

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-122579

(P2020-122579A)

(43) 公開日 令和2年8月13日(2020.8.13)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
F 1 7 C 13/00 (2006.01)	F 1 7 C 13/00 3 0 2 A	3 E 1 7 2
B 6 3 B 25/16 (2006.01)	B 6 3 B 25/16 D	
B 6 3 H 21/38 (2006.01)	B 6 3 H 21/38 C	

審査請求 有 請求項の数 18 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2020-80223 (P2020-80223)	(71) 出願人	592229502
(22) 出願日	令和2年4月30日(2020.4.30)		ブルクハルト コンプレッション アーゲ
(62) 分割の表示	特願2018-25005 (P2018-25005)		ー
原出願日	平成21年3月10日(2009.3.10)		スイス国 CH-8404 ヴィンターツ
(31) 優先権主張番号	08102472.1		ール フランツ-ブルクハルト-シュトラ
(32) 優先日	平成20年3月10日(2008.3.10)	(74) 代理人	ーセ 5
(33) 優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁 (EP)	100105957	
(31) 優先権主張番号	08102786.4	弁理士 恩田 誠	
(32) 優先日	平成20年3月19日(2008.3.19)	(74) 代理人	100068755
(33) 優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁 (EP)	弁理士 恩田 博宣	
		(74) 代理人	100142907
		弁理士 本田 淳	
		(72) 発明者	フェズリ、ベシム
			スイス国 8307 エフレーティコン
			グレンデルバッハシュトラ-セ 31
			最終頁に続く

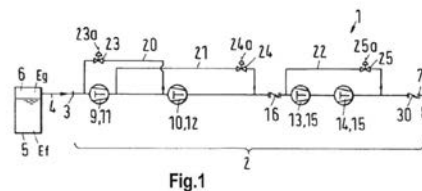
(54) 【発明の名称】 天然ガス燃料の供給装置および方法

(57) 【要約】

【課題】改良されたコンプレッサを備えた天然ガス燃料を供給する装置を提供する。

【解決手段】コンプレッサ(2)は、天然ガス(4)の流れの流入口(3)であって、LNG貯蔵タンク(5)に連通して配置され、かつLNG貯蔵タンクからボイロフガス(6)を供給する流入口と天然ガス供給パイプ(8)に連通して配置された流出口(7)と第一圧縮ステージ(9)と次の第二圧縮ステージ(10)とを備え、第一および第二圧縮ステージはラピンスシル式ピストンコンプレッサ(11、12)またはピストンリングシル式ピストンコンプレッサ(15)の形態を有し、第一圧縮ステージは第二圧縮ステージより大きなピストン径を備え、コンプレッサは少なくとも次の第三圧縮ステージ(13、14)を備え、第三圧縮ステージは、ピストンリングシル式ピストンコンプレッサまたはラピンスシル式ピストンコンプレッサの形態を有することを特徴とする装置。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

天然ガス燃料を供給する装置（１）であって、該装置（１）はコンプレッサ（２）を備え、該コンプレッサ（２）は、天然ガス（４）の流れの流入口（３）であって、ＬＮＧ貯蔵タンク（５）に連通して配置され、かつボイルオフガス（６）を前記ＬＮＧ貯蔵タンク（５）から供給する流入口（３）と、天然ガス供給パイプ（８）に連通して配置される流出口（７）とを備えた装置（１）において、前記コンプレッサ（２）は第一圧縮ステージ（９）および次の第二圧縮ステージ（１０）を備え、前記第一および第二圧縮ステージ（９、１０）はピストンリングシール式ピストンコンプレッサ（１５）の形態を有し、前記第一圧縮ステージ（９）は前記第二圧縮ステージ（１０）より大きなピストン径を備え、前記コンプレッサ（２）は少なくとも一つの次の第三圧縮ステージ（１３、１４）を備え、前記第三圧縮ステージ（１３、１４）はピストンリングシール式ピストンコンプレッサ（１５）の形態を有することを特徴とする装置。

10

【請求項 2】

前記第二圧縮ステージ（１０）と前記第三圧縮ステージ（１３）との間に、逆止弁（１６）が存在することを特徴とする請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記圧縮ステージ（９、１０、１３、１４）の全ては共通クランク駆動機構（１７）によって駆動されることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の装置。

【請求項 4】

前記圧縮ステージ（９、１０、１３、１４）の全ては、共通ケーシング（１８）に取付けられることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の装置。

20

【請求項 5】

前記第三および第四圧縮ステージ（１３、１４）は、共通シリンダ（１５a）内に位置することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 6】

前記第二圧縮ステージ（１０）は、直列に接続されたコンプレッサの二つのステージからなることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 7】

前記圧縮ステージ（９、１０、１３、１４）のうち少なくとも一つは、可制御弁（２３、２４、２５）を備えたバイパス（２０、２１、２２）を有することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の装置。

30

【請求項 8】

前記逆止弁（１６）の前の全ての圧縮ステージ（９、１０）は油不要であることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 9】

前記流入口（３）と前記逆止弁（１６）との間に、天然ガスを前記ＬＮＧ貯蔵タンク（５）に戻すためのリターンパイプ（５０）が存在することを特徴とする請求項 8 に記載の装置。

【請求項 10】

燃焼エンジン（３２）、特にディーゼル発動機に、天然ガスを供給するための請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の装置の使用法。

40

【請求項 11】

天然ガス燃料を燃焼エンジンに供給する方法であって、ボイルオフガス（６）を液化天然ガスを含むＬＮＧ貯蔵タンク（５）から得て、そのボイルオフガス（６）をピストンリングシール式ピストンコンプレッサ（１５）からなる圧縮ステージ（９、１０）において圧縮し、次に、前記天然ガスをピストンリングシール式ピストンコンプレッサ（１５）からなる圧縮ステージ（１３、１４）において圧縮し、それによって、前記天然ガスを１００バール（１０ＭＰa）から５００バール（５０ＭＰa）の間の圧力、特に、１５０バール（１５ＭＰa）から３００バール（３０ＭＰa）の間の圧力まで圧縮し、前記天然ガス

