

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6702919号

(P6702919)

(45) 発行日 令和2年6月3日(2020.6.3)

(24) 登録日 令和2年5月11日(2020.5.11)

(51) Int. Cl.		F I			
F 2 5 J	1/00	(2006.01)	F 2 5 J	1/00	B
F 2 5 B	39/00	(2006.01)	F 2 5 B	39/00	N
F 2 5 J	1/02	(2006.01)	F 2 5 J	1/02	

請求項の数 16 外国語出願 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2017-180824 (P2017-180824)	(73) 特許権者	591035368
(22) 出願日	平成29年9月21日 (2017.9.21)		エア プロダクツ アンド ケミカルズ インコーポレイテッド
(65) 公開番号	特開2018-54286 (P2018-54286A)		AIR PRODUCTS AND CH EMICALS INCORPORATE D
(43) 公開日	平成30年4月5日 (2018.4.5)		アメリカ合衆国 ペンシルヴェニア アレ ンタウン ハミルトン ブールヴァード
審査請求日	平成29年10月3日 (2017.10.3)		7201
(31) 優先権主張番号	15/277,539		7201 Hamilton Boule vard, Allentown, Pe nnsylvania 18195-15 01, USA
(32) 優先日	平成28年9月27日 (2016.9.27)	(74) 代理人	100099759
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		弁理士 青木 篤

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 混合冷媒冷却プロセスおよびシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

冷却用熱交換器内の第1の冷媒流との間接熱交換によって、炭化水素供給流を冷却する方法であって、

a) 1つ以上の圧縮段階で、暖温低圧の第1の冷媒流を圧縮して、圧縮された第1の冷媒流を生成することと、

b) 前記圧縮された第1の冷媒流を1つ以上の冷却ユニット内で冷却して、圧縮され冷却された第1の冷媒流を生成することと、

c) 前記圧縮され冷却された第1の冷媒流を、第1の気液分離装置に導き入れて、第1の気体冷媒流および第1の液体冷媒流を生成することと、

d) 前記第1の液体冷媒流を、前記冷却用熱交換器に導き入れることと、

e) 前記第1の液体冷媒流を前記冷却用熱交換器内で冷却して、冷却された液体冷媒流を生成することと、

f) 前記冷却された液体冷媒流を膨張させて、低温冷媒流を生成し、前記低温冷媒流を、前記冷却用熱交換器に導き入れて、前記炭化水素供給流、前記第1の液体冷媒流、および第2の冷媒流を冷却するために必要とされる冷蔵能力を提供することと、

g) 1つ以上の圧縮段階で、前記第1の気体冷媒流を圧縮して、圧縮気体冷媒流を生成することと、

h) 前記圧縮気体冷媒流を冷却し凝縮し、凝縮された冷媒流を生成することと、

i) 前記凝縮された冷媒流を膨張させて、膨張した冷媒流を生成することと、

10

20

j) 前記膨張した冷媒流を、前記第1の気液分離装置に導き入れることと、
 k) 前記第2の冷媒流を、前記冷却用熱交換器に導き入れることと、
 l) 前記炭化水素供給流を、前記冷却用熱交換器に導き入れることと、
 m) 前記炭化水素供給流を、前記冷却用熱交換器内で冷却して、冷却された炭化水素流を生成し、前記冷却された炭化水素流を、主熱交換器内でさらに冷却し液化し、液化炭化水素流を生成することと、
 を含み、ステップ(d)を行う前に、第1の熱交換器内で、前記膨張した冷媒流のうち少なくとも一部との間接熱交換によって、前記第1の液体冷媒流のうち少なくとも一部を冷却することをさらに含む、方法。

【請求項2】

冷却用熱交換器内の第1の冷媒流との間接熱交換によって、炭化水素供給流を冷却する方法であって、

a) 1つ以上の圧縮段階で、暖温低圧の第1の冷媒流を圧縮して、圧縮された第1の冷媒流を生成することと、

b) 前記圧縮された第1の冷媒流を1つ以上の冷却ユニット内で冷却して、圧縮され冷却された第1の冷媒流を生成することと、

c) 前記圧縮され冷却された第1の冷媒流を、第1の気液分離装置に導き入れて、第1の気体冷媒流および第1の液体冷媒流を生成することと、

d) 前記第1の液体冷媒流を、前記冷却用熱交換器に導き入れることと、

e) 前記第1の液体冷媒流を前記冷却用熱交換器内で冷却して、冷却された液体冷媒流を生成することと、

f) 前記冷却された液体冷媒流を膨張させて、低温冷媒流を生成し、前記低温冷媒流を、前記冷却用熱交換器に導き入れて、前記炭化水素供給流、前記第1の液体冷媒流、および第2の冷媒流を冷却するために必要とされる冷蔵能力を提供することと、

g) 1つ以上の圧縮段階で、前記第1の気体冷媒流を圧縮して、圧縮気体冷媒流を生成することと、

h) 前記圧縮気体冷媒流を冷却し凝縮し、凝縮された冷媒流を生成することと、

i) 前記凝縮された冷媒流を膨張させて、膨張した冷媒流を生成することと、

j) 前記膨張した冷媒流を、前記第1の気液分離装置に導き入れることと、

k) 前記第2の冷媒流を、前記冷却用熱交換器に導き入れることと、

l) 前記炭化水素供給流を、前記冷却用熱交換器に導き入れることと、

m) 前記炭化水素供給流を、前記冷却用熱交換器内で冷却して、冷却された炭化水素流を生成し、前記冷却された炭化水素流を、主熱交換器内でさらに冷却し液化し、液化炭化水素流を生成することと、

を含み、ステップ(i)が、前記第1の気液分離装置の上流で、前記膨張した冷媒流を、前記圧縮され冷却された第1の冷媒流と混合することによって、前記膨張した冷媒流を、前記第1の気液分離装置に導き入れることを含む、方法。

【請求項3】

ステップ(c)を行った後、前記第1の気液分離装置により分離された前記第1の気体冷媒流および前記第1の液体冷媒流のうちの前記第1の液体冷媒流のみを、前記冷却用熱交換器内に導き入れる、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

ステップ(e)が、前記第1の液体冷媒流を、前記冷却用熱交換器の第1の管回路を通過させることによって、前記第1の液体冷媒流を前記冷却用熱交換器内で冷却することをさらに含み、前記冷却用熱交換器が、コイル巻き熱交換器であり、

ステップ(m)が、前記炭化水素供給流を、前記冷却用熱交換器の第2の管回路を通過させることによって、前記炭化水素供給流を前記冷却用熱交換器内で冷却することをさらに含み、

ステップ(f)が、前記低温冷媒流を、前記冷却用熱交換器のシェル側に導き入れることをさらに含む、請求項1に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 5】

n) 前記第 2 の冷媒流を前記冷却用熱交換器内で冷却して、冷却された第 2 の冷媒流を生成することと、

o) 前記冷却された第 2 の冷媒流を前記主熱交換器内でさらに冷却して、さらに冷却された第 2 の冷媒流を生成することと、

p) 前記さらに冷却された第 2 の冷媒流を膨張させて、膨張した第 2 の冷媒流を生成することと、

q) 前記膨張した第 2 の冷媒流を、前記主熱交換器に戻すことと、

r) 前記冷却された炭化水素流を、前記主熱交換器内での前記膨張した第 2 の冷媒流との間接熱交換によってさらに冷却し凝縮し、前記液化炭化水素流を生成することと、

をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 6】

ステップ (l) を行う前に、前記第 1 の熱交換器内で、前記炭化水素供給流のうち少なくとも一部を冷却することをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

ステップ (k) を行う前に、前記第 1 の熱交換器内で、前記第 2 の冷媒流のうち少なくとも一部を冷却することをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

冷却用熱交換器内の第 1 の冷媒流との間接熱交換によって、炭化水素供給流を冷却する方法であって、

20

a) 1 つ以上の圧縮段階で、暖温低圧の第 1 の冷媒流を圧縮して、圧縮された第 1 の冷媒流を生成することと、

b) 前記圧縮された第 1 の冷媒流を 1 つ以上の冷却ユニット内で冷却して、圧縮され冷却された第 1 の冷媒流を生成することと、

c) 前記圧縮され冷却された第 1 の冷媒流を、第 1 の気液分離装置に導き入れて、第 1 の気体冷媒流および第 1 の液体冷媒流を生成することと、

d) 前記第 1 の液体冷媒流を、前記冷却用熱交換器に導き入れることと、

e) 前記第 1 の液体冷媒流を前記冷却用熱交換器内で冷却して、冷却された液体冷媒流を生成することと、

f) 前記冷却された液体冷媒流を膨張させて、低温冷媒流を生成し、前記低温冷媒流を、前記冷却用熱交換器に導き入れて、前記炭化水素供給流、前記第 1 の液体冷媒流、および第 2 の冷媒流を冷却するために必要とされる冷蔵能力を提供することと、

30

g) 1 つ以上の圧縮段階で、前記第 1 の気体冷媒流を圧縮して、圧縮気体冷媒流を生成することと、

h) 前記圧縮気体冷媒流を冷却し凝縮し、凝縮された冷媒流を生成することと、

i) 前記凝縮された冷媒流を膨張させて、膨張した冷媒流を生成することと、

j) 前記膨張した冷媒流を、前記第 1 の気液分離装置に導き入れることと、

k) 前記第 2 の冷媒流を、前記冷却用熱交換器に導き入れることと、

l) 前記炭化水素供給流を、前記冷却用熱交換器に導き入れることと、

m) 前記炭化水素供給流を、前記冷却用熱交換器内で冷却して、冷却された炭化水素流を生成し、前記冷却された炭化水素流を、主熱交換器内でさらに冷却し液化し、液化炭化水素流を生成することと、

