

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6683665号
(P6683665)

(45) 発行日 令和2年4月22日 (2020.4.22)

(24) 登録日 令和2年3月30日 (2020.3.30)

(51) Int. Cl.	F 1
F 2 5 J 1/00 (2006.01)	F 2 5 J 1/00 B
F 2 5 J 1/02 (2006.01)	F 2 5 J 1/02
F 2 5 B 43/00 (2006.01)	F 2 5 B 43/00 L

請求項の数 16 外国語出願 (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2017-193479 (P2017-193479)	(73) 特許権者	591035368
(22) 出願日	平成29年10月3日 (2017.10.3)		エア プロダクツ アンド ケミカルズ
(65) 公開番号	特開2018-59708 (P2018-59708A)		インコーポレイテッド
(43) 公開日	平成30年4月12日 (2018.4.12)		AIR PRODUCTS AND CH
審査請求日	平成29年10月16日 (2017.10.16)		EMICALS INCORPORATE
(31) 優先権主張番号	15/287,963		D
(32) 優先日	平成28年10月7日 (2016.10.7)		アメリカ合衆国 ペンシルヴェニア アレ
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		ンタウン ハミルトン ブールヴァード
前置審査			7201
			7201 Hamilton Boule
			vard, Allentown, Pe
			nnsylvania 18195-15
			01, USA
		(74) 代理人	100099759
			弁理士 青木 篤
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複数圧力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】

複数の熱交換区分の各々における第1の冷媒との間接的な熱交換によって、炭化水素流体を含む炭化水素供給流および第2の冷媒を含む第2の冷媒供給流を冷却する方法であって、

(a) 前記炭化水素供給流および前記第2の冷媒供給流を前記複数の熱交換区分のうちの最も高温の熱交換区分内に導入することと、

(b) 予備冷却された炭化水素流および予備冷却された第2の冷媒流を生成するために、前記炭化水素供給流および前記第2の冷媒供給流を前記複数の熱交換区分の各々において冷却することと、

(c) 液化された炭化水素流を生成するために、前記予備冷却された炭化水素流を主熱交換器において前記第2の冷媒と接触させて、さらに冷却して液化することと、

(d) 第1の冷媒を含む低压の第1の冷媒流を前記複数の熱交換区分のうちの最も低温の熱交換区分から取り出し、前記低压の第1の冷媒流を圧縮システムの少なくとも1つの圧縮ステージにおいて圧縮することと、

(e) 第1の冷媒を含む中圧の第1の冷媒流を前記複数の熱交換区分のうち、前記最も低温の熱交換区分より高温である第1の熱交換区分から取り出すことと、

(f) ステップ (d) および (e) が行われた後に、併合された第1の冷媒流を生成するために、前記低压の第1の冷媒流および前記中圧の第1の冷媒流を併合することと、

(g) 前記圧縮システムから、第1の冷媒を含む高圧の第1の冷媒流を取り出すこと

10

20

と、

(h) 冷却された高高压の第1の冷媒流を生成するために、前記高高压の第1の冷媒流を少なくとも1つの冷却ユニットにおいて冷却して少なくとも部分的に凝縮することと、

(i) 第1の冷媒を含む第1の蒸気冷媒流および第1の冷媒を含む第1の液体冷媒流を生成するために、前記冷却された高高压の第1の冷媒流を第1の気液分離機器内に導入することと、

(j) 前記第1の液体冷媒流を前記複数の熱交換区分のうちの前記最も高温の熱交換区分内に導入することと、

(k) 第1の冷却された液体冷媒流を生成するために、前記第1の液体冷媒流を前記複数の熱交換区分のうちの前記最も高温の熱交換区分において冷却することと、

(l) 第1の冷媒を含む第1の膨張された冷媒流を生成するために、前記第1の冷却された液体冷媒流の少なくとも一部分を膨張させることと、

(m) ステップ(b)の前記冷却の第1の部分を提供すべく、冷却能力を提供するために、前記第1の膨張された冷媒流を前記最も高温の熱交換区分内に導入することと、

(n) ステップ(i)の前記第1の蒸気冷媒流の少なくとも一部分を少なくとも1つの圧縮ステージにおいて圧縮することと、

(o) ステップ(n)の前記少なくとも1つの圧縮ステージの下流にあり、これと流体流連通している少なくとも1つの冷却ユニットにおいて、凝縮された第1の冷媒流を生成するために、第1の冷媒を含む圧縮された第1の冷媒流を冷却して凝縮することと、

(p) 前記凝縮された第1の冷媒流を前記複数の熱交換区分のうちの前記最も高温の熱交換区分内に導入することと、

(q) 第1の冷却および凝縮された冷媒流を生成するために、前記凝縮された第1の冷媒流を前記第1の熱交換区分および前記最も低温の熱交換区分において冷却することと、

(r) 第1の冷媒を含む第2の膨張された冷媒流を生成するために、前記第1の冷却および凝縮された冷媒流を膨張させることと、

(s) ステップ(b)の前記冷却の第2の部分を提供すべく、冷却能力を提供するために、前記第2の膨張された冷媒流を前記最も低温の熱交換区分内に導入することと、

(t) 第1の冷媒を含む第1の中間冷媒流をステップ(g)を行う前に前記圧縮システムから取り出すことと、

(u) 冷却された第1の中間冷媒流を生成するために、前記第1の中間冷媒流を少なくとも1つの冷却ユニットにおいて冷却し、前記冷却された第1の中間冷媒流をステップ(g)を行う前に前記圧縮システム内に導入することと、

(t') 第1の冷媒を含む第2の中間冷媒流を前記圧縮システムから取り出すことと、

(u') 冷却された第2の中間冷媒流を生成するために、前記第2の中間冷媒流を少なくとも1つの冷却ユニットにおいて冷却することと、

(v) 第1の冷媒を含む第2の蒸気冷媒流および第1の冷媒を含む第2の液体冷媒流を生成するために、前記冷却された第2の中間冷媒流を第2の気液分離機器に導入することと、

(w) 前記第2の液体冷媒流を前記複数の熱交換区分のうちの最も高温の熱交換区分内に導入することと、

(x) ステップ(o)の前記圧縮された第1の冷媒流を生成する前に、前記第2の蒸気冷媒流を前記圧縮システムの少なくとも1つの圧縮ステージにおいて圧縮することと、を含む、方法。

【請求項2】

ステップ(e)は、前記中圧の第1の冷媒流を前記複数の熱交換区分のうちの、前記最も低温の熱交換区分より高温である前記第1の熱交換区分から取り出すことをさらに含み、前記第1の熱交換区分はまた、前記最も高温の熱交換区分でもある、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

ステップ(n)は、ステップ(o)の前記圧縮された第1の冷媒流を形成するために、

10

20

30

40

50

ステップ (i) の前記第 1 の蒸気冷媒流を少なくとも 1 つの圧縮ステージにおいて圧縮することをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

ステップ (g) を行う前に前記圧縮システムの少なくとも 1 つの圧縮ステージにおいて、ステップ (f) の前記併合された第 1 の冷媒流を圧縮することをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

ステップ (e) は、前記中圧の第 1 の冷媒流を前記複数の熱交換区分のうちの第 1 の熱交換区分から取り出すことと、前記中圧の第 1 の冷媒流を前記圧縮システムの少なくとも 1 つの圧縮ステージにおいて圧縮することと、をさらに含む、前記第 1 の熱交換区分が、前記最も低温の熱交換区分より高温である、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 6】

(t) 第 1 の冷媒を含む高压の第 1 の冷媒流を前記複数の熱交換区分のうちの前記最も高温の熱交換区分から取り出すことと、

(u) 前記高压の第 1 の冷媒流をステップ (g) を行う前に前記圧縮システム内に導入することと、をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

(v) 第 1 の冷媒を含む高压の第 1 の冷媒流を前記複数の熱交換区分のうちの前記最も高温の熱交換区分から取り出すことと、

(w) 併合された第 1 の中間冷媒流を形成するために、前記高压の第 1 の冷媒流を前記冷却された第 1 の中間冷媒流と併合し、前記併合された第 1 の中間冷媒流をステップ (g) を行う前に前記圧縮システム内に導入することと、をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 8】

ステップ (q) は、前記第 1 の熱交換器区分における冷却の前に、前記凝縮された第 1 の冷媒流を前記最も高温の熱交換器区分において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 9】

ステップ (d) の前記低压の第 1 の冷媒流、ステップ (f) の前記併合された第 1 の冷媒流、およびステップ (i) の前記第 1 の蒸気冷媒流は、単一圧縮機の複数圧縮ステージにおいて圧縮される、請求項 1 に記載の方法。

30

【請求項 10】

炭化水素供給流を冷却する装置であって、

最も高温の熱交換区分および最も低温の熱交換区分を含む複数の熱交換区分と、

炭化水素流体の供給源の下流にあり、これと流体流連通している、前記複数の熱交換区分の各々を通して延びる第 1 の炭化水素回路と、

第 2 の冷媒を含有し、前記複数の熱交換区分の各々を通して延びる第 2 の冷媒回路と、

第 1 の冷媒を含有し、前記最も高温の熱交換区分を通して延びる第 1 の予備冷却冷媒回路と、

前記第 1 の冷媒を含有し、前記最も高温の熱交換区分および前記最も低温の熱交換区分を通して延びる第 2 の予備冷却冷媒回路と、

40

前記第 1 の予備冷却冷媒回路の上流端に位置する第 1 の予備冷却冷媒回路入口、前記第 1 の予備冷却冷媒回路の下流端に位置する第 1 の圧力降下機器、ならびに前記第 1 の圧力降下機器および前記最も高温の熱交換区分の第 1 の低温回路の下流にあり、これらと流体流連通している第 1 の膨張された冷媒導管と、

前記第 2 の予備冷却冷媒回路の上流端に位置する第 2 の予備冷却冷媒回路入口、前記第 2 の予備冷却冷媒回路の下流端に位置する第 2 の圧力降下機器、ならびに前記第 2 の圧力降下機器および前記最も低温の熱交換区分の第 2 の低温回路の下流にあり、これらと流体流連通している第 2 の膨張された冷媒導管と、

圧縮システムであって、

50

第 1 の圧縮ステージおよび前記最も低温の熱交換区分の高温端と流体流連通している
低圧の第 1 の冷媒導管、

第 2 の圧縮ステージおよび第 1 の熱交換区分の高温端と流体流連通している中圧の第
1 の冷媒導管、

前記第 2 の圧縮ステージの下流の第 1 の後部冷却器、

前記第 1 の後部冷却器と流体流連通しており、これの下流にある第 1 の入口を有する
第 1 の気液分離機器であって、第 1 の蒸気出口が、前記第 1 の気液分離機器の上半分に位
置し、第 1 の液体出口が、前記第 1 の気液分離機器の下半分に位置し、前記第 1 の液体出
口が、前記第 1 の予備冷却冷媒回路入口の上流にあり、これと流体流連通している、気液
分離機器、

10

前記第 1 の蒸気出口の下流にある第 3 の圧縮ステージ、ならびに

前記第 3 の圧縮ステージの下流にある第 2 の後部冷却器、

を備える、圧縮システムと、を備え、

前記最も高温の熱交換区分は、前記第 1 の炭化水素回路を通して流れる前記炭化水素流
体、前記第 2 の冷媒回路を通して流れる前記第 2 の冷媒、前記第 1 の予備冷却冷媒回路を
通して流れる前記第 1 の冷媒、および前記最も高温の熱交換区分の前記第 1 の低温回路を
通して流れる前記第 1 の冷媒と接触する前記第 2 の予備冷却冷媒回路を部分的に予備冷却
するように運転自在に構成され、

前記最も低温の熱交換区分は、予備冷却された炭化水素流を生成するために前記第 1 の
炭化水素回路を通して流れる前記炭化水素流体を予備冷却する、前記第 2 の冷媒回路を通
して流れる前記第 2 の冷媒を予備冷却する、および前記最も低温の熱交換区分の前記第 1
の低温回路を通して流れる前記第 1 の冷媒と接触する前記第 2 の予備冷却冷媒回路を通
して流れる前記第 1 の冷媒を予備冷却するように運転自在に構成され、

20

前記圧縮システムは、前記第 2 の圧縮ステージの下流にある第 1 の中間冷却器、および
前記第 1 の中間冷却器の下流かつ前記第 3 の圧縮ステージの上流にあり、前記第 1 の中間
冷却器及び前記第 3 の圧縮ステージと流体流連通している冷却された第 1 の中間冷媒導管
をさらに備え、

前記装置は、

前記最も高温の熱交換区分の高温端および前記冷却された第 1 の中間冷媒導管と流体
流連通している高圧の第 1 の冷媒導管と、

30

前記第 1 の気液分離機器の下流にある第 3 の後部冷却器と、

第 2 の気液分離機器であって、前記第 3 の後部冷却器と流体流連通しており、これの
下流にある第 3 の入口、前記第 2 の気液分離機器の上半分に位置する第 2 の蒸気出口、前
記第 2 の気液分離機器の下半分に位置する第 2 の液体出口を有し、前記第 2 の液体出口が
、前記第 1 の予備冷却冷媒回路入口の上流にあり、これと流体流連通している、第 2 の気
液分離機器と、

をさらに備え、

前記圧縮システムは、

前記第 2 の蒸気出口の下流にある第 4 の圧縮ステージ、ならびに

前記第 4 の圧縮ステージの下流にある第 4 の後部冷却器、

40

をさらに備える、装置。

【請求項 1 1】

前記複数の熱交換区分の前記第 1 の炭化水素回路の下流にあり、これと流体流連通して
いる第 2 の炭化水素回路を有する主熱交換器をさらに備え、前記主熱交換器は、前記第 2
の冷媒と接触させる間接的な熱交換によって、前記予備冷却された炭化水素流を少なくと
も部分的に液化するように運転自在に構成されている、請求項 1 0 に記載の装置。

【請求項 1 2】

前記複数の熱交換区分は、第 1 の熱交換器の複数区分である、請求項 1 0 に記載の装置

。

【請求項 1 3】

50

前記第2の予備冷却冷媒回路に含有される前記第1の冷媒は、前記第1の予備冷却冷媒回路に含有される前記第1の冷媒より高濃度のエタンおよびより軽い炭化水素を有する、請求項10に記載の装置。