50

を流出口（７）において利用可能とすることを特徴とする方法。

【請求項１２】

前記ピストンリングシール式ピストンコンプレッサ（１５）は第一および第二圧縮ステージ（９、１０）を備え、前記ピストンリングシール式ピストンコンプレッサ（１５）は第三および第四圧縮ステージ（１３、１４）を備え、前記天然ガスは少なくとも四つの圧縮ステージ（９、１０、１３、１４）によって圧縮されることを特徴とする請求項１１に記載の方法。

【請求項１３】

前記第二圧縮ステージ（１０）の後、前記天然ガスは逆止弁（１６）を介して前記第三圧縮ステージ（１３）に供給されることを特徴とする請求項１２に記載の方法。

10

【請求項１４】

前記ピストンコンプレッサ（１５）のうち少なくとも一つはバイパス（２０、２１、２２）を備え、天然ガスは、前記流出口（７）における前記天然ガスが所望の目標圧力（ P_{sol1} ）となるように、前記少なくとも一つのバイパス（２０、２１、２２）を介して戻されることを特徴とする請求項１１乃至１３のいずれか一項に記載の方法。

【請求項１５】

前記流出口（７）から流出した後、前記天然ガスは燃焼エンジン（３２）に供給され、かつ、前記目標圧力（ P_{sol1} ）は前記燃焼エンジン（３２）が必要とする圧力であることを特徴とする請求項１４に記載の方法。

【請求項１６】

前記天然ガスは少なくとも前記第一および第二ピストンコンプレッサ（１５）において油不要の状態で圧縮されることを特徴とする請求項１１乃至１５のいずれか一項に記載の方法。

20

【請求項１７】

前記天然ガスは圧縮ステージ（９、１０、１３、１４）の後において冷却されることを特徴とする請求項１１乃至１６のいずれか一項に記載の方法。

【請求項１８】

前記ピストンコンプレッサ（１５）の全ては共通クランクシャフト（１７ａ）によって駆動されることを特徴とする請求項１１乃至１７のいずれか一項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【０００１】

本発明は、天然ガス燃料を供給する装置および方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

ドイツ語で「*Flussiges Erdgas*」として知られ、または省略形として *LNG* (*Liquefied natural gas*) と呼ばれる液化天然ガスは、 -162 の温度まで冷却され、それによって液体状態にある天然ガスである。最近では、多くの天然ガス源は、不幸にも、末端消費者から非常に遠くに離れていることが知られている。天然ガスを長距離にわたって輸送する一つの費用効果的な方法は、天然ガスを液化し、*LNG* タンカとしても知られるタンカ船で輸送することである。液化天然ガスは、目的地において気体状の天然ガスに再変換される。

40

【０００３】

特許文献１は、*LNG* タンカが輸送する天然ガスを、*LNG* タンカの発動機を駆動するための燃料源として用いることを可能とする装置および方法を開示している。特許文献１において詳細に記述されるように、ドイツ語で「*Abdampf gas*」として知られるボイルオフガスは、液化天然ガスを含む貯蔵タンクの上方領域において生成される。このボイルオフガスは貯蔵タンクから取り出されて、圧縮され、次に、船のエンジン、例えば、燃焼エンジンに、気体状の天然ガスとして供給される。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】国際公開第2006/077094号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明によって解決される課題は、液化天然ガスのボイルオフガスから抽出された燃料を、LNGタンカの燃焼エンジンに特に好適な燃料とすることが可能なより有利な装置およびより有利な方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

該課題は請求項1に記載の特徴を備えた装置によって解決される。従属請求項2乃至9は本発明による装置のさらに有利な構成に関する。課題はさらに請求項11に記載の特徴を備えた方法によって解決される。従属請求項12乃至21は、本発明による方法のさらに有利な構成に関する。

【0007】

特に、前記の課題はコンプレッサを備えた天然ガス燃料を供給する装置によって解決され、前記コンプレッサは、天然ガスの流れの流入口であって、LNG貯蔵タンクに連通して配置され、かつ前記LNG貯蔵タンクからボイルオフガスを供給する流入口と、天然ガス供給パイプに連通して配置された流出口とを備える装置において、前記コンプレッサは、第一圧縮ステージと次の第二圧縮ステージとを備え、前記第一および第二圧縮ステージはラビリンスシール式ピストンコンプレッサ又はピストンリングシール式ピストンコンプレッサの形態を有し、前記第一圧縮ステージは前記第二圧縮ステージより大きなピストン径を備え、前記コンプレッサは少なくとも次の第三圧縮ステージを備え、前記第三圧縮ステージはピストンリングシール式ピストンコンプレッサ又はラビリンスシール式ピストンコンプレッサの形態を有することを、前記装置は特徴とする。さらに有利な構成において、前記第三圧縮ステージの次に第四圧縮ステージが存在する。さらに有利な構成において、前記第四圧縮ステージの次に第五圧縮ステージが存在する。特に有利な構成において、前記第三圧縮ステージはピストンリングシール式圧縮ステージの形態を有し、存在する場合には、前記第四および第五圧縮ステージも同様の形態を有する。さらに有利な構成において、前記第三圧縮ステージはラビリンスシール式圧縮ステージの形態を有し、存在する場合には、前記第四および第五圧縮ステージも同様である。さらに有利な構成において、前記圧縮ステージの全てはラビリンスシール式圧縮ステージか、ピストンリングシール式圧縮ステージかのいずれかの形態を有する。特に有利な構成において、前記第一および第二圧縮ステージはラビリンスシール式ピストンコンプレッサの形態を有し、前記次の圧縮ステージはピストンリングシール式コンプレッサの形態を有する。

【0008】

本発明による装置は天然ガスの流れが液化天然ガスから生成され、前記天然ガスの流れは100バール(10MPa)から500バール(50MPa)の間の圧力、特に、150バール(15MPa)から300バール(30MPa)の間の圧力を備え、前記天然ガスの流れは望ましくはタービンまたはピストンエンジン、例えばディーゼルエンジン等の燃焼エンジンの燃料供給源として作用する。本発明による装置は、望ましくは、船、特にLNGタンカに配置され、燃焼エンジンに供給するための燃料を、LNG貯蔵タンクに貯蔵された液化天然ガスから得ることを可能とする。液化天然ガスのボイルオフガスは、通常約マイナス162の温度で、通常1バール(100kPa)の圧力にある。本発明による装置は、このボイルオフガスを、望ましくは100バール(10MPa)から500バール(50MPa)までの範囲の可変の給送圧力、特に、150バール(15MPa)から300バール(30MPa)までの範囲の給送圧力まで圧縮することを可能とする。