40

を含み、

s) 前記膨張した冷媒流を、第 2 の気液分離装置に導き入れて、第 2 の気体冷媒流および第 2 の液体冷媒流を生成することと、

t) 前記第 2 の気体冷媒流を、前記第 1 の気液分離装置に導き入れることと、

u) ステップ (d) において、前記冷却用熱交換器内で前記第 1 の液体冷媒流を冷却する前に、第 1 の熱交換器内での前記第 2 の液体冷媒流との間接熱交換によって、前記第 1 の液体冷媒流を冷却することと、

n) ステップ (m) を行った後、前記第 2 の液体冷媒流を、前記第 1 の気液分離装置に

50

導き入れることと、をさらに含む、方法。

【請求項 9】

前記第 2 の気体冷媒流および前記第 2 の液体冷媒流を前記第 1 の気液分離装置に導き入れる前に、前記第 2 の気体冷媒流および前記第 2 の液体冷媒流が、前記第 1 の気液分離装置の上流で、ステップ (b) の前記圧縮され冷却された第 1 の冷媒流と混合される、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

ステップ (c) が、前記圧縮され冷却された第 1 の冷媒流を、混合塔を備える第 1 の気液分離装置に導き入れて、第 1 の気体冷媒流および第 1 の液体冷媒流を生成することを含み、前記圧縮され冷却された第 1 の冷媒流が、前記混合塔の上段、またはその上方で、前記混合塔に導き入れられ、膨張した冷媒流が、前記混合塔の下段、またはその下方で、前記混合塔に導き入れられる、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 11】

前記炭化水素供給流が、天然ガスである、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 12】

炭化水素供給流を冷却する器機であって、

第 1 の炭化水素供給回路、第 1 の冷媒回路、第 2 の冷媒回路、前記第 1 の冷媒回路の上流端に位置する第 1 の冷媒回路入口、前記第 1 の冷媒回路の下流端に位置する第 1 の減圧装置、および前記減圧装置の下流にあり、前記減圧装置と流体流連通している膨張した第 1 の冷媒導管を含む冷却用熱交換器であって、前記冷却用熱交換器が低温冷媒流に対する間接熱交換によって、前記炭化水素供給流であって、前記第 1 の炭化水素供給回路を流れて流れることによって、予冷された炭化水素供給流を生成する、炭化水素供給流、前記第 1 の冷媒回路を流れる第 1 の冷媒、および前記第 2 の冷媒回路を流れる第 2 の冷媒を冷却するように動作的に構成されている、冷却用熱交換器と、

20

圧縮システムであって、

前記冷却用熱交換器の下側端および第 1 のコンプレッサと流体流連通している、暖温低圧の第 1 の冷媒導管、

前記第 1 のコンプレッサと流体流連通し、その下流の第 1 の最終冷却器、

第 1 の気液分離装置であって、前記第 1 の最終冷却器と流体流連通し、その下流の第 1 の入口、前記第 1 の気液分離装置の上側半分に位置する第 1 の気体出口、および前記第 1 の気液分離装置の下側半分に位置する第 1 の液体出口を有し、前記第 1 の液体出口が、前記第 1 の冷媒回路入口の上流にあり、それと流体流連通している、第 1 の気液分離装置、

30

前記第 1 の気体出口の下流であり、それと流体流連通している第 2 のコンプレッサ、

前記第 2 のコンプレッサの下流であり、それと流体流連通している凝縮器、および

前記凝縮器の下流で、それと流体流連通している第 2 の減圧装置であって、前記第 1 の気液分離装置の上流で、それと流体流連通し、それによって、前記第 2 の減圧装置を流れて流れるすべての流体が、前記冷却用熱交換器に向かって流れる前に、前記第 1 の気液分離装置を流れて流れるようにされる、前記第 2 の減圧装置を備える、圧縮システムと、を備え、第 2 の熱交換回路に対して間接熱交換を提供するように動作的に構成された第 1 の熱交換回路を有し、前記第 1 の熱交換回路が、前記第 2 の減圧装置の下流で、それと流体流連通し、前記第 2 の熱交換回路が、前記第 1 の気液分離装置の前記第 1 の液体出口の下流で、それと流体流連通している、第 1 の熱交換器をさらに含む、器機。

40

【請求項 13】

前記冷却用熱交換器の前記第 1 の炭化水素回路の下流で、それと流体流連通している第 2 の炭化水素回路を有し、前記第 2 の冷媒に対する間接熱交換によって、前記予冷された炭化水素供給流を少なくとも部分的に液化するように動作的に構成された、主熱交換器をさらに含む、請求項 12 に記載の器機。

【請求項 14】

第 2 の気液分離装置であって、前記第 2 の減圧装置と流体流連通している、その下流の

50

第3の入口と、前記第2の気液分離装置の上側半分に位置する第2の気体出口と、前記第2の気液分離装置の下側半分に位置する第2の液体出口とを有し、前記第2の液体出口が、前記第1の熱交換器の前記第1の熱交換回路の上流にあり、それと流体流連通している、第2の気液分離装置をさらに備える、請求項12に記載の器機。

【請求項15】

前記第1の熱交換器が、第3の熱交換回路と第4の熱交換回路とをさらに含み、前記第3の熱交換回路が、前記第2の冷媒回路の上流にあり、それと流体流連通し、前記第4の熱交換回路が、前記第1の炭化水素供給回路の上流にあり、それと流体流連通し、前記第1の熱交換器が、前記第1の熱交換回路に対して、前記第2の熱交換回路と、第3の熱交換回路と、第4の熱交換回路とを流れる流体を冷却するように動作的に構成される、請求項12に記載の器機。

10

【請求項16】

前記第1の気液分離装置が、混合塔であり、前記第1の気液分離装置の前記第1の入口が、前記混合塔の上段に位置し、前記第1の気液分離装置の第2の入口が、前記混合塔の下段に位置する、請求項12に記載の器機。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

天然ガスを冷却し、液化し、任意には二次冷却するための多くの液化システム、例えば単一の混合冷媒(SMR)サイクル、プロパン予冷混合冷媒(C3MR)サイクル、二重混合冷媒(DMR)サイクル、C3MR-窒素ハイブリッド(例えば、AP-X(商標))サイクル、窒素またはメタンエキスパンダサイクル、およびカスケードサイクルが、当技術分野において周知である。典型的には、そのようなシステムでは、天然ガスは、1つ以上の冷媒との間接熱交換によって、冷却され、液化され、任意には二次冷却される。多様な冷媒、例えば混合冷媒、純成分、二相冷媒、気相冷媒等が使用され得る。混合冷媒(MR)は、窒素、メタン、エタン/エチレン、プロパン、ブタン、およびペンタンの混合であり、多くのベースロード液化天然ガス(LNG)プラントで用いられてきた。MR流の組成は、典型的には、供給ガスの組成および動作条件に基づいて最適化される。

20

【0002】

冷媒は、1つ以上の熱交換器と冷媒圧縮システムとを含む冷媒回路内を循環する。冷媒回路は、閉ループまたは開ループであってもよい。天然ガスは、熱交換器内での、間接熱交換器による1つ以上の冷媒回路と冷媒との間接熱交換によって、冷却され、液化され、および/または二次冷却される。

30

【0003】

冷媒圧縮システムは、循環する冷媒を圧縮しかつ冷却するための圧縮シーケンスと、コンプレッサを駆動するために必要な電力を提供する駆動アセンブリとを含む。冷媒圧縮システムは、液化システムの重要な構成要素であるが、これは、天然ガスを冷却し、液化し、任意には二次冷却するために必要な熱デューティを提供する、低温低圧の冷媒流を生成するために、冷媒が、膨張の前に高圧に圧縮されて冷却されるために必要であるためである。

40

【0004】

図1を参照すると、先行技術の典型的なDMRプロセスが、液化システム100に示される。供給流は、好ましくは天然ガスであり、前処理セクション(図示せず)において既知の方法によって洗浄し乾燥させて、水、CO₂およびH₂S等の酸性ガス、および水銀等の他の汚染物質を取り除き、結果として供給流101が前処理される。前処理された供給流101は、基本的に無水であり、予冷システム134内で予冷されて、予冷された天然ガス流102を生成し、主極低温熱交換器(MCHE)165内でさらに冷却され、液化され、および/または二次冷却されて、LNG流104を生成する。LNG流104は、典型的には、弁またはタービン(図示せず)を通過させることによって減圧され、その後、LNG貯蔵タンク(図示せず)に送られる。圧力降下中に生成された任意のフラッシ

50

ユ蒸気および/またはタンク内のボイloffは、プラント内で燃料として用いられ、供給および/または送られて燃やされるためにリサイクルされ得る。

【0005】

前処理された供給流101は、摂氏10度を下回る、好ましくはおよそ摂氏0度を下回る、より好ましくはおよそ摂氏-30度を下回る温度まで予冷される。予冷された天然ガス流102は、およそ摂氏-150度~およそ摂氏-70度、好ましくはおよそ摂氏-145度~およそ摂氏-100度の温度まで冷却され、続いておよそ摂氏-170度~およそ摂氏-120度、好ましくはおよそ摂氏-170度~およそ摂氏-140度まで二次冷却されることによって液化される。図1に示されたMCH E 165は、2つの管束、暖温束166および低温束167を備えるコイル巻き熱交換器である。しかしながら、任意の数の束および任意の交換器タイプを利用してもよい。

10

【0006】

用語「基本的に無水」は、前処理された供給流101中のいずれの残留水も、下流の冷却および液化プロセスにおける水分凍結に関連する動作上の問題を防止するために、十分に低濃度で存在することを意味する。本明細書で説明された実施形態では、水分濃度は、好ましくは1.0ppm以下であり、より好ましくは0.1ppm~0.5ppmである。