【請求項14】

少なくとも前記最も高温の熱交換区分および前記第1の熱交換区分を通して延びる第3の予備冷却冷媒回路をさらに備え、前記第3の予備冷却冷媒回路は、前記第1の冷媒を含有している、請求項10に記載の装置。

【請求項15】

前記第1の熱交換区分は、前記複数の熱交換区分のうちの前記最も高温の熱交換区分である、請求項10に記載の装置。

【請求項16】

前記第2の予備冷却冷媒回路は、前記最も高温の熱交換区分、前記第1の熱交換区分、および前記最も低温の熱交換区分を通して延びる、請求項10に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

天然ガスを冷却、液化、および任意に過冷却する複数の液化システムが当分野においてよく知られており、例えば、一系混合冷媒（SMR）サイクル、プロパン予備冷却混合冷媒（C3MR）サイクル、二系混合冷媒（DMR）サイクル、C3MR-窒素混成（例えば、AP-X（商標））サイクル、窒素またはメチレンエクスパンダサイクル、およびカスケードサイクルがある。通常、このようなシステムにおいて、天然ガスは、1つ以上の冷媒との間接的な熱交換によって冷却、液化、および任意に過冷却される。混合冷媒、純粋構成要素、2相冷媒、気体相冷媒等のような種々の冷媒が用いられ得る。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物である混合冷媒（MR）は、多くのベース負荷液化天然ガス（LNG）プラントにおいて使用されている。MR流の成分は、通常、供給ガス成分および運転条件に基づいて最適化される。

【0002】

冷媒は、1つ以上の熱交換器および冷媒圧縮システムを含む冷媒回路内で循環される。冷媒回路は、閉ループであってもよく、開ループであってもよい。天然ガスは、熱交換器において冷媒を含む間接熱交換器による1つ以上の冷媒回路における間接的な熱交換によって冷却、液化、および/または過冷却される。

【0003】

冷媒圧縮システムは、循環冷媒を圧縮および冷却する圧縮シーケンス、ならびに圧縮機を駆動するために必要な力を提供するための駆動装置アセンブリを含む。予備冷却液化システムに対して、駆動装置アセンブリにおける駆動装置および圧縮シーケンスの数および形式は、予備冷却システムおよび液化システムに対して要求される動力の比率に影響を有する。天然ガスを冷却、液化、および任意に過冷却するために必要な熱能力を提供する低温低压の冷媒流を生成するために、冷媒が、高压に圧縮され、膨張の前に冷却される必要があるため、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。

【0004】

DMRプロセスは、2つの混合冷媒流を伴い、1つ目が供給天然ガスを予備冷却するためのものであり、2つ目が予備冷却された天然ガスを液化するためのものである。2つの混合冷媒流は、2つの冷媒回路、予備冷却システム内の予備冷却冷媒回路、および液化システム内の液化冷媒回路を通過する。各冷媒回路において、天然ガス供給流を冷却および液化するために要求される冷却能力を提供する間に冷媒流が蒸気化される。冷媒流が単一圧力レベルで蒸気化される場合、システムおよびプロセスは、「単一圧力」と呼ばれる。冷媒流が2つ以上の圧力レベルで蒸気化される場合、システムおよびプロセスは、「複数圧力」と呼ばれる。図1を参照すると、従来技術のDMRプロセスが、冷却および液化システム100において示される。ここに説明されるDMRプロセスは、単一圧力液化システムおよび2つの圧力レベルを有する複数圧力予備冷却システムを伴う。ただし、任意の

10

20

30

40

50

数の圧力レベルが提示され得る。供給流、好ましくは、天然ガスが、水、 CO_2 および H_2S のような酸性気体、ならびに水銀のような他の汚染物質を除去するために前処理区分（図示されない）において公知の方法によって洗浄および乾燥され、結果として前処理された供給流102をもたらす。本質的に水の無い、前処理された供給流102が、第2の予備冷却された天然ガス流106を生成するために予備冷却システム134において予備冷却され、LNG流108を生成するために主低温熱交換器（MCHE）164においてさらに冷却、液化、および/または過冷却される。LNG流108は、通常、バルブまたはタービン（図示されない）にそれを通すことによって、圧力降下され、次いで、LNG貯蔵タンクに送られる。タンクにおける圧力降下および/または蒸発中に生成される任意のフラッシュ蒸気は、プラントにおいて燃料として使用されてもよく、供給に再利用されてもよく、および/またはフレアに送られてもよい。

10

【0005】

前処理された供給流102は、第1の予備冷却された天然ガス流104を生成するために、第1の予備冷却熱交換器160において冷却される。第1の予備冷却された天然ガス流104は、第2の予備冷却された天然ガス流106を生成するために、第2の予備冷却熱交換器162において冷却される。第2の予備冷却された天然ガス流106は、液化され、続いて、約 -170 ~ 約 -120 、好ましくは、約 -170 ~ 約 -140 の温度のLNG流108を生成するために過冷却される。図1に示されるMCHE164は、2つのチューブ束、高温束166および低温束167を有するコイル巻熱交換器である。ただし、任意の数の束、および任意の交換器形式が利用され得る。図1は、2つの予備冷却熱交換器および予備冷却コイルにおける2つの圧力レベルを示すが、任意の数の予備冷却熱交換器および圧力レベルが利用され得る。予備冷却熱交換器は、図1においてコイル巻熱交換器であるように示される。ただし、それらは、プレートおよびフィン熱交換器、シェルおよびチューブ熱交換器、または天然ガスの予備冷却に適切な任意の他の熱交換器であってもよい。

20

【0006】

「本質的に水の無い」という用語は、前処理された供給流102における全残留水分が、下流の冷却および液化プロセスにおいて水の凍結に伴う運転上の問題を防止するために十分な低濃度で存在することを意味する。本明細書において説明される実施形態において、水の濃度は、好ましくは 1.0 ppm 以下、より好ましくは $0.1 \text{ ppm} \sim 0.5 \text{ ppm}$ である。

30

【0007】

DMRにおいて使用される予備冷却冷媒は、本明細書において高温の混合冷媒（WMR）または「第1の冷媒」として呼ばれる混合冷媒（MR）であり、窒素、メタン、エタン/エチレン、プロパン、ブタン、および他の炭化水素構成要素のような構成要素を含む。図1に例示されるように、低压WMR流110は、第2の予備冷却熱交換器162のシェル側の高温端から取り出され、WMR圧縮機112の第1圧縮ステージ112Aにおいて圧縮される。中圧WMR流118は、第1の予備冷却熱交換器160のシェル側の高温端から取り出され、それが第1の圧縮ステージ112Aからの圧縮流（図示されない）と混合するWMR圧縮機112内に副流として導入される。混合流（図示されない）は、圧縮されたWMR流114を生成するために、WMR圧縮機112の第2のWMR圧縮ステージ112Bにおいて圧縮される。低压WMR流110および中圧WMR流118において存在する任意の液体は、気液分離機器（図示されない）において除去される。

40

【0008】

圧縮されたWMR流114は、第1の冷却および圧縮されたWMR流116を生成するために、WMR後部冷却器115において冷却され、好ましくは凝縮され、第1の冷却および圧縮されたWMR流116が、第2の冷却および圧縮されたWMR流120を生成するために、チューブ回路においてさらに冷却されるように第1の予備冷却熱交換器160内に導入される。第2の冷却および圧縮されたWMR流120は、2つの部分、第1の部分122および第2の部分124に分割される。第2の冷却および圧縮されたWMR流1

50

22の第1部分は、第1の膨張されたWMR流128を生成するために、第1のWMR膨張機器126において膨張され、第1の膨張されたWMR流128が、冷却能力を提供するために、第1の予備冷却熱交換器160のシェル側内に導入される。第2の冷却および圧縮されたWMR流124の第2の部分は、さらに冷却されるように第2の予備冷却熱交換器162内に導入され、その後、それは、第2の膨張されたWMR流132を生成するために、第2のWMR膨張機器130において膨張され、第2の膨張されたWMR流132が、冷却能力を提供するために、第2の予備冷却熱交換器162のシェル側内に導入される。予備冷却熱交換器から取り出された後のWMRを圧縮および冷却するプロセスは、概して、本明細書においてWMR圧縮シーケンスと呼ばれる。

【0009】

10

図1は、圧縮ステージ112Aおよび112Bが単一圧縮機本体内で行われることが示されるが、それらは、2つ以上の別個の圧縮機において行われてもよい。さらに、中間冷却熱交換器がステージ間に提供されてもよい。WMR圧縮機112は、遠心力を利用するもの、軸を利用するもの、容積式、または任意の他の圧縮機形式のような任意の形式の圧縮機であり得る。

【0010】

DMRプロセスにおいて、液化および過冷却は、予備冷却された天然ガスを、本明細書において低温混合冷媒(CMR)または「第2の冷媒」と呼ばれる第2の混合冷媒流と接触させる熱交換によって行われる。

【0011】

20

高温低压CMR流140は、MCH E164のシェル側の高温端から取り出され、任意の液体を分離するために吸引ドラム(図示されない)を通して送られ、蒸気流は、圧縮されたCMR流142を生成するために、CMR圧縮機141において圧縮される。高温低压CMR流140は、通常、WMR予備冷却温度、またはその近傍の温度、好ましくは約-30 未満および10 bar a (145 psia) 未満で取り出される。圧縮されたCMR流142は、圧縮され冷却されたCMR流144を生成するために、CMR後部冷却器143において冷却される。追加の相分離器、圧縮機、および後部冷却器があってもよい。MCH E164の高温端から取り出された後のCMRを圧縮および冷却するプロセスは、概して、本明細書においてCMR圧縮シーケンスと呼ばれる。

【0012】

30

圧縮され冷却されたCMR流144は、その後、予備冷却システム134において蒸発WMRと接触して冷却される。圧縮され冷却されたCMR流144は、第1の予備冷却されたCMR流146を生成するために、第1予備冷却熱交換器160において冷却され、その後、第2の予備冷却されたCMR流148を生成するために、第2の予備冷却熱交換器162において冷却され、第2の予備冷却されたCMR流148は、CMR流の予備冷却温度および成分に応じて、完全に凝縮される、または2相に凝縮され得る。図1は、第2の予備冷却されたCMR流148が2相であり、CMR液体(CMRL)流152およびCMR蒸気(CMRV)流151を生成するために、CMR相分離器150に送られ、これらがさらに冷却されるために、MCH E164に返送される配置を示す。それらが続いて液化された後でも、液体流残留相分離器は、工業的にMR Lと呼ばれ、蒸気流残留相分離器は、工業的にMR Vと呼ばれる。

40

【0013】

CMRL流152およびCMRV流151の両方が、MCH E164の2つの別個の回路において冷却される。CMRL流152は、冷却され、MCH E164の高温束166において部分的に液化され、結果として膨張されたCMRL流154を生成するために、CMRL膨張機器153を通して圧力降下される低温流をもたらし、膨張されたCMRL流154が、高温束166において要求される冷却を提供するために、MCH E164のシェル側に返送される。CMRV流151は、高温束166において冷却され、続いて、MCH E164の低温束167において、膨張されたCMRV流156を生成するために、CMRV膨張機器155を通して圧力が低減され、膨張されたCMRV流156が、低

50

温束 167 および高温束 166 において要求される冷却を提供するために、MCH E 164 に導入される。

【0014】

MCH E 164 および予備冷却熱交換器 160 は、コイル巻熱交換器、プレートおよびフィン熱交換器、またはシェルおよびチューブ熱交換器のような天然ガス冷却および液化に適切な任意の交換器であり得る。コイル巻熱交換器は、天然ガス液化用の最新の熱交換器であり、プロセスおよび高温冷媒流を流すための複数の螺旋巻チューブならびに低温冷媒流を流すためのシェル空間を有する少なくとも 1 つのチューブ束を含む。

【0015】

図 1 に示される配置において、第 1 の予備冷却熱交換器 160 の低温端は、20 未満、好ましくは約 10 未満、より好ましくは約 0 未満の温度である。第 2 の予備冷却熱交換器 162 の低温端は、10 未満、好ましくは約 0 未満、より好ましくは約 -30 未満の温度である。このため、第 2 の予備冷却熱交換器は、第 1 の予備冷却熱交換器より低い温度である。

10

【0016】

混合冷媒サイクルの主な利益は、混合冷媒流の組成が、熱交換器における冷却曲線、出口温度、およびこのためプロセス効率を調節するために最適化可能なことである。これは、冷却プロセスの種々のステージに対する冷媒流の組成を調節することによって実現され得る。例えば、高濃度のエタンおよびより重い構成要素を含む混合冷媒は、予備冷却冷媒として適し、一方で高濃度のメタンおよび窒素を含むものは、過冷却冷媒として適する。

20

【0017】

図 1 に示される配置において、第 1 の予備冷却熱交換器に冷却能力を提供する第 1 の膨張された WMR 流 128 の組成は、第 2 の予備冷却熱交換器 162 に冷却能力を提供する第 2 の膨張された WMR 流 132 の組成と同じである。第 1 の予備冷却熱交換器および第 2 の予備冷却熱交換器が、異なる温度に冷却を行うので、両方の交換器に同じ冷媒組成を使用することは非効率である。さらに、この非効率さは、3 つ以上の予備冷却熱交換器に伴い増加する。

【0018】

低下した効率は、同じ量の LNG を生成するために要求される動力の増大をもたらす。低下した効率はさらに、結果として定量の利用可能な予備冷却駆動装置動力における、より高温の総体的な予備冷却温度をもたらす。これは、冷媒負荷を予備冷却システムから液化システムにシフトし、MCH E をより大きくし、液化動力負荷を増大し、これは、資本コストおよび実現性の見地から望ましいものではないであろう。

30

【0019】

この問題を解決する 1 つのアプローチは、予備冷却の各ステージに対して 2 つの別個の閉ループ冷媒回路を有することである。これは、第 1 の予備冷却熱交換器 160 および第 2 の予備冷却熱交換器 162 に対して別個の混合冷媒回路を有することを意味することになる。これは、独立的に最適化されるように 2 つの冷媒流の組成を許容することになり、このため効率が向上する。ただし、このアプローチは、各予備冷却熱交換器に対して別個の圧縮システムを要求することになり、望ましくない資本コスト、設置面積、および運転上の複雑さの増大をもたらすことになる。