【0009】

ラビリンスシール式ピストンコンプレッサは、望ましくは-160 から+100 ま

10

20

30

40

50

での広範囲の温度にわたって天然ガスを吸引、および圧縮可能であるという利点を有する。ピストンリングシール式ピストンコンプレッサは、天然ガスを高圧力まで圧縮可能であるという利点を有する。本発明によるラビリンスシール式ピストンコンプレッサ及びピストンリングシール式ピストンコンプレッサの組み合わせは、ボイルオフガスから、非常に確実、かつ費用効果的に天然ガスを圧縮することを可能とし、特に、輸送されるLNG貯蔵タンクからの燃料をLNGタンクの発動機に供給することを可能とするという利点を有する。

【0010】

好適な構成において、前記第二および第三圧縮ステージの間に逆止弁が存在し、前記第一および第二圧縮ステージは油なしで圧縮を行なうことが望ましい。この構成は、前記第一および第二圧縮ステージにおいて圧縮される天然ガスが汚染されず、必要に応じて、LNG貯蔵タンクに戻されることが可能であるという利点を有する。前記第二圧縮ステージがコンプレッサの単一のステージからなるか、直列に接続されたコンプレッサの二つのステージからなるか、もしくはむしろ一つのピストンコンプレッサ又は直列に接続された二つのピストンコンプレッサからなることは有利である。

10

【0011】

特に好適な構成において、前記圧縮ステージの全ては共通ケーシングに取付けられ、かつ共通クランク駆動機構によって駆動される。この事実は、船上の空間にも設置可能な非常に小型のコンプレッサを可能とする。好適な構成において、前記クランク駆動機構上に補償用重りが設けられ、特に船での使用に有利な特に静粛に作動するコンプレッサが実現

20

【0012】

さらに有利な構成において、前記圧縮ステージの少なくとも一つは、逆向きの流れを制御し、それによって前記圧縮ステージの給送量および給送圧力の少なくともいずれか一方を制御する可制御弁を備えたバイパスを特徴とする。

【0013】

以下、例示的な実施形態を用いて、本発明を詳細に説明する。図面において、同一の部材は常に同一の参照符号で示される。図面は実施形態の例を説明するために用いられる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

30

【図1】コンプレッサの実施形態を概略的に示す図。

【図2】コンプレッサのさらなる実施形態を概略的に示す図。

【図3】図2に示したコンプレッサのさらなる発展形の概略図。

【図4】コンプレッサの断面図。

【図5】図4に示したコンプレッサの詳細図。

【図6】図4に示したコンプレッサのさらに詳細な図。

【図7】二つのディーゼルエンジンに供給するために並列に配置された二つのコンプレッサを概略的に示す図。

【図8】天然ガスの温度の時間に対するグラフ。

【図9】圧縮天然ガスの圧力および質量流束を制御するフィードバック制御の概念を示す図。

40

【図10】釣合い重りを備えたクロスヘッドの縦断面図。

【図11】釣合い重りを備えたクロスヘッドの側面図。

【発明を実施するための形態】

【0015】

図1は、天然ガス燃料を供給する装置1を概略的に示し、該装置1は、天然ガス4の流入口3を備えたコンプレッサ2を有するとともに、下流に配置された燃焼エンジン用の天然ガス供給パイプ8に連通された流出口7を備える。流入口3は、LNG貯蔵タンク5に連通して配置され、LNG貯蔵タンク5において、天然ガスE_fは、通常1バール(100 kPa)の圧力、かつマイナス162の温度で貯蔵されている。ボイルオフガス6と

50

しても周知の気体状天然ガスE gは、液化天然ガスE fの上方において生成される。このボイルオフガス6はコンプレッサ2によって吸引されたり、圧縮されたりし、望ましくは、150バール(15MPa)から300バール(30MPa)の圧力で流出口7において天然ガスとしてコンプレッサ2から離脱する。コンプレッサ2は、望ましくは、駆動用発動機の燃料として圧縮天然ガスを使用することが望ましいLNGタンカ上に配置される。

【0016】

コンプレッサ2は第一圧縮ステージ9および次の第二圧縮ステージ10を備え、第一および第二圧縮ステージ9、10は、ラピリンスシール式ピストンコンプレッサの形態を有し、第一圧縮ステージ9は第二圧縮ステージ10より大きなピストン径を特徴とする。コンプレッサ2は、続いて、第三および第四圧縮ステージ13、14を備え、第三および第四圧縮ステージ13、14は、ピストンリングシール式ピストンコンプレッサ15の形態を有する。圧縮天然ガスは、次に、流出口7に給送される。

10

【0017】

有利な構成において、第二圧縮ステージ10および第三圧縮ステージ13の間に逆止弁16が設けられ、天然ガスは一方向のみに流動することができる。有利な構成において、逆止弁16の上流に配置された全ての圧縮ステージ9、10は油不要であり、そのため、このセクションにおける圧縮天然ガスは不純物によって汚染されることはない。図1に示したコンプレッサ2は、直列に接続された四つのピストンコンプレッサ11、12、15を備える。

20

【0018】

有利な構成において、圧縮ステージ9、10、13、14の少なくとも一つは、例えば電線23a、24a、25aを介して制御されるように構成された可制御弁23、24、25を備えたバイパス20、21、22を特徴とする。この構成の利点は、流出口7における天然ガスの圧力および給送量の少なくともいずれか一方、すなわち流出口7を通る流れを調整することができるという点にある。