【0007】

DMRプロセスで用いられる予冷用冷媒は、本明細書では暖温混合冷媒(WMR)と称される混合冷媒(MR)であり、窒素、メタン、エタン/エチレン、プロパン、ブタン等の成分、および他の炭化水素成分を含む。図1に図示されるように、暖温低圧のWMR流110は、予冷用熱交換器160のシェル側の底部から回収され、WMR圧縮システム111内で圧縮されかつ冷却されて、圧縮されたWMR流132を生成する。WMR圧縮システム111が、図2に説明される。圧縮されたWMR流132は、予冷用熱交換器160の管回路内で冷却されて、冷流を生成し、これはその後、第1のWMR膨張装置137をわたって減圧されて、膨張したWMR流135を生成する。膨張したWMR流135は、予冷用熱交換器160のシェル側に注入されて、前処理された供給流101に対して暖められ、暖温低圧のWMR流110を生成する。図1は、予冷用熱交換器160用の単一の管束を備えるコイル巻き熱交換器を示すが、しかしながら任意の数の管束および任意のタイプの熱交換器を使用してもよい。

20

30

【0008】

DMRプロセスでは、液化および二次冷却は、予冷された天然ガスを、本明細書では冷混合冷媒(CMR)と称される第2の混合冷媒流に対して熱交換することによって行われる。

【0009】

暖温低圧のCMR流140は、MCH E 165のシェル側の底部から回収され、吸引ドラム(図示せず)を通して送られて、あらゆる液体を分離し、気体流がCMRコンプレッサ141内で圧縮されて、圧縮されたCMR流142を生成する。暖温低圧のCMR流140は、典型的には、WMR予冷温度で、またはその付近の温度で、好ましくはおよそ摂氏-30度未満で、および10bara(145psia)未満の圧力で回収される。圧縮されたCMR流142は、CMR最終冷却器143内で冷却されて、圧縮され冷却されたCMR流144を生成する。付加的な相分離器、コンプレッサ、および最終冷却器が存在してもよい。MCH E 165の底部から回収された後にCMRを圧縮しかつ冷却するプロセスは、本明細書では概してCMR圧縮シーケンスと称される。

40

【0010】

圧縮され冷却されたCMR流144は、その後予冷システム134内で気化WMRに対して冷却されて、予冷されたCMR流145を生成し、これは、予冷温度およびCMR流の組成に依存して、十分に凝縮されるかまたは二相であってもよい。図1は、予冷されたCMR流145が、二相であり、CMR液体(CMR L)流147およびCMR気体(CMR V)流146が得られるCMR相分離器164に送られ、それらがさらに冷却される

50

ためにM C H E 1 6 5 に送り返される構成を示す。相分離器を離れる液体流および相分離器を離れる気体流は、それらがその後液化された後も当業界においてはM R L と称され、当業界においてはM R V と称される。

【 0 0 1 1 】

C M R L 流 1 4 7 と C M R V 流 1 4 6 の両方が、M C H E 1 6 5 の 2 つの別個の回路内で冷却される。C M R L 流 1 4 7 は、冷却され、M C H E 1 6 5 の暖温束において部分的に液化され、結果として、冷流がC M R L 膨張装置 1 4 9 をわたって減圧され、膨張したC M R L 流 1 4 8 を生成し、これは、M C H E 1 6 5 のシェル側に送り返されて、暖温束 1 6 6 において必要とされる冷蔵を提供する。C M R V 流 1 4 6 は、M C H E 1 6 5 の第 1 のおよび第 2 の管束において冷却されて、C M R V 膨張装置 1 5 1 をわたって減圧され、M C H E 1 6 5 に導き入れられる膨張したC M R V 流 1 5 0 を生成し、低温束 1 6 7 および暖温束 1 6 6 において必要とされる冷蔵を提供する。

10

【 0 0 1 2 】

M C H E 1 6 5 および予冷用熱交換器 1 6 0 は、天然ガスの冷却および液化のために好適な任意の交換器、例えばコイル巻き熱交換器、プレート型およびフィン型熱交換器、またはシェル型および管型熱交換器であることができる。コイル巻き熱交換器は、天然ガス液化のための最新式の交換器であり、プロセス流および暖温冷媒流を流れさせるための複数の螺旋巻き管を備える少なくとも 1 つの管束と、低温冷媒流を流れさせるためのシェル空間とを含む。

【 0 0 1 3 】

図 2 は、W M R 圧縮システム 2 1 1 の詳細を示す。暖温低圧のW M R 流 2 1 0 内に存在する任意の液体は、相分離器（図示せず）を通過させることによって取り除かれ、相分離器からの気体流は、低圧W M R コンプレッサ 2 1 2 内で圧縮されて、中圧W M R 流 2 1 3 を生成し、これは、低圧W M R 最終冷却器 2 1 4 内で冷却されて、冷却された中圧W M R 流 2 1 5 を生成する。低圧W M R 最終冷却器 2 1 4 は、多数の熱交換器、例えば過熱低減器および凝縮器をさらに備えてもよい。冷却された中圧W M R 流 2 1 5 は、二相であってもよく、W M R 相分離器 2 1 6 に送られて、W M R 気体（W M R V ）流 2 1 7 およびW M R 液体（W M R L ）流 2 1 8 を生成する。W M R V 流 2 1 7 は、高圧W M R コンプレッサ 2 2 1 内で圧縮されて、高圧W M R 流 2 2 2 を生成し、高圧W M R 過熱低減器 2 2 3 内で冷却されて、過熱防止高圧W M R 流 2 2 4 を生成する。W M R L 流 2 1 8 は、ポンピングされて、過熱防止高圧W M R 流 2 2 4 の圧力と同等の圧力においてポンピングW M R L 流 2 2 0 を生成する。ポンピングW M R L 流 2 2 0 および過熱防止高圧W M R 流 2 2 4 は、混合されて混合高圧W M R 流 2 2 5 を生成し、これは、高圧W M R 凝縮器 2 2 6 内で冷却されて、圧縮されたW M R 流 2 3 2 を生成する。混合高圧W M R 流 2 2 5 は、およそ 0 . 5 の気体フラクションを備える二相である。

20

30

【 0 0 1 4 】

高圧W M R 凝縮器 2 2 6 は、プレート型およびフィン型熱交換器、またはアルミろう付け熱交換器であってもよく、二相入口流に対処するように設計される必要がある。そのようにすることにおける課題の 1 つは、液相および気相が、高圧W M R 凝縮器 2 2 6 内で不均一に分散することである。結果として、圧縮されたW M R 流 2 3 2 は、十分に凝縮されないおそれがあり、これはひいては、予冷および液化プロセスに対するプロセス効率を低減させることを含意する。加えて、2 つのエントリ型熱交換器は、動作的な課題を含み得る。

40

【 0 0 1 5 】

これらの問題に対処するための 1 つの取り組みは、高圧W M R 凝縮器 2 2 6 の設計における液体および気体の不均衡配分を補償し、不均衡配分がない場合よりもかなり大きくするように設計し、それによって、圧縮されたW M R 流 2 3 2 が十分に凝縮されるようにすることである。しかしながら、この方法に関連して、2 つの欠点がある。1 つめは、凝縮器における不均衡配分の程度が予測不可能であるため、この方法は、いくぶん恣意的であり、結果として、圧縮されたW M R 流 2 3 2 内の気体フラクションが非ゼロとなる場合が

50

ある。2つめは、この方法は、結果として資本コストおよびプロット空間を増大させるが、これは望ましくない。

【0016】

当該問題に対処するための別の解決策は、W M R L 流 2 1 8 および圧縮された W M R 流 2 3 2 を、予冷用熱交換器 2 6 0 の別個の管回路で、ほぼ同じ予冷温度まで冷却することである。各冷却された流れは、別個の膨張装置（第 1 の W M R 膨張装置 2 3 7 に類似する）をわたって減圧され、シェル側冷媒として予冷用熱交換器 2 6 0 に送り込まれる。代替的に、両方の冷却された流れは、共通の膨張装置内で組み合わせられて減圧される。この取り組みは、高圧 W M R 凝縮器 2 2 6 における二相エントリの問題を取り除くが、液化プロセス全体の効率を低減させ、いくつかのケースでは、図 2 と比較して最大 4 % 効率が低くなる。さらに、この解決策は、コイル巻き熱交換器内の付加的な管回路、またはプレート型およびフィン型熱交換器内の付加的な通路を含意し、このことは、資本コストの増大を含意する。

10

【0017】

別の解決策は、ポンピング W M R L 流 2 2 0 と混合する前に、過熱防止高圧 W M R 流 2 2 4 を十分に凝縮することを包含する。この方法は、予冷用熱交換器 2 6 0 の管回路内で、混合された流れをさらに冷却することをさらに包含する。しかしながら、この方法は、別個の管回路を備える先の解決策について説明されたものと同じ欠点を有する。

【0018】

さらなる解決策は、予冷用熱交換器 2 6 0 を、暖温セクションおよび低温セクションの 2 つのセクションに分けることを包含する。コイル巻き熱交換器のケースでは、暖温および低温セクションは、予冷用熱交換器 2 6 0 内の別個の管束であってもよい。W M R L 流 2 1 8 は、予冷用熱交換器 2 6 0 の暖温セクション内の別個の管回路で冷却され、膨張装置をわたって減圧されて、シェル側冷媒として戻されて暖温セクションに対する冷蔵を提供する。圧縮された W M R 流 2 3 2 は、予冷用熱交換器 2 6 0 の暖温および低温セクション内の別個の管回路で冷却され、膨張装置をわたって減圧されて、シェル側冷媒として戻されて低温および暖温セクションに対する冷蔵を提供する。この構成は、二相エントリの問題を取り除き、また図 2 と比較すると、液化プロセス全体の効率を改善する。しかしながら、これらは、結果として、予冷用熱交換器を多数のセクションに分割することに起因して、資本コストを著しく増大させ、多くの場合望ましくない。

20

30

【0019】

凝縮器における二相エントリを取り除き、同時に設備の資本コストを著しく増大させない、高信頼かつ効率的な解決策が望まれる。本発明は、高圧 W M R 凝縮器 2 2 6 内への二相の入口を取り除くことに加えて、W M R ポンプ 2 6 8 を取り除き、それによって、資本コストを低減し、D M R プロセスの運用性および設計を改善する、新規な W M R 構成を提供する。本発明は、多数の成分冷媒を包含するあらゆる冷却、液化、または二次冷却プロセスに適用され得る。