40

【0020】

本発明は、上述された問題を解決し従来技術に対して著しい改善を提供する高効率、低資本コスト、運転が簡単、低設置面積、および柔軟な DMR プロセスである。

【発明の概要】

【0021】

この概要は、詳細な説明において以下にさらに説明される内容の簡素化された形式における概念の選択を導入するために提供される。この概要は、請求項に記載された対象の主な特徴または本質的な特徴を確認することが意図されるものではなく、また請求項に記載された対象の範囲を限定するために使用されることが意図されるものでもない。

50

【 0 0 2 2 】

以下に説明され、続く請求項に定義される、いくつかの実施形態は、L N G 液化プロセスの予備冷却プロセスに対する改善を含む。いくつかの実施形態は、予備冷却部分において複数予備冷却熱交換区分を使用すること、および予備冷却熱交換区分に冷却能力を提供するために使用される冷媒の流れを異なる圧力の圧縮システム内に導入することによって当分野におけるニーズを満たす。いくつかの実施形態は、圧縮システムの圧縮ステージ間において中間冷却され分離される冷媒の流れの液体分を配向することによって当分野におけるニーズを満たす。

【 0 0 2 3 】

システムおよび方法の数個の態様について以下に概要を記載する。

10

【 0 0 2 4 】

態様 1：複数の熱交換区分の各々における第 1 の冷媒との間接的な熱交換によって、炭化水素流体、および第 2 の冷媒を有する第 2 の冷媒供給流を含む炭化水素供給流を冷却する方法であって、

(a) 炭化水素供給流および第 2 の冷媒供給流を複数の熱交換区分のうちの最も高温の熱交換区分内に導入することと、

(b) 予備冷却された炭化水素流および予備冷却された第 2 の冷媒流を生成するために、炭化水素供給流および第 2 の冷媒供給流を複数の熱交換区分の各々において冷却することと、

(c) 液化された炭化水素流 (2 0 6 、 3 0 6 、 4 0 6 、 5 0 6) を生成するために、予備冷却された炭化水素流を主熱交換器において第 2 の冷媒と接触させて、さらに冷却して液化することと、

20

(d) 低圧の第 1 の冷媒流を複数の熱交換区分のうちの最も低温の熱交換区分から取り出し、低圧の第 1 の冷媒流を圧縮システムの少なくとも 1 つの圧縮ステージにおいて圧縮することと、

(e) 中圧の第 1 の冷媒流を複数の熱交換区分のうち、最も低温の熱交換区分より高温である第 1 の熱交換区分から取り出すことと、

(f) ステップ (d) および (e) が行われた後に、併合された第 1 の冷媒流を生成するために、低圧の第 1 の冷媒流および中圧の第 1 の冷媒流を併合することと、

(g) 圧縮システムから、高圧 (h i g h - h i g h p r e s s u r e) の第 1 の冷媒流を取り出すことと、

30

(h) 冷却された高圧の第 1 の冷媒流を生成するために、高圧の第 1 の冷媒流を少なくとも 1 つの冷却ユニットにおいて冷却して少なくとも部分的に凝縮することと、

(i) 第 1 の蒸気冷媒流および第 1 の液体冷媒流を生成するために、冷却された高圧の第 1 の冷媒流を第 1 の気液分離機器内に導入することと、

(j) 第 1 の液体冷媒流を複数の熱交換区分のうちの最も高温の熱交換区分内に導入することと、

(k) 第 1 の冷却された液体冷媒流を生成するために、第 1 の液体冷媒流を複数の熱交換区分のうちの最も高温の熱交換区分において冷却することと、

(l) 第 1 の膨張された冷媒流を生成するために、第 1 の冷却された液体冷媒流の少なくとも一部分を膨張させることと、

40

(m) ステップ (b) の冷却の第 1 の部分を提供すべく、冷却能力を提供するために、第 1 の膨張された冷媒流を最も高温の熱交換区分内に導入することと、

(n) ステップ (i) の第 1 の蒸気冷媒流の少なくとも一部分を少なくとも 1 つの圧縮ステージにおいて圧縮することと、

(o) ステップ (n) の少なくとも 1 つの圧縮ステージの下流にあり、これと流体流通している少なくとも 1 つの冷却ユニットにおいて、凝縮された第 1 の冷媒流を生成するために、圧縮された第 1 の冷媒流を冷却して凝縮することと、

(p) 凝縮された第 1 の冷媒流を複数の熱交換区分のうちの最も高温の熱交換区分内に導入することと、

50

(q) 第1の冷却および凝縮された冷媒流を生成するために、凝縮された第1の冷媒流を第1の熱交換区分および最も低温の熱交換区分において冷却することと、

(r) 第2の膨張された冷媒流を生成するために、第1の冷却および凝縮された冷媒流を膨張させることと、

(s) ステップ(b)の冷却の第2の部分を提供すべく、冷却能力を提供するために、第2の膨張された冷媒流を最も低温の熱交換区分内に導入することと、を含む方法。

【0025】

態様2：ステップ(e)は、中圧の第1の冷媒流を複数の熱交換区分のうち、最も低温の熱交換区分より高温である第1の熱交換区分から取り出すことをさらに含み、第1の熱交換区分はまた、最も高温の熱交換区分である、態様1に記載の方法。

10

【0026】

態様3：ステップ(n)は、ステップ(o)の圧縮された第1の冷媒流を形成するために、ステップ(i)の第1の蒸気冷媒流を少なくとも1つの圧縮ステージにおいて圧縮することをさらに含む、態様1から2のいずれかに記載の方法。

【0027】

態様4：ステップ(g)を行う前の圧縮システムの少なくとも1つの圧縮ステージにおいて、ステップ(f)の併合された第1の冷媒流を圧縮することをさらに含む、態様1から3のいずれかに記載の方法。

【0028】

態様5：ステップ(e)は、中圧の第1の冷媒流を複数の熱交換区分のうちの第1の熱交換区分から取り出すことと、中圧の第1の冷媒流を圧縮システムの少なくとも1つの圧縮ステージにおいて圧縮することと、をさらに含み、第1の熱交換区分が、最も低温の熱交換区分より高温である、態様1から4のいずれかに記載の方法。

20

【0029】

態様6：さらに、

(t) 第1の中間冷媒流をステップ(g)の前に圧縮システムから取り出すことと、

(u) 冷却された第1の中間冷媒流を生成するために、第1の中間冷媒流を少なくとも1つの冷却ユニットにおいて冷却し、冷却された第1の中間冷媒流をステップ(g)の前に圧縮システム内に導入することと、を含む、態様1から5のいずれかに記載の方法。

【0030】

態様7：さらに、

(t) 高圧の第1の冷媒流を複数の熱交換区分のうちの最も高温の熱交換区分から取り出すことと、

(u) 高圧の第1の冷媒流をステップ(g)の前に圧縮システム内に導入することと、を含む、態様1から6のいずれかに記載の方法。

【0031】

態様8：さらに、

(v) 高圧の第1の冷媒流を複数の熱交換区分のうちの最も高温の熱交換区分から取り出すことと、

(w) 併合された第1の中間冷媒流を形成するために、高圧の第1の冷媒流を冷却された第1の中間冷媒流と併合し、併合された第1の中間冷媒流をステップ(g)の前に圧縮システム内に導入することと、を含む、態様7に記載の方法。

40

【0032】

態様9：ステップ(n)は、

(t) 第2の中間冷媒流を圧縮システムから取り出すことと、

(u) 冷却された第2の中間冷媒流を生成するために、第2の中間冷媒システムを少なくとも1つの冷却ユニットにおいて冷却することと、をさらに含む、態様1から8のいずれかに記載の方法。

【0033】

態様10：さらに、

50

(v) 第2の蒸気冷媒流および第2の液体冷媒流を生成するために、冷却された第2の中間冷媒流を第2の気液分離機器に導入することと、

(w) 第2の液体冷媒流を複数の熱交換区分のうちの最も高温の熱交換区分内に導入することと、

(x) 流れ(o)の圧縮された第1の冷媒流を生成する前に、第2の蒸気冷媒流を圧縮システムの少なくとも1つの圧縮ステージにおいて圧縮することと、を含む、態様9に記載の方法。

【0034】

態様11：ステップ(q)は、第1の熱交換区分における冷却の前に、凝縮された第1の冷媒流を最も高温の熱交換区分において冷却することをさらに含む、態様1から10のいずれかに記載の方法。

10

【0035】

態様12：ステップ(d)の低压の第1の冷媒流、ステップ(f)の併合された第1の冷媒流、およびステップ(i)の第1の蒸気冷媒流は、単一圧縮機の複数圧縮ステージにおいて圧縮される、態様1から11のいずれかに記載の方法。

【0036】

態様13：第1の液体冷媒流は、50%未満のエタンおよびより軽い構成要素からなる第1の成分を有する、態様1から12のいずれかに記載の方法。

【0037】

態様14：第1の蒸気冷媒流は、40%を超過するエタンより軽い構成要素からなる第2の成分を有する、態様1から13のいずれかに記載の方法。

20

【0038】

態様15：炭化水素供給流を冷却する装置であって、
最も高温の熱交換区分および最も低温の熱交換区分を含む複数の熱交換区分と、
炭化水素流体の供給源の下流にあり、これと流体流連通している、複数の熱交換区分の各々を通して延びる第1の炭化水素回路と、
第2の冷媒を含有し、複数の熱交換区分の各々を通して延びる第2の冷媒回路と、
第1の冷媒を含有し、最も高温の熱交換区分を通して延びる第1の予備冷却冷媒回路と、

第1の冷媒を含有し、最も高温の熱交換区分および最も低温の熱交換区分を通して延びる第2の予備冷却冷媒回路と、

30

第1の予備冷却冷媒回路の上流端に位置する第1の予備冷却冷媒回路入口、第1の予備冷却冷媒回路の下流端に位置する第1の圧力降下機器、ならびに第1の圧力降下機器および最も高温の熱交換区分の第1の低温回路の下流にあり、これらと流体流連通している第1の膨張された冷媒導管と、

第2の予備冷却冷媒回路の上流端に位置する第2の予備冷却冷媒回路入口、第2の予備冷却冷媒回路の下流端に位置する第2の圧力降下機器、ならびに第2の圧力降下機器および最も低温の熱交換区分の第2の低温回路の下流にあり、これらと流体流連通している第2の膨張された冷媒導管と、

圧縮システムであって、

40

第1の圧力ステージおよび最も低温の熱交換区分の高温端と流体流連通している低压の第1の冷媒導管と、

第2の圧力ステージおよび第1の熱交換区分の高温端と流体流連通している中圧の第1の冷媒導管と、

第2の圧縮ステージの下流の第1の後部冷却器と、

第1の後部冷却器と流体流連通しており、これの下流にある第1の入口を有する第1の気液分離機器であって、第1の蒸気出口が、第1の気液分離機器の上半分に位置し、第1の液体出口が、第1の気液分離機器の下半分に位置し、第1の液体出口が、第1の予備冷却冷媒回路入口の上流にあり、これと流体流連通している、気液分離機器と、

第1の蒸気出口の下流にある第3の圧縮ステージと、

50

第 3 の圧縮ステージの下流にある第 2 の後部冷却器と、
を含む圧縮システムと、を備え、

最も高温の熱交換区分は、第 1 の炭化水素回路を通して流れる炭化水素流体、第 2 の冷媒回路を通して流れる第 2 の冷媒、第 1 の第 1 の予備冷却冷媒回路を通して流れる第 1 の冷媒、および最も高温の熱交換区分の第 1 の低温回路を通して流れる第 1 の冷媒と接触する第 2 の予備冷却冷媒回路を部分的に予備冷却するように運転自在に構成され、

最も低温の熱交換区分は、予備冷却された炭化水素流を生成するために第 1 の炭化水素回路を通して流れる炭化水素流体を予備冷却する、第 2 の冷媒回路を通して流れる第 2 の冷媒を予備冷却する、および最も低温の熱交換区分の第 1 の低温回路を通して流れる第 1 の冷媒と接触して第 2 の予備冷却冷媒回路を通して流れる第 1 の冷媒を予備冷却するよう

10

【 0 0 3 9 】

態様 1 6 : 第 1 の熱交換区分は、複数の熱交換区分のうちの最も高温の熱交換区分である、態様 1 5 に記載の装置。

【 0 0 4 0 】

態様 1 7 : 第 1 の圧縮ステージ、第 2 の圧縮ステージ、および第 3 の圧縮ステージは、第 1 の圧縮機の単一ケースに位置する、態様 1 5 から 1 6 のいずれかに記載の装置。

【 0 0 4 1 】

態様 1 8 : 複数の熱交換区分の第 1 の炭化水素回路の下流にあり、これと流体流連通している第 2 の炭化水素回路を有する主熱交換器をさらに備え、主熱交換器は、第 2 の冷媒と接触させる間接的な熱交換によって、予備冷却された炭化水素流を少なくとも部分的に液化するように運転自在に構成されている、態様 1 5 から 1 7 のいずれかに記載の装置。

20

【 0 0 4 2 】

態様 1 9 : 圧縮システムは、第 2 の圧縮ステージの下流にある第 1 の中間冷却器、および第 1 の中間冷却器の下流にあり、これと流体流連通している冷却された第 1 の中間冷媒導管をさらに備える、態様 1 5 から 1 8 のいずれかに記載の装置。

【 0 0 4 3 】

態様 2 0 : 最も高温の熱交換区分の高温端および冷却された第 1 の中間冷媒導管と流体流連通している高圧の第 1 の冷媒導管をさらに備える、態様 1 9 に記載の装置。

【 0 0 4 4 】

30

態様 2 1 : さらに、

第 1 の気液分離機器の下流にある第 3 の後部冷却器と、

第 2 の気液分離機器であって、第 3 の後部冷却器と流体流連通しており、これの下流にある第 3 の入口、第 2 の気液分離機器の上半分に位置する第 2 の蒸気出口、第 2 の気液分離機器の下半分に位置する第 2 の液体出口を有する第 2 の気液分離機器と、を備える、態様 2 0 に記載の装置。

