

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2020-535378
(P2020-535378A)

(43) 公表日 令和2年12月3日(2020.12.3)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード(参考)		
F 2 5 J	1/00	(2006.01)	F 2 5 J	1/00		B	4 D O 4 7	
F 2 5 J	1/02	(2006.01)	F 2 5 J	1/02				
F 2 5 J	5/00	(2006.01)	F 2 5 J	5/00				
F 2 5 B	9/00	(2006.01)	F 2 5 B	9/00		Y		
F 2 5 B	9/02	(2006.01)	F 2 5 B	9/02		C		

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願2020-517887 (P2020-517887)
 (86) (22) 出願日 平成30年8月24日(2018.8.24)
 (85) 翻訳文提出日 令和2年3月27日(2020.3.27)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2018/047958
 (87) 国際公開番号 W02019/067124
 (87) 国際公開日 平成31年4月4日(2019.4.4)
 (31) 優先権主張番号 62/565,733
 (32) 優先日 平成29年9月29日(2017.9.29)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関 米国 (US)

(71) 出願人 517002476
 エクソンモービル アップストリーム リサーチ カンパニー
 アメリカ合衆国 テキサス州 77389
 スプリング スプリングウッズ ヴィレッジ パークウェイ 22777 イー2 . 4エイ. 296
 (74) 代理人 100094569
 弁理士 田中 伸一郎
 (74) 代理人 100103610
 弁理士 ▲吉▼田 和彦
 (74) 代理人 100109070
 弁理士 須田 洋之
 (74) 代理人 100119013
 弁理士 山崎 一夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高圧膨張プロセスによる天然ガス液化

(57) 【要約】

第1の熱交換器ゾーン及び第2の熱交換器ゾーンを用いてメタンリッチ高圧供給ガス流を液化するための方法及びシステム。供給ガス流は冷媒流と混合されて第2のガス流を形成し、これは圧縮され、冷却され、第2の熱交換器ゾーンに送られて、周囲温度未満にさらに冷却される。それは次に13790kPa(2,000psia)未満かつ第2のガス流が圧縮された圧力以下の圧力まで膨張させられてから第1の膨張冷媒流と冷却ガス流に分けられる。第1の膨張冷媒流は、それが第1の熱交換器ゾーン内の最高流体温度より少なくとも2.8 (5 °F)冷たい温度を有するように、膨張させられてから第1の熱交換器ゾーンに通される。

【選択図】 図9

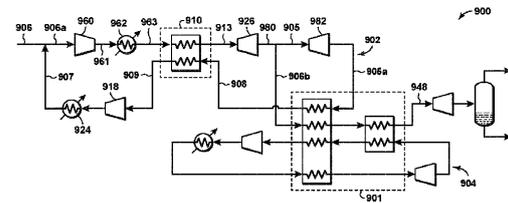


FIG. 9

【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の熱交換器ゾーン及び第2の熱交換器ゾーンを用いてメタンに富む供給ガス流を液化する方法であって、下記：

- (a) 8274kPa(1,200psia)未満の圧力で前記供給ガス流を準備すること；
- (b) 前記供給ガス流とほとんど同じ圧力で冷媒流を準備すること；
- (c) 前記供給ガス流を前記冷媒流と混合して第2のガス流を形成すること；
- (d) 前記第2のガス流を少なくとも10342kPa(1,500psia)の圧力まで圧縮して、圧縮された第2のガス流を形成すること；
- (e) 前記圧縮された第2のガス流を周囲温度の空気又は水との間接熱交換によって冷却して、圧縮され、冷却された第2のガス流を形成すること； 10
- (f) 前記圧縮され、冷却された第2のガス流を第2の熱交換器ゾーンに送って、前記圧縮され、冷却された第2のガス流を周囲温度未満にさらに冷却し、それによって圧縮され、さらに冷却された第2のガス流を生成すること；
- (g) 前記圧縮され、さらに冷却された第2のガス流を少なくとも1つのワーク生成膨張器内で13790kPa(2,000psia)未満かつ前記第2のガス流が圧縮された圧力以下の圧力まで膨張させ、それによって膨張し、冷却された第2のガス流を形成すること；
- (h) 前記膨張し、冷却された第2のガス流を第1の膨張冷媒流と冷却ガス流に分けること；
- (i) 前記第1の膨張冷媒流を少なくとも1つのワーク生成膨張器内で膨張させ、それによって第2の膨張冷媒流を形成すること； 20
- (j) 前記第2の膨張冷媒流を前記第1の熱交換器ゾーンに通して第1の温冷媒流を形成すること（その結果、前記第1の温冷媒流は、前記第1の熱交換器ゾーン内の最高流体温度より少なくとも2.8（5°F）冷たい温度を有する）；
- (k) 前記冷却ガス流を前記第1の熱交換器ゾーンに通して、前記冷却ガス流の少なくとも一部を前記第2の膨張冷媒流との間接熱交換によって冷却し、それによって液化ガス流を形成すること；
- (l) 前記第1の温冷媒流を前記第2の熱交換器ゾーンに送って、前記圧縮され、冷却された第2のガス流を間接熱交換によって冷却し、それによって第2の温冷媒流を形成すること；及び 30
- (m) 前記第2の温冷媒流を圧縮して前記冷媒流を生成することを含む、前記方法。

【請求項2】

前記第2のガス流が、少なくとも19305kPa(2,800psia)の圧力まで圧縮される、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記第2のガス流が、13790kPa(2,000psia)以上かつ24132kPa(3,500psia)以下の圧力まで圧縮される、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記第2のガス流が、少なくとも2つの直列に配置された圧縮器内で少なくとも10342kPa(1,500psia)の圧力まで圧縮される、請求項1に記載の方法。 40

【請求項5】

前記少なくとも2つの直列に配置された圧縮器の少なくとも1つが、前記圧縮され、さらに冷却された第2のガス流を膨張させるために用いられる少なくとも1つのワーク生成膨張器により生成されるシャフトワークだけで駆動される、請求項4に記載の方法。

【請求項6】

前記第1及び第2の各熱交換器ゾーンが1つ以上の熱交換器を含み、かつ前記第1の熱交換器ゾーンの1つ以上の熱交換器は、前記第2の熱交換器ゾーンの1つ以上の熱交換器と異なるタイプのものである、請求項1に記載の方法。

【請求項7】

前記第2の熱交換器ゾーンの熱交換器がプリント基板型熱交換器を含む、請求項6に記載の方法。

【請求項8】

前記第1の温冷媒流が、前記第1の熱交換器ゾーン内の最高流体温度より少なくとも5.6 (10°F)冷たい温度を有する、請求項1に記載の方法。

【請求項9】

さらに下記：

前記液化ガス流を前記第1の熱交換器ゾーン内でサブ冷却サイクルを用いてさらに冷却し、それによってサブ冷却ガス流を形成することを含む、請求項1～8のいずれか1項に記載の方法。

10

【請求項10】

さらに下記：

前記サブ冷却ガス流を水力タービン内で345kPa(50psia)以上かつ3103kPa(450psia)以下の圧力まで膨張させて、膨張したサブ冷却ガス流を生成することを含む、請求項1～9のいずれか1項に記載の方法。

【請求項11】

前記サブ冷却サイクルが、冷媒として窒素を用いる閉ループ気相冷媒サイクルを含む、請求項9に記載の方法。

【請求項12】

前記サブ冷却サイクルが、下記：

20

前記膨張したサブ冷却ガス流の50%を超えない部分を取り出し、その圧力を減圧弁内で約207～2070kPa(30～300psia)の範囲まで下げて1以上の減圧ガス流を生成すること；及び前記1以上の減圧ガス流を前記第1の熱交換器ゾーンに前記サブ冷却冷媒として通すことを含む、請求項9に記載の方法。

【請求項13】

前記1以上の減圧ガス流が、互いに異なる圧力を有する2以上の減圧ガス流を含む、請求項9に記載の方法。

【請求項14】

さらに下記：

前記第1の熱交換器ゾーンを出る前記サブ冷却冷媒流を圧縮すること；及び前記サブ冷却冷媒流を周囲温度の空気又は水との間接熱交換によって冷却してから前記サブ冷却冷媒を前記ガス流に添加することを含む、請求項9に記載の方法。

30

【請求項15】

前記膨張したサブ冷却ガス流の少なくとも一部をさらに膨張させてから分離タンクに送り、この分離タンクから液体天然ガスを取り出し、かつ残留ガス蒸気をフラッシュガス流として取り出す、請求項7に記載の方法。

【請求項16】

8274kPa(1,200psia)未満の圧力を有する、メタンに富む供給ガス流を液化するためのシステムであって、第1の熱交換器ゾーン及び第2の熱交換器ゾーンを含み、下記：

40

前記供給ガス流とほとんど同じ圧力を有する冷媒流；

混ぜ合わせた前記冷媒流と供給ガス流を少なくとも10342kPa(1,500psia)の圧力まで圧縮し、それによって圧縮された第2のガス流を形成する圧縮器；

前記圧縮された第2のガス流を周囲温度の空気又は水との間接熱交換によって冷却し、それによって圧縮され、冷却された第2のガス流を形成する冷却器

(この圧縮され、冷却された第2のガス流は、前記第2の熱交換器ゾーンに送られて、前記圧縮され、冷却された第2のガス流は周囲温度未満にさらに冷却され、それによって圧縮され、さらに冷却された第2のガス流を形成する)；

前記圧縮され、さらに冷却された第2のガス流を13790kPa(2,000psia)未満かつ前記第2のガス流が圧縮された圧力以下の圧力まで膨張させ、それによって膨張し、冷却された第2

50

のガス流を形成する少なくとも1つのワーク生成膨張器

(この膨張し、冷却された第2のガス流は、第1の膨張冷媒流と冷却ガス流に分けられる)

;

前記第1の膨張冷媒流を膨張させ、それによって第2の膨張冷媒流を生成する追加の少なくとも1つのワーク生成膨張器

(この第2の膨張冷媒流は、前記第1の熱交換器ゾーンに通されて第1の温冷媒流を形成し、その結果、前記第1の温冷媒流は、前記第1の熱交換器ゾーン内の最高流体温度より少なくとも2.8 (5°F)冷たい温度を有し;

前記冷却ガス流は、前記第1の熱交換器ゾーンに通されて、前記冷却ガス流の少なくとも一部が前記第2の膨張冷媒流との間接熱交換によって冷却され、それによって液化ガス流を形成し;

前記第1の温冷媒流は、前記第2の熱交換器ゾーンに送られて、前記圧縮され、冷却された第2のガス流を間接熱交換によって冷却し、それによって第2の温冷媒流を形成する); 及び

前記第2の温冷媒流を圧縮して前記冷媒流を生成する追加の圧縮器を含む、前記システム。

【請求項17】

前記第2のガス流が、少なくとも19305kPa(2,800psia)の圧力まで圧縮される、請求項16に記載のシステム。

【請求項18】

前記第2のガス流が、少なくとも2つの直列に配置された圧縮器内で少なくとも10342kPa(1,500psia)の圧力まで圧縮される、請求項16~17のいずれか1項に記載のシステム。

【請求項19】

前記少なくとも2つの直列に配置された圧縮器の少なくとも1つが、前記圧縮され、さらに冷却された第2のガス流を膨張させるために用いられる少なくとも1つのワーク生成膨張器により生成されるシャフトワークだけで駆動される、請求項18に記載のシステム。

【請求項20】

前記第1及び第2の各熱交換器ゾーンが1つ以上の熱交換器を含み、かつ前記第1の熱交換器ゾーンの1つ以上の熱交換器は、前記第2の熱交換器ゾーンの1つ以上の熱交換器と異なるタイプのものである、請求項16~19のいずれか1項に記載のシステム。

【請求項21】

前記第2の熱交換器ゾーンの熱交換器がプリント基板型熱交換器を含む、請求項20に記載のシステム。

【請求項22】

前記第1の温冷媒流が、前記第1の熱交換器ゾーン内の最高流体温度より少なくとも5.6 (10°F)冷たい温度を有する、請求項16~21のいずれか1項に記載のシステム。

【請求項23】

前記液化ガス流をさらに冷却し、それによってサブ冷却ガス流を形成するためのサブ冷却サイクルを前記第1の熱交換器ゾーンが含む、請求項16~22のいずれか1項に記載のシステム。

【請求項24】

前記サブ冷却ガス流を345kPa(50psia)以上かつ3103kPa(450psia)以下の圧力まで膨張させて、膨張したサブ冷却ガス流を生成するように構成された膨張器をさらに含み、かつ前記膨張器は水タービンを含む、請求項16~23のいずれか1項に記載のシステム。

【請求項25】

前記サブ冷却サイクルが、冷媒として窒素を用いる閉ループ気相冷媒サイクルを含む、請求項23に記載のシステム。

【請求項26】

さらに下記:

前記膨張したサブ冷却ガス流の50%を超えない部分の圧力を約207~2070kPa(30~300psia)