【0019】

図1に示した実施形態において、各場合において、直列に接続された二つの圧縮ステージ9、10、又はそれぞれ13、14が存在する。装置1は、当然、二つの圧縮ステージ9及び10と、13及び14との少なくともいずれか一方の各々が単一の圧縮ステージで構築されるように構成されてもよいし、あるいは、各場合において、直列に接続された三つの圧縮ステージが、図示されている二つの代わりに用いられるように構成されてもよい。また、図1に示した実施形態は、単一のピストンコンプレッサ15のみを備えてもよいし、あるいは、直列に接続された三つのピストンコンプレッサ15を備えてもよい。

30

【0020】

図1に示した構成と比較して、図2に示すような、さらに有利な構成のコンプレッサ2は、さらなるピストンコンプレッサ11、12、15を備え、ピストンコンプレッサ11、12、15は、より高い給送圧力を実現するために、直列に接続された付加的な圧縮ステージを形成するか、より多くの給送量を実現するために並列に接続された圧縮ステージを形成するか、または直列および並列の両方で接続された圧縮ステージを備える。従って、例えば、第一圧縮ステージ9は、給送量を増加させるために、二つの並列のピストンコンプレッサ11を備える。好適な構成において、図2に示すように、第二圧縮ステージ10は二つのステージのコンプレッサからなり、二つの直列に接続されたピストンコンプレッサ12は、圧縮圧を増大させるために、連続して配置されている。吸引圧力が比較的低い時、第一または第二圧縮ステージ9、10においてコンプレッサの付加的なステージが特に必要となる。さらに、例えば、天然ガスの給送圧力を増加させるために、第三および第四圧縮ステージ13、14において、直列に接続された少なくとも一つの付加的なピストンコンプレッサが存在してもよい。従って、本発明によるコンプレッサ2は、流入口3および流出口7における天然ガスの必要とされる特性、又は所望の特性、特に天然ガスの温度、圧力、必要な給送量に応じて多くの方法で構成することができる。図2に示したコ

40

50

ンプレッサ 2 は、直列に接続された五つのピストンコンプレッサ 1 1、1 2、1 5 を備えた好適な実施形態を示している。

【0021】

図 2 に示したコンプレッサ 2 は、各位置における天然ガスの圧力を測定するために複数の圧力センサ 4 2 a、4 2 b、4 2 c、4 2 d を備える。コンプレッサ 2 は、三つの調整装置 4 0 a、4 0 b、4 0 c をさらに備える。図示した実施形態において、目標圧力値 4 1 が調整装置 4 0 a に与えられ、現在の給送圧力値 4 2 d が流出口 7 の領域において測定される。調整装置 4 0 a は、現在値および目標値の間の差に基づいて、弁 2 3 の位置に影響を与え、それによってバイパス 2 0 における逆向きの流れに作用する。同様に、調整装置 4 0 b は第二圧縮ステージ 1 0 の前後の圧力 4 2 a、4 2 b を比較し、調整装置 4 0 c は、第三および第四圧縮ステージ 1 3、1 4 の前後の圧力 4 2 c、4 2 d を比較して、それぞれ測定値に基づいて弁 2 4 及び 2 5 の位置に影響を与え、バイパス 2 1 および 2 2 における逆向きの流れに作用する。調整装置 4 0 a、4 0 b、及び 4 0 c はマスタ調整器に接続されても良い。図 2 に示したように、圧縮天然ガスを冷却するために圧縮ステージ 1 0、1 3、1 4 の後方に冷却器 3 1 を備えることは有利である。冷却器 3 1 は、例えば、グリコール - 水混合物によって冷却される。

【0022】

図 3 は、図 2 において既に示したような、逆止弁 1 6 の左側に配置されたコンプレッサ 2 の一部のさらに有利な実施形態を示している。第一および第二圧縮ステージ 9、1 0 の間に温度センサ 4 7 および調整弁 4 5 が存在する。また、調整弁 4 5 に対するバイパスとして、調整弁 4 6、温度センサ 4 8、及び冷却器 3 1 が存在する。このように、第一圧縮ステージ 9 から離脱する天然ガスは、温度に応じて、第二圧縮ステージ 1 0 に直接供給されるか、あるいは調整弁 4 6 および冷却器 3 1 を介して冷却された天然ガスとして第二圧縮ステージ 1 0 に供給される。さらに、コンプレッサ 2 は、遮断弁 5 1 によって通過する流れが制御されたリターンパイプ 5 0 をさらに備え、この場合、望ましくは、リターンパイプ 5 0 は逆止弁 1 6 の左側（即ち、天然ガスの流れに対して、上流側）に存在する。リターンパイプ 5 0 は再液化プラントに送られ、過剰な天然ガスは、例えば、LNG 貯蔵タンク 5 内へ戻される。リターンパイプ 5 0 は、例えば、天然ガスを燃焼するガスバーナまで延びてもよい。

【0023】

図 4 は、本発明によるコンプレッサ 2 の実施形態の一例の詳細な断面図を示している。コンプレッサ 2 は、クランク駆動機構 1 7 およびスパーサ部 1 8 a を備えた共通ハウジング 1 8 を有する。クランク駆動機構 1 7 には、ベアリングが取り付けられたクランクシャフト 1 7 a と、クランクシャフト 1 7 a の外形に沿って長手方向に離間し、かつブッシュロッド 1 7 b を介してクランクシャフト 1 7 a に連結された六つのクロスヘッド 1 7 c とを備え、同時に、クランク駆動機構 1 7 はクロスヘッド 1 7 c がその中を移動するクロスヘッド孔 1 7 d を備え、各クロスヘッド 1 7 c はピストンロッド 1 7 e に連結され、各ピストンロッド 1 7 e はピストン 9 a、1 0 a、1 3 a、1 4 a に連結されている。クランクシャフト 1 7 a は、重り付きのフライホイール 2 6 を介して、駆動シャフト 2 7 に連結されている。示した実施形態において、六つのピストンコンプレッサが、スパーサ部 1 8 の上部に面したベアリング上に取り付けられている。ピストンコンプレッサ 1 1、1 2、1 5 のピストン 9 a、1 0 a、1 3 a、1 4 a は、ピストンロッド 1 7 e を介して共通クランクシャフト 1 7 a によって駆動される。図 5 及び 6 は、ピストンコンプレッサ 1 1、1 2、1 5 を具体的に示している。コンプレッサ 2 は二つのピストンコンプレッサ 1 1 を備えた第一圧縮ステージ 9 を有し、二つのピストンコンプレッサ 1 1 はラビリンスシール式ピストンコンプレッサ 1 1 の形態を有し、圧縮ステージ 9 のピストンコンプレッサ 1 1 は、図 5 に詳細に示すように、ピストン径 9 b を備えたピストン 9 a と、外側上において、ピストン 9 a のシリンダ形状面とを備え、ラビリンスシール 9 c、又は、場合によってシリンダ壁 9 d と協働して非接触のラビリンスシール 9 c を提供する表面構造が存在する。ピストンコンプレッサ 1 1 は、ピストンロッド 1 7 e とピストン 9 a との移動を案内す