【 0 0 4 5 】

態様 2 2 : 複数の熱交換区分は、第 1 の熱交換器の複数区分である、態様 1 5 から 2 1 のいずれかに記載の装置。

【 0 0 4 6 】

40

態様 2 3 : 複数の熱交換区分は各々、コイル巻熱交換器を備える、態様 1 5 から 2 2 のいずれかに記載の装置。

【 0 0 4 7 】

態様 2 4 : 主熱交換器は、コイル巻熱交換器である、態様 1 5 から 2 3 のいずれかに記載の装置。

【 0 0 4 8 】

態様 2 5 : 第 2 の予備冷却冷媒回路は、最も高温の熱交換区分、第 1 の熱交換区分、および最も低温の熱交換区分を通して延びる、態様 1 5 から 2 4 のいずれかに記載の装置。

【 0 0 4 9 】

態様 2 6 : 第 2 の予備冷却冷媒回路に含有される第 1 の冷媒は、第 1 の予備冷却冷媒回

50

路に含有される第1の冷媒より高濃度のエタンおよびより軽い炭化水素を有する、態様15から25のいずれかに記載の装置。

【0050】

態様27：最も高温の熱区分の第1の低温回路は、最も高温の熱交換区分のシェル側であり、最も低温の熱交換区分の第1の低温回路は、最も低温の熱交換区分のシェル側である、態様15から26のいずれかに記載の装置。

【0051】

態様28：少なくとも最も高温の熱交換区分および第1の熱交換区分を通して延びる第3の予備冷却冷媒回路をさらに備え、第3の予備冷却冷媒回路は、第1の冷媒を含有している、態様15から27のいずれかに記載の装置。

10

【図面の簡単な説明】

【0052】

【図1】図1は、従来技術によるDMRシステムの概略フロー図である。

【0053】

【図2】図2は、第1の代表的な実施形態による、DMRシステムの予備冷却システムの概略フロー図である。

【0054】

【図3】図3は、第2の代表的な実施形態による、DMRシステムの予備冷却システムの概略フロー図である。

【0055】

20

【図4】図4は、第3の代表的な実施形態による、DMRシステムの予備冷却システムの概略フロー図である。

【0056】

【図5】図5は、第4の代表的な実施形態による、DMRシステムの予備冷却システムの概略フロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0057】

続く詳細な説明は、好ましい代表的な実施形態のみを提供し、その範囲、適用範囲、または構成を限定するものではない。むしろ、好ましい代表的な実施形態の続く詳細な説明は、好ましい代表的な実施形態を実装することを可能にする説明を当業者に提供するであろう。種々の変更が、その概念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おいてなされ得る。

30

【0058】

図示図に伴って明細書に導入される参照符号は、他の特徴についての文脈を提供するために、明細書において追加の説明なしに1つ以上の後続図において繰り返される。

【0059】

明細書および請求項において使用される「流体」の用語は、気体および/または液体を意味する。

【0060】

明細書および請求項において使用される「流体流連通」の用語は、液体、蒸気および/または2相混合物が直接的または間接的に制御された様式（つまり、漏れがない）で構成要素間において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の性質を意味する。互いに流体流連通するように2つ以上の構成要素を結合することは、溶接、フランジ付き導管、ガasket、およびボルトのような、当分野において公知の任意の適切な方法を伴い得る。2つ以上の構成要素はまた、それらを分離し得るシステムの他の構成要素、例えば、バルブ、ゲート、または流体流を選択的に遮断または配向し得る他の機器を介して共に結合され得る。

40

【0061】

明細書および請求項において使用される「導管」の用語は、これを通して流体がシステムの2つ以上の構成要素間を移送され得る、1つ以上の構造体を意味する。例えば、導管

50

は、液体、蒸気、および／または気体を移送するパイプ、ダクト、経路、およびその組み合わせを含む。

【 0 0 6 2 】

明細書および請求項において使用される「天然ガス」の用語は、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 3 】

明細書および請求項において使用される「炭化水素ガス」または「炭化水素流体」の用語は、ガスまたは流体が少なくとも1つの炭化水素を含み、炭化水素が、ガスまたは流体の総体的な成分の少なくとも80%、より好ましくは少なくとも90%であることを意味する。

10

【 0 0 6 4 】

明細書および請求項において使用される「混合冷媒」(「MR」と略される)の用語は、流体が少なくとも2つの炭化水素含み、炭化水素が冷媒の総体的な成分の少なくとも80%であることを意味する。

【 0 0 6 5 】

明細書および請求項において使用される「重い混合冷媒」の用語は、MRが、少なくともエタンと同等に重い炭化水素がMRの総体的な成分の少なくとも80%であることを意味する。好ましくは、少なくともブタンと同等に重い炭化水素が混合冷媒の総体的な成分の少なくとも10%である。

【 0 0 6 6 】

「束」および「チューブ束」の用語は、この出願内において交換可能に使用され、同義であることが意図される。

20

【 0 0 6 7 】

明細書および請求項において使用される「周囲流体」の用語は、周囲圧力および温度、またはその近くでシステムに提供される流体を意味する。

【 0 0 6 8 】

請求項において、文字が、請求項のステップを識別するために使用される(例えば、(a)、(b)、および(c))。これらの文字は、方法のステップに対する参照を助けるために使用され、この順番が請求項に明確に列挙されない限りおよびその限度のみににおいて、請求項のステップが行われる順番を示すことが意図されるものではない。

30

【 0 0 6 9 】

方向を示す用語が、明細書および請求項において使用され得る(例えば、上位、下位、左、右等)。これらの方向を示す用語は、代表的な実施形態の説明を補助することが単に意図され、その範囲を限定することが意図されるものではない。本明細書において使用される、「上流」の用語は、基準点からの導管における流体の流れの方向に反対である方向を意味することが意図される。同様に、「下流」の用語は、基準点からの導管における流体の流れの方向と同じである方向を意味することが意図される。

【 0 0 7 0 】

明細書および請求項において使用される、「高高」、「高」、「中」、「低」、および「低低」の用語は、これらの用語が使用される要素の性質に対する相対値を表現することが意図される。例えば、高高圧流は、この出願において説明され、または請求項に挙げられる、対応する高圧流または中圧流または低圧流より高い圧力を有する流れを示すことが意図される。同様に高圧流は、この出願において説明され、または請求項に挙げられる、対応する中圧流または低圧流より高い圧力であるが、この出願において説明され、または請求項に挙げられる、対応する高高圧流より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、この出願において説明され、または請求項に挙げられる、対応する低圧流より高い圧力であるが、この出願において説明され、または請求項に挙げられる、対応する高圧流より低い圧力を有する流れを示すことが意図される。

40

【 0 0 7 1 】

本明細書において別段に記載されない限り、明細書、図面および請求項において識別さ

50

れる任意のおよびすべての割合は、重量割合に基づくことが理解されるべきである。本明細書において別段に記載されない限り、明細書、図面および請求項において識別される任意のおよびすべての圧力は、ゲージ圧を意味することが理解されるべきである。

【0072】

本明細書において使用される、「低温体」または「低温流体」の用語は、-70 未満の温度を有する液体、気体、または混合相流体を意味することが意図される。低温体の例としては、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混合相低温体（例えば、LINおよび気体窒素の混合物）を含む。本明細書において使用される、「低温体温度」の用語は、-70 未満の温度を意味することが意図される。

10

【0073】

明細書および請求項において使用される、「熱交換区分」の用語は、高温端および低温端を有するものとして定義され、別個の低温冷媒流（大気以外の）が、熱交換区分の低温端に導入され、高温の第1の冷媒流が、熱交換区分の高温端から取り出される。複数熱交換区分は、単一または複数熱交換器内に任意に含有され得る。シェルおよびチューブ熱交換器またはコイル巻熱交換器の場合において、複数熱交換区分は、単一シェル内に含有され得る。

【0074】

明細書および請求項に使用される、熱交換区分の「温度」は、熱交換区分からの炭化水素流の出口温度によって定義される。例えば、「最も高温」、「高温」、「最も低温」、および「低温」の用語は、熱交換区分に対して使用されるとき、他の熱交換区分の炭化水素流の出口温度に対する熱交換区分からの炭化水素の出口温度を表す。例えば、最も高温の熱交換区分は、任意の他の熱交換区分における炭化水素流出口温度より高温である炭化水素流出口温度を有する熱交換区分を示すことが意図される。

20

【0075】

明細書および請求項において使用される、「圧縮システム」の用語は、1つ以上の圧縮ステージとして定義される。例えば、圧縮システムは、単一圧縮機内に複数圧縮ステージを含み得る。別の例において、圧縮システムは、複数圧縮機を備え得る。

【0076】

本明細書において別段に記載されない限り、ある場所における流れの導入は、実質的に流れのすべてをその場所に導入することを意味することが意図される。明細書において説明され図面において示されるすべての流れは（通常、通常運転中の流体流の総体的な方向を示す矢印を伴う線によって表される）、対応する導管内に含有されることが理解されるべきである。各導管は、少なくとも1つの入口および少なくとも1つの出口を有することが理解されるべきである。さらに、各々の1つの設備は、少なくとも1つの入口および少なくとも1つの出口を有することが理解されるべきである。

30

【0077】

表1は、説明される実施形態を理解することの助けとして明細書および図面の全体を通して用いられる頭文字の一覧を定義する。

【表1】

40

表1			
SMR	一系混合冷媒	MR	混合冷媒
DMR	二系混合冷媒	CMR	低温混合冷媒
C3MR	プロパン予備冷却混合冷媒	WMR	高温混合冷媒
LNG	液体天然ガス	MRL	混合冷媒液体
MCHE	主低温熱交換器	MRV	混合冷媒気体

【0078】

50

図2は、第1実施形態を示す。簡素化のために、予備冷却システム234のみが図2および後続図に示される。低压WMR流210が、第2の予備冷却熱交換器262のシェル側の高温端から取り出され、WMR圧縮機212の第1の圧縮ステージ212Aにおいて圧縮される。中圧WMR流218が、第1の予備冷却熱交換器260のシェル側の高温端から取り出され、それが第1の圧縮ステージ212Aからの圧縮された流れ（図示されない）と混合する、WMR圧縮機212内に副流として導入される。混合流（図示されない）は、高高压WMR流270を生成するために、WMR圧縮機212の第2のWMR圧縮ステージ212Bにおいて圧縮される。低压WMR流210および中圧WMR流218に存在する任意の液体が、WMR圧縮機212における導入の前に、気液分離機器（図示されない）において除去される。

10

【0079】

高高压WMR流270は、5 bara ~ 40 bara、好ましくは15 bara ~ 30 baraの圧力であり得る。高高压WMR流270は、WMR圧縮機212から取り出され、冷却された高高压WMR流272を生成するために、高高压WMR中間冷却器271において冷却され部分的に凝縮される。高高压WMR中間冷却器271は、空気または水を使用する周囲温度冷却器のような任意の適切な冷却ユニットであってもよく、1つ以上の熱交換器を備えてもよい。冷却された高高压WMR流272は、0.2 ~ 0.8、好ましくは0.3 ~ 0.7、より好ましくは0.4 ~ 0.6の蒸気分を有し得る。冷却された高高压WMR流272は、第1のWMRV流274および第1のWMRL流275を生成するために、第1のWMR気液分離機器273において相分離される。

20

【0080】

第1のWMRL流275は、50%未満のエタンおよびより軽い炭化水素、好ましくは45%未満のエタンおよびより軽い炭化水素、より好ましくは40%未満のエタンおよびより軽い炭化水素を含有する。第1のWMRV流274は、40%を超過するエタンおよびより軽い炭化水素、好ましくは45%を超過するエタンおよびより軽い炭化水素、より好ましくは50%を超過するエタンおよびより軽い炭化水素を含有する。第1のWMRL流275は、第1の予備冷却熱交換器260に冷却能力を提供する第1の膨張されたWMR流228を生成するために、第1のWMR膨張機器226（圧力降下機器とも呼ばれる）において膨張される第1のさらに冷却されたWMR流236（冷却された液体冷媒流とも呼ばれる）を生成するために、チューブ回路において冷却されるように第1の予備冷却熱交換器260内に導入される。適切な膨張機器の例としては、ジュールトムソン（J-T）バルブおよびターピンを含む。

30

【0081】

第1のWMRV流274は、圧縮されたWMR流214を生成するために、WMR圧縮機212の第3のWMR圧縮ステージ212Cにおいて圧縮されるようにWMR圧縮機212内に導入される。圧縮されたWMR流214は、第1の冷却および圧縮されたWMR流216（圧縮された第1の冷媒流とも呼ばれる）を生成するために、WMR後部冷却器215において冷却され、好ましくは凝縮され、第1の冷却および圧縮されたWMR流216が、第1の予備冷却されたWMR流217を生成するために、チューブ回路においてさらに冷却されるように第1の予備冷却熱交換器260内に導入される。第1の予備冷却WMR流217は、第2のさらに冷却されたWMR流237を生成するために、チューブ回路においてさらに冷却されるように第2の予備冷却熱交換器262内に導入される。第2のさらに冷却されたWMR流237は、第2の膨張されたWMR流232を生成するために、第2のWMR膨張機器230（圧力降下機器とも呼ばれる）において膨張され、第2の膨張されたWMR流232が、冷却能力を提供するために第2の予備冷却熱交換器262のシェル側内に導入される。

40

【0082】

第1の冷却および圧縮されたWMR流216は、完全に凝縮されてもよく、または部分的に凝縮されてもよい。好ましい実施形態において、第1の冷却および圧縮されたWMR流216は、完全に凝縮される。冷却された高高压WMR流272は、10%未満のエタ