10

20

30

40

50

の範囲まで下げ、それによって1以上の減圧ガス流を生成するように構成された減圧弁を含み、

前記1以上の減圧ガス流は、前記第1の熱交換器ゾーンに前記サブ冷却冷媒流として通される、請求項23に記載のシステム。

【請求項27】

前記1以上の減圧ガス流が、互いに異なる圧力を有する2以上の減圧ガス流を含む、請求項26に記載のシステム。

【請求項28】

さらに下記：

前記第1の熱交換器ゾーンを出る前記サブ冷却冷媒流を圧縮するように構成されたサブ冷却圧縮器；及び

前記サブ冷却冷媒流を周囲温度の空気又は水との間接熱交換によって冷却するように構成された外部冷却ユニット

を含む、請求項23に記載のシステム。

【請求項29】

さらに下記：

前記膨張したサブ冷却ガス流の少なくとも一部をさらに膨張させるように構成された追加の膨張器；及び

前記膨張したサブ冷却ガス流が、前記追加の膨張器を通った後に送られる分離タンクを含む、請求項24に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本出願は、2017年9月29日に発明の名称「高圧膨張プロセスによる天然ガス液化」で提出された米国特許願第62/565,733号の優先権の利益を主張し、その内容全体を参照することにより本明細書に援用する。

本出願は、これと共同所有され、同日付で発明の名称「高圧膨張プロセスによる天然ガス液化」で提出された米国仮出願第62/565,725号に関連し、その開示内容全体を参照することにより本明細書に援用する。

【背景技術】

【0002】

背景

開示の分野

本開示は、一般的に液化天然ガス(LNG)生成に関する。より詳細には、本開示は、高圧でのLNG生成に関する。

【0003】

関連技術の説明

このセクションは、本開示と関連し得る技術分野の種々の態様を導入することを意図する。この議論は、本開示の特定の態様のより良い理解を容易にするための枠組みを提供することを意図する。従って、このセクションは、この観点から判断すべきであり、必ずしも先行技術の承認と判断すべきでないことを理解すべきである。

天然ガスは、そのクリーンな燃焼性及び利便性のために近年広く使用されるようになってきた。多くの天然ガス供給源は、ガスのあらゆる商業市場から遠距離にある遠隔地域に位置する。生成された天然ガスを商業市場まで輸送するのにパイプラインが利用可能なこともある。パイプライン輸送が実現可能でないときには、生成された天然ガスは、市場に輸送するために液化天然ガス(LNG)に加工されることが多い。

【0004】

LNGプラントの設計において、最も重要な考慮事項の1つは、天然ガス供給流をLNGに変換するためのプロセスである。現在、最も一般的な液化プロセスは、何らかの形態の冷媒

10

20

30

40

50

システムを用いる。天然ガスを液化するために多くの冷媒サイクルが使用されているが、LNGプラントにおいて今日最も一般的に使用されている3のタイプは、(1)連続的に配置された熱交換器において複数の単成分冷媒を用いてガスの温度を液化温度まで下げる「カスケードサイクル」、(2)特別に設計された交換器において多成分冷媒を使用する「多成分冷媒サイクル」、及び(3)ガスを供給ガス圧から低圧まで膨張させ、対応して温度が低下する「膨張器サイクル」である。大抵の天然ガス液化サイクルは、これら3つの基本タイプの変形又は組み合わせを使用する。

【0005】

多成分冷媒サイクルでは、液化プロセスに用いる冷媒は、メタン、エタン、プロパン、ブタン、及び窒素等の成分の混合物を含んでよい。「カスケードサイクル」では、冷媒は、プロパン、エチレン、又は窒素等の純物質であってもよい。組成を綿密に制御しながらかなりの体積のこれらの冷媒が必要とされる。さらに、該冷媒は、特に遠隔地でのLNG生成のためには輸入及び貯蔵しなければならないことがあり、これには物流要件が課される。代わりに、典型的に液化プロセスと統合した蒸留プロセスによって冷媒の成分の一部を調製してもよい。

【0006】

供給ガスの冷却を可能にし、それによって冷媒の取扱いの物流問題を排除又は軽減するためのガス膨張器の使用は、場合によっては冷媒ベースの冷却より利点があると認められる。膨張器システムは、膨張タービンを介して冷媒ガスを膨張させ、それによって仕事を実行してガスの温度を下げるができるという原理に基づいて作動する。低温ガスは、次に供給ガスと熱交換されて、必要とされる冷媒をもたらし、ガス膨張器内の冷却膨張から得られる力を用いて、冷媒サイクルで使用される主圧縮力の一部を供給することができる。LNGを製造するための典型的な膨張器サイクルは、典型的に約6,895kPa(1,000psia)未満の供給ガス圧で作動する。供給ガスを完全に液化するためには典型的に補足冷媒が必要とされ、これは追加の冷媒システム、例えば二次冷却及び/又はサブ冷却ループによって提供可能である。例えば、米国特許第6,412,302号及び米国特許第5,916,260号は、サブ冷却ループに冷媒として窒素を使用する膨張器サイクルを提案している。

【0007】

しかしながら、以前に提案された膨張器サイクルは全て、冷媒システムをベースとする現在の天然ガス液化サイクルより熱力学的に効率が悪い。従って膨張器サイクルは今までに如何なる設置コスト優位性をも提供せず、冷媒を必要とする液化サイクルが未だに天然ガス液化のための好ましい選択肢である。

膨張器サイクルは、一次冷却(温かい)段階にとって高い再循環ガス流流速及び高い非効率性をもたらすので、ガス膨張器は典型的に、例えば、閉サイクルで外部冷媒を用いて、供給ガスを-20℃を十分に下回る温度に予冷した後にそれをさらに冷却するために使用されている。従って、大抵の提案された膨張器サイクルの共通因子は、ガスが膨張器に入る前にガスを予冷するための第2の外部冷媒サイクルの必要性である。このような組み合わせられた外部冷媒サイクルと膨張器サイクルは、「ハイブリッドサイクル」と呼ばれることがある。このような冷媒ベースの予冷は、膨張器を使用することの非効率性の主要原因を排除するが、膨張器サイクルの利益、すなわち外部冷媒の排除を大いに減じる。

【0008】

米国特許出願US2009/0217701は、外部冷媒の必要性を排除し、かつ現在使用中の冷媒ベースのサイクルに少なくとも匹敵するように効率を改善するために一次冷却ループ内で高圧を用いるという概念を導入した。米国特許出願US2009/0217701で開示された高圧膨張器プロセス(HPXP)は、他の膨張器サイクルと区別される様式で高圧膨張器を使用する膨張器サイクルである。供給ガス流の一部を抽出し、開ループ又は閉ループ冷媒サイクルのどちらかで冷媒として用いて、供給ガス流をその臨界温度未満に冷却することができる。代わりに、LNGボイルオフガスの一部を抽出し、閉ループ冷媒サイクルで冷媒として用いて、供給ガス流をその臨界温度未満に冷却することができる。この冷媒サイクルは一次冷却ループと呼ばれる。一次冷却ループの後に、さらに供給ガスを冷却するように作用するサブ

10

20

30

40

50

冷却ループが続く。一次冷却ループ内で、冷媒は10342kPa(1,500psia)超の圧力、さらに好ましくは、約20664kPa(3,000psia)の圧力まで圧縮される。次に冷媒は、周囲冷却媒体(空気又は水)に接して冷却された後、ほとんど等エントロピー的に膨張して、供給ガスを液化するのに必要な冷たい冷媒をもたらす。

【 0 0 0 9 】

図1は、公知のHPXP液化プロセス100の例を示し、US2009/0217701に開示された1つ以上のプロセスに類似する。図1では、膨張器ループ102(すなわち、膨張器サイクル)及びサブ冷却ループ104が用いられる。供給ガス流106は、約8274kPa(1,200psia)未満、又は約7584kPa(1,100psia)未満、又は約6,895kPa(1,000psia)未満、又は約6205kPa(900psia)未満、又は約5516kPa(800psia)未満、又は約4826kPa(700psia)未満、又は約4137kPa(600psia)未満の圧力でHPXP液化プロセスに入る。典型的に供給ガス流106の圧力は約5516kPa(800psia)である。供給ガス流106は、一般的に、技術上周知のプロセス及び機器を用いて処理して汚染物が除去された天然ガスを含む。

10

【 0 0 1 0 】

膨張器ループ102では、圧縮ユニット108が冷媒流109(処理済みガス流であり得る)を約10342kPa(1,500psia)以上の圧力まで圧縮し、このようにして圧縮冷媒流110を与える。代わりに、冷媒流109を約11032kPa(1,600psia)以上、又は約11721kPa(1,700psia)以上、又は約12411kPa(1,800psia)以上、又は約13100kPa(1,900psia)以上、又は約13790kPa(2,000psia)以上、又は約17237kPa(2,500psia)以上、又は約20684kPa(3,000psia)以上の圧力まで圧縮し、このようにして圧縮冷媒流110を与えることができる。圧縮ユニット108を出た後、圧縮冷媒流110は冷却器112に送られ、そこで適切な冷却流体との間接熱交換によって冷却されて、圧縮され、冷却された冷媒流114を与える。冷却器112は、冷却流体として水又は空気を与えるタイプのものであってよいが、いずれのタイプの冷却器をも使用することができる。圧縮され、冷却された冷媒流114の温度は、使用する周囲条件及び冷却媒体によって決まり、典型的には約1.67 (35 °F) ~ 約40.56 (105 °F)である。圧縮され、冷却された冷媒流114は、次に膨張器116に送られ、そこで膨張し、引き続き冷却されて、膨張した冷媒流118を形成する。膨張器116は、圧縮のために抽出及び使用し得るワークを生成するワーク膨張装置、例えばガス膨張器である。膨張した冷媒流118は第1の熱交換器120に送られ、第1の熱交換器120のための冷却能力の少なくとも一部をもたらす。第1の熱交換器120を出るとすぐに、膨張した冷媒流118は、加圧のための圧縮ユニット122に供給されて冷媒流109を形成する。

20

30

【 0 0 1 1 】

供給ガス流106は、第1の熱交換器120の中を流れて、膨張した冷媒流118との間接熱交換によって少なくとも部分的に冷却される。第1の熱交換器120を出た後、供給ガス流106は第2の熱交換器124に送られる。第2の熱交換器124の主要機能は、供給ガス流をサブ冷却することである。従って、第2の熱交換器124では、供給ガス流106はサブ冷却ループ104(後述する)によってサブ冷却されてサブ冷却流126を生成する。次にサブ冷却流126は、膨張器128内でより低い圧力まで膨張して液体フラクシオンと残留蒸気フラクシオンを形成する。膨張器128は、いずれの減圧装置であってもよく、限定するものではないが、弁、制御弁、ジュールトムソン弁、ベンチュリ装置、液体膨張器、水力タービン等が挙げられる。今やより低い圧力であり、部分的に液化されているサブ冷却流126は、サージタンク130に送られ、そこで液化フラクシオン132は、沸点圧力に対応する温度を有するLNG流134としてプロセスから取り出される。残留蒸気フラクシオン(フラッシュ蒸気)流136は、圧縮にユニットに動力を供給する燃料として利用可能である。

40

【 0 0 1 2 】

サブ冷却ループ104内では、膨張したサブ冷却冷媒流138(好ましくは窒素を含む)は、膨張器140から排出され、第2及び第1の熱交換器124、120を通過して引き出される。膨張したサブ冷却冷媒流138は、次に圧縮ユニット142に送られて、より高い圧力に再圧縮され、温められる。圧縮ユニット142を出た後、再圧縮されたサブ冷却冷媒流144は、冷却器146内で冷却される。冷却器146は、冷却器112と同じタイプのものであってよいが、いずれのタ

50

イブの冷却器を使用してもよい。冷却後、再圧縮されたサブ冷却冷媒流は、第1の熱交換器120に送られて、膨張した冷媒流118及び膨張したサブ冷却冷媒流138との間接熱交換によってさらに冷却される。第1の熱交換器120を出た後、再圧縮かつ冷却されたサブ冷却冷媒流は、膨張器140を通して膨張して冷却流をもたらす、この冷却流は、次に第2の熱交換器124を通り抜けて、供給ガス流の、最終的に膨張してLNGを生成することになる部分をサブ冷却する。

【0013】

米国特許出願US2010/0107684は、外部冷却を追加して圧縮冷媒を周囲条件未満の温度までさらに冷却すると、特定状況では外部冷却に伴って追加される機器を正当化する顕著な利点をもたらすという発見を通じたHPXPの性能への改善を開示した。上記特許出願に記載されるHPXPの実施形態は、単一混合冷媒プロセスのような代替混合外部冷媒LNG生成プロセスと同程度に働く。しかしながら、HPXPの効率のみならず、全体的なトレイン(train)能力をさらに改善する必要性が残っている。特に供給ガス圧力が8274kPa(1,200psia)未満である場合のHPXPの効率を改善する必要性が残っている。

10

【0014】

米国特許出願2010/0186445は、31026kPa(4,500psia)までの供給原料圧縮をHPXPに組み入れることを開示した。HPXPの一次冷却ループにおいて供給ガスを液化する前に該ガスを圧縮することは、全体的なプロセス効率を高めるという利点を有する。所与の生成率のため、このことは小型機器の使用を可能にする一次冷却ループ内での冷媒の所要流速を顕著に低減するという利点をも有し、フローティングLNG用途に特に魅力的である。さらに、供給原料圧縮は、一次冷却ループ及びサブ冷却ループに向かう固定量の力のために30%より多くHPXPトレインのLNG生成率を高める手段を提供する。生成率のこの順応性は、この場合もやはり、冷媒ループドライバの選択を所望生成率と調和させる際に地上配備用途より制限されるフローティングLNG用途に特に魅力的である。供給ガスを高圧で液化することは利点を有するが、10342kPa(1,500psia)超の液化圧力のため一次冷却及びサブ冷却ループに適した極低温熱交換器の選択は、コスト、重量が非常に大きく、流体加工能力が低下した選択肢に限定されることが分かった。例えば、31026kPa(4,500psia)超の圧力で作動できるプリント基板型熱交換器の使用は、実績済み作動圧力が10342kPa(1,500psia)未満である、より広く調達されるろう付けアルミニウム熱交換器タイプに比べてプロジェクトコストを著しく高くすることが分かった。コストのこの顕著な増加は、供給原料圧縮の実際の適用を10342kPa(1,500psia)までに制限する可能性がある。従って、供給原料圧縮又は10342kPa(1,500psia)超の供給原料圧縮を必要とせずにHPXPをさらに改善する必要性が残っている。さらに、プリント基板型熱交換器のような高コストの主極低温熱交換器を必要とせずに、HPXPで相当な供給原料圧縮の使用を可能にするためのさらなる必要性が残っている。

