルブ14の形で図示)より前にて更に低温の冷却流40を得る。別法として、冷却流30はバルブ14に到着する前に熱交換器12を通過する必要はなく、更なる別法として、冷却流30がバルブ14より前に図1に図示された熱交換器12の代わりに又は熱交換器12に加えて1以上の他の熱交換器(図示せず)を通過してもよい。

10

【0047】

バルブ14により更に低温の冷却流40(又は冷却流30)を膨張させることができ、膨張した冷却流40aを入口18から熱交換器12に戻す。膨張した冷却流40aは熱交換器12中の他の流れよりも著しく冷たいので、これらの他の流れを冷却し、出口19を通過して熱交換器12から出て出口流50を得る。

【0048】

冷却流30の流量F2は、熱交換器12に入る前に図1のF22で示された地点、又は好ましくは熱交換器12を通過後に更に低温の冷却流40において図1のF2で示された地点にて監視され、場合により測定される。熱交換器12に入る冷却流30の流量と、熱交換器12の後の更に低温の冷却流40との関係は当該技術において公知であるので、流量F22を用いた監視は、本発明の方法に関して流量F2を用いた監視と同じ情報を与えることができる。したがって、流量F2に言及している明細書及び特許請求の範囲は流量F2自体及び/又は流量F22に及んでいと理解される。

20

【0049】

同様に、流量F1を用いる場合、これは熱交換器12の上流の例えば管路10における流れの少なくとも一部についての監視及び/又は測定を含み得る。

【0050】

30

冷却された混合冷媒流20の温度T1と流量F1の測定値、及び更に低温の冷却流40の流量F2(及び/又は冷却流30の流量F22)の測定値を電線路21によりコントローラC1に送り、コントローラC1が電線路21aによりバルブ14の動作を制御する。バルブ14の制御は、熱交換器12に入る膨張した冷却流40aの流量のみならず更に低温の冷却流40の流量F2(及び/又は流量F22)に、(したがって膨張した冷却流40aが熱交換器12において行うことができる冷却の程度、すなわち混合冷媒流20に対する冷却及び混合冷媒流20の冷却の程度に)関するものである。

【0051】

したがって、冷却された混合冷媒流20の温度T1を最適化すべく更に低温の冷却流の流量F2(及び/又は冷却流30の流量F22)を認識しバルブ14を操作することにより、混合冷媒流20の温度T1を制御することもできる。このことの利点と効果を下で述べる。

40

【0052】

図2は炭化水素流60、好ましくは天然ガスを冷却(好ましくは液化)する方法のための冷却施設1を示す。炭化水素流60を処理して、少なくともいくつかの重質炭化水素を分離すると共に、限定するものではないが酸性気体を含めて二酸化炭素、窒素、ヘリウム、水、硫黄及び硫黄化合物などの不純物を分離しておくのが好ましい。

【0053】

図1に示された熱交換器12(複数可)と同じか類似の1以上の第1の熱交換器を含んだ第1の冷却段階6に炭化水素流60を通す。好ましくは、図2の上記1以上の第1の熱

50

交換器は、炭化水素流 60 を 0℃未満の温度、より好ましくは -10℃~-70℃の温度に冷却できる予冷熱交換器 12 である。

【0054】

冷却流 30 と混合冷媒流 10 もまた予冷熱交換器（複数可）12 を通過させる。予冷熱交換器 12 の動作は図 1 の構成について上記で説明した動作と同様であり、予冷熱交換器 12 から出てくる更に低温の冷却流 40 をバルブ 14 に通して膨張させ、熱交換器 12 における他のすべての流れよりも冷たい膨張した冷却流 40 a を得て、第 1 の段階の流出流 50 として出て行く前に上記他のすべての流れを冷却する。このようにして、冷却された混合冷媒流 20 として混合冷媒流 20 を得ると共に、炭化水素流 60 を冷却して更に低温の炭化水素流 70 を得る。

10

【0055】

冷却された混合冷媒流 20 の温度 T1 と流量 F1 を監視し、測定値をコントローラ C1 に送る。冷却された冷却流 40 の流量 F2 の測定値もまたコントローラ C1 に送る。