50

ンより軽い構成要素、好ましくは5%未満のエタンより軽い構成要素、より好ましくは2%未満のエタンより軽い構成要素を含み得る。軽い構成要素は、第1のWMRV流274に蓄積し、第1のWMRV流274が、20%未満のエタンより軽い構成要素、好ましくは15%未満のエタンより軽い構成要素、より好ましくは10%未満のエタンより軽い構成要素を含み得る。このため、非常に高い圧力に圧縮する必要なく、完全に凝縮された第1の冷却および圧縮されたWMR流216を生成するために、圧縮されたWMR流214を完全に凝縮することが可能である。圧縮されたWMR流214は、300psia(21bara)~600psia(41bara)、好ましくは400psia(28bara)~500psia(35bara)の圧力であり得る。第2の予備冷却熱交換器262が、天然ガスを完全に液化するために使用される液化熱交換器である場合、冷却された高圧WMR流272は、より高濃度の窒素およびメタンを有することになり、このため圧縮されたWMR流214の圧力は、第1の冷却および圧縮されたWMR流216が完全に凝縮されるように、より高くなければならないことになる。これは、実現することができないので、第1の冷却および圧縮されたWMR流216は、完全には凝縮されないことになり、別々に液化される必要がある、かなりの蒸気濃度を含有することになる。

【0083】

天然ガス供給流202(請求項では炭化水素供給流と呼ばれる)は、20%未満、好ましくは約10%未満、より好ましくは約0%未満の温度の第1の予備冷却された天然ガス流204を生成するために、第1の予備冷却熱交換器260において冷却される。当分野において公知のように、天然ガス供給流202は、水分および酸性気体、水銀、および他の汚染物質のような他の不純物を除去するために、好ましくは前処理される。第1の予備冷却された天然ガス流204は、周囲温度、天然ガス供給成分および圧力に応じて、10%未満、好ましくは約0%未満、より好ましくは約-30%未満の温度の第2の予備冷却された天然ガス流206を生成するために、第2の予備冷却熱交換器262において冷却される。第2の予備冷却された天然ガス流206は、部分的に凝縮され得る。第2の予備冷却された天然ガス流206は、MCHE(図1における164)に送られ、約-150~約-70、好ましくは約-145~約-100の温度に液化され、続いて、約-170~約-120、好ましくは約-170~約-140の温度のLNG流(図1における流れ108、請求項において液化された炭化水素流と呼ばれる)を生成するために過冷却される。圧縮され冷却されたCMR流244(第2の冷媒供給流とも呼ばれる)が、第1の予備冷却されたCMR流246を生成するために、第1の予備冷却熱交換器260において冷却される。圧縮され冷却されたCMR流244は、40%を超過するエタンより軽い構成要素、好ましくは45%を超過するエタンより軽い構成要素、より好ましくは50%を超過するエタンより軽い構成要素を含み得る。第1の予備冷却されたCMR流246は、第2の予備冷却されたCMR流248(予備冷却された第2の冷媒流とも呼ばれる)を生成するために、第2の予備冷却熱交換器262において冷却される。

【0084】

図2は、予備冷却回路における2つの予備冷却熱交換器および2つの圧力レベルを示すが、任意の数の予備冷却熱交換器および圧力レベルが利用され得る。予備冷却熱交換器は、図2においてコイル巻熱交換器であるように示される。ただし、それらは、プレートおよびフィン熱交換器、シェルおよびチューブ熱交換器、または天然ガスの予備冷却に適切な任意の他の熱交換器であってもよい。

【0085】

図2の2つの予備冷却熱交換器(260、262)は、単一熱交換器内の2つの熱交換区分であってもよい。これに代えて、2つの予備冷却熱交換器は、各々1つ以上の熱交換区分を含む、2つの熱交換器であってもよい。

【0086】

任意に、第1の予備冷却WMR流217の一部分は、第1の予備冷却熱交換器260に対する補足の冷媒を生成するために(点線217aにより示される)、第1のWMR膨張機器226における膨張の前に、第1のさらに冷却されたWMR流236と混合されても

よい。

【0087】

図2は、3つの圧縮ステージを示すが、任意の数の圧縮ステージが行われてもよい。さらに、圧縮ステージ212A、212B、および212Cは、単一圧縮機本体の一部であってもよく、または複数の別個の圧縮機であってもよい。加えて、中間冷却熱交換器が、ステージ間に提供されてもよい。WMR圧縮機212は、遠心力を利用するもの、軸を利用するもの、容積式、または任意の他の圧縮機形式のような任意の形式の圧縮機であり得る。

【0088】

図2に示される実施形態において、最も高温の熱交換区分は、第1の熱交換器260であり、最も低温の熱交換区分は、第2の予備冷却熱交換器262である。

【0089】

図2に示される配置の利益は、WMR冷媒流が2つの部分、重い炭化水素を含む第1のWMRL流275およびより軽い構成要素を含む第1のWMRV流274に分割されることである。第1の予備冷却熱交換器260は、第1のWMRL流275を使用して冷却され、第2の予備冷却熱交換器262は、第1のWMRV流274を使用して冷却される。第1の予備冷却熱交換器260が、第2の予備冷却熱交換器262より高い温度に冷却するので、WMRにおけるより重い炭化水素が、第1の予備冷却熱交換器260において要求され、一方でWMRにおけるより軽い炭化水素が、より深い冷却を提供するために第2の予備冷却熱交換器262において要求される。このため、図2に示される配置は、改善されたプロセス効率をもたらす。このため同じ量の冷却能力に対して要求されるより低い予備冷却動力をもたらす。固定化された冷却動力および供給流量において、より低温の予備冷却温度が可能になる。このため、この配置はまた、冷媒負荷を液化システムから予備冷却システムにシフトすることを可能にし、これによって液化システムにおける所要動力を低減し、MCH Eのサイズを低減する。さらに、WMR圧縮機212の種々の圧縮ステージにおけるWMR成分および圧力は、結果として冷却された高圧WMR流272における最適な蒸気分をもたらすように最適化され、プロセス効率におけるさらなる改善をもたらす。好ましい実施形態において、WMR圧縮機212(212A、212B、および212C)の3つの圧縮ステージが、単一圧縮機本体において行われ、これによって資本コストを最小化する。

【0090】

図3は、第2実施形態を示す。低圧WMR流310が、第1の高圧WMR流313を生成するために、低圧WMR圧縮機311において圧縮される。中圧WMR流318が、第2の高圧WMR流323を生成するために、中圧WMR圧縮機321において圧縮される。第1の高圧WMR流313および第2の高圧WMR流323は、5bara~25bara、好ましくは10bara~20baraの圧力の高圧WMR流370を生成するために混合される。高圧WMR流370は、冷却された高圧WMR流372を生成するために、高圧WMR中間冷却器371において冷却される。高圧WMR中間冷却器371は、空気または水と接触して冷却する周囲温度冷却器であり、複数熱交換器を備え得る。冷却された高圧WMR流372は、0.3~0.9、好ましくは0.4~0.8、より好ましくは0.45~0.6の蒸気分を有し得る。冷却された高圧WMR流372は、第1のWMRV流374および第1のWMRL流375を生成するために、第1のWMR気液分離機器373において相分離される。

【0091】

第1のWMRL流375は、50%未満のエタンおよびより軽い炭化水素、好ましくは45%未満のエタンおよびより軽い炭化水素、より好ましくは、40%未満のエタンおよびより軽い炭化水素を含有する。第1のWMRV流374は、40%を超過するエタンおよびより軽い炭化水素、好ましくは、45%を超過するエタンおよびより軽い炭化水素、より好ましくは50%を超過するエタンおよびより軽い炭化水素を含有する。第1のWMRL流375は、第1のさらに冷却されたWMR流336を生成するために冷却されるよ

うに第1の予備冷却熱交換器内に導入される。第1のさらに冷却されたWMR流336は、第1の予備冷却熱交換器360に冷却能力を提供する第1の膨張されたWMR流328を生成するために、第1のWMR膨張機器326において膨張される。

【0092】

第1のWMRV流374は、圧縮されたWMR流314を生成するために、高圧WMR圧縮機376において圧縮される。圧縮されたWMR流314は、第1の予備冷却されたWMR流317を生成するために、チューブ回路においてさらに冷却されるように第1の予備冷却熱交換器360内に導入される、第1の冷却および圧縮されたWMR流316を生成すべく、WMR後部冷却器315において冷却され、好ましくは凝縮される。第1の予備冷却WMR流317は、第2のさらに冷却されたWMR流337を生成するために、さらに冷却されるように第2の予備冷却熱交換器362内に導入される。第2のさらに冷却されたWMR流337は、第2の膨張されたWMR流332を生成するために、第2のWMR膨張機器330において膨張され、第2の膨張されたWMR流332が、冷却能力を提供するために、第2の予備冷却熱交換器362のシェル側内に導入される。

【0093】

低圧WMR圧縮機311、中圧WMR圧縮機321、および高圧WMR圧縮機376は、任意の中間冷却熱交換器を含む複数圧縮ステージを備え得る。高圧WMR圧縮機376は、低圧WMR圧縮機311または中圧WMR圧縮機321と同じ圧縮機本体の一部であってもよい。圧縮機は、遠心力を利用するもの、軸を利用するもの、容積式、または任意の他の圧縮機形式であり得る。さらに、高圧WMR中間冷却器371において高圧WMR流370を冷却することに代えて、第1の高圧WMR流313および第2の高圧WMR流323が、別個の熱交換器（図示されない）において個別に冷却されてもよい。第1のWMR気液分離機器373は、相分離器であり得る。代替的な実施形態において、第1のWMR気液分離機器373は、カラム内に導入される適切な低温流を含む蒸留カラムまたは混合カラムであってもよい。

【0094】

任意に、第1の予備冷却されたWMR流317の一部分は、第1の予備冷却熱交換器360に対する補足の冷媒を提供するために（点線317aにより示される）、第1のWMR膨張機器326における膨張の前に、第1のさらに冷却されたWMR流336と混合されてもよい。さらなる実施形態が、3つの圧力予備冷却回路を含む図3の変形例である。この実施形態は、低圧WMR圧縮機311および中圧WMR圧縮機321に加えて第3の圧縮機を伴う。

【0095】

図3に示される実施形態において、最も高温の熱交換区分は、第1の予備冷却熱交換器360であり、最も低温の熱交換区分は、第2の予備冷却熱交換器362である。

【0096】

図2と同様、図3に示される配置の利益は、WMR冷媒流が2つの部分、より重い炭化水素を含む第1のWMRL流375およびより軽い炭化水素を含む第1のWMRV流374に分割されることである。第1の予備冷却熱交換器360が、第2の予備冷却熱交換器362より高い温度に冷却するので、WMRにおけるより重い炭化水素が、第1の予備冷却熱交換器260において要求され、一方でWMRにおけるより軽い炭化水素が、第2の予備冷却熱交換器262においてより深い冷却を提供するために要求される。このため、図3に示される配置は、改善されたプロセス効率をもたらす。このため従来技術の図1と比べて、より低い要求される予備冷却動力をもたらす。この配置はまた、冷媒負荷を液化システムから予備冷却システム内にシフトすることを可能にし、これによって液化システムにおける所要動力を低減し、MCHESのサイズを低減する。さらに、WMR成分および圧縮圧力が、結果として冷却された高圧WMR流372に対して最適な蒸気分をもたらすように最適化され、プロセス効率におけるさらなる改善をもたらす。得る。

【0097】

図2と比べて図3に示される配置の不利益は、WMRの並行圧縮のために少なくとも2

10

20

30

40

50

つの圧縮機本体を要求することである。ただし、複数圧縮本体が存在する場合に有益である。図3に示される実施形態において、低圧WMR流310および中圧WMR流318は、並行に圧縮され、これは、圧縮機サイズ制限が重要である場合に有益である。低圧WMR圧縮機311および中圧WMR圧縮機321は、独立的に設計され、異なる数のインペラ、圧力比、および他の設計特性を有し得る。

【0098】

図4は、3つの圧力予備冷却回路についての第3の実施形態を示す。低圧WMR流410が、第3の予備冷却熱交換器464のシェル側の高温端から取り出され、WMR圧縮機412の第1の圧縮ステージ412Aにおいて圧縮される。中圧WMR流418が、第2の予備冷却熱交換器462のシェル側の高温端から取り出され、WMR圧縮機412内に副流として導入され、ここにおいて第1の圧縮ステージ412Aからの圧縮された流れ（図示されない）と混合する。混合流（図示されない）は、第1の中間WMR流425を生成するために、WMR圧縮機412の第2の圧縮ステージ412Bにおいて圧縮される。

【0099】

第1の中間WMR流425は、WMR圧縮機412から取り出され、冷却された第1の中間WMR流429を生成するために、周囲温度冷却器であり得る高圧WMR中間冷却器427において冷却される。高圧WMR流419は、第1の予備冷却熱交換器460のシェル側の高温端から取り出され、混合高圧WMR流431を生成するために、冷却された第1の中間WMR流429と混合される。低圧WMR流410、中圧WMR流418、高圧WMR流419、および冷却された第1の中間WMR流429に存在する任意の液体は、気液分離機器（図示されない）において除去され得る。代替的な実施形態において、高圧WMR流419は、WMR圧縮シーケンスにおける任意の他の適切な場所で、例えば、副流としてWMR圧縮機412に導入され、またはWMR圧縮機412への任意の他の入口流と混合され得る。

【0100】

混合高圧WMR流431は、高圧WMR流470を生成するために、WMR圧縮機412内に導入され、WMR圧縮機412の第3のWMR圧縮ステージ412Cにおいて圧縮される。高圧WMR流470は、5 bara ~ 35 bara、好ましくは15 bara ~ 25 baraの圧力であり得る。高圧WMR流470は、WMR圧縮機412から取り出され、冷却された高圧WMR流472を生成するために、高圧WMR中間冷却器471において冷却され部分的に凝縮される。高圧WMR中間冷却器471は、空気または水を使用する周囲温度冷却器であり得る。冷却された高圧WMR流472は、0.2 ~ 0.8、好ましくは0.3 ~ 0.7、より好ましくは0.4 ~ 0.6の蒸気分を有し得る。冷却された高圧WMR流472は、第1のWMRV流474および第1のWMRL流475を生成するために、第1のWMR気液分離器473において相分離される。