20

30

【発明の概要】

【0015】

概要

本開示は、メタンに富む供給ガス流を液化する方法であって、下記工程：8274kPa(1,200psia)未満の圧力で供給ガス流を準備すること；この供給ガス流とほとんど同じ圧力で冷媒流を準備すること；供給ガス流を冷媒流と混合して第2のガス流を形成すること；この第2のガス流を少なくとも10342kPa(1,500psia)の圧力まで圧縮して、圧縮された第2のガス流を形成すること；この圧縮された第2のガス流を周囲温度の空気又は水との間接熱交換によって冷却して、圧縮され、冷却された第2のガス流を形成すること；この圧縮され、冷却された第2のガス流を第2の熱交換器ゾーンに送って、圧縮され、冷却された第2のガス流を周囲温度未満にさらに冷却し、それによって圧縮され、さらに冷却された第2のガス流を生成すること；この圧縮され、さらに冷却された第2のガス流を少なくとも1つのワーク生成膨張器内で13790kPa(2,000psia)未満かつ第2のガス流が圧縮された圧力以下の圧力まで膨張させ、それによって膨張し、冷却された第2のガス流を形成すること；この膨張し、冷却された第2のガス流を第1の膨張冷媒流と冷却ガス流に分けること；第1の膨

40

50

張冷媒流を少なくとも1つのワーク生成膨張器内で膨張させ、それによって第2の膨張冷媒流を生成すること；この第2の膨張冷媒流を第1の熱交換器ゾーンに通して第1の温冷媒流を形成すること（その結果、第1の温冷媒流は、第1の熱交換器ゾーン内の最高流体温度より少なくとも2.8（5°F）冷たい温度を有する）；冷却ガス流を第1の熱交換器ゾーンに通して、冷却ガス流の少なくとも一部を第2の膨張冷媒流との間接熱交換によって冷却し、それによって液化ガス流を形成すること；第1の温冷媒流を第2の熱交換器ゾーンに送って、圧縮され、冷却された第2のガス流を間接熱交換によって冷却し、それによって第2の温冷媒流を形成すること；及びこの第2の温冷媒流を圧縮して冷媒流を生成することを含む方法を提供する。

【0016】

本開示は、8274kPa(1,200psia)未満の圧力を有する、メタンに富む供給ガス流を液化するためのシステムであって、第1の熱交換器ゾーン及び第2の熱交換器ゾーンを含むシステムをも提供する。このシステムは、下記：供給ガス流とほとんど同じ圧力を有する冷媒流；混ぜ合わせた冷媒流と供給ガス流を少なくとも10342kPa(1,500psia)の圧力まで圧縮し、それによって圧縮された第2のガス流を形成する圧縮器；この圧縮された第2のガス流を周囲温度の空気又は水との間接熱交換によって冷却し、それによって圧縮され、冷却された第2のガス流を形成する冷却器（この圧縮され、冷却された第2のガス流は、第2の熱交換器ゾーンに送られて、圧縮され、冷却された第2のガス流は周囲温度未満にさらに冷却され、それによって圧縮され、さらに冷却された第2のガス流を生成する）；この圧縮され、さらに冷却された第2のガス流を13790kPa(2,000psia)未満かつ第2のガス流が圧縮された圧力以下の圧力まで膨張させ、それによって膨張し、冷却された第2のガス流を形成する少なくとも1つのワーク生成膨張器（この膨張し、冷却された第2のガス流は、第1の膨張冷媒流と冷却ガス流に分けられる）；第1の膨張冷媒流を膨張させ、それによって第2の膨張冷媒流を生成する追加の少なくとも1つのワーク生成膨張器（この第2の膨張冷媒流は、第1の熱交換器ゾーンに通されて第1の温冷媒流を形成し、その結果、この第1の温冷媒流は、第1の熱交換器ゾーン内の最高流体温度より少なくとも2.8（5°F）冷たい温度を有し；冷却ガス流は、第1の熱交換器ゾーンに通されて、冷却ガス流の少なくとも一部が第2の膨張冷媒流との間接熱交換によって冷却され、それによって液化ガス流を形成し；第1の温冷媒流は、第2の熱交換器ゾーンに送られて、圧縮され、冷却された第2のガス流を間接熱交換によって冷却し、それによって第2の温冷媒流を形成する）；及びこの第2の温冷媒流を圧縮して冷媒流を生成する追加の圧縮器を含む。

【0017】

上記は、以下の詳細な説明をより良く理解できるように本開示の特徴の概要を広範に述べた。本明細書にはさらなる特徴についても記載する。

本開示のこれら及び他の特徴、態様並びに利点は、下記説明、添付の特許請求の範囲及び以下に簡単に説明する添付図面から明らかになる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】既知の原理に従うLNG生成のためのシステムの模式図である。

【図2】開示態様に従うLNG生成のためのシステムの模式図である。

【図3】開示態様に従うLNG生成のためのシステムの模式図である。

【図4】開示態様に従うLNG生成のためのシステムの模式図である。

【図5】開示態様に従うLNG生成のためのシステムの模式図である。

【図6】開示態様に従うLNG生成のためのシステムの模式図である。

【図7】開示態様に従うLNG生成のためのシステムの模式図である。

【図8】開示態様に従うLNG生成のためのシステムの模式図である。

【図9】開示態様に従うLNG生成のためのシステムの模式図である。

【図10】本開示の態様に従う方法の流れ図である。

【図11】本開示の態様に従う方法の流れ図である。

【図12】本開示の態様に従う方法の流れ図である。

10

20

30

40

50

【0019】

図は単なる例にすぎず、それによって本開示の範囲に制限を及ぼす意図でないことに留意すべきである。さらに、図は、一般的に正確な比率ではなく、本開示の種々の態様を説明する際の便宜及び明瞭さの目的で描かれる。

【発明を実施するための形態】

【0020】

詳細な説明

本開示の原理の理解を促すため、今からは図面に示した特徴を参照し、特定の言葉を用いて特徴を説明することになる。それにもかかわらず本開示の範囲は、それによって限定されない意図であるとの共通認識がある。本明細書に記載される開示の原理のいずれの変形形態及びさらなる変更形態、並びにいずれのさらなる適用も、本開示が関連する技術分野の当業者が一般的に気づくように企図される。分かりやすくするため、本開示に関係のない特徴は図面に示さないことがある。

10

【0021】

参照しやすいように、最初に、本出願で使用する特定の用語及びそれらの意味をこの文脈で説明する。本明細書で使用する用語を以下に定義しない限りは、少なくとも1つの刊行物又は交付済み特許にあるように当業者が当該用語に与えた最も広い定義を与えるべきである。さらに、同一又は類似の目的に役立つ全ての等価物、同義語、新たな開発、及び用語又は技術は、本請求項の範囲内であると考えられるので、以下に示す用語の用法によって限定されない。

20

【0022】

当業者には当然のことのよう、同一の特徴又は構成要素を人によって別の名称で言及することがある。本文書は、名称だけが異なる構成要素又は特徴を区別するよう意図しない。図は必ずしも正確な比率でない。本明細書の特定の特徴及び構成要素を規模を誇張するか又は模式的形態で示すことがあり、明瞭かつ便利にするため通常は示さないことがある。ここに記載の図面を参照するとき、簡単にするため同一の参照番号を複数の図で参照することがある。下記説明及び特許請求の範囲において、用語「含む(including)」及び「含む(comprising)」は、無制限様式で用いられ、従って、「含むが、これに限定されない」を意味するものと解釈すべきである。

30

冠詞「the」、「a」及び「an」は、必ずしも1のみを意味するものではなく、場合により、複数の該要素を含むように包括的かつ無制限である。

【0023】

本明細書で使用される場合、用語「約(approximately)」、「約(about)」、「実質的に」及び同様の用語は、本開示の主題が関係する当業者による一般的かつ認められている用法に合わせて広い意味を有する意図である。本開示を精査する当業者は、記載かつ主張された一定の特徴の記述を、これらの用語がこれらの特徴の範囲を提供された正確な数値範囲に限定することなく許容する意図であると理解すべきである。従って、これらの用語は、記載された主題の実質的でないか又は重要でない修正又は変更は本開示の範囲内であるとみなすことを示すと解釈すべきである。用語「ほとんど(near)」は、数又は量の2%以内、又は5%以内、又は10%以内を意味するつもりである。

40

本明細書で使用される場合、用語「圧縮ユニット」は、いずれか1つのタイプの圧縮機器又は類似若しくは異なるタイプの圧縮機器の組み合わせを意味し、物質又は物質の混合物を圧縮するための技術上周知の補助機器を含めてよい。「圧縮ユニット」は、1以上の圧縮段階を利用し得る。実例となる圧縮器としては、限定するものではないが、容積式タイプ、例えば往復式及び回転式圧縮器等、並びに動的タイプ、例えば遠心圧縮器及び軸流圧縮器等が挙げられる。

【0024】

本明細書では「典型的」を用いて、ただ「例、実例又は例証として役立つこと」を意味するだけである。本明細書で「典型的」と記載されるいずれの実施形態又は態様をも他の実施形態より好ましい又は有利であると解釈すべきでない。

50

用語「ガス」は、「蒸気」と互換的に使用され、液体又は固体状態と区別される気体状態の物質又は物質の混合物と定義される。同様に、用語「液体」は、ガス又は固体状態と区別される液体状態の物質又は物質の混合物を意味する。

本明細書で使用される場合、「熱交換領域」は、熱伝達を促進するための技術上周知のいずれか1つのタイプの機器又は類似若しくは異なるタイプの機器の組み合わせを意味する。従って、「熱交換領域」は、一体の機器内に包含されることがあり、又は複数の機器部品に包含される領域を含み得る。逆に、複数の熱交換領域が一体の機器内に包含されることがある。

【0025】

「炭化水素」は、主に水素元素と炭素元素を含むが、窒素、硫黄、酸素、金属又は任意の数の他の元素が少量存在することがある。本明細書で使用される場合、炭化水素は、一般的に天然ガス、油、又は化学加工施設に見られる成分を指す。

本明細書で使用される場合、「ループ」及び「サイクル」は互換的に使用される。

本明細書で使用される場合、「天然ガス」は、LNGの製造に適した気体原料を意味し、この原料は、主成分としてメタン(C1)を含有するメタンリッチガスである。天然ガスには、原油井から得られるガス(随伴ガス)又はガス井戸から得られるガス(非随伴ガス(non-associated gas))が含まれることがある。

【0026】

本開示は、天然ガス流及び他のメタンリッチガス流を液化して、液化天然ガス(LNG)及び/又は他の液化メタンリッチガスを生成するためのプロセス/方法及びシステムについて述べる。本開示の1以上の態様において、一次冷却ループは、2つの熱交換器ゾーンに分かれている。第1の熱交換器ゾーン内では、一次冷却ループ冷媒を用いて供給ガスを液化する。第2の熱交換器ゾーン内では、一次冷却ループ冷媒の全て又は一部を用いて高圧一次冷却ループ冷媒を冷却した後にこの冷媒を膨張させる。第1の熱交換器ゾーンは、第2の熱交換器ゾーンから物理的に離れている。さらに、第1の熱交換器ゾーンの熱交換器タイプは、第2の熱交換器ゾーンの熱交換器タイプと異なる。2つの別々の熱交換器ゾーンを有することの1つの利点は、2つのゾーン内の熱交換器のタイプが互いに異なり得ることである。非限定例として、第1の熱交換器ゾーンに用いる熱交換器(複数可)のタイプは、ろう付けアルミニウム熱交換器を含んでよく、第2の熱交換器ゾーンに用いる熱交換器(複数可)のタイプは、プリント基板型熱交換器を含んでよい。供給ガスの液化に必要な熱伝達の90%超が起こるのは第1の熱交換器内である。ここに低価格のろう付けアルミニウム熱交換器を使用すると、プロジェクトコストを削減する。非常に高価なプリント基板型熱交換器は、高圧冷媒の所要20664kPa(3,000psia)圧力で作動できるので、第2の熱交換器ゾーンで使用し得る。第2の熱交換器ゾーンでのプリント基板型熱交換器の使用は、それが比較的小さい熱交換器なので全体的なプロジェクトコストにそれほど大きく影響しない。これは、第2の熱交換器ゾーン内の熱伝達負荷は、第1の熱交換器ゾーンの熱伝達負荷よりかなり小さいからである。両熱交換器ゾーンは、複数の熱交換器を含むことがある。