【0056】

次に、冷却された混合冷媒流 20 と冷却された炭化水素流 70 を 1 以上の第 2 の熱交換器 22（好ましくは更に低温の炭化水素流 70 を -100℃未満の温度まで更に下げ、より好ましくは冷却された炭化水素流 70 を液化し、冷却された（好ましくは液化された）炭化水素流 80 を得ることができる主低温熱交換器）を含んだ第 2 の冷却段階 7 に送る。炭化水素流 60 が天然ガスの場合には、好ましくは主熱交換器により温度が -140℃未満の液化天然ガスを得る。

20

【0057】

冷却された混合冷媒流 20 もまた主熱交換器 22 に通して更に冷却された混合冷媒流 90 を得、これを主バルブ 27 に通して膨張した混合冷媒流 90 a を得、この膨張した混合冷媒流 90 a は主熱交換器 22 における他のすべての流れよりも冷たく、当該他のすべての流れを冷却した後、第 2 の段階の流出流 100 として流出する。

【0058】

この第 2 の段階の流出流 100 を 1 以上の主冷媒圧縮機 28 により当該技術において公知の方法にて圧縮し、圧縮した冷媒流 100 a を得、この圧縮した冷媒流 100 a は 1 以上の周囲冷却装置 32、例えば当該技術において公知の水冷及び／又は空冷装置によって冷却でき、予冷熱交換器 12 に再循環させ得る状態の混合冷媒流 10 を得ることができる。当該技術において公知の 1 以上のガスタービン、蒸気タービン及び／又は電気駆動装置とし得る駆動装置 28 a により主冷媒圧縮機 28 を駆動する。

30

【0059】

同様に、予冷熱交換器 12 からの第 1 の段階の流出流 50 を 1 以上の予冷圧縮機 24 により圧縮し、圧縮した流れ 50 a を得、それを 1 以上の周囲冷却装置 26（例えば水冷及び／又は空冷装置）に通し、予冷熱交換器 12 への再循環及び再導入させ得る状態の冷却流 30 を得る。この予冷圧縮機は、ガスタービン、蒸気タービン、電気駆動装置などの当該技術において公知の 1 以上の駆動装置 24 a により駆動する。

【0060】

通常、圧縮機の駆動装置 24 a、28 a はかなりのエネルギーを使用し、通常は図 2 の液化施設 1 への全エネルギー入力のかかなりの割合を必要とする。ガスタービンなどの圧縮機駆動装置の最大効率、それらを一定速度、より好ましくは「最大」速度に維持することである。よって、これらの駆動装置の速度の変動は一般に望ましくなく、それらが駆動している圧縮機の負荷がかなり変動すると駆動装置の効率を低下させる。したがって、当該技術では、圧縮機発電機の駆動装置を最も効率的な構成としての「最大負荷」に維持することが好ましい。

40

【0061】

しかしながら、冷却施設 1 における幾つかの可変パラメータ又は条件に基づいて、冷媒圧縮機 24、28 の負荷を変えることができる。例えば、炭化水素流 60 の流量、体積、温度などの変動、液化施設 1 の周りの周囲条件の変動、特に図 2 に示された周囲冷却装置

50

26、32などの周囲冷却装置の効率に影響し得る高い周囲温度の変動が存在し得る。予冷又は主熱交換器12、22における1以上の流れの熱交換の効率の悪さ、又は空気分離装置（図示せず）に対する冷却負荷などの1以上の他の負荷のために冷却施設1における流れ又は装置のうち1つ以上を使用することはまた、冷媒圧縮機24、28及びそれらの駆動装置24a、28aの負荷に影響し得る。

【0062】

したがって、圧縮機駆動装置24a、28aの動作を最適化することでそれらを最大効率に維持するように、予備及び主熱交換器12、22の冷却負荷を最適化するのが望ましい。

【0063】

本方法では、予冷熱交換器12により与えられる冷却された混合冷媒流20の温度 T_1 及び流量 F_1 を監視（好ましくは測定）してバルブ14を制御することにより、膨張した冷却流40aにより行われる予冷熱交換器12の冷却負荷をより良く調和させることができ、これらのパラメータの測定値を用いてバルブ14の動作を速やかに制御でき、したがって予冷熱交換器12に入る更に低温の冷却流40の流量 F_2 （及び／又は予冷熱交換器12より前にある更に低温の冷却流30の関連流量 F_{22} ）を制御することもできる。