【0101】

第1のWMRL流475は、50%未満のエタンおよびより軽い炭化水素、好ましくは45%未満のエタンおよびより軽い炭化水素、より好ましくは40%未満のエタンおよびより軽い炭化水素を含有する。第1のWMRV流474は、40%を超過するエタンおよびより軽い炭化水素、好ましくは45%を超過するエタンおよびより軽い炭化水素、より好ましくは50%を超過するエタンおよびより軽い炭化水素を含有する。第1のWMRL流475は、2つの部分、第1の部分422および第2の部分424に分割される第2の冷却および圧縮されたWMR流420を生成するために、冷却されるように第1の予備冷却熱交換器460内に導入される。第2の冷却および圧縮されたWMR流422の第1の部分は、第1の予備冷却熱交換器460に冷却能力を提供する第1の膨張されたWMR流428を生成するために、第1のWMR膨張機器426において膨張される。第2の冷却および圧縮されたWMR流424の第2の部分は、第2のさらに冷却されたWMR流437を生成するために、第2の予備冷却熱交換器462のチューブ回路においてさらに冷却される。第2のさらに冷却されたWMR流437は、第2の膨張されたWMR流432を生成するために、第2のWMR膨張機器430において膨張され、第2の膨張されたWM

R 流 4 3 2 が、冷却能力を提供するために、第 2 の予備冷却熱交換器 4 6 2 のシェル側内に導入される。

【 0 1 0 2 】

第 1 の W M R V 流 4 7 4 は、圧縮された W M R 流 4 1 4 を生成するために、第 4 の W M R 圧縮ステージ 4 1 2 D において圧縮されるように W M R 圧縮機 4 1 2 内に導入される。圧縮された W M R 流 4 1 4 は、第 1 の冷却および圧縮された W M R 流 4 1 6 を生成するために W M R 後部冷却器 4 1 5 において冷却され、好ましくは凝縮され、第 1 の冷却および圧縮された W M R 流 4 1 6 が、第 2 の予備冷却された W M R 流 4 8 0 を生成するために、チューブ回路においてさらに冷却されるように第 1 の予備冷却熱交換器 4 6 0 内に導入される。第 2 の予備冷却 W M R 流 4 8 0 は、第 3 の予備冷却された W M R 流 4 8 1 を生成するために、さらに冷却されるように第 2 の予備冷却熱交換器 4 6 2 内に導入され、第 3 の予備冷却された W M R 流 4 8 1 が、第 3 のさらに冷却された W M R 流 4 3 8 を生成するために、さらに冷却されるように第 3 の予備冷却熱交換器 4 6 4 内に導入される。第 3 のさらに冷却された W M R 流 4 3 8 は、第 3 の膨張された W M R 流 4 8 3 を生成するために、第 3 の W M R 膨張機器 4 8 2 において膨張され、第 3 の膨張された W M R 流 4 8 3 が、冷却能力を提供するために、第 3 の予備冷却熱交換器 4 6 4 のシェル側内に導入される。

10

【 0 1 0 3 】

任意に、第 3 の予備冷却された W M R 流 4 8 1 の一部分が、第 2 の予備冷却熱交換器 4 6 2 に補足の冷媒を提供するために、第 2 の W M R 膨張機器 4 3 0 における膨張の前に、第 2 のさらに冷却された W M R 流 4 3 7 と混合されてもよい（点線 4 8 1 a により示される）。

20

【 0 1 0 4 】

前処理された供給流 4 0 2（炭化水素供給流とも呼ばれる）が、第 1 の予備冷却された天然ガス流 4 0 4 を生成するために、第 1 の予備冷却熱交換器 4 6 0 において冷却される。第 1 の予備冷却された天然ガス流 4 0 4 は、第 3 の予備冷却された天然ガス流 4 0 5 を生成するために、第 2 の予備冷却熱交換器 4 6 2 において冷却され、第 3 の予備冷却された天然ガス流 4 0 5 が、第 2 の予備冷却された天然ガス流 4 0 6 を生成するために、第 3 の予備冷却熱交換器 4 6 4 においてさらに冷却される。圧縮され冷却された C M R 流 4 4 4 が、第 1 の予備冷却された C M R 流 4 4 6 を生成するために、第 1 の予備冷却熱交換器 4 6 0 において冷却される。第 1 の予備冷却された C M R 流 4 4 6 は、第 3 の予備冷却された C M R 流 4 4 7 を生成するために、第 2 の予備冷却熱交換器 4 6 2 において冷却され、第 3 の予備冷却された C M R 流 4 4 7 が、第 2 の予備冷却された C M R 流 4 4 8 を生成するために、第 3 の予備冷却熱交換器 4 6 4 においてさらに冷却される。

30

【 0 1 0 5 】

図 4 は、4 つの圧縮ステージを示すが、任意の数の圧縮ステージが存在してもよい。さらに、圧縮ステージは、単一圧縮機本体の一部であってもよく、または任意の中間冷却を伴う複数の別個の圧縮機であってもよい。W M R 圧縮機 4 1 2 は、遠心力を利用するもの、軸を利用するもの、容積式、または任意の他の圧縮機形式のような任意の形式の圧縮機であり得る。

【 0 1 0 6 】

40

図 4 に示される実施形態において、最も高温の熱交換区分は、第 1 の予備冷却熱交換器 4 6 0 であり、最も低温の熱交換区分は、第 3 の予備冷却熱交換器 4 6 4 である。

【 0 1 0 7 】

図 4 に示される実施形態は、図 2 に示される実施形態のすべての利益を保有する。さらなる実施形態が、全体の第 2 の冷却および圧縮された W M R 流 4 2 0 が第 1 の熱交換器に冷媒を提供するために使用されるような、2 つの熱交換器のみを有する図 4 の変形例である。この実施形態は、追加の熱交換器に対するニーズを取り除き、より低い資本コストである。

【 0 1 0 8 】

図 5 は、第 4 実施形態および 3 つの予備冷却熱交換器を有する図 4 に示される実施形態

50

の変形例を示す。低圧WMR流510が、第3の予備冷却熱交換器564のシェル側の高温端から取り出され、WMR圧縮機512の第1の圧縮ステージ512Aにおいて圧縮される。中圧WMR流518が、第2の予備冷却熱交換器562のシェル側の高温端から取り出され、副流としてWMR圧縮機512内に導入され、ここにおいて第1の圧縮ステージ512Aからの圧縮された流れ（図示されない）と混合する。混合流（図示されない）は、第1の中間WMR流525を生成するために、WMR圧縮機512の第2の圧縮ステージ512Bにおいて圧縮される。第1の中間WMR流525は、冷却された第1の中間WMR流529を生成するために、周囲温度冷却器であり得る高圧WMR中間冷却器527において冷却される。

【0109】

10

低圧WMR流510、中圧WMR流518、および高圧WMR流519において存在する任意の液体が、気液分離機器（図示されない）において除去され得る。

【0110】

高圧WMR流519は、第1の予備冷却熱交換器560のシェル側の高温端から取り出され、混合中圧WMR流531を生成するために冷却された第1の中間WMR流529と混合される。

【0111】

混合中圧WMR流531は、高圧WMR流570を生成するために、WMR圧縮機512の第3のWMR圧縮ステージ512Cにおいて圧縮されるようにWMR圧縮機512内に導入される。高圧WMR流570は、5 bara ~ 35 bara、好ましくは10 bara ~ 25 baraの圧力であり得る。高圧WMR流570は、WMR圧縮機512から取り出され、冷却された高圧WMR流572を生成するために、高圧WMR中間冷却器571において冷却され部分的に凝縮される。高圧WMR中間冷却器571は、空気または水を使用する周囲温度冷却器であり得る。冷却された高圧WMR流572は、0.2 ~ 0.8、好ましくは0.3 ~ 0.7、より好ましくは0.4 ~ 0.6の蒸気分を有し得る。冷却された高圧WMR流572は、第1のWMRV流574および第1のWMRL流575を生成するために、第1のWMR気液分離機器573において相分離される。

20

【0112】

第1のWMRL流575は、50%未満のエタンおよびより軽い炭化水素、好ましくは45%未満のエタンおよびより軽い炭化水素、より好ましくは40%未満のエタンおよびより軽い炭化水素を含有する。第1のWMRV流574は、40%を超過するエタンおよびより軽い炭化水素、好ましくは45%を超過するエタンおよびより軽い炭化水素、より好ましくは50%を超過するエタンおよびより軽い炭化水素を含有する。第1のWMRL流575は、第1のさらに冷却されたWMR流536を生成するために、チューブ回路において冷却されるように第1の予備冷却熱交換器560内に導入される。第1のさらに冷却されたWMR流536は、第1の膨張されたWMR流528を生成するために、第1のWMR膨張機器526において膨張される。第1の膨張されたWMR流528は、第1の予備冷却熱交換器560に対する冷却能力を提供する。

30

【0113】

40

第1のWMRV流574は、10 bara ~ 50 bara、好ましくは15 bara ~ 45 baraの圧力の第2の中間WMR流590を生成するために、第4のWMR圧縮ステージ512Dにおいて圧縮されるようにWMR圧縮機512内に導入される。第2の中間WMR流590は、WMR圧縮機512から取り出され、冷却された第2の中間WMR流592を生成するために、第1のWMRV中間冷却器591において冷却され部分的に凝縮される。第1のWMRV中間冷却器591は、空気または水と接触して冷却する周囲温度冷却器であり得る。冷却された第2の中間WMR流592は、0.2 ~ 0.8、好ましくは0.3 ~ 0.7、より好ましくは0.4 ~ 0.6の蒸気分を有する。冷却された第2の中間WMR流592は、第2のWMRV流594および第2のWMRL流595を生成するために第2のWMR気液分離機器593において相分離される。

50

【 0 1 1 4 】

第2のWMRL流595は、第1の予備冷却されたWMRL流517を生成するために第1の予備冷却熱交換器560の回路のチューブにおいて冷却される。第1の予備冷却されたWMRL流517は、第2のさらに冷却されたWMRL流537を生成するために、第2の予備冷却熱交換器562のチューブ回路においてさらに冷却される。第2のさらに冷却されたWMRL流537は、第2の予備冷却熱交換器562に冷却能力を提供する第2の膨張されたWMRL流532を生成するために、第2のWMR膨張機器530において膨張される。代替的な実施形態において、第1の予備冷却されたWMRL流517が、第1の予備冷却熱交換器560に補足の冷媒を提供するために、第1のWMR膨張機器526において膨張される前に、第1のさらに冷却されたWMRL流536と混合され得る。

10

【 0 1 1 5 】

第2のWMRV流594は、圧縮されたWMRL流514を生成するために、第5のWMR圧縮ステージ512Eにおいて圧縮されるようにWMR圧縮機512内に導入される。圧縮されたWMRL流514は、第1の冷却および圧縮されたWMRL流516を生成するために、WMR後部冷却器515において冷却され、好ましくは凝縮され、第1の冷却および圧縮されたWMRL流516が、第2の予備冷却されたWMRL流580を生成するために、チューブ回路においてさらに冷却されるように第1の予備冷却熱交換器560内に導入される。第2の予備冷却されたWMRL流580は、第3の予備冷却WMRL流581を生成するために、さらに冷却されるように第2の予備冷却熱交換器562内に導入され、第3の予備冷却WMRL流581が、第3のさらに冷却されたWMRL流538を生成するために、さらに冷却されるように第3の予備冷却熱交換器564内に導入される。第3のさらに冷却されたWMRL流538は、第3の膨張されたWMRL流583を生成するために、第3のWMR膨張機器582において膨張され、第3の膨張されたWMRL流583が、冷却能力を提供するために、第3の予備冷却熱交換器564のシェル側内に導入される。

20

【 0 1 1 6 】

図5に示される実施形態において、最も高温の熱交換区分は、第1の予備冷却熱交換器460であり、最も低温の熱交換区分は、第3の予備冷却熱交換器464である。

【 0 1 1 7 】

図5は、図2において説明された実施形態のすべての利益を保有する。それは、第3の予備冷却熱交換器および追加の圧縮ステージを伴い、このため図2より高い資本コストを伴う。ただし、図5は、3つの予備冷却熱交換器の各々に対し1つの、3つの異なるWMR成分を伴う。このため図5の実施形態は、結果として増大された資本コストで改善されたプロセス効率をもたらす。

30

【 0 1 1 8 】

任意に、第2の予備冷却されたWMRL流580の一部分が、第1の予備冷却熱交換器560に補足の冷媒を提供するために（点線581aにより示される）、第1のWMR膨張機器526における膨張の前に、第1のさらに冷却されたWMRL流536と混合されてもよい。これに代えて、またはこれに加えて、第3の予備冷却されたWMRL流581の一部分が、第2の予備冷却熱交換器562に冷却能力を提供するために、第2のWMR膨張機器530における膨張の前に、第2のさらに冷却されたWMRL流537と混合されてもよい。

40

【 0 1 1 9 】

前処理された供給流502が、第1の予備冷却された天然ガス504を生成するために、第1の予備冷却熱交換器560において冷却される。第1の予備冷却された天然ガス流504は、第3の予備冷却された天然ガス流505を生成するために、第2の予備冷却熱交換器562において冷却され、第3の予備冷却された天然ガス流505が、第2の予備冷却された天然ガス流506を生成するために、第3の予備冷却熱交換器564においてさらに冷却される。圧縮され冷却されたCMR流544が、第1の予備冷却されたCMR流546を生成するために、第1の予備冷却熱交換器560において冷却される。第1の予備冷却されたCMR流546は、第3の予備冷却されたCMR流547を生成するため

50

に、第2の予備冷却熱交換器562において冷却され、第3の予備冷却されたCMR流547が、第2の予備冷却されたCMR流548を生成するために、第3の予備冷却熱交換器564においてさらに冷却される。

【0120】

すべての実施形態（図2～図5およびその変形例）において、予備冷却熱交換器からの高温シェル側流において存在する任意の液体は、WMR圧縮機において蒸気を圧縮する前に、すべての液体を除去するために気液相分離器に送られ得る。代替的な実施形態において、大量の液体が予備冷却器からの高温シェル側流において存在する場合、液体分は、予備冷却熱交換器内に導入される、または予備冷却熱交換器における分離回路に導入されるために、任意の圧縮ステージの排出物と混合される、または1つ以上の液体流と混合されるように送液され得る。例えば、図5において、高圧WMR流519、低圧WMR流510、または中圧WMR流518において存在する任意の液体は、圧縮されたWMR流514、または第1のWMRL流575と混合されるように送液され得る。