【発明の概要】

【0020】

態様 1： 冷却用熱交換器内の第 1 の冷媒流との間接熱交換によって、炭化水素供給流を冷却する方法であって、

40

a) 1 つ以上の圧縮段階で、暖温低圧の第 1 の冷媒流を圧縮して、圧縮された第 1 の冷媒流を生成することと、

b) 圧縮された第 1 の冷媒流を 1 つ以上の冷却ユニット内で冷却して、圧縮され冷却された第 1 の冷媒流を生成することと、

c) 圧縮され冷却された第 1 の冷媒流を、第 1 の気液分離装置に導き入れて、第 1 の気体冷媒流および第 1 の液体冷媒流を生成することと、

d) 第 1 の液体冷媒流を、冷却用熱交換器に導き入れることと、

e) 第 1 の液体冷媒流を冷却用熱交換器内で冷却して、冷却された液体冷媒流を生成することと、

50

f) 冷却された液体冷媒流を膨張させて、低温冷媒流を生成し、低温冷媒流を、冷却用熱交換器に導き入れて、炭化水素供給流、第1の液体冷媒流、および第2の冷媒流を冷却するために必要とされる冷蔵能力を提供することと、

g) 1つ以上の圧縮段階で、第1の気体冷媒流を圧縮して、圧縮気体冷媒流を生成することと、

h) 圧縮気体冷媒流を冷却し凝縮し、凝縮された冷媒流を生成することと、

i) 凝縮させた冷媒流を膨張させて、膨張した冷媒流を生成することと、

j) 膨張した冷媒流を、第1の気液分離装置に導き入れることと、

k) 第2の冷媒流を、冷却用熱交換器に導き入れることと、

l) 炭化水素供給流を、冷却用熱交換器に導き入れることと、

m) 炭化水素供給流を、冷却用熱交換器内で冷却して、冷却された炭化水素流を生成し、冷却された炭化水素流を、主熱交換器内でさらに冷却し液化し、液化炭化水素流を生成することと、

を含む、方法。

【0021】

態様2：ステップ(i)が、第1の気液分離装置の上流で、膨張した冷媒流を、圧縮され冷却された第1の冷媒流と混合することによって、膨張した冷媒流を、第1の気液分離装置に導き入れることを含む、態様1に記載の方法。

【0022】

態様3：冷却用熱交換器内で冷却される第1の冷媒流のみが、第1の液体冷媒流である、態様1または2に記載の方法。

【0023】

態様4：ステップ(e)が、第1の冷媒流を、冷却用熱交換器の第1の管回路を通過させることによって、第1の液体冷媒流を冷却用熱交換器内で冷却することをさらに含み、冷却用熱交換器が、コイル巻き熱交換器であり、

ステップ(m)が、炭化水素供給流を、冷却用熱交換器の第2の管回路を通過させることによって、炭化水素供給流を冷却用熱交換器内で冷却することをさらに含み、

ステップ(f)が、低温冷媒流を、冷却用熱交換器のシェル側に導き入れることをさらに含む、態様1～3のいずれかに記載の方法。

【0024】

態様5：n) 第2の冷媒流を冷却用熱交換器内で冷却して、冷却された第2の冷媒流を生成することと、

o) 冷却された第2の冷媒流を主熱交換器内でさらに冷却して、さらに冷却された第2の冷媒流を生成することと、

p) さらに冷却された第2の冷媒流を膨張させて、膨張した第2の冷媒流を生成することと、

q) 膨張した第2の冷媒流を、主熱交換器に戻すことと、

r) 冷却された炭化水素流を、主熱交換器内での膨張した第2の冷媒流との間接熱交換によってさらに冷却し凝縮し、液化炭化水素流を生成することと、

をさらに含む、態様1～4のいずれかに記載の方法。

【0025】

態様6：ステップ(d)を行う前に、第1の熱交換器内で、膨張した冷媒流のうち少なくとも一部との間接熱交換によって、第1の液体冷媒流のうち少なくとも一部を冷却することをさらに含む、態様1～5のいずれかに記載の方法。

【0026】

態様7：ステップ(l)を行う前に、第1の熱交換器内で、炭化水素供給流のうち少なくとも一部を冷却することをさらに含む、態様6に記載の方法。

【0027】

態様8：ステップ(k)を行う前に、第1の熱交換器内で、第2の冷媒流のうち少なくとも一部を冷却することをさらに含む、態様6または7に記載の方法。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 8 】

態様 9 :

k) 膨張した冷媒流を、第 2 の気液分離装置に導き入れて、第 2 の気体冷媒流および第 2 の液体冷媒流を生成することと、

l) 第 2 の気体冷媒流を、第 1 の気液分離装置に導き入れることと、

m) ステップ (d) において、冷却用熱交換器内で第 1 の液体冷媒流を冷却する前に、第 1 の熱交換器内での第 2 の液体冷媒流との間接熱交換によって、第 1 の液体冷媒流を冷却することと、

n) ステップ (m) を行った後、第 2 の液体冷媒流を、第 1 の気液分離装置に導き入れることと、

をさらに含む、態様 1 ~ 8 のいずれかに記載の方法。

10

【 0 0 2 9 】

態様 1 0 : 第 2 の気体冷媒流および第 2 の液体冷媒流を第 1 の気液分離装置に導き入れる前に、第 2 の気体冷媒流および第 2 の液体冷媒流が、第 1 の気液分離装置の上流の、ステップ (b) の圧縮され冷却された第 1 の冷媒流と混合される、態様 9 に記載の方法。

【 0 0 3 0 】

態様 1 1 : ステップ (c) が、圧縮され冷却された第 1 の冷媒流を、混合塔を備える第 1 の気液分離装置に導き入れて、第 1 の気体冷媒流および第 1 の液体冷媒流を生成することを含む、態様 1 ~ 1 0 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 3 1 】

態様 1 2 : 圧縮され冷却された第 1 の冷媒流が、混合塔の上段、またはその上方で、混合塔に導き入れられ、膨張した第 1 の冷媒流が、混合塔の下段、またはその下方で、混合塔に導き入れられる、態様 1 1 に記載の方法。

20

【 0 0 3 2 】

態様 1 3 : 炭化水素供給流が、天然ガスである、態様 1 ~ 1 2 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 3 3 】

態様 1 4 : 記凝縮させた冷媒流が、十分に凝縮される、態様 1 ~ 1 2 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 3 4 】

態様 1 5 : ステップ a) および c) が、

a) 1 つ以上の圧縮段階で、暖温低圧の第 1 の冷媒流を圧縮して、圧縮された第 1 の冷媒流を生成することであって、暖温低圧の第 1 の冷媒流が、第 1 の成分を有する、生成することと、

c) 圧縮され冷却された第 1 の冷媒流を、第 1 の気液分離装置に導き入れて、第 1 の気体冷媒流および第 1 の液体冷媒流を生成することであって、第 1 の気体冷媒流が、第 2 の成分を有し、第 2 の成分が、エタンよりも軽い成分を、第 1 の成分よりも高いパーセンテージ (モルベース) で有する、生成することと、

をさらに含む、態様 1 ~ 1 4 のいずれかに記載の方法。

30

【 0 0 3 5 】

態様 1 6 : ステップ a) が、

a) 1 つ以上の圧縮段階で、暖温低圧の第 1 の冷媒流を圧縮して、圧縮された第 1 の冷媒流を生成することであって、暖温低圧の第 1 の冷媒流が、エタンより軽い成分 1 0 % 未満で構成される第 1 の成分をさらに含む、生成すること

をさらに含む、態様 1 ~ 1 5 のいずれかに記載の方法。

40

【 0 0 3 6 】

態様 1 7 : ステップ c) が、

c) 圧縮され冷却された第 1 の冷媒流を、第 1 の気液分離装置に導き入れて、第 1 の気体冷媒流および第 1 の液体冷媒流を生成することであって、第 1 の気体冷媒流が、エタンより軽い成分 2 0 % で構成される第 2 の成分を有する、生成すること

50

をさらに含む、態様 1 ~ 16 のいずれかに記載の方法。

【0037】

態様 18：炭化水素供給流を冷却する器機であって、

第 1 の炭化水素供給回路、第 1 の冷媒回路、第 2 の冷媒回路、第 1 の冷媒回路の上流端に位置する第 1 の冷媒回路入口、第 1 の冷媒回路の下流端に位置する第 1 の減圧装置、および減圧装置の下流にあり、減圧装置と流体流連通している膨張した第 1 の冷媒導管を含む冷却用熱交換器であって、冷却用熱交換器が低温冷媒流に対する間接熱交換によって、炭化水素供給流であって、第 1 の炭化水素供給回路を通して流れることによって、予冷された炭化水素供給流を生成する、炭化水素供給流、第 1 の冷媒回路を通して流れる第 1 の冷媒、および第 2 の冷媒回路を通して流れる第 2 の冷媒を冷却するように動作的に構成され

10

れている、冷却用熱交換器と、

圧縮システムであって、

冷却用熱交換器の下側端および第 1 のコンプレッサと流体流連通している、暖温低圧の第 1 の冷媒導管、

第 1 のコンプレッサと流体流連通し、その下流の第 1 の最終冷却器、

第 1 の最終冷却器と流体流連通し、その下流の第 1 の入口、第 1 の気液分離装置の上側半分に位置する第 1 の気体出口、および第 1 の気液分離装置の下側半分に位置する第 1 の液体出口を有し、第 1 の液体出口が、第 1 の冷媒回路入口の上流にあり、それと流体流連通している、第 1 の気液分離装置と、第 1 の気体出口の下流であり、それと流体流連通している第 2 のコンプレッサ、

20

第 2 のコンプレッサの下流であり、それと流体流連通している凝縮器、および

凝縮器の下流で、それと流体流連通している第 2 の減圧装置であって、第 1 の気液分離装置の上流で、それと流体流連通し、それによって、第 2 の減圧装置を通して流れるすべての流体が、冷却用熱交換器に向かって流れる前に、第 1 の気液分離装置を通して流れるようにされる、第 2 の減圧装置、を備える、圧縮システムと、を備える、器機。