10

20

30

40

50

るように構成されたピストンロッドガイド 9 e をさらに備える。左側および右側に配置された両方のピストンコンプレッサ 1 1 は、圧縮されるべき天然ガスに対して互いに並列または直列に構成され得る。有利な構成において、第一圧縮ステージ 9 は、ピストン 9 a の両側が天然ガス圧縮用の圧縮チャンバを画定する複動式シリンダを備える。望ましくは、第一圧縮ステージ 9 は、低温作動用に作られ、非常に低い温度に対して適切な材料から製造される。

【 0 0 2 4 】

コンプレッサ 2 は、直列に接続された二つのピストンコンプレッサ 1 2 からなる第二圧縮ステージ 1 0 を備え、ピストンコンプレッサ 1 2 はラビリンスシール式ピストンコンプレッサ 1 2 の形態を有し、第二圧縮ステージ 1 0 の各ピストンコンプレッサ 1 2 は、図 5 に詳細に示すように、ピストン径 1 0 b を備えたピストン 1 0 a と、外側上において、ピストン 1 0 a のシリンダ形状面とを備え、ラビリンスシール 1 0 c、又は、場合によって、シリンダ壁 1 0 d と協働して非接触のラビリンスシール 1 0 c を提供する表面構造が存在する。さらなる実施形態において、ラビリンスシールがシリンダ壁 1 0 d 上に配置され、シリンダ 1 0 a が比較的平滑な表面を備えても良い。第二圧縮ステージ 1 0 は、ピストンロッド 1 7 e 及びピストン 1 0 a の移動を案内するピストンロッドガイド 1 0 e をさらに備える。近接した両方のピストンコンプレッサ 1 2 は、圧縮されるべき天然ガスに対して互いに直列に配置されることが望ましい。第一圧縮ステージ 9 a のピストン径 9 b は第二圧縮ステージ 1 0 のピストン径 1 0 b より大きい。

【 0 0 2 5 】

コンプレッサ 2 は、二つのピストンリングシール式ピストンコンプレッサ 1 5 を備え、各ピストンコンプレッサ 1 5 は、複動式シリンダの形態を有し、かつ第三圧縮ステージ 1 3 と、第四圧縮ステージ 1 4 との二つの圧縮ステージを備え、図 6 に詳細に示すように、第三圧縮ステージ 1 3 は、複数のピストンリング 1 3 b を備えたピストン 1 3 a とシリンダ 1 3 c とを有し、第四圧縮ステージは、複数のピストンリング 1 4 b を備えたピストン 1 4 a と、シリンダ 1 4 c とを有する。図示した実施形態において、第三圧縮ステージ 1 3 はピストンの上方に位置し、第四圧縮ステージ 1 4 はピストンの下方に位置する。さらなる実施形態（図示せず）において、第三圧縮ステージ 1 3 はピストンの下方に位置し、第四圧縮ステージ 1 4 はピストンの下方に位置しても良い。望ましくは、両方のピストンコンプレッサ 1 5 は、相互に直列に接続されるが、並列に接続されてもよい。

【 0 0 2 6 】

クロスヘッドは油潤滑式である。スペーサ部 1 8 a においてピストンロッド 1 7 e の周囲にオイルスクレーパ 1 7 f が設けられる。共通ケーシング 1 8 は、油供給配管 2 8 によって潤滑油を供給され、基部の下方には油が油除去配管 2 9 によって抜き出される流出口を備える。この構成は、油が除去されるために、ハウジングの基部に油溜めを常に配置しておく必要がないという利点を有する。

【 0 0 2 7 】

ケーシング 1 8 の最も望ましい実施形態において、六つの対応したピストンロッド 1 7 e を備えた六つのクロスヘッド 1 7 c が設けられる。望ましくは、クランクシャフト 1 7 a の外形に沿って長手方向に離間し、かつプッシュロッド 1 7 b を介してクランクシャフト 1 7 a に連結された六つのクロスヘッド 1 7 c の対は、クランクシャフト 1 7 a の回転に対して 6 0 度の角度のオフセットを伴って連結される。望ましい構成において、補償用重り 1 9 が、クロスヘッド 1 7 c およびピストンロッド 1 7 e の少なくともいずれか一方に連結される。望ましくは、各クロスヘッド 1 7 c、対応したピストンロッド 1 7 e、接続されたピストン 9 a、1 0 a、及び対応した補償用重り 1 9 が実質的に同一の重量となるように、補償用重り 1 9 は選択される。このような補償用重り 1 9 の構成は、作動中、コンプレッサ 2 を非常に平滑に移動させる。船の上においては、振動の力を回避するために、大きく重い土台を利用することは不可能であるため、この事実は、コンプレッサ 2 を船、例えば L N G タンカ上で作動させる場合に特に有利である。本発明によるコンプレッサ 2 は、望ましくは、小さな印加力と小さな印加モーメントとなるように構成され、ひい

ては、コンプレッサ 2 は、船上での使用に特に適切である。図 4 に示すコンプレッサ 2 は、非常にコンパクトに製造され、ひいては、必要な空間を小さくし、コンプレッサ 2 は単一のコンパクトな電動発動機によって駆動可能であるという利点を有する。