【0027】

一態様では、本開示は、ガス流、特にメタンに富むガス流を液化する方法は、下記：(a) 8274kPa(1,200psia)未満の圧力でガス流を準備すること；(b) 10342kPa(1,500psia)以上の圧力を有する圧縮冷媒を準備すること；(c) この圧縮冷媒を周囲温度の空気又は水との間接熱交換によって冷却して、圧縮され、冷却された冷媒を生成すること；(d) この圧縮され、冷却された冷媒を第2の熱交換器ゾーンに送って、圧縮され、冷却された冷媒を周囲温度未満にさらに冷却して、圧縮され、さらに冷却された冷媒を生成すること；(e) この圧縮され、さらに冷却された冷媒を少なくとも1つのワーク生成膨張器内で膨張させ、それによって膨張した冷却冷媒を生成すること；(f) この膨張した冷却冷媒を第1の熱交換器ゾーンに通して第1の温冷媒を形成すること(それによって第1の温冷媒は、第1の熱交換器ゾーン内の最高流体温度より少なくとも2.8 (5°F)冷たい温度を有し、かつ第1の熱交換器ゾーンの熱交換器タイプは、第2の熱交換器ゾーンの熱交換器タイプと異なる)；(g) ガス流を第1の熱交換器ゾーンに通して、膨張した冷却冷媒との間接熱交換によってガ

10

20

30

40

50

ス流の少なくとも一部を冷却し、それによって液化ガス流を形成すること；(h)第1の温冷媒の少なくとも一部を第2の熱交換器ゾーンに通して間接熱交換によって、圧縮され、冷却された冷媒を冷却し、それによって第2の温冷媒を形成すること；及び(i)この第2の温冷媒を圧縮して圧縮冷媒を生成することを含む。

【0028】

別の態様では、ガス流を液化する方法は、下記：(a)8274kPa(1,200psia)未満の圧力でガス流を準備すること；(b)このガス流を少なくとも10342kPa(1,500psia)の圧力まで圧縮して圧縮ガス流を形成すること；(c)この圧縮ガス流を周囲温度の空気又は水との間接熱交換によって冷却して、圧縮され、冷却されたガス流を形成すること；(d)この圧縮され、冷却されたガス流を少なくとも1つのワーク生成膨張器内で13790kPa(2,000psia)未満かつ該ガス流が圧縮された圧力以下の圧力まで膨張させ、それによって冷却ガス流を形成すること；(e)10342kPa(1,500psia)以上の圧力を有する圧縮冷媒を準備すること；(f)この圧縮冷媒を周囲温度の空気又は水との間接熱交換によって冷却して、圧縮され、冷却された冷媒を生成すること；(g)この圧縮され、冷却された冷媒を第2の熱交換器ゾーンに送って、圧縮され、冷却された冷媒を周囲温度未満にさらに冷却して、圧縮され、さらに冷却された冷媒を生成すること；(h)この圧縮され、さらに冷却された冷媒を少なくとも1つのワーク生成膨張器内で膨張させ、それによって膨張した冷却冷媒を生成すること；(i)この膨張した冷却冷媒を第1の熱交換器ゾーンに通して第1の温冷媒を形成すること（それによって第1の温冷媒は、第1の熱交換器ゾーン内の最高流体温度より少なくとも2.8（5°F）冷たい温度を有し、かつ第1の熱交換器ゾーンの熱交換器タイプは、第2の熱交換器ゾーンの熱交換器タイプと異なる）；(j)冷却ガス流を第1の熱交換器ゾーンに通して、冷却ガス流の少なくとも一部を膨張した冷却冷媒との間接熱交換によって冷却し、それによって液化ガス流を形成すること；(k)第1の温冷媒を第2の熱交換器ゾーンに送って、圧縮された冷却冷媒を間接熱交換によって冷却し、それによって第2の温冷媒を形成すること；及び(l)この第2の温冷媒を圧縮して圧縮冷媒を生成することを含む。

10

20

【0029】

別の態様では、ガス流を液化する方法は、下記：(a)8274kPa(1,200psia)未満の圧力でガス流を準備すること；(b)このガス流とほとんど同じ圧力で冷媒流を準備すること；(c)ガス流を冷媒流と混合して第2のガス流を形成すること；(d)この第2のガス流を少なくとも10342kPa(1,500psia)の圧力まで圧縮して、圧縮された第2のガス流を形成すること；(e)この圧縮された第2のガス流を周囲温度の空気又は水との間接熱交換によって冷却して、圧縮され、冷却された第2のガス流を形成すること；(f)この圧縮され、冷却された第2のガス流を第2の熱交換器ゾーンに送って、圧縮され、冷却された第2のガス流を周囲温度未満にさらに冷却して、圧縮され、さらに冷却された第2のガス流を生成すること；(g)この圧縮され、さらに冷却された第2のガス流を少なくとも1つのワーク生成膨張器内で13790kPa(2,000psia)未満かつ第2のガス流が圧縮された圧力以下の圧力まで膨張させ、それによって膨張し、冷却された第2のガス流を形成すること；(h)この膨張し、冷却された第2のガス流を第1の膨張冷媒と冷却ガス流に分けること；(i)第1の膨張冷媒を少なくとも1つのワーク生成膨張器内で膨張させ、それによって第2の膨張冷媒を生成すること；(j)この第2の膨張冷媒を第1の熱交換器ゾーンに通して第1の温冷媒を形成すること（それによって第1の温冷媒は、第1の熱交換器ゾーン内の最高流体温度より少なくとも2.8（5°F）冷たい温度を有し、かつ第1の熱交換器ゾーンの熱交換器タイプは、第2の熱交換器ゾーンの熱交換器タイプと異なる）；(k)冷却ガス流を第1の熱交換器ゾーンに通して冷却ガス流の少なくとも一部を第2の膨張冷媒との間接熱交換によって冷却し、それによって液化ガス流を形成すること；(l)第1の温冷媒を第2の熱交換器ゾーンに送って、圧縮され、冷却された第2のガス流を間接熱交換によって冷却し、それによって第2の温冷媒を形成すること；及び(m)この第2の温冷媒を圧縮して冷媒流を生成することを含む。

30

40

【0030】

本開示の態様は、ガス流を第1の熱交換器ゾーンに送る前に、ガス流を11032kPa(1,600psia)以下の圧力まで圧縮してからこの圧縮ガス流を周囲温度の空気又は水との間接熱交換

50

によって冷却する追加工程を含むことがある。本開示の態様は、ガス流を第1の熱交換器ゾーンに送る前に、ガス流を外部冷却ユニット内での間接熱交換によって周囲温度未満の温度に冷却する追加工程を含むこともある。本開示の態様は、圧縮され、冷却された冷媒を第2の熱交換器ゾーンに送る前に、圧縮され、冷却された冷媒を外部冷却ユニットとの間接熱交換によって周囲温度未満の温度に冷却する追加工程を含むこともある。記載したこれらの追加工程は、単独で又は互いに組み合わせて利用可能である。

【0031】

本開示の態様は、HPXPの効率を大いに改善するために供給原料の圧縮が必要とされる既知の液化プロセスに勝るいくつかの利点を有する。対照的に、開示態様の効率は、既知の液化プロセスに従う同等の構造に対する効率より16%高い。本開示の態様は、第1の熱交換器ゾーンに高コストの主要極低温熱交換器を使用する必要なく、顕著な供給原料圧縮(10342kPa(1,500psia)超)を可能にするというさらなる利点を有し得る。開示方法による供給原料圧縮は、一次冷却及びサブ冷却ループに行く固定量の力のためHPXPトレインのLNG生成を25%超高める手段を提供し得る。本開示の態様は、供給ガスの圧縮サービス及び機器数を減らすために一次冷却ループのその一部を組み合わせるという利点をも有し得る。該実施形態は高効率及び小規模LNG用途に適したコンパクトな構造を可能にする。

10

【0032】

図2は、開示態様に従う液化システム200を示す模式図である。液化システム200は、膨張器ループと呼ばれることもある一次冷却ループ202を含む。この液化システムは、好ましくはサブ冷却冷媒として窒素を満たした閉じた冷却ループであるサブ冷却ループ204をも含む。一次冷却ループ202内で、膨張した冷却冷媒流205が第1の熱交換器ゾーン201に送られて、供給ガス流206と熱交換して第1の温冷媒流208を形成する。この第1の温冷媒流208の一部が第2の熱交換器ゾーン210に送られて、1つ以上の熱交換器210a内で、圧縮され、冷却された冷媒流212と熱交換して、圧縮され、冷却された冷媒流をさらに冷却して、第2の温冷媒流209及び圧縮され、さらに冷却された冷媒流213を形成する。この1つ以上の熱交換器210aは、プリント基板型熱交換器タイプ、シェルアンドチューブ熱交換器タイプ、又はその組み合わせであってよい。第2の熱交換器ゾーン内の熱交換器タイプは、10342kPa(1,500psia)超の設計圧力、さらに好ましくは、13790kPa(2,000psia)超の設計圧力、さらに好ましくは、20664kPa(3,000psia)超の設計圧力を有し得る。

20

【0033】

第2の熱交換器ゾーン210に送られた第1の温冷媒流208の部分は、第1の熱交換器ゾーン201内の最高流体温度より少なくとも2.8 (5°F)冷たい、さらに好ましくは、少なくとも5.6 (10°F)冷たい、さらに好ましくは、少なくとも8.3 (15°F)冷たい温度を有する。第1の熱交換器ゾーン内にとどまり得る第1の温冷媒流208の部分(参照番号208aで示される)は、さらに供給ガス流と熱交換して第3の温冷媒流214を形成する。第2の熱交換器ゾーン210からの第2の温冷媒流209を、第1の熱交換器ゾーン201からの第3の温冷媒流214と合わせて第4の温冷媒流216を生成し得る。この第4の温冷媒流は、1以上の圧縮ユニット218、220内で10342kPa(1,500psia)超の圧力、さらに好ましくは、約20664kPa(3,000psia)の圧力まで圧縮されて圧縮冷媒流222を形成する。圧縮冷媒流222は、次に冷却器224内で周囲冷却媒体(空気又は水)に接して冷却されて、圧縮され、冷却された冷媒流212を生成する。冷却器224は、前述した冷却器112と同様であってよい。圧縮され、さらに冷却された冷媒流213は、膨張器226内でほとんど等エントロピー的に膨張して、膨張した冷却冷媒流205を生成する。膨張器226は、圧縮のために抽出かつ使用し得るワークを生成するワーク膨張装置、例えばガス膨張器であってよい。

30

40

【0034】

第1の熱交換器ゾーン201は、複数の熱交換装置を含んでよく、図2に示す態様では、第1の熱交換器ゾーンは、第1及び第2の主熱交換器232、234を含み、かつサブ冷却熱交換器236は、膨張した冷却冷媒205と熱交換する。これらの熱交換器は、ろう付けアルミニウム熱交換器タイプ、プレートフィン熱交換器タイプ、渦巻き形熱交換器タイプ、又はその組み合わせであってよい。サブ冷却ループ204内で、膨張したサブ冷却冷媒流238(好ましくは

50

窒素を含む)が膨張器240から排出され、サブ冷却熱交換器236、第2及び第1の主熱交換器234、232を通過して引き出される。膨張したサブ冷却冷媒流238は、次に圧縮ユニット242に送られ、そこでより高い圧力に再圧縮され、温められる。圧縮ユニット242を出た後、再圧縮されたサブ冷却冷媒流244は冷却器246内で冷却される。冷却器246は、冷却器224と同じタイプのものであってよいが、いずれのタイプの冷却器を使用してもよい。冷却後、再圧縮されたサブ冷却冷媒流は、第1及び第2の主熱交換器232、234を通り抜け、その中で温冷媒流208及び膨張したサブ冷却冷媒流238の一部又は全てとの間接熱交換によってさらに冷却される。第1の熱交換領域201を出た後、再圧縮かつ冷却されたサブ冷却冷媒流は膨張器240を通過して膨張して、膨張したサブ冷却冷媒流238をもたらす。これは、本明細書に記載どおりに第1の熱交換器ゾーンを通過して再循環される。このように、供給ガス流206は、第1の熱交換器ゾーン201内で冷却、液化及びサブ冷却されてサブ冷却ガス流248を生成する。サブ冷却ガス流248は、次に膨張器250内でより低い圧力まで膨張して液化フラクシオンと残留蒸気フラクシオンを形成する。膨張器250は、いずれの減圧装置であってもよく、限定するものではないが、弁、制御弁、ジュールトムソン弁、ベンチュリ装置、液体膨張器、水力タービン等が挙げられる。今やより低い圧力であり、部分的に液化されているサブ冷却流248は、サージタンク252に送られ、そこで液化フラクシオン254は、沸点圧力に対応する温度を有するLNG流256としてプロセスから取り出される。残留蒸気フラクシオン(フラッシュ蒸気)流258は、圧縮ユニットに動力を供給する燃料として使用可能である。

10

20

【0035】

図3は、本開示の別の態様に従う液化システム300を示す模式図である。液化システム300は液化システム200に類似しており、簡単にするため、同様に描かれるか又は番号が付されている構成要素についてはさらに述べないことがある。液化システム300は一次冷却ループ302及びサブ冷却ループ304を含む。液化システム300は第1及び第2の熱交換器ゾーン301、310をも含む。液化システム200とは対照的に、第1の温冷媒308の全てが第2の熱交換器ゾーン310に送られて、1つ以上の熱交換器310a内で、圧縮された冷却冷媒流312と熱交換して第2の温冷媒309を形成する。

【0036】

第1の温冷媒流308は、第1の熱交換器ゾーン内の最高流体温度より少なくとも2.8 (5 °F)冷たい、さらに好ましくは、少なくとも5.6 (10 °F)冷たい、さらに好ましくは、少なくとも8.3 (15 °F)冷たい温度を有する。第2の温冷媒流309を1以上の圧縮器318、320内で10342kPa(1,500psia)超の圧力、さらに好ましくは、約20664kPa(3,000psia)の圧力まで圧縮し、それによって圧縮冷媒流322を形成してよい。圧縮冷媒流322は、次に周囲冷却媒体(空気又は水)に接して冷却されて、圧縮され、冷却された冷媒流312を生成し、これは第2の熱交換器ゾーン310に送られる。圧縮され、さらに冷却された冷媒流313は、膨張器326内でほとんど等エントロピー的に膨張して、膨張した冷却冷媒流305を生成する。