【0038】

態様 19：冷却用熱交換器の第 1 の炭化水素回路の下流で、それと流体流連通している第 2 の炭化水素回路を有し、第 2 の冷媒に対して間接熱交換によって、予冷された炭化水素供給流を少なくとも部分的に液化するように動作的に構成された、主熱交換器をさらに含む、態様 18 に記載の器機。

30

【0039】

態様 20：第 2 の熱交換回路に対して間接熱交換を提供するように動作的に構成された第 1 の熱交換回路を有し、第 2 の減圧装置の下流で、それと流体流連通し、第 2 の熱交換回路が、第 1 の気液分離装置の第 1 の液体出口の下流で、それと流体流連通している、第 1 の熱交換器をさらに含む、態様 18 または 19 に記載の器機。

【0040】

態様 21：第 2 の減圧装置と流体流連通している、その下流の第 3 の入口と、第 2 の気液分離装置の上側半分に位置する第 2 の気体出口と、第 2 の気液分離装置の下側半分に位置する第 2 の液体出口とを有し、第 1 の液体出口が、第 1 の熱交換器の第 1 の熱交換回路の上流にあり、それと流体流連通している、第 2 の気液分離装置をさらに備える、態様 18 ~ 20 のいずれかに記載の器機。

40

【0041】

態様 22：第 1 の熱交換器が、第 3 の熱交換回路と第 4 の熱交換回路とをさらに含み、第 3 の熱交換回路が、第 1 の冷媒回路の上流にあり、それと流体流連通し、第 4 の熱交換回路が、第 1 の炭化水素供給回路の上流であり、それと流体流連通し、第 1 の熱交換器が、第 1 の熱交換回路に対して、第 2 の熱交換回路と、第 3 の熱交換回路と、第 4 の熱交換回路とを通して流れる流体を冷却するように動作的に構成される、態様 18 ~ 21 のいずれかに記載の器機。

【0042】

態様 23：第 1 の気液分離装置が、混合塔である、態様 18 ~ 22 のいずれかに記載の

50

器機。

【 0 0 4 3 】

態様 2 4 : 第 1 の気液分離装置の第 1 の入口が、混合塔の上段に位置し、第 1 の気液分離装置の第 2 の入口が、混合塔の下段に位置する、態様 2 3 に記載の器機。

【 0 0 4 4 】

態様 2 5 : 冷却用熱交換器が、コイル巻き熱交換器である、態様 1 8 ~ 2 4 のいずれかに記載の器機。

【 0 0 4 5 】

態様 2 6 : 第 2 のコンプレッサの下流であり、それと流体流連通しており、凝縮器の上流であり、それと流体流連通している過熱低減器をさらに備える、態様 1 8 ~ 2 5 のいずれかに記載の器機。

10

【 0 0 4 6 】

態様 2 7 : 第 1 の冷媒が、第 1 の混合冷媒からなる、態様 1 8 ~ 2 6 のいずれかに記載の器機。

【 0 0 4 7 】

態様 2 8 : 第 2 の冷媒が、第 1 の混合冷媒とは異なる成分を有する第 2 の冷媒からなる、態様 1 8 ~ 2 7 のいずれかに記載の器機。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 8 】

【 図 1 】 図 1 は、先行技術による D M R システムの概略的なフロー図である。

20

【 0 0 4 9 】

【 図 2 】 図 2 は、先行技術による D M R システムの予冷システムの概略的なフロー図である。

【 0 0 5 0 】

【 図 3 】 図 3 は、本発明の第 1 の例示的な実施形態による D M R システムの予冷システムの概略的なフロー図である。

【 0 0 5 1 】

【 図 4 】 図 4 は、本発明の第 2 の例示的な実施形態による D M R システムの予冷システムの概略的なフロー図である。

【 0 0 5 2 】

30

【 図 5 】 図 5 は、本発明の第 3 の例示的な実施形態による D M R システムの予冷システムの概略的なフロー図である。

【 0 0 5 3 】

【 図 6 】 図 6 は、本発明の第 4 の例示的な実施形態による D M R システムの予冷システムの概略的なフロー図である。

【 0 0 5 4 】

【 図 7 】 図 7 は、本発明の第 5 の例示的な実施形態による D M R システムの予冷システムの概略的なフロー図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 5 5 】

40

以下に続く詳細な説明は、好ましい例示的な実施形態のみを提供し、特許請求される発明の範囲、適用性、または構成を限定することは意図されていない。むしろ、以下に続く好ましい例示的な実施形態の詳細な説明は、当業者に、請求項に係る発明の好ましい例示的な実施形態を実施することを可能にする説明を提供する。請求項に係る発明の本質および範囲から逸脱することなく、要素の機能および配置に、さまざまな変更がなされてもよい。

【 0 0 5 6 】

図面に関連して明細書に導入された参照番号は、他の特徴のためのコンテキストを提供するために、明細書でのさらなる説明なしに、1 つ以上の後に続く図面で繰り返されてもよい。

50

【 0 0 5 7 】

用語「流体流連通」は、本明細書および請求項で用いられる場合、液体、気体、および/または二相混合物を、制御された様式で（すなわち、漏れることなく）構成要素間で直接的あるいは間接的に移送されることを可能にする、2つ以上の構成要素間の接続性を指す。2つ以上の構成要素を互いに流体流連通するように結合することは、例えば溶接、フランジ付き導管、ガスケット、およびボルトの使用を伴う、当技術分野において周知の任意の好適な方法を包含することができる。2つ以上の構成要素それらを分離し得るシステム他の構成要素、例えば、弁、ゲート、または流体流を選択的に制限するかまたは方向付け得る他の装置を介して結合されてもよい。

【 0 0 5 8 】

用語「導管」は、本明細書および請求項で用いられる場合、それを通してシステムの2つ以上の構成要素間で流体を移送させることができる1つ以上の構造を指す。例えば、導管は、液体、気体、および/またはガスを移送するパイプ、ダクト、通路、およびそれらの組み合わせを含むことができる。

【 0 0 5 9 】

用語「天然ガス」は、本明細書および請求項で用いられる場合、主にメタンからなる炭化水素ガス混合物を意味する。

【 0 0 6 0 】

用語「炭化水素ガス」または「炭化水素流体」は、本明細書および請求項で用いられる場合、少なくとも1つの炭化水素を含み、炭化水素がガス/流体の全体組成の少なくとも80%、およびより好ましくは少なくとも90%を構成するガス/流体を意味する。

【 0 0 6 1 】

用語「混合冷媒」（「MR」と略される）は、本明細書および請求項で用いられる場合、少なくとも2つの炭化水素を含み、炭化水素が冷媒の全体組成の少なくとも80%を構成する流体を意味する。

【 0 0 6 2 】

用語「重混合冷媒」は、本明細書および請求項で用いられる場合、少なくともエタン程度の重量の炭化水素が、MRの全体組成の少なくとも80%を構成するMRを意味する。好ましくは、少なくともブタン程度の重量の炭化水素は、混合冷媒の全体組成の少なくとも10%を構成する。

【 0 0 6 3 】

用語「束」および「管束」は、本出願の中で区別なく用いられ、同義であることが意図される。

【 0 0 6 4 】

用語「周囲流体」は、本明細書および請求項で用いられる場合、周囲圧力および温度で、またはその付近でシステムに供給される流体を意味する。

【 0 0 6 5 】

請求項において、請求項に係るステップを区別するために、文字が用いられる（例えば、（a）、（b）、および（c））。これらの文字は、方法ステップの参照を支援するために用いられ、そのような順序が請求項において特に列挙されない限り、その程度までについてのみ、請求項に係るステップが行われる順序を示すことは意図されない。

【 0 0 6 6 】

方向を示す用語は、本明細書および請求項では、本発明の部分（例えば、上側、下側、左、右等）を説明するために用いられ得る。これらの方向を示す用語は、例示的な実施形態の説明を支援することのみが意図され、請求項に係る発明の範囲を限定することは意図されていない。本明細書で用いられる場合、用語「上流」は、システムの通常の動作が説明されている間の、基準点からの導管内での流体の流れの方向とは反対の方向を意味することが意図される。同様に、用語「下流」は、システムの通常の動作が説明されている間の、基準点からの導管内での流体の流れの方向と同じ方向を意味することが意図される。

【 0 0 6 7 】

本明細書および請求項で用いられる場合、用語「高高」、「高」、「中間」、および「低」は、これらの用語が用いられる要素の性質についての相対的な値を表現することが意図される。例えば、高高压流は、本出願において説明されるかまたは請求項に係る、対応する高压流または中圧流もしくは低压流よりも高い圧力を有する流れを示すことが意図される。同様に、高压流は、明細書または請求項で説明された、対応する中圧流または低压流よりも高いが、本出願において説明されるかまたは請求項に係る、対応する高高压流よりも低い圧力を有する流れを示すことが意図される。同様に、中圧流は、明細書または請求項で説明された、対応する低压流よりも高いが、本出願において説明されるかまたは請求項に係る、対応する高压流よりも低い圧力を有する流れを示すことが意図される。

【0068】

本明細書において特に明記しない限り、明細書、図面および請求項で特定されたいずれかおよびすべてのパーセンテージは、重量パーセントに基づくものと理解されるべきである。本明細書において特に明記しない限り、明細書、図面および請求項で特定されたいずれかおよびすべての圧力は、ゲージ圧力を意味すると理解されるべきである。

【0069】

本明細書で用いられる場合、用語「寒剤」または「極低温流体」は、摂氏 - 70 度未満の温度を有する液体、ガス、または混相流体を意味することが意図される。寒剤の例は、液体窒素 (LIN)、液化天然ガス (LNG)、液体ヘリウム、液体二酸化炭素、および加圧された混相寒剤 (例えば、LIN およびガス化窒素の混合) を含む。本明細書で用いられる場合、用語「極低温温度」は、摂氏 - 70 度を下回る温度を意味することが意図される。