10

【0121】

すべての実施形態において、任意の後部冷却器または中間冷却器は、過熱低減器および凝縮器のような複数の個別的な熱交換器を備えることができる。

【0122】

第2の予備冷却された天然ガス流（206、306、406、506）の温度は、「予備冷却温度」として定義され得る。予備冷却温度は、供給天然ガス流が、予備冷却システムから出て液化システムに入る温度である。予備冷却温度は、供給天然ガスを予備冷却および液化するための所要動力に影響を有する。全体システムについての所要動力は、予備冷却システムについての所要動力と液化システムについての所要動力との合計として定義される。全体システムについての所要動力に対する予備冷却システムについての所要動力の比率は、「動力配分」として定義される。

20

【0123】

図2～図5において説明される実施形態について、動力配分は、0.2～0.7、好ましくは0.3～0.6、より好ましくは約0.5である。

【0124】

動力配分が増大すると、液化システムについての所要動力が減少し、予備冷却温度が低下する。言い換えると、冷媒負荷が、液化システムから予備冷却システムにシフトされる。これは、MCHESIZEおよび/または液化動力可用性を制御するシステムに対して有益である。動力配分が低下すると、液化システムについての所要動力が増大し、予備冷却温度が上昇する。言い換えると、冷媒負荷が、予備冷却システムから液化システムにシフトされる。この配置は、予備冷却交換器サイズ、数、または予備冷却動力可用性を制限するシステムに対して有益である。動力配分は、通常、特定の天然ガス液化設備に対して選択された駆動装置の形式、量、および容量によって決定される。例えば、偶数の数の駆動装置が利用可能である場合、約0.5の動力配分で、動力負荷を予備冷却熱交換器にシフトし、予備冷却温度を低くして運転することが好ましいであろう。奇数の数の駆動装置が利用可能である場合、動力配分は、0.3～0.5であり、冷媒負荷を液化システムにシフトし、予備冷却温度を上げ得る。

30

40

【0125】

すべての実施形態の主な利益は、利用可能な駆動装置の数、量、形式、および容量、熱交換器の数、熱交換器設計基準、圧縮機制限、ならびに他のプロジェクト特有の要求のような種々の要因に基づいて、動力配分、予備冷却熱交換器の数、圧縮ステージ、圧力レベル、および予備冷却温度の最適化を許容することである。

【0126】

すべての説明された実施形態について、任意の数の圧力レベルが、予備冷却および液化システムにおいて存在し得る。さらに、冷媒システムは、開ループであってもよく、または閉ループであってもよい。

【0127】

50

実施例 1

【0128】

以下は、代表的な実施形態の運転の実施例である。実施例のプロセスおよびデータは、1年で約5.5百万メートルトンのLNGを生成するLNGプラントにおける2つの圧力予備冷却回路および単一圧力液化回路を含むDMRプロセスのシミュレーションに基づき、特に図2に示される実施形態を参照する。この実施例の説明を簡素化するために、図2に示される実施形態に対して説明される要素および参照符号が使用されることになる。

【0129】

76 bara (1102 psia) および20 (カ氏68度)の天然ガス流202が、-18 (カ氏0.5度)の第1の予備冷却された天然ガス流204を生成するために、第1の予備冷却熱交換器260において冷却され、第1の予備冷却された天然ガス流204が、-53 (カ氏-64度)の第2の予備冷却された天然ガス流206を生成するために、第2の予備冷却熱交換器262において冷却される。62 bara (893 psia) および25 (カ氏77度)の圧縮され冷却されたCMR流244が、-18 (カ氏0.5度)の第1の予備冷却されたCMR流246を生成するために、第1の予備冷却熱交換器260において冷却され、第1の予備冷却されたCMR流246が、-52 (カ氏-61度)の第2の予備冷却されたCMR流248を生成するために、第2の予備冷却熱交換器262にある。

【0130】

3 bara (45 psia)、-20 (カ氏-5度)、および11,732 kg mole/hr (25,865 lb mole/hr)の低圧WMR流210(低圧の第1の冷媒流とも呼ばれる)が、第2の予備冷却熱交換器262のシェル側の高温端から取り出され、WMR圧縮機212の第1の圧縮ステージ212Aにおいて圧縮される。5 bara (74 psia)、22 (カ氏71度)、および13,125 kg mole/hr (28,936 lb mole/hr)の中圧WMR流218(中圧の第1の冷媒流とも呼ばれる)が、第1の予備冷却熱交換器260のシェル側の高温端から取り出され、副流としてWMR圧縮機212内に導入され、ここにおいて第1の圧縮ステージ212Aからの圧縮された流れ(図示されない)と混合する。混合流(図示されない)は、18 bara (264 psia) および79 (カ氏175度)の高高圧WMR流270生成するためにWMR圧縮機212の第2のWMR圧縮ステージ212Bにおいて圧縮される。

【0131】

高高圧WMR流270は、WMR圧縮機212から取り出され、17 bara (250 psia)、25 (カ氏77度)、24,857 kg mole/hr (54,801 lb mole/hr)、および0.47の蒸気分の冷却された高高圧WMR流272を生成するために、高高圧WMR中間冷却器271において冷却され部分的に凝縮される。冷却された高高圧WMR流272は、第1のWMRV流274および第1のWMRL流275を生成するために、第1のWMR気液分離機器273において相分離される。第1のWMRL流275は、31%のエタンおよびより軽い炭化水素を含有し、一方で第1のWMRV流274は、59%のエタンおよびより軽い炭化水素を含有する。

【0132】

第1のWMRL流275は、第1の予備冷却熱交換器260に冷却能力を提供する、6 bara (81 psia) および-21 (カ氏-5度)の第1の膨張されたWMR流228を生成するために、第1のWMR膨張機器226において膨張される、-18 (カ氏0度)の第1のさらに冷却されたWMR流236を生成すべく、チューブ回路において冷却されるように第1の予備冷却熱交換器260内に導入される。

【0133】

第1のWMRV流274は、29 bara (423 psia) および56 (カ氏134度)の圧縮されたWMR流214を生成するために、第3のWMR圧縮ステージ212Cにおいて圧縮されるようにWMR圧縮機212内に導入される。圧縮されたWMR流214は、25 (カ氏77度)の第1の冷却および圧縮されたWMR流216を生成する

ために、WMR後部冷却器215において冷却され、好ましくは凝縮され、第1の冷却および圧縮されたWMR流216が、-18（カ氏0度）の第1の予備冷却されたWMR流217を生成するために、チューブ回路においてさらに冷却されるように第1の予備冷却熱交換器260内に導入される。第1の予備冷却されたWMR流217は、-53（カ氏-63度）の第2のさらに冷却されたWMR流237を生成するために、チューブ回路においてさらに冷却されるように第2の予備冷却熱交換器262内に導入される。第2のさらに冷却されたWMR流237は、3bara（47psia）および-57（カ氏-70度）の第2の膨張されたWMR流232を生成するために、第2のWMR膨張機器230において膨張され、第2の膨張されたWMR流232が、冷却能力を提供するために、第2の予備冷却熱交換器262のシェル側内に導入される。

10

【0134】

この実施例において、動力配分は、0.44であり、全体で4つの、各々約40MWの容量を有するガスタービン駆動装置が利用された。この実施形態は、図1に対応するものより約3.5%高いプロセス効率、および図1に対するものより約9低温の予備冷却温度を有する。このため、この実施例は、本明細書において説明された実施形態が低資本コストで効率を改善する効率的な方法およびシステムを提供することを証明する。

本開示は以下の態様も包含する。

[1] 複数の熱交換区分の各々における第1の冷媒との間接的な熱交換によって、炭化水素流体を含む炭化水素供給流および第2の冷媒を含む第2の冷媒供給流を冷却する方法であって、

20

(a) 前記炭化水素供給流および前記第2の冷媒供給流を前記複数の熱交換区分のうちの最も高温の熱交換区分内に導入することと、

(b) 予備冷却された炭化水素流および予備冷却された第2の冷媒流を生成するために、前記炭化水素供給流および前記第2の冷媒供給流を前記複数の熱交換区分の各々において冷却することと、

(c) 液化された炭化水素流を生成するために、前記予備冷却された炭化水素流を主熱交換器において前記第2の冷媒と接触させて、さらに冷却して液化することと、

(d) 低压の第1の冷媒流を前記複数の熱交換区分のうちの最も低温の熱交換区分から取り出し、前記低压の第1の冷媒流を圧縮システムの少なくとも1つの圧縮ステージにおいて圧縮することと、

30

(e) 中圧の第1の冷媒流を前記複数の熱交換区分のうち、前記最も低温の熱交換区分より高温である第1の熱交換区分から取り出すことと、

(f) ステップ(d)および(e)が行われた後に、併合された第1の冷媒流を生成するために、前記低压の第1の冷媒流および前記中圧の第1の冷媒流を併合することと、

(g) 前記圧縮システムから、高高压の第1の冷媒流を取り出すことと、

(h) 冷却された高高压の第1の冷媒流を生成するために、前記高高压の第1の冷媒流を少なくとも1つの冷却ユニットにおいて冷却して少なくとも部分的に凝縮することと、

(i) 第1の蒸気冷媒流および第1の液体冷媒流を生成するために、前記冷却された高高压の第1の冷媒流を第1の気液分離機器内に導入することと、

40

(j) 前記第1の液体冷媒流を前記複数の熱交換区分のうちの前記最も高温の熱交換区分内に導入することと、

(k) 第1の冷却された液体冷媒流を生成するために、前記第1の液体冷媒流を前記複数の熱交換区分のうちの前記最も高温の熱交換区分において冷却することと、

(l) 第1の膨張された冷媒流を生成するために、前記第1の冷却された液体冷媒流の少なくとも一部分を膨張させることと、

(m) ステップ(b)の前記冷却の第1の部分を提供すべく、冷却能力を提供するために、前記第1の膨張された冷媒流を前記最も高温の熱交換区分内に導入することと、

(n) ステップ(i)の前記第1の蒸気冷媒流の少なくとも一部分を少なくとも1つの圧縮ステージにおいて圧縮することと、

(o) ステップ(n)の前記少なくとも1つの圧縮ステージの下流にあり、これと流体

50

流連通している少なくとも１つの冷却ユニットにおいて、凝縮された第１の冷媒流を生成するために、圧縮された第１の冷媒流を冷却して凝縮することと、

（p）前記凝縮された第１の冷媒流を前記複数の熱交換区分のうちの前記最も高温の熱交換区分内に導入することと、

（q）第１の冷却および凝縮された冷媒流を生成するために、前記凝縮された第１の冷媒流を前記第１の熱交換区分および前記最も低温の熱交換区分において冷却することと、

（r）第２の膨張された冷媒流を生成するために、前記第１の冷却および凝縮された冷媒流を膨張させることと、

（s）ステップ（b）の前記冷却の第２の部分を提供すべく、冷却能力を提供するために、前記第２の膨張された冷媒流を前記最も低温の熱交換区分内に導入することと、を含む方法。

10

〔２〕 ステップ（e）は、前記中圧の第１の冷媒流を前記複数の熱交換区分のうち、前記最も低温の熱交換区分より高温である前記第１の熱交換区分から取り出すことをさらに含み、前記第１の熱交換区分はまた、前記最も高温の熱交換区分でもある、上記態様１に記載の方法。

〔３〕 ステップ（n）は、ステップ（o）の前記圧縮された第１の冷媒流を形成するために、ステップ（i）の前記第１の蒸気冷媒流を少なくとも１つの圧縮ステージにおいて圧縮することをさらに含む、上記態様１に記載の方法。

〔４〕 ステップ（g）を行う前に前記圧縮システムの少なくとも１つの圧縮ステージにおいて、ステップ（f）の前記併合された第１の冷媒流を圧縮することをさらに含む、上記態様１に記載の方法。

20

〔５〕 ステップ（e）は、前記中圧の第１の冷媒流を前記複数の熱交換区分のうちの第１の熱交換区分から取り出すことと、前記中圧の第１の冷媒流を前記圧縮システムの少なくとも１つの圧縮ステージにおいて圧縮することと、をさらに含み、前記第１の熱交換区分が、前記最も低温の熱交換区分より高温である、上記態様１に記載の方法。

〔６〕 （t）第１の中間冷媒流をステップ（g）の前に前記圧縮システムから取り出すことと、

（u）冷却された第１の中間冷媒流を生成するために、前記第１の中間冷媒流を少なくとも１つの冷却ユニットにおいて冷却し、前記冷却された第１の中間冷媒流をステップ（g）の前に前記圧縮システム内に導入することと、をさらに含む、上記態様１に記載の方法。

30

〔７〕 （t）高压の第１の冷媒流を前記複数の熱交換区分のうちの前記最も高温の熱交換区分から取り出すことと、

（u）前記高压の第１の冷媒流をステップ（g）の前に前記圧縮システム内に導入することと、をさらに含む、上記態様１に記載の方法。

〔８〕 （v）高压の第１の冷媒流を前記複数の熱交換区分のうちの前記最も高温の熱交換区分から取り出すことと、

（w）併合された第１の中間冷媒流を形成するために、前記高压の第１の冷媒流を前記冷却された第１の中間冷媒流と併合し、前記併合された第１の中間冷媒流をステップ（g）の前に前記圧縮システム内に導入することと、をさらに含む、上記態様１に記載の方法。

40

。〔９〕 ステップ（n）は、

（t）第２の中間冷媒流を前記圧縮システムから取り出すことと、

（u）冷却された第２の中間冷媒流を生成するために、前記第２の中間冷媒流を少なくとも１つの冷却ユニットにおいて冷却することと、をさらに含む、上記態様１に記載の方法。

〔１０〕 （v）第２の蒸気冷媒流および第２の液体冷媒流を生成するために、前記冷却された第２の中間冷媒流を第２の気液分離機器に導入することと、

（w）前記第２の液体冷媒流を前記複数の熱交換区分のうちの最も高温の熱交換区分内に導入することと、

50

(x) 流れ(o)の前記圧縮された第1の冷媒流を生成する前に、前記第2の蒸気冷媒流を前記圧縮システムの少なくとも1つの圧縮ステージにおいて圧縮することと、をさらに含む、上記態様9に記載の方法。