30

【0037】

供給ガス流306は、主熱交換器332及びサブ冷却熱交換器336を含む第1の熱交換領域301を通過して送られる。第1の温冷媒308の全てが第2の熱交換器ゾーン310に送られるので、第1の熱交換器ゾーン301内の主熱交換器の数を減らすことができる。サブ冷却ループ304内で、膨張したサブ冷却冷媒流338(好ましくは窒素を含む)が膨張器340から排出され、サブ冷却熱交換器336及び主熱交換器332を通過して引き出される。膨張したサブ冷却冷媒流338は、次に圧縮ユニット342に送られ、そこでより高い圧力まで再圧縮され、温められる。圧縮ユニット342を出た後、再圧縮されたサブ冷却冷媒流344は、冷却器346内で冷却される。冷却器346は、冷却器324と同じタイプであってよいが、いずれのタイプの冷却器を使用してもよい。冷却後、再圧縮されたサブ冷却冷媒流は、主熱交換器232を通り抜け、その中で、膨張した冷却冷媒流305及び膨張したサブ冷却冷媒流338の一部又は全てとの間接熱交換によってさらに冷却される。第1の熱交換領域301を出た後、再圧縮かつ冷却されたサブ冷却冷媒流は、膨張器340を通過して膨張して、膨張したサブ冷却冷媒流338をもたらす。これは、本明細書に記載どおりに第1の熱交換領域を通過して再循環される。このように

40

50

、供給ガス流306は、第1の熱交換器ゾーン301内で冷却、液化及びサブ冷却されてサブ冷却ガス流348を生成する。サブ冷却ガス流348は、次に膨張器350内でより低い圧力まで膨張して液化フラクションと残留蒸気フラクションを形成する。膨張器350は、いずれの減圧装置であってもよく、限定するものではないが、弁、制御弁、ジュールトムソン弁、ベンチュリ装置、液体膨張器、水力タービン等が挙げられる。今やより低い圧力であり、かつ部分的に液化されているサブ冷却流348は、サージタンク352に送られ、そこで液化フラクション354は、沸点圧力に対応する温度を有するLNG流356としてプロセスから取り出される。残留蒸気フラクション(フラッシュ蒸気)流358は、圧縮ユニットに動力を供給する燃料として使用可能である。

【0038】

図4は、本開示の別の態様に従う液化システム400を示す模式図である。液化システム400は液化システム200に類似しており、簡単にするため、同様に描かれるか又は番号が付されている構成要素についてはさらに述べないことがある。液化システム400は、一次冷却ループ402及びサブ冷却ループ404を含む。液化システム400は、第1及び第2の熱交換器ゾーン401、410をも含む。液化システム400では、サブ冷却ループ404は、開いた冷却ループであり、そこで、膨張したサブ冷却ガス流448の一部449が再循環され、サブ冷却冷媒流として用いられる。詳細には、膨張したサブ冷却ガス流の一部449は、以前に述べたように第1の熱交換器ゾーン401を通して送られた後、圧縮器442内で圧縮され、冷却器446内で冷却され、供給ガス流406中に再び挿入される。このサブ冷却冷媒流は、図のように、1つの流れであってよく、或いは異なる圧力の複数の流れを含んでもよく、例えば、膨張したサブ冷却ガス流の50%以下の部分がそれで、1以上の減圧弁を通してその圧力を約207~2070kPa(30~300psia)の範囲まで下げ、それによって1以上の減圧ガス流を生成することができる。減圧ガス流を次にサブ冷却冷媒として第1の熱交換器ゾーンに通すことができる。複数の流れを有すると、サブ冷却プロセスの効率を改善する。代わりに、このサブ冷却ループを閉じた冷却ループとなるように構成してよい。

【0039】

図5は、本開示の別の態様に従う液化システム500を示す模式図である。液化システム500は液化システム200に類似しており、簡単にするため、同様に描かれるか又は番号が付されている構成要素についてはさらに述べないことがある。液化システム500は一次冷却ループ502及びサブ冷却ループ504を含む。液化システム500は第1及び第2の熱交換器ゾーン501、510をも含む。液化システム500の流れは、供給ガス流506を圧縮器560内で圧縮してから、圧縮された供給ガス561を、冷却器562を用いて周囲空気又は水で冷却して、冷却され、圧縮された供給ガス流563を生成する追加工程を含む。供給ガスの圧縮を利用して液化プロセスの全効率を改善し、LNG生成量を増やすことができる。

【0040】

図6は、本開示の別の態様に従う液化システム600を示す模式図である。液化システム600は液化システム300に類似しており、簡単にするため、同様に描かれるか又は番号が付されている構成要素についてはさらに述べないことがある。液化システム600は一次冷却ループ602及びサブ冷却ループ604を含む。液化システム600は第1及び第2の熱交換器ゾーン601、610をも含む。液化システム600は、外部冷却ユニット665内で供給ガス流606を周囲温度未満の温度に冷却して冷却ガス流667を生成する追加工程を含む。冷却ガス流667は、次に前述したように第1の熱交換器ゾーン601に送られる。図6に示すように供給ガスの冷却工程を用いて液化プロセスの全効率を改善し、LNG生成量を増やすことができる。

【0041】

図7は、本開示の別の態様に従う液化システム700を示す模式図である。液化システム700は液化システム200に類似しており、簡単にするため、同様に描かれるか又は番号が付されている構成要素についてはさらに述べないことがある。液化システム700は一次冷却ループ702及びサブ冷却ループ704を含む。液化システム700は第1及び第2の熱交換器ゾーン701、710をも含む。液化システム700は、圧縮された冷却冷媒712を一次冷却ループ702内で外部冷却ユニット770を用いて周囲温度未満の温度に冷却し、それによって圧縮された冷

10

20

30

40

50

却冷媒772を生成する追加工程を含む。圧縮された冷却冷媒772は、次に前述したように第2の熱交換器ゾーン710に送られる。外部冷却ユニットを用いて、圧縮された冷却冷媒をさらに冷却する工程を用いて液化プロセスの全効率を改善し、LNG生成量を増やすことができる。

【0042】

図8は、本開示の別の態様に従う液化システム800を示す模式図である。液化システム800は液化システム300に類似しており、簡単にするため、同様に描かれるか又は番号が付されている構成要素についてはさらに述べないことがある。液化システム800は一次冷却ループ802及びサブ冷却ループ804を含む。液化システム800は第1及び第2の熱交換器ゾーン801、810をも含む。液化システム800では、供給ガス流806は、圧縮器860内で少なくとも10342kPa(1,500psia)の圧力まで圧縮されて圧縮ガス流861を形成する。外部冷却ユニット862を用いて、圧縮ガス流861は、周囲温度の空気又は水との間接熱交換によって冷却されて、圧縮された冷却ガス流863を形成する。この圧縮された冷却ガス流863は、少なくとも1つのワーク生成膨張器874内で、13790kPa(2,000psia)未満であるが、このガス流が圧縮された圧力以下の圧力まで膨張し、それによって冷却ガス流876を形成する。冷却ガス流876は、次に第1の熱交換器ゾーン801に送られ、そこで前述したように一次冷却冷媒及びサブ冷却冷媒を用いて冷却ガス流を液化する。

【0043】

サブ冷却ループ804は、好ましくはサブ冷却冷媒流として窒素を満たした閉じた冷却ループである。一次冷却ループ802内で、膨張した冷却冷媒流805が第1の熱交換器ゾーン801に送られて、冷却ガス流876と熱交換して第1の温冷媒流808を形成する。第1の温冷媒流808は第2の熱交換器ゾーン810に送られて、圧縮された冷却冷媒流825と熱交換して、圧縮された冷却冷媒流825をさらに冷却し、それによって第2の温冷媒流809及び圧縮され、さらに冷却された冷媒流813を形成する。第1の温冷媒流808は、第1の熱交換器ゾーン801内の最高流体温度より少なくとも2.8 (5°F)冷たい、さらに好ましくは、少なくとも5.6 (10°F)冷たい、さらに好ましくは、少なくとも8.3 (15°F)冷たい温度を有する。1以上の圧縮器818、820を用いて、第2の温冷媒流809は、10342kPa(1,500psia)超の圧力、さらに好ましくは、約20664kPa(3,000psia)の圧力まで圧縮されて圧縮冷媒流822を形成する。圧縮冷媒流822は、次に外部冷却ユニット824内で周囲冷却媒体(空気又は水)に接して冷却されて、圧縮された冷却冷媒流825を生成する。第2の熱交換領域810を通して送られた後、圧縮され、さらに冷却された冷媒流は、膨張器826内でほとんど等エントロピー的に膨張して、膨張した冷却冷媒805を生成する。第1の熱交換器ゾーン内で冷却ガス流876は液化及びサブ冷却されてサブ冷却ガス流848を生成する。これは、前述したようにさらに加工される。

【0044】

図9は、本開示のさらに別の態様に従う液化システム900を示す模式図である。液化システム900は、先に開示した液化システムと類似の構造及び構成要素を含有し、簡単にするため、同様に描かれるか又は番号が付されている構成要素についてはさらに述べないことがある。液化システム900は一次冷却ループ902及びサブ冷却ループ904を含む。液化システム900は第1及び第2の熱交換器ゾーン901、910をも含む。液化システム900では、供給ガス流906が冷媒流907と混合されて第2の供給ガス流906aを生成する。第2の供給ガス流906aは、圧縮器960を用いて、10342kPa(1,500psia)超の圧力、さらに好ましくは約20664kPa(3,000psia)の圧力まで圧縮されて、圧縮された第2のガス流961を形成する。圧縮された第2のガス流961は、次に外部冷却ユニット962を用いて周囲冷却媒体(空気又は水)に接して冷却されて、圧縮され、冷却された第2のガス流963を生成する。この圧縮され、冷却された第2のガス流963は、第2の熱交換器ゾーン910に送られ、そこで第1の温冷媒流908と熱交換して、圧縮され、さらに冷却された第2のガス流913及び第2の温冷媒流909を生成する。

【0045】

圧縮され、さらに冷却された第2のガス流913は、少なくとも1つのワーク生成膨張器926内で、13790kPa(2,000psia)未満であるが、第2のガス流906aが圧縮された圧力以下の圧力

まで膨張し、それによって、膨張し、冷却された第2のガス流980を形成する。膨張し、冷却された第2のガス流980は、第1の膨張した冷媒流905と冷却供給ガス流906bに分けられる。第1の膨張した冷媒流905は、膨張器982を用いてほとんど等エントロピー的に膨張させられて、第2の膨張した冷媒流905aを形成することができる。冷却供給ガス流906bは、第1の熱交換器ゾーン901に送られ、そこで一次冷却冷媒(すなわち、第2の膨張した冷媒流905a)及びサブ冷却冷媒(サブ冷却ループ904からの)を用いて冷却ガス流906bを液化する。サブ冷却ループ904は、好ましくはサブ冷却冷媒として窒素を満たした閉じた冷却ループであってよい。一次冷却ループ902内で、第2の膨張した冷媒流905aは第1の熱交換器ゾーン901に送られ、そこで冷却供給ガス流906bと熱交換して第1の温冷媒流908を形成する。第1の温冷媒流908は、第1の熱交換器ゾーン901内の最高流体温度より少なくとも2.8 (5 °F)冷たい、さらに好ましくは、少なくとも5.6 (10 °F)冷たい、さらに好ましくは、少なくとも8.3 (15 °F)冷たい温度を有し得る。第2の温冷媒流909は、1以上の圧縮器918内で圧縮されてから外部冷却装置924内で周囲冷却媒体により冷却されて冷媒流907を生成する。冷却供給ガス流906bは、第1の熱交換器ゾーン901内で液化及びサブ冷却されてサブ冷却ガス流948を生成する。これは、以前に述べたように加工されてLNGを形成する。

【0046】

図9に示す本開示の態様は、一次冷媒流が、好ましい態様では主に又はほとんど全てメタンであってよい、供給ガス流の一部を含み得ることを実証する。実際に、全ての開示態様(すなわち、図2~9)の一次冷却ループ内の冷媒が少なくとも85%のメタン、又は少なくとも90%のメタン、又は少なくとも95%のメタン、又は95%超のメタンで構成されるのは有利なことがある。これは、メタンは開示プロセスの種々の部分で容易に利用できる可能性があり、メタンの使用は、遠隔LNG加工場所へ冷媒を輸送する必要性を排除できるからである。非限定例として、供給ガスのメタンが十分に多くて上記組成を満たす場合、供給ガス流206のライン206a経由で図2の一次冷却ループ202内の冷媒を取り込むことができる。代わりに、LNG貯蔵タンク257からのボイルオフガス流259の一部又は全てを用いて一次冷却ループ202用の冷媒を供給してもよい。さらに、供給ガス流の窒素が十分に少ない場合、最終フラッシュガス流258(結果として窒素が少ないことになる)の一部又は全てを用いて、一次冷却ループ202用の冷媒を供給してもよい。最後に、ライン206a、ボイルオフガス流259、及び最終フラッシュガス流258の任意の組み合わせを用いて、一次冷却ループ202内の冷媒を提供又は時には補充してもよい。