【0070】

本明細書において特に明記しない限り、一地点で流れを導き入れることは、実質的に前述の流れのすべてをその地点で導き入れることを意味することが意図される。明細書で説明され、図に示されたすべての流れ (典型的には、通常の動作中の流体流の全体的な方向を示す矢印とともに、線で表される) は、対応する導管内部に収容されていると理解されるべきである。各導管は、少なくとも 1 つの入口と少なくとも 1 つの出口とを有すると解釈されるべきである。さらに、各機器は、少なくとも 1 つの入口と少なくとも 1 つの出口とを有すると理解されるべきである。

【0071】

図 3 は、本発明の第 1 の実施形態を示す。暖温低压の WMR 流 310 に存在するあらゆる液体は、相分離器 (図示せず) を通過させることによって取り除かれ、相分離器からの気体流は、低压 WMR コンプレッサ 312 内で圧縮されて、中圧 WMR 流 313 を生成し、これは、低压 WMR 最終冷却器 314 内で冷却されて、冷却された中圧 WMR 流 315 を生成する。低压 WMR 最終冷却器 314 は、多数の熱交換器、例えば過熱低減器および凝縮器をさらに備えてもよい。冷却された中圧 WMR 流 315 は、二相であってもよく、WMR 相分離器 316 に送られて、WMR V 流 317 および WMR L 流 318 を生成し得る。WMR L 流 318 は、予冷用熱交換器 360 の管回路でさらに冷却されて、さらに冷却された WMR L 流 319 を生成し、これは、第 1 の WMR 膨張装置 337 をわたって減圧されて、その後シェル側の冷媒として予冷交換器 360 に戻される膨張した WMR 流 335 を生成する。前処理された供給流 301 は、予冷用熱交換器 360 内で予冷されて、予冷された天然ガス流 302 を生成する。

【0072】

WMR V 流 317 は、高压 WMR コンプレッサ 321 内で圧縮されて、高压 WMR V 流 322 を生成し、これは、高压 WMR 過熱低減器 323 内で冷却されて、冷却された高压 WMR V 流 324 を生成し、これはさらに、高压 WMR 凝縮器 326 内で冷却され凝縮されて、凝縮させた高压 WMR 流 327 を生成し、これは、少なくとも部分的に、および好ましくは全体的に凝縮させる。暖温低压の WMR 流 310 は、天然ガス流を予冷するために用いられるため、窒素およびメタン等の軽い成分の濃度が低く、および主としてエタンおよびより重い成分を含有する。暖温低压の WMR 流 310 は、エタンより軽い成分を 10

10

20

30

40

50

%未満、好ましくは、エタンより軽い成分を5%未満、より好ましくは、エタンより軽い成分を2%未満含み得る。WMRV流317の中には、より軽い成分が堆積し、これは、エタンよりも軽い成分を20%未満、好ましくは、エタンより軽い成分を15%未満、より好ましくは、エタンより軽い成分を10%未満含み得る。したがって、非常に高圧に圧縮する必要なく、WMRV流317を十分に凝縮させて、全体的に凝縮させた高圧WMR流327を生成することが可能である。高圧WMRV流322は、450psia(31bara)~700psia(48bara)、好ましくは500psia(34bara)~650psia(45bara)の圧力であってもよい。予冷用熱交換器360が、天然ガスを十分に液化するために用いられる液化熱交換器であった場合、暖温低圧のWMR流310は、より高い窒素およびメタン濃度を有し、したがって、高圧WMRV流322の圧力は、凝縮させた高圧WMR流327を十分に凝縮させるためにより高くなっていた。このことは達成することが可能ではないかもしれないため、凝縮させた高圧WMR流327は、十分に凝縮されず、別個に液化される必要があるかもしれないかなりの気体濃度を含有するであろう。

10

【0073】

凝縮させた高圧WMR流327は、第2のWMR膨張装置328内で減圧されて、200psia(14bara)~400psia(28bara)、好ましくは300psia(21bara)~350psia(24bara)の圧力であり得る冷却された中圧WMR流315とほぼ同じ圧力で、膨張した高圧WMR流329を生成する。膨張した高圧WMR流329は、摂氏-10度~摂氏20度、好ましくは摂氏-5度~摂氏5度の温度であってもよい。膨張した高圧WMR流329は、0.1~0.6、好ましくは0.2~0.4の気体フラクションを有していてもよい。前述の流れの条件は、周囲温度および動作条件に基づいて変化する。膨張した高圧WMR流329は、WMR相分離器316に戻される。

20

【0074】

代替的に、膨張した高圧WMR流329は、WMR相分離器316(図3において破線329aで示される)の上流の地点に、例えば冷却された中圧WMR流315と混合することによって戻されてもよい。第1のWMR膨張装置337および第2のWMR膨張装置328は、油圧タービン、ジュールトムソン(J-T)弁、または当技術分野において既知の任意の他の好適な膨張装置であってもよい。

30

【0075】

図3に示された実施形態の、先行技術を越える利点は、高圧WMR凝縮器326が、気相入口についてのみ設計されることを必要とすることである。このことは、あらゆる設計上の問題を取り除き、凝縮器内で起こり得る気液分配の問題を軽減することを助ける。加えて、図3に示された構成は、図2に示された先行技術のWMRポンプ268を取り除いており、そのため、LNG設備の資本コスト、機器個数、および設置面積を低減させる。

【0076】

図3の代替案は、イジェクタ/エダクタの使用を包含し、冷却された中圧WMR流315および凝縮させた高圧WMR流327が、エダクタに送られて、二相流を生成し、これがWMR相分離器316に送られる。

40

【0077】

図4は、本発明の好ましい実施形態を示す。図4を参照すると、暖温低圧のWMR流410に存在する任意の液体は、相分離器(図示せず)を通過させることによって取り除かれ、相分離器からの気体流は、低圧WMRコンプレッサ412内で圧縮されて、中圧WMR流413を生成し、これは、低圧WMR最終冷却器414内で冷却されて、冷却された中圧WMR流415を生成する。低圧WMR最終冷却器414は、多数の熱交換器、例えば過熱低減器および凝縮器をさらに備えてもよい。冷却された中圧WMR流415は、二相であってもよく、WMR相分離器416に送られて、WMRV流417およびWMRL流418を生成してもよい。

【0078】

50

W M R V 流 4 1 7 は、高圧 W M R コンプレッサ 4 2 1 内で圧縮されて、高圧 W M R V 流 4 2 2 を生成し、これは、高圧 W M R 過熱低減器 4 2 3 内で冷却されて、冷却された高圧 M R V 流 4 2 4 を生成し、これはさらに、高圧 W M R 凝縮器 4 2 6 内で冷却され凝縮されて、凝縮させた高圧 W M R 流 4 2 7 を生成する。凝縮させた高圧 W M R 流 4 2 7 は、第 2 の W M R 膨張装置 4 2 8 内で減圧されて、膨張した高圧 W M R 流 4 2 9 を生成する。膨張した高圧 W M R 流 4 2 9 は、W M R 熱交換器 4 3 0 内で暖められて、暖温な膨張した高圧 W M R 流 4 3 1 を生成し、これは、W M R 相分離器 4 1 6 に戻される。第 2 の W M R 膨張装置 4 2 8 は、暖温な膨張した高圧 W M R 流 4 3 1 の圧力が、冷却された中圧 W M R 流 4 1 5 の圧力とほぼ同じであるように調整される。

【 0 0 7 9 】

W M R L 流 4 1 8 は、W M R 熱交換器 4 3 0 内で膨張した高圧 W M R 流 4 2 9 に対して冷却されて、冷却された W M R L 流 4 3 3 を生成する。暖温な膨張した高圧 W M R 流 4 3 1 は、摂氏 - 2 0 度 ~ 摂氏 1 5 度、好ましくは摂氏 - 1 0 度 ~ 摂氏 0 度の温度であってもよい。前述の流れの温度は、周囲温度および動作条件に基づいて変化する。

【 0 0 8 0 】

冷却された W M R L 流 4 3 3 は、予冷用熱交換器 4 6 0 の管回路内でさらに冷却されて、さらに冷却された W M R L 流 3 1 9 を生成し、これは、第 1 の W M R 膨張装置 4 3 7 をわたって減圧されて、膨張した W M R 流 4 3 5 を生成し、そしてこれは、シェル側の冷媒として予冷用交換器 4 6 0 に戻される。

【 0 0 8 1 】

W M R 熱交換器 4 3 0 は、プレート型およびフィン型、アルミろう付け、コイル巻き、または当技術分野において既知の任意の他の好適なタイプの熱交換器であってもよい。W M R 熱交換器 4 3 0 は、直列または並列の多数の熱交換器をさらに備えてもよい。

【 0 0 8 2 】

図 4 に示された実施形態は、先行技術を越える図 3 のすべての利点を保持する。加えて、本実施形態は、図 3 に示されたプロセスのプロセス効率を、およそ 2 % 改善させ、それによって、同じ量の L N G を生成するために必要とされる電力を低減させる。観察された効率の向上は、予冷用熱交換器に送り込まれている液体流の温度がより低いことに主に起因する。

【 0 0 8 3 】

代替の実施形態は、図 4 の変形であり、熱交換器 4 3 0 が、膨張した高圧 W M R 流 4 2 9 と、(W M R L 流 4 1 8 に代えて) W M R V 流 4 1 7 との間の間接熱交換を提供する。本実施形態は、結果として高圧 W M R コンプレッサ 4 2 1 の吸引時に、より低温な状態となる。

【 0 0 8 4 】

さらなる実施形態は、図 4 の変形であり、熱交換器 4 3 0 が、膨張した高圧 W M R 流 4 2 9 と冷却された中圧 W M R 流 4 1 5 との間の間接熱交換を提供する。本実施形態は、結果として高圧 W M R コンプレッサ 4 2 1 の入口と、冷却された W M R L 流 4 3 3 との両方を冷却する。