【0064】

示された方法は、冷却流が窒素、メタン、エタン、エチレン、プロパン、プロピレン、ブタン及びペンタンから選択される群の1種以上を含んだ混合冷媒である場合に特に有利である。

【0065】

示された方法はまた、予冷熱交換器12が1以上のプレート／フィン型熱交換器、1以上のスプール巻き型熱交換器、又はその両方の組合せからなる群から選択される1以上の熱交換器を備える場合に特に有利である。ケトル型熱交換器とは違って、これらの熱交換器は、その中の液体の高さにより容易に制御することはできない。

【0066】

示された方法はまた、主冷媒圧縮機28の駆動装置28aを最小の変動にて「最大」又は「最高負荷」の速度に維持するのが望まれる場合に特に有利である。すなわち、駆動装置の最大パワー出力が冷媒圧縮機の電力消費に等しい場合である。バルブ14及び更に低温の冷却流40の流量 F_2 を操作することにより、主熱交換器22に送る冷却された混合冷媒流20の温度 T_1 を変え、混合冷媒流20の所望の温度 T_1 を得ることができる。

【0067】

冷却された混合冷媒流20の温度 T_1 と流量 F_1 は必ずしもリンクあるいは関連させる必要がないことが分かる。よって、異なる温度にて同じ流量の測定値を有したり、同じ温度にて異なる流量測定値を有することができる。したがって、本発明の利点は、冷却された混合冷媒流20の温度 T_1 と流量 F_1 の両方を測定することにより、バルブ14の操作についてより良い制御機構及びフィードバックを与え、よって予冷熱交換器12と主熱交換器22との間での冷却負荷の調和を得ることである。

【0068】

図3は液化施設2を示し、この液化施設2において、炭化水素流60を第1の予冷熱交換器12aと第2の予冷熱交換器12b（第1の冷却段階8の一部）に通し、次に冷却された炭化水素流70を主熱交換器22（第2の冷却段階9の一部）に通して、更に冷却された、好ましくは液化された炭化水素流80（更に好ましくは液化天然ガス）を得る。通常、液化された炭化水素流80は高圧であるが、一般に膨張器タービン111とバルブ112とを備えると共にそれらに気体／液体分離器（図示せず）が続いている所謂エンド・フラッシュ・システム110により減圧できる。

【0069】

第1の代案では、炭化水素流60を第2の予冷熱交換器12bだけに通して冷却された炭化水素流70を得る。

【0070】

第1の予冷熱交換器12aにはまた混合冷媒流10と冷却流30も通す。第1の予冷熱交換器12aからの混合冷媒流10を部分冷却された混合冷媒流10aとして得て第2の予冷熱交換器12bに送り、冷却された混合冷媒流20を得る。

【0071】

冷却流30を第1の予冷熱交換器12aに送り、当該技術において公知のストリームスプリッタ又は分割器23により分割して部分冷却流40bを得、第1のバルブ14aにより部分冷却流40bを膨張させ第1の膨張した冷却流40cを得て、第1の予冷熱交換器12aに再度入れてその中の他の流れを冷却する。第1の予冷熱交換器12aからの第1の出口流50aを吸引ドラム51aに通し、次に駆動装置24aにより駆動される予冷冷媒圧縮機24に通した後、周囲冷却32を行い、アキュムレータ25に収集し、更なる冷却32aを行い、そして冷却流30として再循環させる。

10

【0072】

一方、第1の予冷熱交換器12aからの冷却流のうちもう一方の部分を第2の予冷熱交換器12bに送り、その冷却された出口流40dを第2のバルブ14bに通して、第2の膨張した冷却流40eを得、それを第2の予冷熱交換器12bに戻してその中の他の流れを冷却する。第2の予冷熱交換器12bからの出口流50bを吸引ドラム51bに通した後、これも予冷冷媒圧縮機24に異なる圧力入口から送り込んで上述したように圧縮及び冷却を行う。

【0073】

図3はまた、部分冷却された混合冷媒流10aの温度 $T1a$ を監視でき、冷却された混合冷媒流20の温度 $T1b$ も監視できることを示す。同様に、第1のバルブ14aより前における部分冷却された冷却流40bの流量を $F2a$ として監視することができ、第2の予冷熱交換器12bからの冷却された出口流40dの流量を第2のバルブ14bより前にて $F2b$ として監視することができる。