【0047】

図10は、第1及び第2の熱交換器ゾーンを有するシステムを用いてメタンに富む供給ガス流を液化する方法であって、下記工程：1002、供給ガス流を8274kPa(1,200psia)未満の圧力で準備すること；1004、10342kPa(1,500psia)以上の圧力を有する圧縮冷媒流を準備すること；1006、この圧縮冷媒流を周囲温度の空気又は水との間接熱交換によって冷却して、圧縮され、冷却された冷媒流を生成すること；1008、この圧縮され、冷却された冷媒流を第2の熱交換器ゾーンに送って、圧縮され、冷却された冷媒流を周囲温度未満にさらに冷却して、圧縮され、さらに冷却された冷媒流を生成すること；1010、この圧縮され、さらに冷却された冷媒流を少なくとも1つのワーク生成膨張器内で膨張させ、それによって膨張した冷却冷媒流を生成すること；1012、この膨張した冷却冷媒流を第1の熱交換器ゾーンに通して第1の温冷媒流を形成すること(この第1の温冷媒流は、第1の熱交換器ゾーン内の最高流体温度より少なくとも2.8 (5 °F)冷たい温度を有する)；1014、供給ガス流を第1の熱交換器ゾーンに通して、膨張した冷却冷媒流との間接熱交換によって供給ガス流の少なくとも一部を冷却し、それによって液化ガス流を形成すること；1016、第1の温冷媒流の少なくとも一部を第2の熱交換器ゾーンに送って、間接熱交換によって、圧縮され、冷却された冷媒流を冷却し、それによって第2の温冷媒流を形成すること；及び1018、第2の温冷媒流を圧縮して圧縮冷媒流を生成することを含む方法1000の流れ図である。

【0048】

図11は、メタンに富む供給ガス流を液化する方法であって、下記工程：1102、8274kPa(1,200psia)未満の圧力で供給ガス流を準備すること；1104、この供給ガス流を少なくとも

10

20

30

40

50

10342kPa(1,500psia)の圧力まで圧縮して圧縮ガス流を形成すること；1106、この圧縮ガス流を周囲温度の空気又は水との間接熱交換によって冷却して、冷却された圧縮ガス流を形成すること；1108、この冷却された圧縮ガス流を少なくとも1つのワーク生成膨張器内で13790kPa(2,000psia)未満かつこのガス流が圧縮された圧力以下の圧力まで膨張させ、それによって冷却ガス流を形成すること；1110、10342kPa(1,500psia)以上の圧力を有する圧縮冷媒流を準備すること；1112、この圧縮冷媒流を周囲温度の空気又は水との間接熱交換によって冷却して、圧縮され、冷却された冷媒流を形成すること；1114、この圧縮され、冷却された冷媒流を第2の熱交換器ゾーンに送って、圧縮され、冷却された冷媒流を周囲温度未満にさらに冷却して、圧縮され、さらに冷却された冷媒流を生成すること；1116、この圧縮され、さらに冷却された冷媒流を少なくとも1つのワーク生成膨張器内で膨張させ、それによって膨張した冷却冷媒流を生成すること；1118、この膨張した冷却冷媒流を第1の熱交換器ゾーンに通して第1の温冷媒流を形成すること（それによって第1の温冷媒流は、第1の熱交換器ゾーン内の最高流体温度より少なくとも2.8（5°F）冷たい温度を有する）；1120、この冷却ガス流を第1の熱交換器ゾーンに通して冷却ガス流の少なくとも一部を膨張した冷却冷媒との間接熱交換によって冷却し、それによって液化ガス流を形成すること；1122、第1の温冷媒流を第2の熱交換器ゾーンに送って、圧縮され、冷却された冷媒流を間接熱交換によって冷却し、それによって第2の温冷媒流を形成すること；及び1124、第2の温冷媒流を圧縮して圧縮冷媒流を生成することを含む方法1100の流れ図である。

10

20

30

40

【0049】

図12は、メタンに富む供給ガス流を液化する方法であって、下記工程：1202、8274kPa(1,200psia)未満の圧力で供給ガス流を準備すること；1204、この供給ガス流とほとんど同じ圧力で冷媒流を準備すること；1206、供給ガス流を冷媒流と混合して第2のガス流を形成すること；1208、この第2のガス流を少なくとも10342kPa(1,500psia)の圧力まで圧縮して、圧縮された第2のガス流を形成すること；1210、この圧縮された第2のガス流を周囲温度の空気又は水との間接熱交換によって冷却して、圧縮され、冷却された第2のガス流を形成すること；1212、この圧縮され、冷却された第2のガス流を第2の熱交換器ゾーンに送って、圧縮され、冷却された第2のガス流を周囲温度未満にさらに冷却し、それによって圧縮され、さらに冷却された第2のガス流を生成すること；1214、この圧縮され、さらに冷却された第2のガス流を少なくとも1つのワーク生成膨張器内で13790kPa(2,000psia)未満かつ第2のガス流が圧縮された圧力以下の圧力まで膨張させ、それによって膨張し、冷却された第2のガス流を形成すること；1216、この膨張し、冷却された第2のガス流を第1の膨張冷媒流と冷却ガス流に分けること；1218、第1の膨張冷媒流を少なくとも1つのワーク生成膨張器内で膨張させ、それによって第2の膨張冷媒流を生成すること；1220、この第2の膨張冷媒流を第1の熱交換器ゾーンに通して第1の温冷媒流を形成すること（その結果、第1の温冷媒流は、第1の熱交換器ゾーン内の最高流体温度より少なくとも2.8（5°F）冷たい温度を有する）；1222、冷却ガス流を第1の熱交換器ゾーンに通して、冷却ガス流の少なくとも一部を第2の膨張冷媒流との間接熱交換によって冷却し、それによって液化ガス流を形成すること；1224、第1の温冷媒流を第2の熱交換器ゾーンに送って、圧縮され、冷却された第2のガス流を間接熱交換によって冷却し、それによって第2の温冷媒流を形成すること；及び1226、この第2の温冷媒流を圧縮して冷媒流を生成することを含む方法1200である。

【0050】

図10～12に示した工程は、例示のためだけに与えたものであり、開示した方法論を実施するためには特定の工程は必要とされないことがある。さらに、図10～12は、実施し得る工程の全てを示していない可能性がある。特許請求の範囲、かつ、特許請求の範囲のみが、開示システム及び方法論を規定する。

本明細書に記載の態様は、既知技術に勝るいくつかの利点を有する。例えば、記載した技術は、サワー天然ガスを処理するシステムのサイズとコストを大幅に減じることができる。

50

前述の開示には、本開示の範囲を逸脱することなく、多くの変更、修正、及び代替案を加え得ることを理解すべきである。従って、前述の説明は、本開示の範囲を限定するという意味ではない。もっと正確に言えば、本開示の範囲は、添付の特許請求の範囲及びその等価物によってのみ決められるべきである。本実施例の構造及び特徴は、互いに変更し、再編成し、置換し、削除し、複製し、組み合わせ、又は加えることが可能であることをも企図する。

【 図 1 】

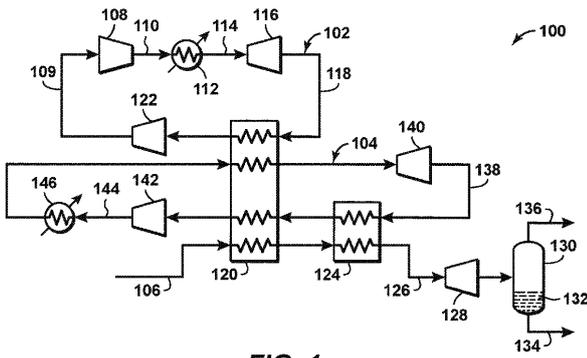


FIG. 1
(先行技術)

【 図 2 】

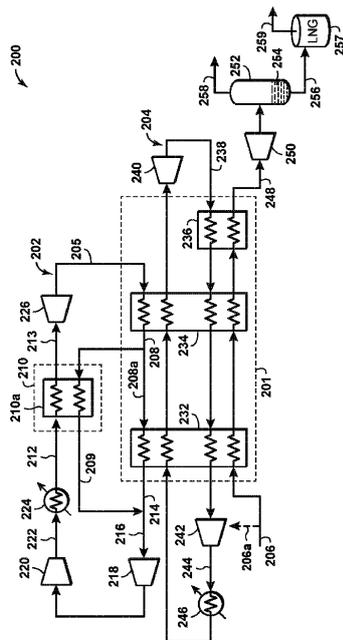


FIG. 2

【 図 7 】

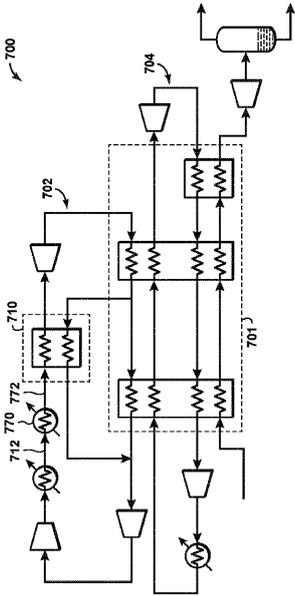


FIG. 7

【 図 8 】

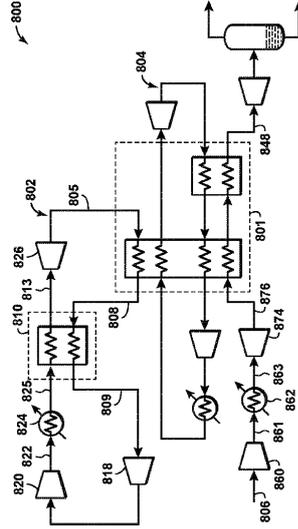


FIG. 8

【 図 9 】

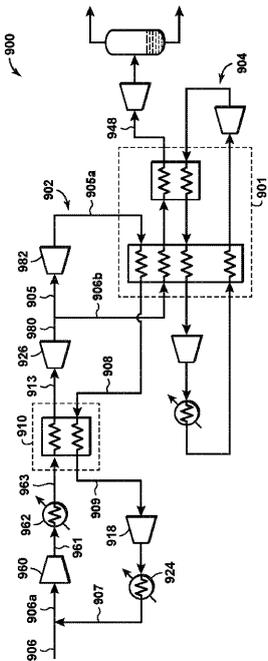


FIG. 9

【 図 10 】

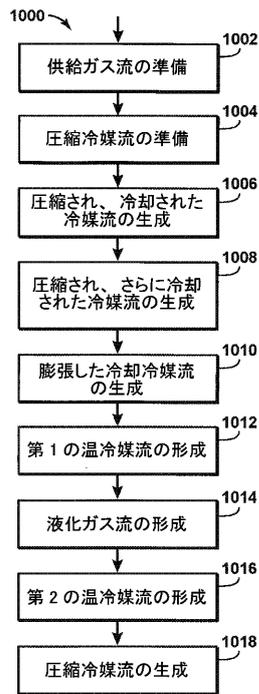


FIG. 10

【 図 1 1 】

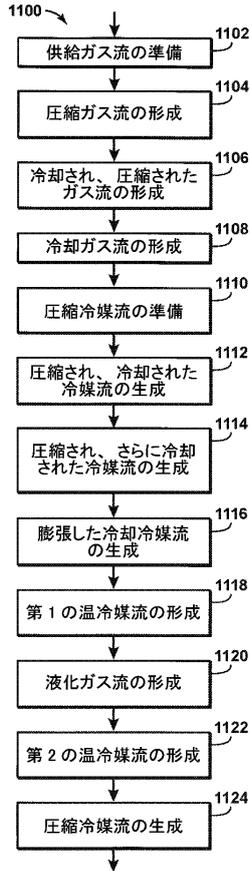


FIG. 11

【 図 1 2 】

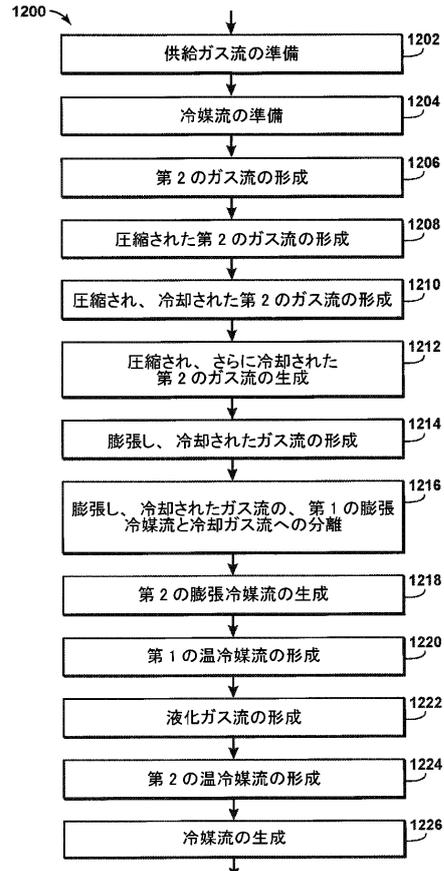


FIG. 12

【 手続 補正 書 】

【 提出 日 】 令 和 2 年 3 月 2 7 日 (2 0 2 0 . 3 . 2 7)

【 手続 補正 1 】

【 補正 対 象 書 類 名 】 特 許 請 求 の 範 囲

【 補正 対 象 項 目 名 】 全 文

【 補正 方 法 】 変 更

【 補正 の 内 容 】

【 特 許 請 求 の 範 囲 】

【 請 求 項 1 】

第 1 の 熱 交 換 器 ゾ ー ン 及 び 第 2 の 熱 交 換 器 ゾ ー ン を 用 い て メ タ ン に 富 む 供 給 ガ ス 流 を 液 化 す る 方 法 であ っ て 、 下 記 :