【 0 0 8 5 】

膨張した高圧 W M R 流 4 2 9 は、二相であってもよい。しかしながら、W M R 熱交換器 4 3 0 の性能は、膨張した高圧 W M R 流 4 2 9 内に典型的に存在する低量の気体に起因する影響を有意に受けないことが予想される。膨張した高圧 W M R 流 4 2 9 内により大量の気体が存在するシナリオでは、図 5 が代替の実施形態を提供する。

【 0 0 8 6 】

図 5 を参照すると、膨張した高圧 W M R 流 5 2 9 は、第 2 の W M R 相分離器 5 3 8 に送られて、第 2 の W M R V 流 5 3 9 および第 2 の W M R L 流 5 3 6 を生成する。第 2 の W M R V 流 5 3 9 は、W M R 相分離器 5 1 6 に戻される。第 2 の W M R 膨張装置 5 2 8 は、第 2 の M R V 流 5 3 9 が冷却された中圧 W M R 流 5 1 5 とほぼ同じ圧力であるように調整される。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 7 】

第2のW M R L流5 3 6は、W M R熱交換器5 3 0内で暖められて、暖温な膨張した高圧W M R流5 3 1を生成し、これは、W M R相分離器5 1 6に戻される。代替的に、暖温な膨張した高圧W M R流5 3 1は、W M R相分離器5 1 6の上流（図5において、破線5 3 1 aで示される）で、冷却された中圧W M R流5 1 5と混合されることができる。W M R相分離器5 1 6からのW M R L流5 1 8は、W M R熱交換器5 3 0内で、第2のW M R L流5 3 6に対して冷却されて、冷却されたW M R L流5 3 3を生成する。冷却されたW M R L流5 3 3は、予冷用熱交換器5 6 0の管回路内でさらに冷却されて、さらに冷却されたW M R L流3 1 9を生成し、これは、第1のW M R膨張装置5 3 7をわたって減圧されて、膨張したW M R流5 3 5を生成し、そしてこれは、シェル側の冷媒として予冷用交換器5 6 0に戻される。

10

【 0 0 8 8 】

図5に開示された実施形態は、図4のすべての利点を保有する。これは、付加的な機器を含み、第2のW M R膨張装置5 2 8からの高い気流を備えるシナリオにおいて有益である。

【 0 0 8 9 】

代替の実施形態では、第2のW M R V流5 3 9は、W M R相分離器5 1 6に戻される前に、W M R熱交換器5 3 0の別個の通路を通過させることによって暖められる。

【 0 0 9 0 】

図6は、本発明のさらなる実施形態を示し、図3の変形である。暖温低圧のW M R流6 1 0は、低圧W M Rコンプレッサ6 1 2内で圧縮されて、中圧W M R流6 1 3を生成し、これは、低圧W M R最終冷却器6 1 4内で冷却されて、冷却された中圧W M R流6 1 5を生成する。低圧W M R最終冷却器6 1 4は、多数の熱交換器、例えば過熱低減器および凝縮器をさらに備えてもよい。冷却された中圧W M R流6 1 5は、混合塔6 5 5の上段に送られて、混合塔6 5 5の上段からのW M R V流6 1 7と、混合塔6 5 5の下段からのW M R L流6 1 8とを生成する。W M R L流6 1 8は、予冷用熱交換器6 6 0の管回路内でさらに冷却されて、さらに冷却されたW M R L流3 1 9を生成し、これは、第1のW M R膨張装置6 3 7をわたって減圧されて、膨張したW M R流6 3 5を生成し、そしてこれは、シェル側の冷媒として予冷用交換器6 6 0に戻される。

20

【 0 0 9 1 】

W M R V流6 1 7は、高圧W M Rコンプレッサ6 2 1内で圧縮されて、高圧W M R V流6 2 2を生成し、これは、高圧W M R過熱低減器6 2 3内で冷却されて、冷却された高圧W M R V流6 2 4を生成し、これは、高圧W M R凝縮器6 2 6内でさらに冷却され凝縮されて、凝縮させた高圧W M R流6 2 7を生成する。凝縮させた高圧W M R流6 2 7は、第2のW M R膨張装置6 2 8内で減圧されて、膨張した高圧W M R流6 2 9を生成する。膨張した高圧W M R流6 2 9は、混合塔6 5 5の下段に戻される。本実施形態は、図3のすべての利益を保有し、図3と比較すると、予冷用熱交換器に送られている液体流を冷却することに起因して、結果的にプロセス効率がより高くなる。

30

【 0 0 9 2 】

混合塔、例えば混合塔6 5 5は、蒸留塔（先行技術においては、分離塔または分留塔とも称される）と同じ熱力学的原理で動作する。しかしながら、混合塔6 5 5は、蒸留塔とは反対のタスクを行う。これは逆に、流体の成分を分離することに代えて、複数の平衡段階において流体を混合する。蒸留塔とは異なり、混合塔の上部は、底部よりも暖かい。混合塔6 5 5は、充填物および/または任意の数のトレイを含み得る。上段は、混合塔6 5 5の上部トレイまたは上部セクションを指す。下段は、混合塔6 5 5の底部トレイまたは底部セクションを指す。

40

【 0 0 9 3 】

代替の実施形態は、混合塔を蒸留塔に置き換えることを包含する。本実施形態では、膨張した高圧W M R流6 2 9は、蒸留塔の上段に挿入されて還流をもたらし、一方で冷却された中圧W M R流6 1 5は、塔の下段にされる。付加的なりボイラの使用または凝縮の使

50

用が設けられてもよい。

【 0 0 9 4 】

図 7 に示された実施形態は、図 4 に示されたものの変形である。本実施形態では、前処理された供給流 7 0 1 および圧縮され冷却された C M R 流 7 4 5 は、W M R 熱交換器 7 3 0 内での膨張した高圧 W M R 流 7 2 9 との間接熱交換によって冷却され、冷却され前処理された供給流 7 5 2 および圧縮され 2 度冷却された C M R 流 7 5 3 をそれぞれ生成する。冷却され前処理された供給流 7 5 2 および圧縮され 2 度冷却された C M R 流 7 5 3 は、予冷用熱交換器 7 6 0 の別個の管回路内でさらに冷却される。

【 0 0 9 5 】

本実施形態は、予冷用熱交換器 7 6 0 内の供給流の温度を低くすることに加えて、予冷用熱交換器 7 6 0 への供給流が同様の温度であることを確実にすることによって、プロセスの効率をさらに改善する。代替の実施形態では、前処理された供給流 7 0 1 および圧縮され冷却された C M R 流 7 4 5 のうち一方のみが、W M R 熱交換器 7 3 0 内で冷却される。

10

【 0 0 9 6 】

本明細書で説明されたすべての実施形態について、W M R 流の組成は、供給組成物、周囲温度、および他の条件の変化とともに調整されてもよい。典型的には、W M R 流は、ブタンより軽い成分を、4 0 モルパーセントを超えて、好ましくは 5 0 モルパーセントを超えて含有する。

【 0 0 9 7 】

本明細書で説明された本発明の実施形態は、任意の数のコンプレッサ、コンプレッサケーシング、圧縮段階、中間冷却または後冷却の存在等を含む、あらゆるコンプレッサ設計に適用可能である。さらに、本明細書で説明された実施形態は、あらゆる熱交換器タイプ、例えばプレート型およびフィン型熱交換器、コイル巻き熱交換器、シェル型および管型熱交換器、アルミろう付け熱交換器、ケトル型、ケトルインコア型、ならびに他の好適な熱交換器設計に適用可能である。本明細書で説明された実施形態は、炭化水素および窒素を含む混合冷媒に言及しているが、過フッ化炭化水素等の任意の他の冷媒混合物にも適用可能である。本発明に関連する方法およびシステムは、新規プラント設計の一部として、または既存の L N G プラントのための追加設置として実施されることができる。

20

【 0 0 9 8 】

実施例 1

【 0 0 9 9 】

以下は、本発明の例示的な実施形態の動作の一例である。本実施例のプロセスおよびデータは、年間およそ 5 5 , 0 0 0 トンの L N G を生成し、特に図 4 に示された実施形態を参照する L N G プラントにおける D M R プロセスのシミュレーションに基づく。本実施例の記載を簡略化するために、図 4 に示された実施形態に関して記載された要素および参照番号が用いられる。

30

【 0 1 0 0 】

華氏 5 1 度 (摂氏 1 1 度) 、 5 5 p s i a (3 . 8 b a r a) および 4 2 , 8 0 3 ポンドモル / 時 (1 9 , 4 1 5 キロモル / 時) の暖温低圧の W M R 流 4 1 0 は、低圧 W M R コンプレッサ 4 1 2 内で圧縮されて、華氏 2 0 7 度 (摂氏 9 7 . 5 度) および 3 3 1 p s i a (2 2 . 8 b a r a) で、中圧 W M R 流 4 1 3 を生成し、これは、低圧 W M R 最終冷却器 4 1 4 内で冷却されて、華氏 7 7 度 (摂氏 2 5 度) および 3 1 6 p s i a (2 1 . 8 b a r a) で、冷却された中圧 W M R 流 4 1 5 を生成する。冷却された中圧 W M R 流 4 1 5 は、W M R 相分離器 4 1 6 に送られて、W M R V 流 4 1 7 および W M R L 流 4 1 8 を生成する。

40

【 0 1 0 1 】

1 5 , 8 1 1 ポンドモル / 時 (7 , 1 7 2 キロモル / 時) の W M R V 流 4 1 7 は、高圧 W M R コンプレッサ 4 2 1 内で圧縮されて、華氏 1 4 6 度 (摂氏 6 3 度) および 5 9 8 p s i a (4 1 b a r a) で、高圧 W M R V 流 4 2 2 を生成し、これは、高圧 W M R 過熱低