【0028】

振動の力の最適な釣合いは、図 4 に示す構成によって実現され、該構成は、クランクシャフト 17 a の外形に沿って長手方向に離間した六つのクロスヘッド 17 c と、プッシュロッド 17 b と、ピストンロッド 17 e とを備えた共通ケーシング 18 を有する。しかしながら、図 4 に示すよりも少ないピストンコンプレッサ 11、12、15 を備えたコンプレッサ 2 を有し、例えば、図 1 に示すように、三つのピストンコンプレッサのみを備えることが有利でもあり得る。この実施形態において、図 4 のコンプレッサ 2 は、左から右に、第一および第二のピストンコンプレッサ 11、12 と、第四のピストンコンプレッサ 15 とのみを備え、スペーサ部 18 a は第三、第五、及び第六の位置のベアリング面にわたる閉鎖プレートで覆われることができ、同時に、閉鎖プレートに配置されたピストンロッド 17 e は閉鎖プレートに接触しないように適切に短くすることができる。この実施形態において、六つのクロスヘッド 17 c、プッシュロッド 17 b、及びピストンロッド 17 e の全ては、依然存在することが望ましく、六つの移動する集合体の各々が同一の質量を備え、振動のほとんどない平滑な進行を保証するように、補償用重り 19 は選択されることが望ましい。六つのクランクスローを備えたクランクシャフト 17 a を有する図 4 に示す実施形態は、印加力が比較的最適に釣り合い、振動の力がほぼ発生しないことを保証する。

【0029】

図 10 は、ピストンロッド 17 e、クロスヘッドガジオンピン 17 g、連結手段 17 h、及びガイド表面 17 i を備えたクロスヘッド 17 c の縦断面図を示している。複数のプレート 19 a 及び固定手段 19 b からなる釣合い重り 19 が、クロスヘッド 19 a 及びピストンロッド 17 e の少なくともいずれか一方に剛性的に連結されている。釣合い重り 19 はクロスヘッド 17 c の上方の位置に配置されることもでき、この場合、釣合い重り 19 はピストンロッド 17 e に連結されることが望ましい。図 11 は図 10 に示す構成の側面図を示し、プッシュロッド 17 b はクロスヘッドガジオンピン 17 g を介してクロスヘッド 17 c に連結されている。釣合い重り 19 は単一の部品であり得る。しかしながら、釣合い重りは複数の部分的な重り 19 a、望ましくは、幾何学的に同一に形成された部分的な重り 19 a からなることが望ましい。好適な実施形態において、部分的な重り 19 a は、図 10 及び 11 に示すように、プレートの形態を有する。

【0030】

図 4 に示したコンプレッサ 2 において、圧縮ステージ 9、10、13、14 の全て、もしくはピストンコンプレッサ 11、12、15 の全ては同一のクランクシャフト 17 a によって駆動される。しかし、ケーシング 18 を二つの別々のケーシングに分けることも可能であり、例えば、第一および第二圧縮ステージ 9、10 が第一ケーシングに配置され、第三および第四圧縮ステージ 13、14 が第二ケーシングに配置される。圧縮ステージ 9、10、13、14 の全ては、同一のクランクシャフト 17 a によって駆動される。しかし、さらなる実施形態において、二つ、もしくはむしろ二つより多くの別々のクランクシャフト 17 a が用いられることもでき、該クランクシャフト 17 a は別々の駆動部、例えば発動機によって駆動されることもできる。

【0031】

図 7 は、ボイルオフガス 6 からなる天然ガス 4 の流れが流入口 3 を介して供給される並列に配置された二つのコンプレッサ 2 を備えた構成を概略的に示している。コンプレッサ 2 の後方において、圧縮された天然ガスは二本の天然ガス供給パイプ 8 により、遮断弁 52、53 を介してそれぞれ燃焼エンジン 32 へ供給され、例えば、燃焼エンジン 32 は、天然ガスを燃料ガスとすることが適切でもある船のディーゼル発動機のようなピストン式発動機である。燃焼エンジン 32 の調整器は、供給される天然ガスの目標圧力値 41 を設定し、この目標圧力値 41 は目標値として二つのコンプレッサ 2 に与えられる。望ましく

は、燃焼エンジン 3 2 は、利用可能な特定レベルの出力を得るために、目標圧力値 4 1 によって、特定圧力のガスを要求するように作動する。特に望ましい実施形態において、目標圧力値 4 1 は図 1 及び 2 に示したコンプレッサ 2 用の制御入力信号のみである。特に、燃焼エンジン 3 2 が必要とするガスの量は未知である。本発明による装置および方法の両方は、可変量の天然ガスを、ボイルオフガス 6 から所定の圧力で供給することを可能とする。

【 0 0 3 2 】

ラビリンスシール式ピストンコンプレッサ 1 1、1 2 は、幅広い温度範囲にわたり、特に、非常に低い温度や大きな温度変化がある場合にも、確実に作動可能であるという利点を有する。図 8 は、第一圧縮ステージ 9 の吸引側における吸引された天然ガスの時間に関しての温度曲線 T A を示している。曲線 T B は、第一圧縮ステージ 9 の放出側における天然ガスの温度を時間に関して示している。曲線 T C は、第二圧縮ステージ 1 0 の放出側における天然ガスの温度を時間に関して示している。示した実施形態から、ラビリンスシール式ピストンコンプレッサ 1 1、1 2 が - 1 5 0 から + 1 0 0 までの温度範囲にわたって確実に作動可能であることが分かる。本発明によるコンプレッサ 2 は、吸引側のほぼ如何なる温度においても開始可能であるという利点も有する。

【 0 0 3 3 】

図 1 ~ 3 を参照して、可能な作動方法が詳細に説明される。本発明による燃焼エンジン用の天然ガス燃料の供給方法において、ボイルオフガス 6 が液化天然ガスを含む L N G 貯蔵タンク 5 から得られる。次に、ボイルオフガス 6 は、ラビリンスシール式ピストンコンプレッサ 1 1、1 2 からなる圧縮ステージ 9、1 0 において、圧縮される。その後、天然ガスは、ピストンリングまたはラビリンスによってシールされたピストンコンプレッサ 1 5 を備えた圧縮ステージ 1 3、1 4 において圧縮される。それによって、天然ガスは、1 0 0 バール (1 0 M P a) から 5 0 0 バール (5 0 M P a) の間の圧力、望ましくは、1 5 0 バール (1 5 M P a) から 3 0 0 バール (3 0 M P a) の間の圧力まで圧縮され、流出口 7 において利用可能となる。