20

【0074】

冷却された混合冷媒流20を気体／液体分離器42に送り、一般にメタンが豊富な軽質流20aと、一般に重質炭化水素が豊富な重質流20bとを得る。当該技術において公知の方法にて、軽質流20aを主熱交換器22に通してオーバーヘッド流90dを得て、そのオーバーヘッド流90dをバルブ93にて膨張させ、第1の膨張した流れ90eとして主熱交換器22に戻す。同様に重質流20bを主熱交換器22に送り、軽質のオーバーヘッド流90dよりも低い高さにて流れ90bとして流出させる。第2の膨張した流れ90cとして主熱交換器22に戻す前にタービン91やバルブ92などの1以上の膨張器（例えば膨張装置又は手段）によって流れ90bを膨張させることができる。

30

【0075】

主熱交換器22からの混合冷媒を主出口流100として得て、1以上の圧縮機など（例えば図3に示された2つの主冷媒圧縮機28、29であり、その各々が駆動装置28a、29aにより夫々駆動される）に通し、各圧縮機の後では当該技術において公知の方法にて周囲冷却装置32a、32bによって周囲冷却する。

【0076】

図3に示された構成では、予冷熱交換器12a、12bの後の全部の混合冷媒流20の流量 $F1$ を監視する代わりに、重質流20bの流量 $F3$ を監視してもよい。このようにして、ポイント $T1a$ 及び／又は $T1b$ での混合冷媒の温度を用いて、重質流20bの流量 $F3$ と部分冷却された冷却流40bの流量 $F2a$ 及び／又は冷却された冷却流40dの流量 $F2b$ との比を制御できる。

40

【0077】

したがって、バルブ14a、14bの操作は重質流の流量 $F3$ と、第1の予冷熱交換器12a及び／又は第2の予冷熱交換器12bによる冷却後の混合冷媒流の温度 $T1a$ 及び $T1b$ の1つ以上とに関係し得る。

【0078】

流量 $F3$ と共に温度 $T1b$ を用いて、流量 $F2b$ 及びその関連のバルブ14bを操作で

50

きる。同様に、流量 F 3 と共に温度 T 1 a を用いて、流量 F 2 a 及びその関連のバルブ 1 4 a を操作できる。

【0079】

好ましくは、流量 F 2 a と流量 F 2 b の両方を制御し、第 1 及び第 2 の予冷熱交換器 1 2 a、1 2 b の各々の冷却負荷と、よって予冷冷媒圧縮機 2 4 が必要とする圧縮パワー、特にその駆動装置 2 4 a が必要とするエネルギー入力を最適化する。

【0080】

図 4 は、図 2 の構成に示された冷却流についての流量の時間変化を、同じ流量の比較構成と比較して示す。

【0081】

10

両方の構成について、図 4 は混合冷媒流 1 0 又は冷却された混合冷媒流 2 0 の流量（ライン C）の変化を示し、両流量は関連した値である。図 2 では、混合冷媒流 1 0 又は冷却された混合冷媒流 2 0 の流量は、1 以上の第 2 の熱交換器 2 2 に接続された主バルブ 2 7 を開くこと又は更に大きく開くことによって増やすことができる。液化された炭化水素流 8 0 の生産増加の要求により、又は炭化水素流 6 0 の流量の変化に応じて、又は冷却（好ましくは液化）プロセス又は施設を操作する際に当業者に公知の 1 以上の他の理由により、主バルブ 2 7 を開く、又は更に大きく開いてもよい。

【0082】

混合冷媒流 1 0 の流量の増大に応じ、その増大した流量にて混合冷媒流 1 0 を同じレベルで冷却するには、予冷熱交換器 1 2 において必要とされる冷却負荷が大きくなる。

20

【0083】

図 4 では、主バルブ 2 7 の開口の変化が、流量のライン C の始めにおける縦方向の増加により示されており、時間とともにより大きな流量になる（グラフの全域で）。

【0084】

予冷熱交換器 1 2 における冷却負荷をより高めるための一般的な方法は、予冷熱交換器に入る膨張した冷却流 4 0 a の流量及び／又は量を増やすように予冷バルブ 1 4 を開く又は更に大きく開くことである。