- (a) 8 2 7 4 k P a (1 , 2 0 0 p s i a) 未 満 の 圧 力 で 前 記 供 給 ガ ス 流 を 準 備 す る こ と ;
- (b) 前 記 供 給 ガ ス 流 と ほ と ん ど 同 じ 圧 力 で 冷 媒 流 を 準 備 す る こ と ;
- (c) 前 記 供 給 ガ ス 流 を 前 記 冷 媒 流 と 混 合 し て 第 2 の ガ ス 流 を 形 成 す る こ と ;
- (d) 前 記 第 2 の ガ ス 流 を 少 なく と も 1 0 3 4 2 k P a (1 , 5 0 0 p s i a) の 圧 力 ま で 圧 縮 し て 、 圧 縮 さ れ た 第 2 の ガ ス 流 を 形 成 す る こ と ;
- (e) 前 記 圧 縮 さ れ た 第 2 の ガ ス 流 を 周 囲 温 度 の 空 気 又 は 水 と の 間 接 熱 交 換 に よ っ て 冷 却 し て 、 圧 縮 さ れ 、 冷 却 さ れ た 第 2 の ガ ス 流 を 形 成 す る こ と ;
- (f) 前 記 圧 縮 さ れ 、 冷 却 さ れ た 第 2 の ガ ス 流 を 第 2 の 熱 交 換 器 ゾ ー ン に 送 っ て 、 前 記 圧 縮 さ れ 、 冷 却 さ れ た 第 2 の ガ ス 流 を 周 囲 温 度 未 満 に さ ら に 冷 却 し 、 そ れ に よ っ て 圧 縮 さ れ 、 さ ら に 冷 却 さ れ た 第 2 の ガ ス 流 を 生 成 す る こ と ;
- (g) 前 記 圧 縮 さ れ 、 さ ら に 冷 却 さ れ た 第 2 の ガ ス 流 を 少 なく と も 1 つ の ワ ー ク 生 成 膨 張 器 内 で 1 3 7 9 0 k P a (2 , 0 0 0 p s i a) 未 満 か つ 前 記 第 2 の ガ ス 流 が 圧 縮 さ れ た 圧 力 以 下 の 圧 力 ま で 膨 張 さ せ 、 そ れ に よ っ て 膨 張 し 、 冷 却 さ れ た 第 2 の ガ ス 流 を 形 成 す る

こと；

(h) 前記膨張し、冷却された第2のガス流を第1の膨張冷媒流と冷却ガス流に分けること；

(i) 前記第1の膨張冷媒流を少なくとも1つのワーク生成膨張器内で膨張させ、それによって第2の膨張冷媒流を形成すること；

(j) 前記第2の膨張冷媒流を前記第1の熱交換器ゾーンに通して第1の温冷媒流を形成すること(その結果、前記第1の温冷媒流は、前記第1の熱交換器ゾーン内の最高流体温度より少なくとも2.8 (5 °F) 冷たい温度を有する)；

(k) 前記冷却ガス流を前記第1の熱交換器ゾーンに通して、前記冷却ガス流の少なくとも一部を前記第2の膨張冷媒流との間接熱交換によって冷却し、それによって液化ガス流を形成すること；

(l) 前記第1の温冷媒流を前記第2の熱交換器ゾーンに送って、前記圧縮され、冷却された第2のガス流を間接熱交換によって冷却し、それによって第2の温冷媒流を形成すること；及び

(m) 前記第2の温冷媒流を圧縮して前記冷媒流を生成することを含む、前記方法。

【請求項2】

前記第2のガス流が、少なくとも19305 kPa (2,800 psia)の圧力まで圧縮される、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記第2のガス流が、13790 kPa (2,000 psia)以上かつ24132 kPa (3,500 psia)以下の圧力まで圧縮される、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記第2のガス流が、少なくとも2つの直列に配置された圧縮器内で少なくとも10342 kPa (1,500 psia)の圧力まで圧縮される、請求項1に記載の方法。

【請求項5】

前記少なくとも2つの直列に配置された圧縮器の少なくとも1つが、前記圧縮され、さらに冷却された第2のガス流を膨張させるために用いられる少なくとも1つのワーク生成膨張器により生成されるシャフトワークだけで駆動される、請求項4に記載の方法。

【請求項6】

前記第1の温冷媒流が、前記第1の熱交換器ゾーン内の最高流体温度より少なくとも5.6 (10 °F) 冷たい温度を有する、請求項1に記載の方法。

【請求項7】

さらに下記：

前記液化ガス流を前記第1の熱交換器ゾーン内でサブ冷却サイクルを用いてさらに冷却し、それによってサブ冷却ガス流を形成すること

を含む、請求項1～6のいずれか1項に記載の方法。

【請求項8】

前記サブ冷却サイクルが、冷媒として窒素を用いる閉ループ気相冷媒サイクルを含む、請求項7に記載の方法。

【請求項9】

前記サブ冷却サイクルが、下記：

前記膨張したサブ冷却ガス流の50%を超えない部分を取り出し、その圧力を減圧弁内で約207～2070 kPa (30～300 psia)の範囲まで下げて1以上の減圧ガス流を生成すること；及び

前記1以上の減圧ガス流を前記第1の熱交換器ゾーンに前記サブ冷却冷媒として通すこと

を含む、請求項7に記載の方法。

【請求項10】

さらに下記：

前記第1の熱交換器ゾーンを出る前記サブ冷却冷媒流を圧縮すること；及び

前記サブ冷却冷媒流を周囲温度の空気又は水との間接熱交換によって冷却してから前記サブ冷却冷媒を前記ガス流に添加することを含む、請求項7に記載の方法。

【請求項11】

8274 kPa (1, 200 psia) 未満の圧力を有する、メタンに富む供給ガス流を液化するためのシステムであって、第1の熱交換器ゾーン及び第2の熱交換器ゾーンを含み、下記：

前記供給ガス流とほとんど同じ圧力を有する冷媒流；

混ぜ合わせた前記冷媒流と供給ガス流を少なくとも10342 kPa (1, 500 psia) の圧力まで圧縮し、それによって圧縮された第2のガス流を形成する圧縮器；

前記圧縮された第2のガス流を周囲温度の空気又は水との間接熱交換によって冷却し、それによって圧縮され、冷却された第2のガス流を形成する冷却器（この圧縮され、冷却された第2のガス流は、前記第2の熱交換器ゾーンに送られて、前記圧縮され、冷却された第2のガス流は周囲温度未満にさらに冷却され、それによって圧縮され、さらに冷却された第2のガス流を形成する）；

前記圧縮され、さらに冷却された第2のガス流を13790 kPa (2, 000 psia) 未満かつ前記第2のガス流が圧縮された圧力以下の圧力まで膨張させ、それによって膨張し、冷却された第2のガス流を形成する少なくとも1つのワーク生成膨張器（この膨張し、冷却された第2のガス流は、第1の膨張冷媒流と冷却ガス流に分けられる）；

前記第1の膨張冷媒流を膨張させ、それによって第2の膨張冷媒流を生成する追加の少なくとも1つのワーク生成膨張器

（この第2の膨張冷媒流は、前記第1の熱交換器ゾーンに通されて第1の温冷媒流を形成し、その結果、前記第1の温冷媒流は、前記第1の熱交換器ゾーン内の最高流体温度より少なくとも2.8 (5 °F) 冷たい温度を有し；

前記冷却ガス流は、前記第1の熱交換器ゾーンに通されて、前記冷却ガス流の少なくとも一部が前記第2の膨張冷媒流との間接熱交換によって冷却され、それによって液化ガス流を形成し；

前記第1の温冷媒流は、前記第2の熱交換器ゾーンに送られて、前記圧縮され、冷却された第2のガス流を間接熱交換によって冷却し、それによって第2の温冷媒流を形成する）；及び

前記第2の温冷媒流を圧縮して前記冷媒流を生成する追加の圧縮器を含む、前記システム。

【請求項12】

前記第2のガス流が、少なくとも19305 kPa (2, 800 psia) の圧力まで圧縮される、請求項11に記載のシステム。

【請求項13】

前記第2のガス流が、少なくとも2つの直列に配置された圧縮器内で少なくとも10342 kPa (1, 500 psia) の圧力まで圧縮される、請求項11に記載のシステム。

【請求項14】

前記少なくとも2つの直列に配置された圧縮器の少なくとも1つが、前記圧縮され、さらに冷却された第2のガス流を膨張させるために用いられる少なくとも1つのワーク生成膨張器により生成されるシャフトワークだけで駆動される、請求項13に記載のシステム。

【請求項15】

前記液化ガス流をさらに冷却し、それによってサブ冷却ガス流を形成するためのサブ冷却サイクルを前記第1の熱交換器ゾーンが含む、請求項11～14のいずれか1項に記載のシステム。

【請求項16】

前記サブ冷却ガス流を345kPa(50psia)以上かつ3103kPa(450psia)以下の圧力まで膨張させて、膨張したサブ冷却ガス流を生成するように構成された膨張器をさらに含み、かつ前記膨張器は水力タービンを含む、請求項11に記載のシステム。

【請求項17】

前記サブ冷却サイクルが、冷媒として窒素を用いる閉ループ気相冷媒サイクルを含む、請求項15に記載のシステム。

【請求項18】

さらに下記：

前記膨張したサブ冷却ガス流の50%を超えない部分の圧力を約207~2070kPa(30~300psia)の範囲まで下げ、それによって1以上の減圧ガス流を生成するように構成された減圧弁を含み、

前記1以上の減圧ガス流は、前記第1の熱交換器ゾーンに前記サブ冷却冷媒流として通される、請求項15に記載のシステム。

【請求項19】

前記1以上の減圧ガス流が、互いに異なる圧力を有する2以上の減圧ガス流を含む、請求項18に記載のシステム。

【請求項20】

さらに下記：

前記第1の熱交換器ゾーンを出る前記サブ冷却冷媒流を圧縮するように構成されたサブ冷却圧縮器；及び

前記サブ冷却冷媒流を周囲温度の空気又は水との間接熱交換によって冷却するように構成された外部冷却ユニット

を含む、請求項15に記載のシステム。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0050

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0050】

図10~12に示した工程は、例示のためだけに与えたものであり、開示した方法論を実施するためには特定の工程は必要とされないことがある。さらに、図10~12は、実施し得る工程の全てを示していない可能性がある。特許請求の範囲、かつ、特許請求の範囲のみが、開示システム及び方法論を規定する。

本明細書に記載の態様は、既知技術に勝るいくつかの利点を有する。例えば、記載した技術は、サワー天然ガスを処理するシステムのサイズとコストを大幅に減じることができる。

前述の開示には、本開示の範囲を逸脱することなく、多くの変更、修正、及び代替案を加え得ることを理解すべきである。従って、前述の説明は、本開示の範囲を限定するという意味ではない。もっと正確に言えば、本開示の範囲は、添付の特許請求の範囲及びその等価物によってのみ決められるべきである。本実施例の構造及び特徴は、互いに変更し、再編成し、置換し、削除し、複製し、組み合わせ、又は加えることが可能であることをも企図する。

本発明は、以下の事項をも含んでいる。

(付記1)

第1の熱交換器ゾーン及び第2の熱交換器ゾーンを用いてメタンに富む供給ガス流を液化する方法であって、下記：

(a) 8274kPa(1,200psia)未満の圧力で前記供給ガス流を準備すること；

(b) 前記供給ガス流とほとんど同じ圧力で冷媒流を準備すること；

- (c) 前記供給ガス流を前記冷媒流と混合して第2のガス流を形成すること；
- (d) 前記第2のガス流を少なくとも10342kPa(1,500psia)の圧力まで圧縮して、圧縮された第2のガス流を形成すること；
- (e) 前記圧縮された第2のガス流を周囲温度の空気又は水との間接熱交換によって冷却して、圧縮され、冷却された第2のガス流を形成すること；
- (f) 前記圧縮され、冷却された第2のガス流を第2の熱交換器ゾーンに送って、前記圧縮され、冷却された第2のガス流を周囲温度未満にさらに冷却し、それによって圧縮され、さらに冷却された第2のガス流を生成すること；
- (g) 前記圧縮され、さらに冷却された第2のガス流を少なくとも1つのワーク生成膨張器内で13790kPa(2,000ps付記ia)未満かつ前記第2のガス流が圧縮された圧力以下の圧力まで膨張させ、それによって膨張し、冷却された第2のガス流を形成すること；
- (h) 前記膨張し、冷却された第2のガス流を第1の膨張冷媒流と冷却ガス流に分けること；
- (i) 前記第1の膨張冷媒流を少なくとも1つのワーク生成膨張器内で膨張させ、それによって第2の膨張冷媒流を形成すること；
- (j) 前記第2の膨張冷媒流を前記第1の熱交換器ゾーンに通して第1の温冷媒流を形成すること（その結果、前記第1の温冷媒流は、前記第1の熱交換器ゾーン内の最高流体温度より少なくとも2.8 (5 °F)冷たい温度を有する）；
- (k) 前記冷却ガス流を前記第1の熱交換器ゾーンに通して、前記冷却ガス流の少なくとも一部を前記第2の膨張冷媒流との間接熱交換によって冷却し、それによって液化ガス流を形成すること；
- (l) 前記第1の温冷媒流を前記第2の熱交換器ゾーンに送って、前記圧縮され、冷却された第2のガス流を間接熱交換によって冷却し、それによって第2の温冷媒流を形成すること；及び
- (m) 前記第2の温冷媒流を圧縮して前記冷媒流を生成することを含む、前記方法。
- (付記2)
- 前記第2のガス流が、少なくとも19305kPa(2,800psia)の圧力まで圧縮される、付記1に記載の方法。
- (付記3)
- 前記第2のガス流が、13790kPa(2,000psia)以上かつ24132kPa(3,500psia)以下の圧力まで圧縮される、付記1に記載の方法。
- (付記4)
- 前記第2のガス流が、少なくとも2つの直列に配置された圧縮器内で少なくとも10342kPa(1,500psia)の圧力まで圧縮される、付記1に記載の方法。
- (付記5)
- 前記少なくとも2つの直列に配置された圧縮器の少なくとも1つが、前記圧縮され、さらに冷却された第2のガス流を膨張させるために用いられる少なくとも1つのワーク生成膨張器により生成されるシャフトワークだけで駆動される、付記4に記載の方法。
- (付記6)
- 前記第1及び第2の各熱交換器ゾーンが1つ以上の熱交換器を含み、かつ前記第1の熱交換器ゾーンの1つ以上の熱交換器は、前記第2の熱交換器ゾーンの1つ以上の熱交換器と異なるタイプのものである、付記1に記載の方法。
- (付記7)
- 前記第2の熱交換器ゾーンの熱交換器がプリント基板型熱交換器を含む、付記6に記載の方法。
- (付記8)
- 前記第1の温冷媒流が、前記第1の熱交換器ゾーン内の最高流体温度より少なくとも5.6 (10 °F)冷たい温度を有する、付記1に記載の方法。
- (付記9)