【 0 0 3 4 】

有利には、第一および第二圧縮ステージ 9、1 0 はラビリンスシール式ピストンコンプレッサ 1 1、1 2 からなり、第三および第四圧縮ステージ 1 3、1 4 はピストンリングシール式ピストンコンプレッサ 1 5 からなり、それにより、天然ガスは少なくとも四つの圧縮ステージ 9、1 0、1 3、1 4 で圧縮され、ここで、二つの直列に接続された圧縮ステージもしくはむしろ第二圧縮ステージのピストンコンプレッサ 1 2 を備えることが特に有利な構成である。

【 0 0 3 5 】

第二圧縮ステージ 1 0 に続いて、逆止弁 1 6 を介して天然ガスを第三圧縮ステージ 1 3 に供給することが有利である。

有利には、ピストンコンプレッサ 1 1、1 2、1 5 の少なくとも一つはバイパス 2 0、2 1、2 2 を備え、天然ガスは、バイパス 2 0、2 1、2 2 の少なくとも一つを介して戻され、流出口 7 における天然ガスが所望の目標圧力 P s o l l になる。図 2 に示した実施形態において、バイパス 2 0、2 1、2 2 を通る逆向きの流れは制御され、流出口 7 における給送圧力は 1 0 0 バール (1 0 M P a) から 5 0 0 バール (5 0 M P a) まで、望ましくは、1 5 0 バール (1 5 M P a) から 3 0 0 バール (3 0 M P a) までの値の範囲にわたって可変となり、かつ天然ガスの所望の量は 0 % から 1 0 0 % までの値の範囲にわたって可変となり、コンプレッサ 2 は、制御入力値 4 1 によって指定される流出口 7 における放出側の可変の給送圧力を備える。本発明による方法によって、本発明によるコンプレッサ 2 は、燃焼エンジン 3 2 にて消費される天然ガスの量が変動する場合にも、制御入力値 4 1 によって指定された給送圧力を維持することを可能とする。弁 2 3、2 4、2 5 の各位置に応じて、0 % から 1 0 0 % の給送量が、関連したバイパス 2 0、2 1、2 2 を介して再循環する。給送量を 0 % まで減少することができる能力、即ち、バイパス 2 0、2 1、2 2 において 1 0 0 % の再循環率を可能とする能力は、流出口 7 から天然ガスが得ら

れない場合にもコンプレッサが駆動可能であるという利点をもたらす。構成によっては、コンプレッサ 2 のクランクシャフト 17 a を駆動する電動発動機は、例えば、単位時間あたり特定の回数のみ始動可能である。例えば、電動発動機は、時間当たりの新たな始動の回数を制限するように、始動の間、加熱されることができる。このようにして、バイパス 20、21、22 および弁 23、24、25 によって、流出口 7 から少量の天然ガスのみしか、または全く得られない場合にも、電動発動機が稼動し続けることが可能となる。

【0036】

図 9 は、流出口 7 における圧縮された天然ガスの圧力および質量流束を制御するフィードバック制御の概念を示している。詳細には、図 9 は 150 バール (15 MPa) の圧力 P1、及び 265 バール (26.5 MPa) の圧力 P2 における駆動シャフト 27 の利用可能な出力の関数として、単位 kg/h で質量流束の割合を示している。図 2 および図 9 の曲線 P2 を参照して、フィードバック制御の概念が詳細に説明される。R1 と示された曲線 P2 の部分は、弁 23 の位置を変化させて、バイパス 20 中の復帰流速を変化させることによって実現される。また、R3 と示された曲線 P2 の部分は、弁 25 の位置を変化させて、バイパス 22 中の復帰流速を変化させることによって実現される。さらに、R4 と示された曲線 P2 の部分は弁 24 の位置を変化させて、バイパス 21 中の復帰流速を変化させることによって実現される。このようにして、流出口 7 において一定の圧力を維持しながら、天然ガスの質量流束、即ち供給量は、0% から 100% の間において変化可能である。同一のフィードバック制御方法は、他の圧力、例えば、150 バール (15 MPa) の圧力を備えた曲線 P1 にも適用される。質量流束の変動の他に、図 2 の構成は圧力変化を補償することも可能である。調整装置 40 a、40 b、40 c は、PI 制御装置の形態を有することが有利である。調整装置 40 a において目標圧力値 41 が与えられ、かつ現在の圧力値 42 d が特定の目標圧力値 41 未満まで減少すると、調整装置 40 a は部分的、または完全に弁 23 を閉鎖し、バイパス 20 中の復帰天然ガスが減少し、より大量の天然ガスが流出口 7 において利用可能となり、流出口 7 における天然ガスの圧力が上昇する。調整装置 40 b は、現在の入力値 42 a と、現在の出力値 42 b との二つの現在の値 42 a、42 b を取得する。

【0037】

目標入力値と目標出力値との二つの目標値 (図示せず) が、調整装置 40 b に指定される。現在の入力値 42 a が目標入力値より小さい場合に、弁 24 は開放される。目標出力値が現在の出力値 42 より小さい場合に、弁は同様に開放される。同一のフィードバック制御方法が、調整装置 40 c と、対応するセンサおよび弁 25 とにも適用される。

【0038】

コンプレッサ 2 および燃焼エンジン 32 が好適に作動されることにより、燃焼エンジン 32 が、給送される天然ガスの目標圧力値 Pso11 を設定し、かつ流出口 7 における天然ガスが所定の目標圧力値 Pso11 であるようにコンプレッサが制御される。