【0085】

図 4 におけるライン A は、冷却された混合冷媒流 2 0 の温度のみの測定値に応じてバルブ 1 4 を変化させることに基づいた比較構成における膨張した冷却流 4 0 a の流量の時間変化を示す。よって、膨大な過剰反応が存在しており、冷却流 3 0 の流量が必要量を超え、その超過分を冷却流 3 0 が時間とともに安定する前もずっと働かせなければならないことが分かる。

30

【0086】

図 4 におけるライン B は、本発明（すなわち冷却流又は更に低温の冷却流 4 0 の流量だけでなく、冷却された混合冷媒流 2 0 の温度と流量の両方の測定値に応じて予冷バルブ 1 4 を操作する）に基づいた膨張した冷却流 4 0 a の流量変化を示す。明らかにライン B は膨張した冷却流の流量が時間とともにゆっくりと着実に増加することを示す。

【0087】

図 4 におけるライン A とライン B の差が、ライン A の電力消費のかなりの増大を示す。よって、予冷熱交換器 1 2 において所望の冷却負荷を与え、冷却された混合冷媒流 2 0 の流量の変化中において予冷熱交換器 1 2 をかなり効率的にする上では、より良く調整されかつより安定したライン B が明らかにより効率的である。本発明はまた、冷却された混合冷媒流 2 0 の流量の変化により早く応答し、また比較構成により示されたものよりもかなり早く必要な冷却負荷に変化することにより更に正確となる。

40

【0088】

本方法は、上述した方法及び装置において使用するために混合冷媒流を冷却すると共にバルブを制御する方法を含む。

【0089】

熱交換器において使用する冷却流の少なくとも一部を膨張させるためのバルブなどの膨

50

張器を制御する方法であって、

- (a) 混合冷媒流を供給する工程と；
 - (b) 混合冷媒流を熱交換器に通して冷却された混合冷媒流を得る工程と；
 - (c) 冷却された混合冷媒流の少なくとも一部の温度（ T_1 ）と流量（ F_1 ）を監視する工程と；
 - (d) 混合冷媒冷却流を供給してその少なくとも一部の流量（ F_2 ）を監視する工程と；
 - (e) バルブ膨張器により冷却流の少なくとも一部分を膨張させ、膨張した冷却流を得る工程と；
 - (f) 膨張した冷却流を工程（b）の熱交換器の1つ以上に通して混合冷媒流を冷却する工程と；
 - (g) 更に低温の混合冷媒流の少なくとも一部の流量 F_1 と温度 T_1 を用いてバルブ膨張器を制御して冷却流の少なくとも一部の流量 F_2 を制御する工程と；
- を少なくとも含む上記方法をも本発明が提供することは当業者には明らかである。

10

【0090】

また、上述した方法及び／又は装置のための膨張器コントローラであって、冷却された混合冷媒流の温度（ T_1 ）及び流量（ F_1 ）についての測定値と冷却流の流量（ F_2 ）についての測定値とを受け取り、膨張器を制御するための1以上の入力及び出力、

を少なくとも備える上記膨張器コントローラをも本発明が提供することは当業者には明らかである。

20

【0091】

本方法及び装置は1以上の熱交換器での冷媒負荷を改善し、冷却（好ましくは液化）プロセス及び装置の効率を改善できる。

【0092】

本方法及び装置は、天然ガスなどの炭化水素流を液化するのに用いる前に、1以上の熱交換器による混合冷媒流の冷却を改善できる。

【0093】

本方法及び装置は、混合冷媒流、特に炭化水素流を冷却（場合により液化を含む）する方法及び装置において使用される混合冷媒流を冷却する方法の電力消費を低減できる。

【0094】

本方法及び装置は、炭化水素を冷却（場合により液化）するプロセスにおける予冷冷却サイクルと主冷却サイクルとの間で冷却負荷をシフト又は調節するのに必要な時間を短縮できる。

30

【0095】

当業者ならば、特許請求の範囲から逸脱することなく多くの様々な方法にて本発明を実行できることが分かるであろう。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0096】