[11] ステップ(q)は、前記第1の熱交換器区分における冷却の前に、前記凝縮された第1の冷媒流を前記最も高温の熱交換器区分において冷却することをさらに含む、上記態様1に記載の方法。

[12] ステップ(d)の前記低圧の第1の冷媒流、ステップ(f)の前記併合された第1の冷媒流、およびステップ(i)の前記第1の蒸気冷媒流は、単一圧縮機の複数圧縮ステージにおいて圧縮される、上記態様1に記載の方法。

[13] 炭化水素供給流を冷却する装置であって、

最も高温の熱交換区分および最も低温の熱交換区分を含む複数の熱交換区分と、炭化水素流体の供給源の下流にあり、これと流体流連通している、前記複数の熱交換区分の各々を通して延びる第1の炭化水素回路と、

第2の冷媒を含有し、前記複数の熱交換区分の各々を通して延びる第2の冷媒回路と、第1の冷媒を含有し、前記最も高温の熱交換区分を通して延びる第1の予備冷却冷媒回路と、

前記第1の冷媒を含有し、前記最も高温の熱交換区分および前記最も低温の熱交換区分を通して延びる第2の予備冷却冷媒回路と、

前記第1の予備冷却冷媒回路の上流端に位置する第1の予備冷却冷媒回路入口、前記第1の予備冷却冷媒回路の下流端に位置する第1の圧力降下機器、ならびに前記第1の圧力降下機器および前記最も高温の熱交換区分の第1の低温回路の下流にあり、これらと流体流連通している第1の膨張された冷媒導管と、

前記第2の予備冷却冷媒回路の上流端に位置する第2の予備冷却冷媒回路入口、前記第2の予備冷却冷媒回路の下流端に位置する第2の圧力降下機器、ならびに前記第2の圧力降下機器および前記最も低温の熱交換区分の第2の低温回路の下流にあり、これらと流体流連通している第2の膨張された冷媒導管と、

圧縮システムであって、

第1の圧縮ステージおよび前記最も低温の熱交換区分の高温端と流体流連通している低圧の第1の冷媒導管、

第2の圧縮ステージおよび第1の熱交換区分の高温端と流体流連通している中圧の第1の冷媒導管、

前記第2の圧縮ステージの下流の第1の後部冷却器、

前記第1の後部冷却器と流体流連通しており、これの下流にある第1の入口を有する第1の気液分離機器であって、第1の蒸気出口が、前記第1の気液分離機器の上半分に位置し、第1の液体出口が、前記第1の気液分離機器の下半分に位置し、前記第1の液体出口が、前記第1の予備冷却冷媒回路入口の上流にあり、これと流体流連通している、気液分離機器、

前記第1の蒸気出口の下流にある第3の圧縮ステージ、ならびに

前記第3の圧縮ステージの下流にある第2の後部冷却器、

を備える、圧縮システムと、を備え、

前記最も高温の熱交換区分は、前記第1の炭化水素回路を通して流れる前記炭化水素流体、前記第2の冷媒回路を通して流れる前記第2の冷媒、前記第1の予備冷却冷媒回路を通して流れる前記第1の冷媒、および前記最も高温の熱交換区分の前記第1の低温回路を通して流れる前記第1の冷媒と接触する前記第2の予備冷却冷媒回路を部分的に予備冷却するように運転自在に構成され、

前記最も低温の熱交換区分は、予備冷却された炭化水素流を生成するために前記第1の炭化水素回路を通して流れる前記炭化水素流体を予備冷却する、前記第2の冷媒回路を通して流れる前記第2の冷媒を予備冷却する、および前記最も低温の熱交換区分の前記第1の低温回路を通して流れる前記第1の冷媒と接触して前記第2の予備冷却冷媒回路を通して流れる前記第1の冷媒を予備冷却するように運転自在に構成される、装置。

10

20

30

40

50

[1 4] 前記複数の熱交換区分の前記第 1 の炭化水素回路の下流にあり、これと流体流連通している第 2 の炭化水素回路を有する主熱交換器をさらに備え、前記主熱交換器は、前記第 2 の冷媒と接触させる間接的な熱交換によって、前記予備冷却された炭化水素流を少なくとも部分的に液化するように運転自在に構成されている、上記態様 1 3 に記載の装置。

[1 5] 前記圧縮システムは、前記第 2 の圧縮ステージの下流にある第 1 の中間冷却器、および前記第 1 の中間冷却器の下流にあり、これと流体流連通している冷却された第 1 の中間冷媒導管をさらに備える、上記態様 1 3 に記載の装置。

[1 6] 前記最も高温の熱交換区分の高温端および前記冷却された第 1 の中間冷媒導管と流体流連通している高圧の第 1 の冷媒導管をさらに備える、上記態様 1 5 に記載の装置。

10

[1 7] 前記第 1 の気液分離機器の下流にある第 3 の後部冷却器と、第 2 の気液分離機器であって、前記第 3 の後部冷却器と流体流連通しており、これの下流にある第 3 の入口、前記第 2 の気液分離機器の上半分に位置する第 2 の蒸気出口、前記第 2 の気液分離機器の下半分に位置する第 2 の液体出口を有する第 2 の気液分離機器と、をさらに備える、上記態様 1 3 に記載の装置。

[1 8] 前記複数の熱交換区分は、第 1 の熱交換器の複数区分である、上記態様 1 3 に記載の装置。

[1 9] 前記第 2 の予備冷却冷媒回路に含有される前記第 1 の冷媒は、前記第 1 の予備冷却冷媒回路に含有される前記第 1 の冷媒より高濃度のエタンおよびより軽い炭化水素を有する、上記態様 1 3 に記載の装置。

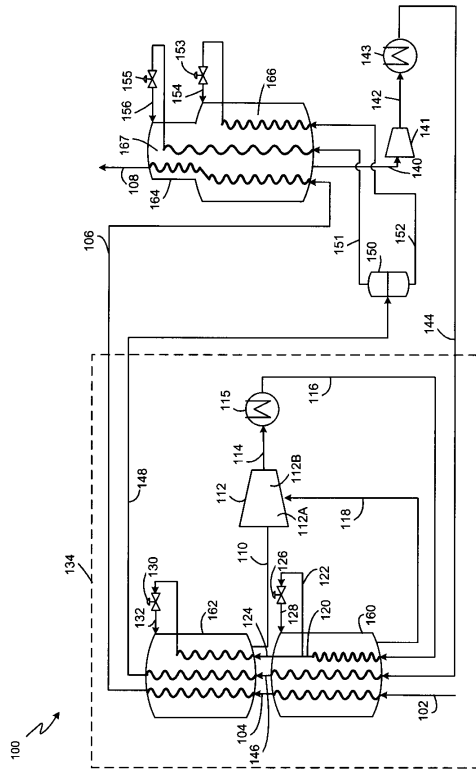
20

[2 0] 少なくとも前記最も高温の熱交換区分および前記第 1 の熱交換区分を通して延びる第 3 の予備冷却冷媒回路をさらに備え、前記第 3 の予備冷却冷媒回路は、前記第 1 の冷媒を含有している、上記態様 1 3 に記載の装置。

[2 1] 前記第 1 の熱交換区分は、前記複数の熱交換区分のうちの前記最も高温の熱交換区分である、上記態様 1 3 に記載の装置。

[2 2] 前記第 2 の予備冷却冷媒回路は、前記最も高温の熱交換区分、前記第 1 の熱交換区分、および前記最も低温の熱交換区分を通して延びる、上記態様 1 3 に記載の装置。

【図 1】

FIG. 1
(従来技術)

【図 2】

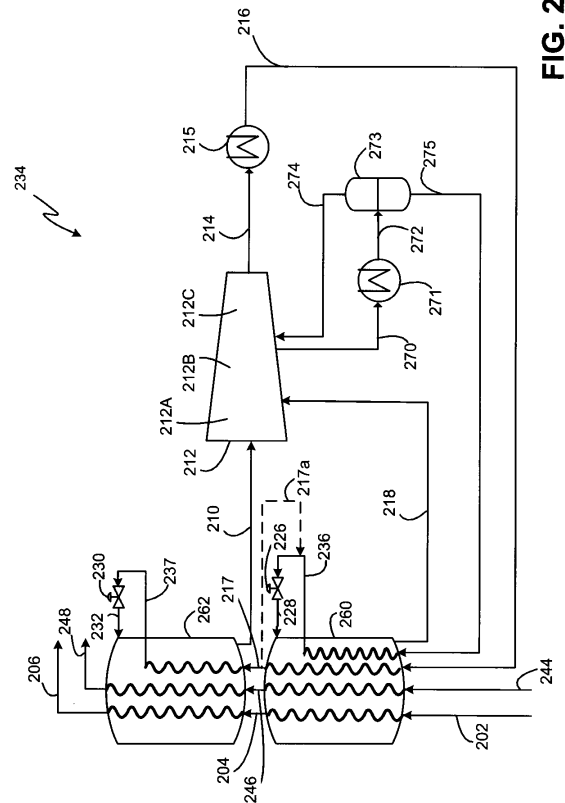


FIG. 2

【図 3】

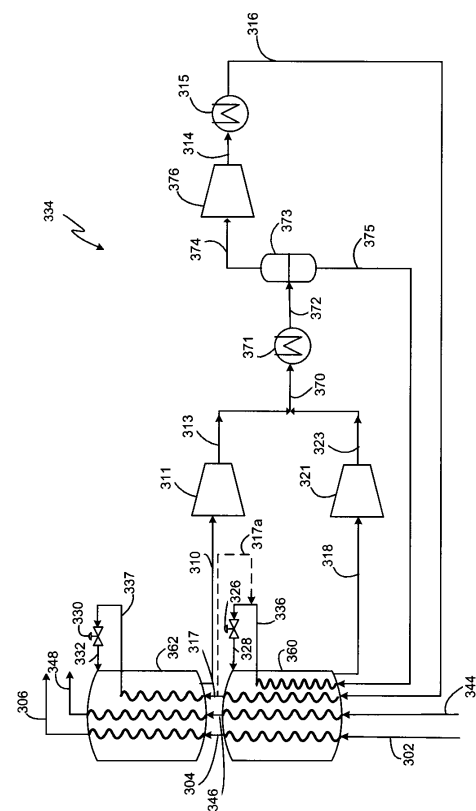


FIG. 3

【図 4】

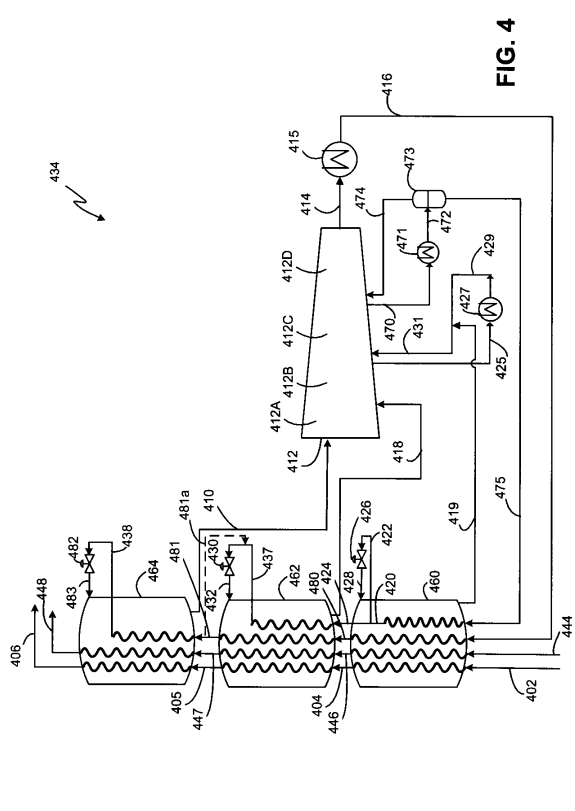


FIG. 4

【 図 5 】

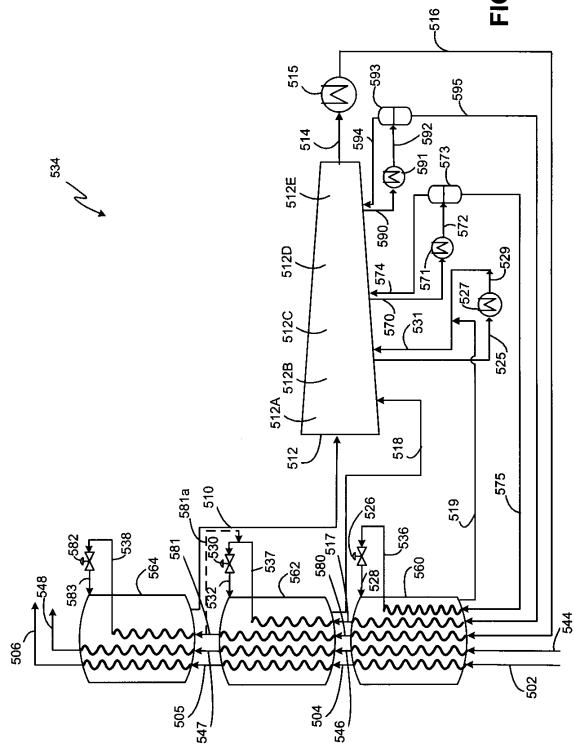


FIG. 5

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 100092624
弁理士 鶴田 準一
- (74)代理人 100114018
弁理士 南山 知広
- (74)代理人 100117019
弁理士 渡辺 陽一
- (74)代理人 100173107
弁理士 胡田 尚則
- (74)代理人 100195213
弁理士 木村 健治
- (72)発明者 ゴウリ クリシュナムルテ
アメリカ合衆国, ペンシルベニア 1 8 9 6 0 , セラズビル, マリーガン ドライブ 4 5 6
- (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 1 9 5 2 9 , ケンプトン, カナリス ドライブ 8 8 6 6

審査官 関根 崇

- (56)参考文献 特開2001-165560(JP, A)
米国特許出願公開第2010/0223951(US, A1)
特表2010-533278(JP, A)
特開2001-165563(JP, A)
特開2001-165562(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|---------|-----------|
| F 2 5 J | 1 / 0 0 |
| F 2 5 J | 1 / 0 2 |
| F 2 5 B | 4 3 / 0 0 |
| C 1 0 L | 3 / 1 0 |