50

減器 4 2 3 内で冷却されて、冷却された高圧 M R V 流 4 2 4 を生成し、これはさらに、高圧 W M R 凝縮器 4 2 6 内で冷却され凝縮されて、華氏 7 7 度（摂氏 2 5 度）、5 8 3 p s i a（4 0 . 2 b a r a）、および気体フラクション 0 で、凝縮させた高圧 W M R 流 4 2 7 を生成する。凝縮させた高圧 W M R 流 4 2 7 は、第 2 の W M R 膨張装置 4 2 8 内で減圧されて、華氏 3 4 度（摂氏 1 . 4 度）および 3 2 4 p s i a（2 2 . 2 b a r a）で、膨張した高圧 W M R 流 4 2 9 を生成する。膨張した高圧 W M R 流 4 2 9 は、W M R 熱交換器 4 3 0 内で暖められて、華氏 5 3 度（華氏 1 1 . 8 度）および 3 1 6 p s i a（2 1 . 8 b a r a）で、暖温な膨張した高圧 W M R 流 4 3 1 を生成し、これは、W M R 相分離器 3 1 6 に戻される。本実施例では、暖温低圧の W M R 流 4 1 0 は、エタンより軽い成分を 1 % 含有し、膨張した高圧 W M R 流 4 2 9 の気体フラクションは、0 . 3 である。

10

【 0 1 0 2 】

4 2 , 8 0 0 ポンドモル / 時（1 9 , 4 1 5 キロモル / 時）の W M R L 流 4 1 8 は、W M R 熱交換器 4 3 0 内で、膨張した高圧 W M R 流 4 2 9 に対して冷却されて、華氏 3 8 度（摂氏 3 . 1 1 度）および 3 0 8 p s i a（2 1 . 2 b a r a）で、冷却された W M R L 流 4 3 3 を生成する。

【 0 1 0 3 】

前処理された供給流 4 0 1 は、華氏 6 8 度（摂氏 2 0 度）、1 1 0 0 p s i a（7 6 b a r a）で予冷用熱交換器 4 6 0 にエントリし、華氏 - 4 1 度（摂氏 - 4 0 . 5 度）および気体フラクション 0 . 7 4 で、予冷された天然ガス流 4 0 2 を生成する。圧縮され冷却された C M R 流 4 4 4 は、華氏 7 7 度（摂氏 2 5 度）、8 9 0 p s i a（6 1 b a r a）で、予冷用熱交換器 4 6 0 にエントリし、華氏 - 4 0 度（摂氏 - 4 0 度）および気体フラクション 0 . 3 で、予冷された C M R 流 4 4 5 を生成する。

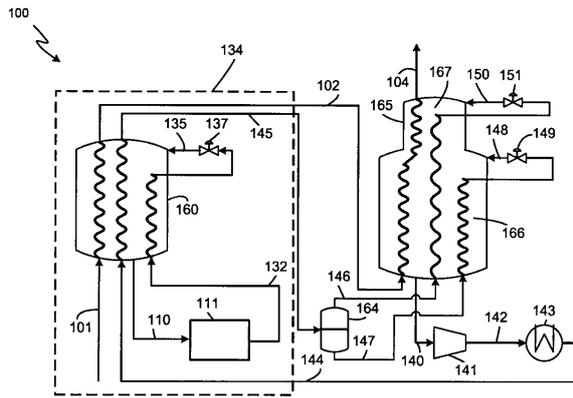
20

【 0 1 0 4 】

本実施例では、プロセスの効率は、図 3 に対応するものよりも 2 ~ 3 % 高いことがわかった。したがって、本実施例は、本発明が、W M R 凝縮器熱交換器における二相のエントリを取り除き、かつ W M R 液体ポンプも取り除く効率的で低コスト方法およびシステムを提供することを実証する。

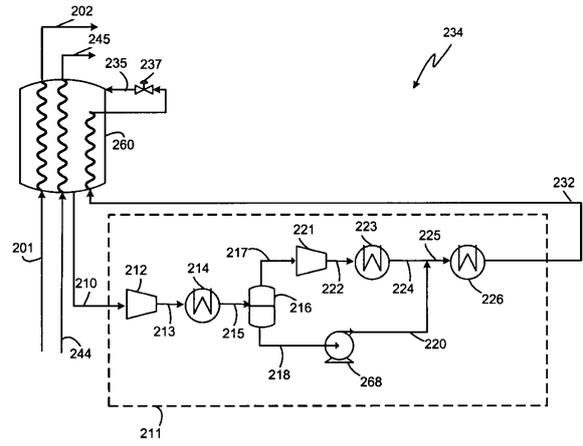
【 図 1 】

図 1
(先行技術)



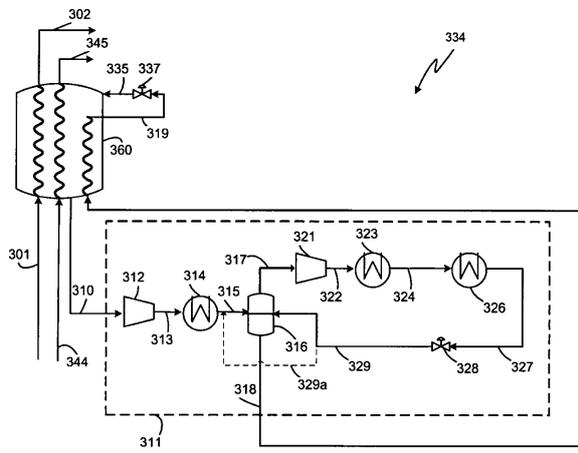
【 図 2 】

図 2
(先行技術)



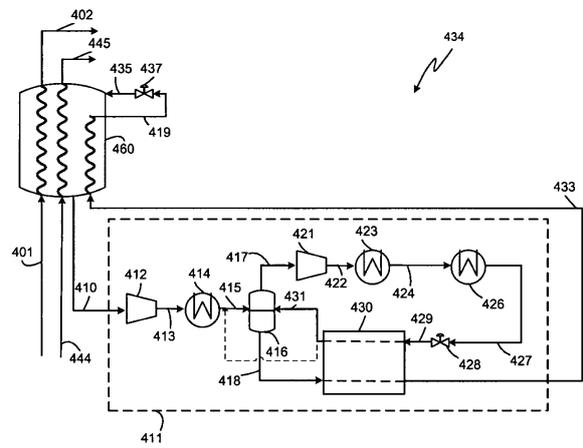
【 図 3 】

図 3

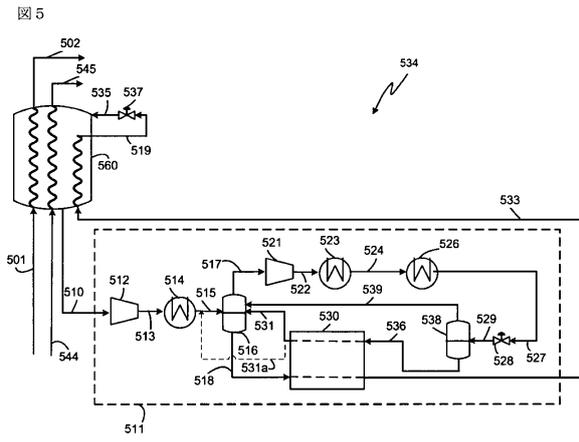


【 図 4 】

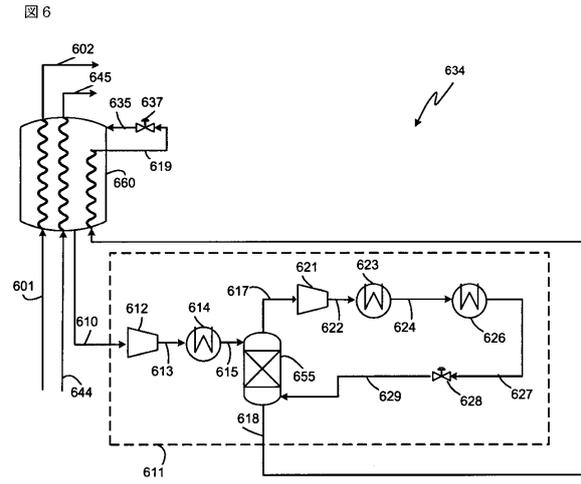
図 4



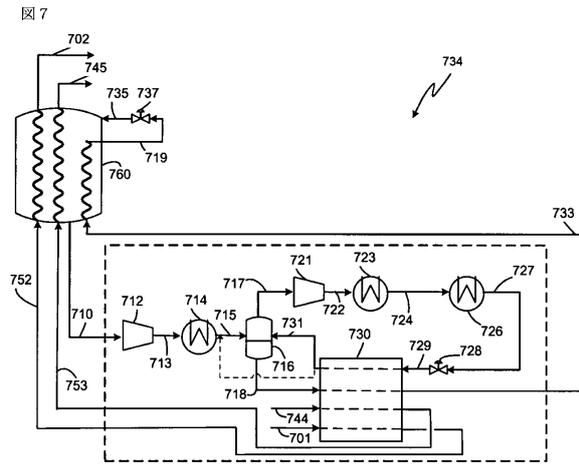
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

- (74)代理人 100123582
弁理士 三橋 真二
- (74)代理人 100195213
弁理士 木村 健治
- (74)代理人 100173107
弁理士 胡田 尚則
- (74)代理人 100210686
弁理士 田中 直樹
- (72)発明者 マーク ジュリアン ロバーツ
アメリカ合衆国, ペンシルベニア 19529, ケンプトン, カナリス ドライブ 8866
- (72)発明者 ゴウリ クリシュナムルティ
アメリカ合衆国, ペンシルベニア 18960, セラズビル, マリーガン ドライブ 456
- (72)発明者 アダム エイドリアン プロストウ
アメリカ合衆国, ペンシルベニア 18049, エメーアス, コロニアル コート 126

審査官 関根 崇

- (56)参考文献 独国特許出願公開第102004032710 (DE, A1)
特表2015-524045 (JP, A)
特開2000-180048 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| F25J | 1/00 |
| F25B | 39/00 |
| C10L | 3/10 |