【特許文献1】US 4, 404, 008

40

【符号の説明】

【0097】

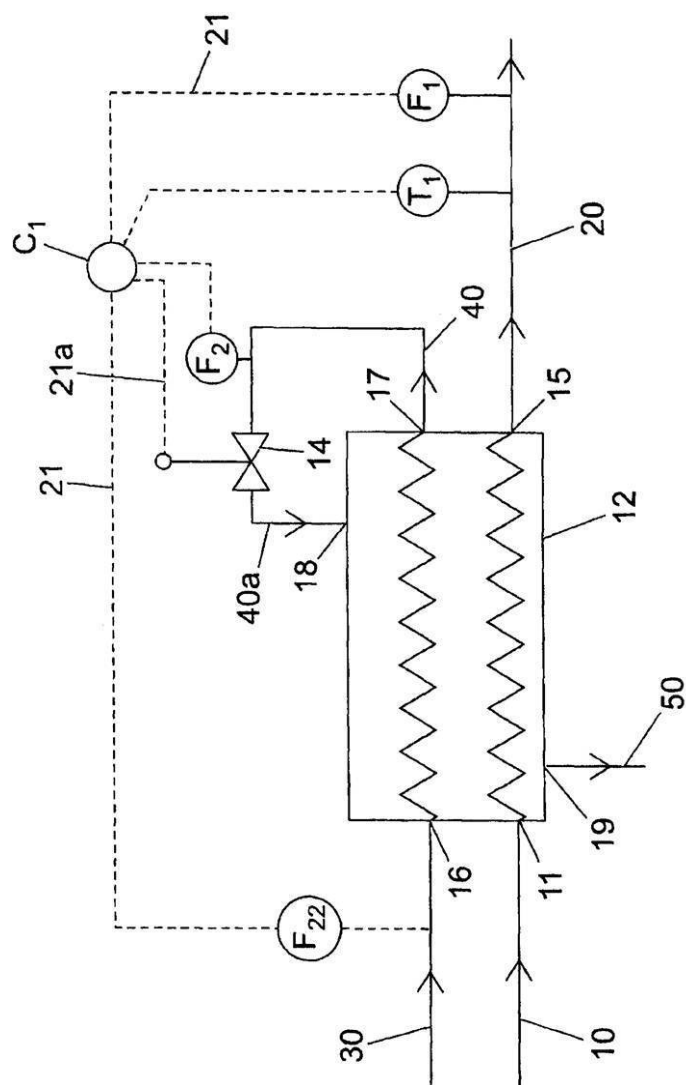
- 10…混合冷媒流
- 12…熱交換器
- 14…バルブ
- 20…冷却された混合冷媒流
- 22…主熱交換器
- 24…予冷圧縮機
- 28…冷媒圧縮機
- 29…冷媒圧縮機