さらに下記：

前記液化ガス流を前記第1の熱交換器ゾーン内でサブ冷却サイクルを用いてさらに冷却し、それによってサブ冷却ガス流を形成することを含む、付記1～8のいずれか1項に記載の方法。

(付記10)

さらに下記：

前記サブ冷却ガス流を水力タービン内で345kPa(50psia)以上かつ3103kPa(450psia)以下の圧力まで膨張させて、膨張したサブ冷却ガス流を生成することを含む、付記1～9のいずれか1項に記載の方法。

(付記11)

前記サブ冷却サイクルが、冷媒として窒素を用いる閉ループ気相冷媒サイクルを含む、付記9に記載の方法。

(付記12)

前記サブ冷却サイクルが、下記：

前記膨張したサブ冷却ガス流の50%を超えない部分を取り出し、その圧力を減圧弁内で約207～2070kPa(30～300psia)の範囲まで下げて1以上の減圧ガス流を生成すること；及び前記1以上の減圧ガス流を前記第1の熱交換器ゾーンに前記サブ冷却冷媒として通すことを含む、付記9に記載の方法。

(付記13)

前記1以上の減圧ガス流が、互いに異なる圧力を有する2以上の減圧ガス流を含む、付記9に記載の方法。

(付記14)

さらに下記：

前記第1の熱交換器ゾーンを出る前記サブ冷却冷媒流を圧縮すること；及び前記サブ冷却冷媒流を周囲温度の空気又は水との間接熱交換によって冷却してから前記サブ冷却冷媒を前記ガス流に添加することを含む、付記9に記載の方法。

(付記15)

前記膨張したサブ冷却ガス流の少なくとも一部をさらに膨張させてから分離タンクに送り、この分離タンクから液体天然ガスを取り出し、かつ残留ガス蒸気をフラッシュガス流として取り出す、付記7に記載の方法。

(付記16)

8274kPa(1,200psia)未満の圧力を有する、メタンに富む供給ガス流を液化するためのシステムであって、第1の熱交換器ゾーン及び第2の熱交換器ゾーンを含み、下記：

前記供給ガス流とほとんど同じ圧力を有する冷媒流；

混ぜ合わせた前記冷媒流と供給ガス流を少なくとも10342kPa(1,500psia)の圧力まで圧縮し、それによって圧縮された第2のガス流を形成する圧縮器；

前記圧縮された第2のガス流を周囲温度の空気又は水との間接熱交換によって冷却し、それによって圧縮され、冷却された第2のガス流を形成する冷却器

(この圧縮され、冷却された第2のガス流は、前記第2の熱交換器ゾーンに送られて、前記圧縮され、冷却された第2のガス流は周囲温度未満にさらに冷却され、それによって圧縮され、さらに冷却された第2のガス流を形成する)；

前記圧縮され、さらに冷却された第2のガス流を13790kPa(2,000psia)未満かつ前記第2のガス流が圧縮された圧力以下の圧力まで膨張させ、それによって膨張し、冷却された第2のガス流を形成する少なくとも1つのワーク生成膨張器

(この膨張し、冷却された第2のガス流は、第1の膨張冷媒流と冷却ガス流に分けられる)

；

前記第1の膨張冷媒流を膨張させ、それによって第2の膨張冷媒流を生成する追加の少なくとも1つのワーク生成膨張器

(この第2の膨張冷媒流は、前記第1の熱交換器ゾーンに通されて第1の温冷媒流を形成し

、その結果、前記第1の温冷媒流は、前記第1の熱交換器ゾーン内の最高流体温度より少なくとも2.8 (5°F)冷たい温度を有し；

前記冷却ガス流は、前記第1の熱交換器ゾーンに通されて、前記冷却ガス流の少なくとも一部が前記第2の膨張冷媒流との間接熱交換によって冷却され、それによって液化ガス流を形成し；

前記第1の温冷媒流は、前記第2の熱交換器ゾーンに送られて、前記圧縮され、冷却された第2のガス流を間接熱交換によって冷却し、それによって第2の温冷媒流を形成する)；及び

前記第2の温冷媒流を圧縮して前記冷媒流を生成する追加の圧縮器を含む、前記システム。

(付記17)

前記第2のガス流が、少なくとも19305kPa(2,800psia)の圧力まで圧縮される、付記16に記載のシステム。

(付記18)

前記第2のガス流が、少なくとも2つの直列に配置された圧縮器内で少なくとも10342kPa(1,500psia)の圧力まで圧縮される、付記16~17のいずれか1項に記載のシステム。

(付記19)

前記少なくとも2つの直列に配置された圧縮器の少なくとも1つが、前記圧縮され、さらに冷却された第2のガス流を膨張させるために用いられる少なくとも1つのワーク生成膨張器により生成されるシャフトワークだけで駆動される、付記18に記載のシステム。

(付記20)

前記第1及び第2の各熱交換器ゾーンが1つ以上の熱交換器を含み、かつ前記第1の熱交換器ゾーンの1つ以上の熱交換器は、前記第2の熱交換器ゾーンの1つ以上の熱交換器と異なるタイプのものである、付記16~19のいずれか1項に記載のシステム。

(付記21)

前記第2の熱交換器ゾーンの熱交換器がプリント基板型熱交換器を含む、請求項20に記載のシステム。

(付記22)

前記第1の温冷媒流が、前記第1の熱交換器ゾーン内の最高流体温度より少なくとも5.6 (10°F)冷たい温度を有する、付記16~21のいずれか1項に記載のシステム。

(付記23)

前記液化ガス流をさらに冷却し、それによってサブ冷却ガス流を形成するためのサブ冷却サイクルを前記第1の熱交換器ゾーンが含む、請求項16~22のいずれか1項に記載のシステム。

(付記24)

前記サブ冷却ガス流を345kPa(50psia)以上かつ3103kPa(450psia)以下の圧力まで膨張させて、膨張したサブ冷却ガス流を生成するように構成された膨張器をさらに含み、かつ前記膨張器は水力タービンを含む、付記16~23のいずれか1項に記載のシステム。

(付記25)

前記サブ冷却サイクルが、冷媒として窒素を用いる閉ループ気相冷媒サイクルを含む、付記23に記載のシステム。

(付記26)

さらに下記：

前記膨張したサブ冷却ガス流の50%を超えない部分の圧力を約207~2070kPa(30~300psia)の範囲まで下げ、それによって1以上の減圧ガス流を生成するように構成された減圧弁を含み、

前記1以上の減圧ガス流は、前記第1の熱交換器ゾーンに前記サブ冷却冷媒流として通される、付記23に記載のシステム。

(付記27)

前記1以上の減圧ガス流が、互いに異なる圧力を有する2以上の減圧ガス流を含む、付記

26に記載のシステム。

(付記28)

さらに下記：

前記第1の熱交換器ゾーンを出る前記サブ冷却冷媒流を圧縮するように構成されたサブ冷却圧縮器；及び

前記サブ冷却冷媒流を周囲温度の空気又は水との間接熱交換によって冷却するように構成された外部冷却ユニット

を含む、付記23に記載のシステム。

(付記29)

さらに下記：

前記膨張したサブ冷却ガス流の少なくとも一部をさらに膨張させるように構成された追加の膨張器；及び

前記膨張したサブ冷却ガス流が、前記追加の膨張器を通った後に送られる分離タンクを含む、付記24に記載のシステム。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/US2018/047958

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. F25J1/00 F25J1/02 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F25J		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 102 206 520 B (UNIV BEIJING TECHNOLOGY) 6 November 2013 (2013-11-06) paragraphs [0042] - [0046]; figure 2; examples 1,2	1-11, 16-25
Y	----- US 2003/177785 A1 (KIMBLE E LAWRENCE [US] ET AL) 25 September 2003 (2003-09-25) paragraphs [0009], [0010], [0024], [0034], [0054]; figures 1,3	1-11, 16-25
Y	----- MCLACHLAN: "EFFICIENT OPERATION OF LNG FROM THE OMAN LNG PROJECT", GAS, XX, XX, 1 January 2002 (2002-01-01), pages 1-8, XP009079005, paragraph [0004]	7,21
	----- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
5 November 2018		23/01/2019
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Göritz, Dirk

4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2018/047958

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6 412 302 B1 (FOGLIETTA JORGE H [US]) 2 July 2002 (2002-07-02) cited in the application	9-11, 23-25
A	column 4, lines 3-26; figure 2 -----	1,16

4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2018/047958**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of Item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of Item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
- 11, 25(completely); 1-10, 16-24(partially)

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/ US2018/ 047958

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. claims: 11, 25(completely); 1-10, 16-24(partially)

A method and system for liquefying a methane-rich high-pressure feed gas stream using a first heat exchanger zone and a second heat exchanger zone. The feed gas stream is mixed with a refrigerant stream to form a second gas stream, which is compressed to a pressure of at least 103bara, cooled, and directed to a second heat exchanger zone to be additionally cooled below ambient temperature. It is then work-expanded and subsequently separated into a first expanded refrigerant stream and a chilled gas stream. The first expanded refrigerant stream is further work-expanded, passed through the first heat exchanger zone to provide cooling for liquefying the chilled gas stream therein and then passed through the second heat exchange zone to provide cooling for the compressed second gas stream. The liquefied gas stream is further cooled within the first heat exchanger zone using a sub-cooling refrigeration cycle, to thereby form a sub-cooled gas stream, wherein the sub-cooling refrigeration cycle comprises a closed loop gas phase refrigeration cycle using nitrogen as refrigerant.

2. claims: 12-15, 26-29(completely); 1-10, 16-24(partially)

A method and system for liquefying a methane-rich high-pressure feed gas stream using a first heat exchanger zone and a second heat exchanger zone. The feed gas stream is mixed with a refrigerant stream to form a second gas stream, which is compressed to a pressure of at least 103bara, cooled, and directed to a second heat exchanger zone to be additionally cooled below ambient temperature. It is then work-expanded and subsequently separated into a first expanded refrigerant stream and a chilled gas stream. The first expanded refrigerant stream is further work-expanded, passed through the first heat exchanger zone to provide cooling for liquefying the chilled gas stream therein and then passed through the second heat exchange zone to provide cooling for the compressed second gas stream. The liquefied gas stream is further cooled within the first heat exchanger zone using a sub-cooling refrigeration cycle, to thereby form a sub-cooled gas stream, wherein the sub-cooling refrigeration cycle comprises withdrawing a portion not to exceed 50% of the expanded, sub-cooled gas stream and reducing its pressure in a pressure reduction valve to a range of about 2,1 to 20,7bara to produce one or more reduced pressure gas streams; the latter being passed through the first heat exchanger zone as the sub-cooling refrigerant.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2018/047958

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
CN 102206520	B	06-11-2013	NONE	

US 2003177785	A1	25-09-2003	AU 2003214242 A1	08-10-2003
			EP 1490639 A1	29-12-2004
			US 2003177785 A1	25-09-2003
			WO 03081154 A1	02-10-2003

US 6412302	B1	02-07-2002	CA 2439981 A1	12-09-2002
			EP 1373814 A2	02-01-2004
			EP 2447652 A2	02-05-2012
			JP 4620328 B2	26-01-2011
			JP 5960945 B2	02-08-2016
			JP 2004532295 A	21-10-2004
			JP 2011001554 A	06-01-2011
			KR 20030082954 A	23-10-2003
			NO 20033873 A	31-10-2003
			US 6412302 B1	02-07-2002
			WO 02070972 A2	12-09-2002

フロントページの続き

(81)指定国・地域 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT

(74)代理人 100123777

弁理士 市川 さつき

(74)代理人 100111796

弁理士 服部 博信

(74)代理人 100193493

弁理士 藤原 健史

(72)発明者 ビエール フリッツ ジュニア

アメリカ合衆国 テキサス州 77346 ハンブル バイユー ミード トレイル 18011
Fターム(参考) 4D047 AA10 AB08 BA03 CA03 CA06 CA11 CA19 DA17 EA00