【0039】

少なくとも第一および第二ピストンコンプレッサ 11、12 において、天然ガスを油不要の状態で圧縮することは有利である。圧縮ステージ 9、10、13、14 の後に、天然ガスを冷却することは有利である。全てのピストンコンプレッサ 11、12、15 が共通のクランクシャフト 17 a によって駆動されることは有利である。ラビリンスシール式ピストンコンプレッサ 11、12 が第一共通クランクシャフトによって駆動され、ピストンリングシール式ピストンコンプレッサ 15 が第二共通クランクシャフトによって駆動されることも有利である。一部の圧縮天然ガスを燃焼するか、再液化することは有利である。第一および第二圧縮ステージの間にて中間冷却器 31 を接続または遮断することは有利である。

【図 1】

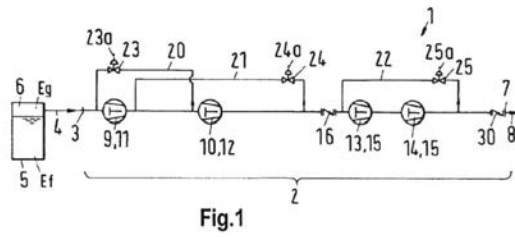


Fig.1

【図 2】

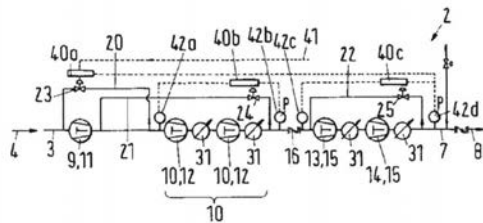


Fig.2

【図 3】

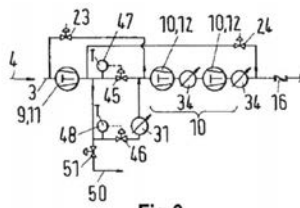


Fig.3

【図 6】

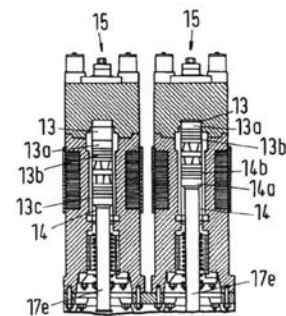


Fig.6

【図 7】

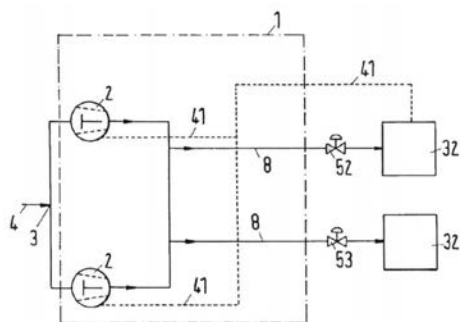


Fig.7

【図 4】

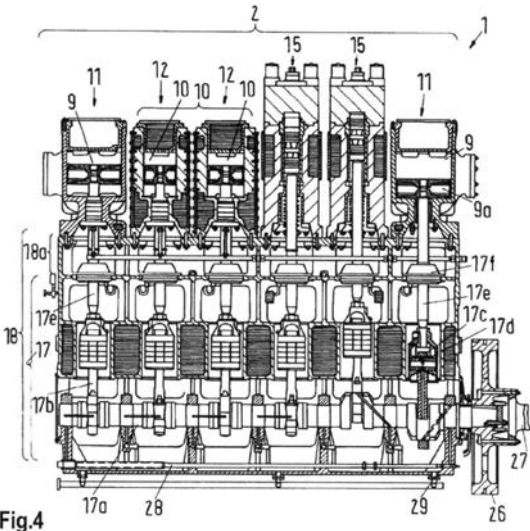


Fig.4

【図 5】

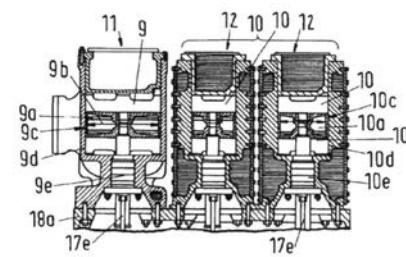
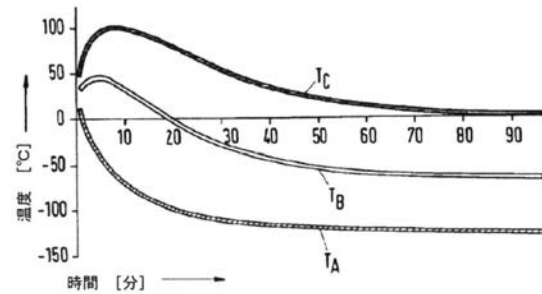
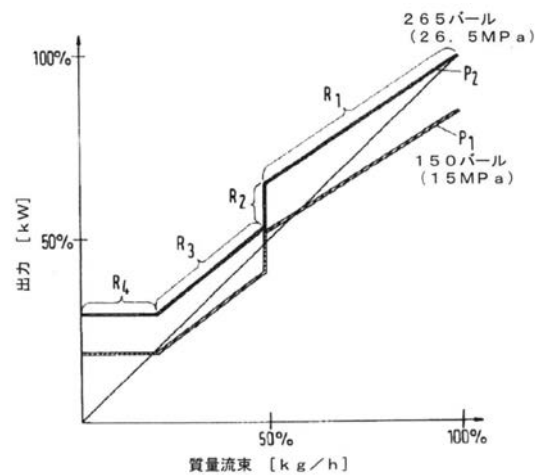


Fig.5

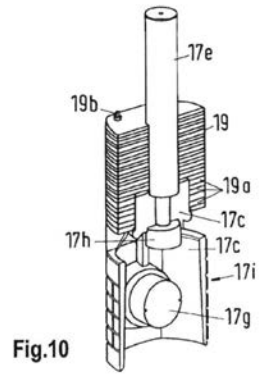
【図 8】



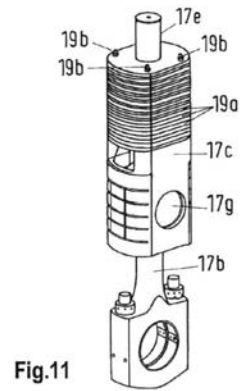
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

F ターム(参考) 3E172 AA03 AA06 AB04 BA06 BB12 BB17 BD02 EB02 EB08 HA08
JA08