50

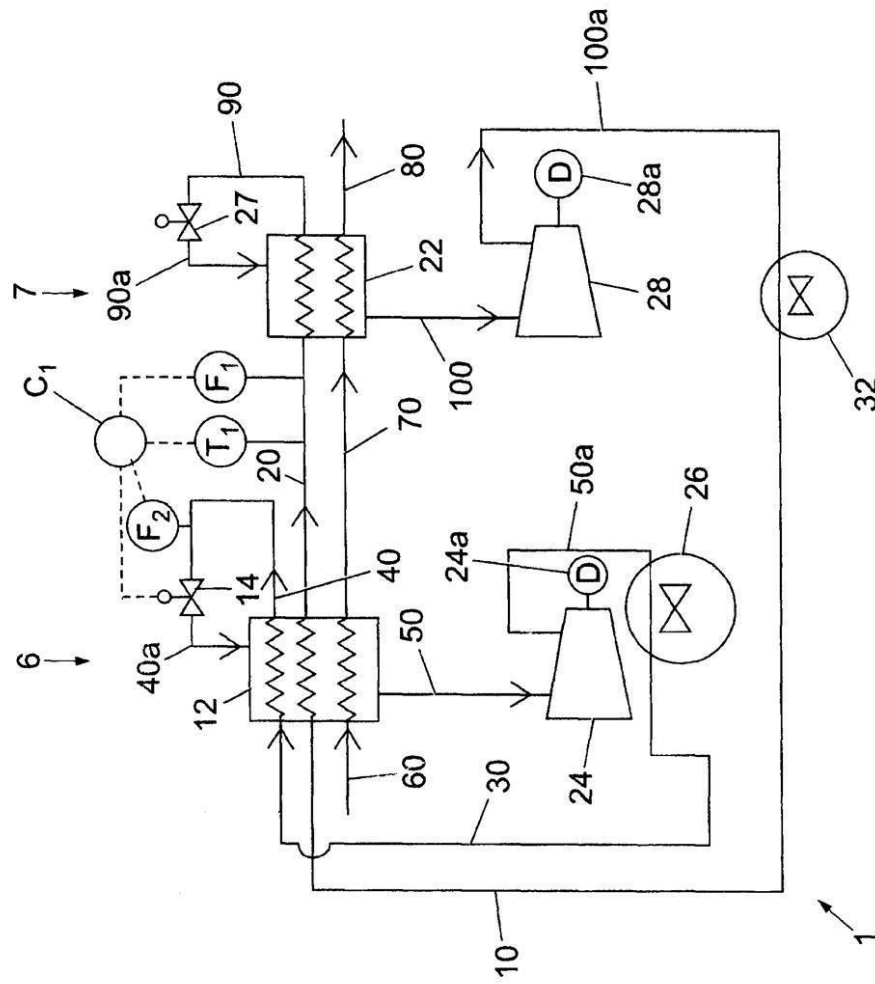
6 0 …炭化水素流

7 0 …冷却された炭化水素流

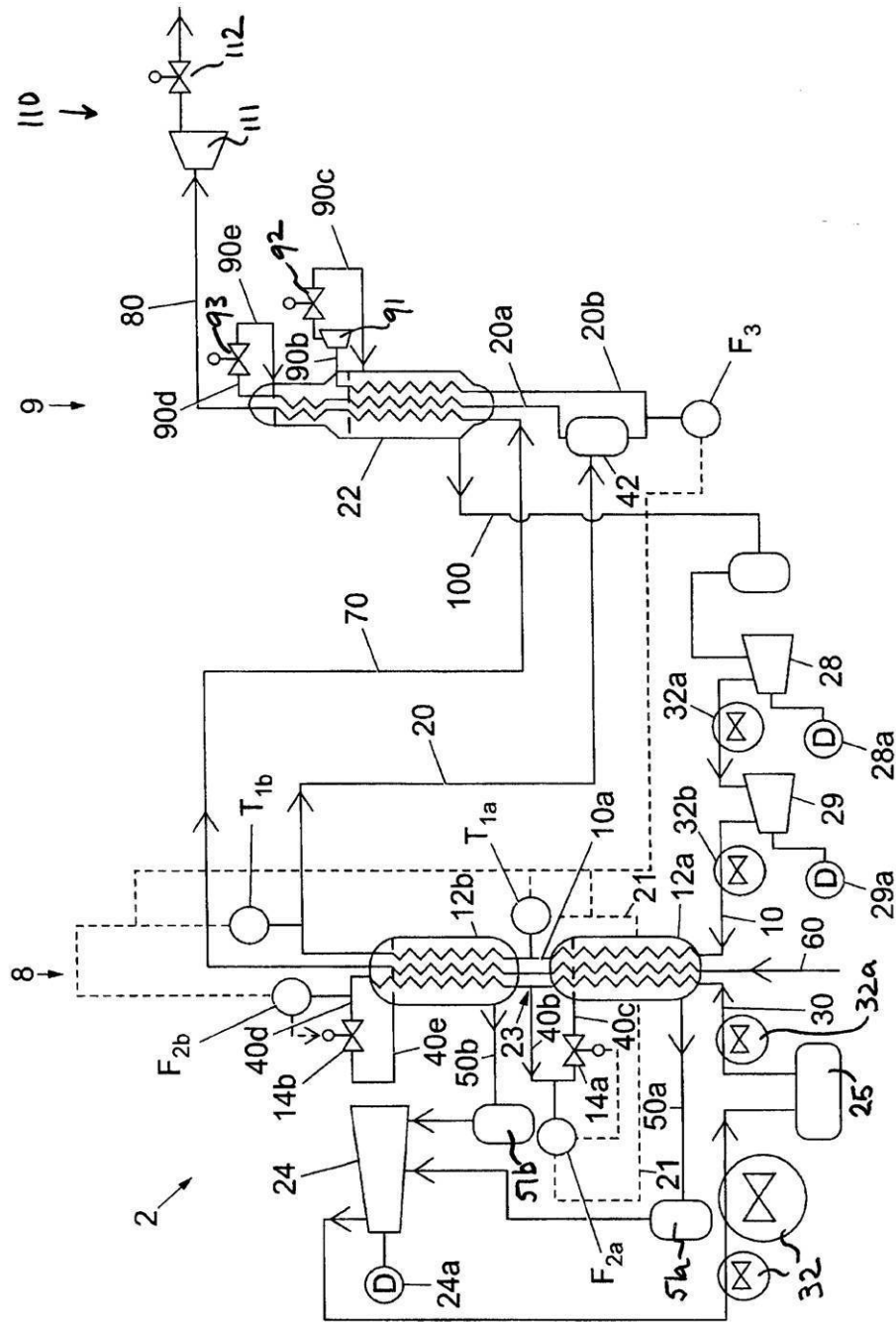
【図 1】



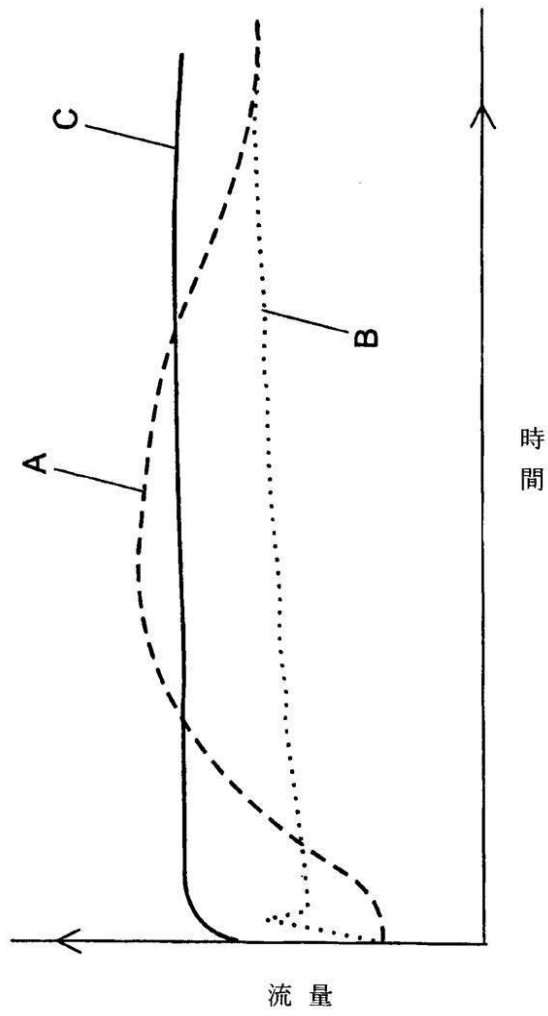
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

- (74)代理人 100096013
弁理士 富田 博行
- (74)代理人 100092967
弁理士 星野 修
- (74)代理人 100094008
弁理士 沖本 一暁
- (74)代理人 100122644
弁理士 寺地 拓己
- (74)代理人 100137039
弁理士 田上 靖子
- (74)代理人 100182394
弁理士 野口 勝彦
- (72)発明者 フランソワ・シャンタン
オランダ国 エヌエルー 2 5 9 6 エイチアール ザ ハーグ カレル ウァン ビラントラーン
2 3
- (72)発明者 フレデリック・ヤン・ヴァン・ディユク
オランダ国 エヌエルー 1 0 3 1 シーエム アムステルダム バトホイスウエヒ 3
- (72)発明者 マルコ・ディック・ヤゲル
オランダ国 エヌエルー 2 5 9 6 エイチアール ザ ハーグ カレル ウァン ビラントラーン
1 6

審査官 神田 和輝

- (56)参考文献 特開平 1 1 - 0 9 2 7 7 0 (J P, A)
特開 2 0 0 5 - 1 6 4 2 3 5 (J P, A)
特表 2 0 0 2 - 5 1 5 5 8 4 (J P, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., D B名)
C 1 0 L 3 / 0 0 - 3 / 1 2
F 2 5 J 1 / 0 0 - 5 / 0 0