

明 細 書

発明の名称： 機器のメンテナンス方法

技術分野

[0001] 本開示は、液化水素を取り扱う機器のメンテナンス方法に関する。

背景技術

[0002] 低温の液化ガスを取り扱う技術として、特許文献 1 には、L N G 受入基地タンクからの L N G 出荷方法及びそのための装置が開示されている。

[0003] 当該技術では、ローリー車がフレキシブルホースを介して L N G 受入基地に接続される。L N G 受入基地からローリー車への L N G の積載作業が終了すると、窒素ガス供給設備からフレキシブルホース内に窒素ガスを流すことで、前記フレキシブルホース内に残留した L N G がパージされ、ローリー車が L N G 受入基地から切り離される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献 1：特許第 5 4 9 5 7 1 3 号公報

[0005] 特許文献 1 に記載された技術では、ローリー車を L N G 受入基地から切り離す際に、窒素ガスを用いてパージしているが、液化水素を取り扱う機器にこのようなパージ技術を適用しようとする、と、液化水素の冷熱を受けて窒素が固化する恐れがある。

発明の概要

[0006] 本開示の目的は、液化水素の流路から機器を分離する際に、窒素ガスが固化することを防止することが可能な機器のメンテナンス方法を提供することにある。

[0007] 本開示の一局面に係る機器のメンテナンス方法は、液化水素が流れる方向に沿って順に配置される、第 1 バルブと、第 2 バルブと、機器と、第 3 バルブと、第 4 バルブとを有する流路における、機器のメンテナンス方法であって、前記流路の前記第 1 バルブと前記第 4 バルブとの間に水素ガスを充填す

ることと、前記流路の前記第1バルブと前記第4バルブとの間に前記水素ガスが充填された状態から、前記流路の前記第2バルブと前記第3バルブとの間に窒素ガスを充填することと、前記流路の前記第2バルブと前記第3バルブとの間に前記窒素ガスが充填された状態で、前記第2バルブと前記機器との間、及び前記第3バルブと前記機器との間の前記流路をそれぞれ分断および封止し、前記機器を前記流路から分離することと、を備える。

[0008] 本開示によれば、液化水素の流路から機器を分離する際に、窒素ガスが固化することを防止することが可能な機器のメンテナンス方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]図1は、本開示の対象となる液化水素システムの全体概要図である。

[図2]図2は、本開示の一実施形態に係る液化水素システムの拡大概要図であって、流路を液化水素が流れる様子を示す図である。

[図3]図3は、本開示の一実施形態に係る機器のメンテナンス方法のフローチャートである。

[図4]図4は、本開示の一実施形態に係る液化水素システムの拡大概要図であって、流路の一部が水素ガスで置換された状態を示す図である。

[図5]図5は、本開示の一実施形態に係る液化水素システムの拡大概要図であって、流路の一部が更に窒素ガスで置換された状態を示す図である。

[図6]図6は、本開示の一実施形態に係る液化水素システムの拡大概要図であって、機器が流路から分離された状態を示す図である。

[図7]図7は、本開示の第1変形実施形態に係る液化水素システムの拡大概要図であって、流路の一部が水素ガスおよび窒素ガスで置換された状態を示す図である。

[図8]図8は、本開示の第2変形実施形態に係る液化水素システムの拡大概要図であって、流路の一部が水素ガスおよび窒素ガスで置換された状態を示す図である。

発明を実施するための形態

- [0010] 以下、図面を参照して、本開示に係る機器のメンテナンス方法の実施形態を詳細に説明する。本開示に係る機器は、液化水素を取り扱う部材や装置である。以下の実施形態では、機器としてポンプを用いた例に基づいて説明する。
- [0011] 図1は、本開示の対象となる液化水素システム1Sの全体概要図である。当該液化水素システム1Sは、液化水素タンク100と、水素使用設備101と、複数のポンプ50と、を備える。液化水素タンク100、水素使用設備101および複数のポンプ50は、流路LSによって接続されている。
- [0012] 液化水素タンク100は、液化水素を貯留可能なタンクであって、陸上に配置されている。一例として、液化水素タンク100は、地上据え置き式の平底タンクである。水素使用設備101は、液化水素タンク100に貯留された液化水素を使用する設備である。一例として、水素使用設備101は、液化水素を移送するローリーを含む。複数のポンプ50は、液化水素タンク100に貯留された液化水素を水素使用設備101に送出する機能を有する。なお、図1に示すように、本実施形態では、複数のポンプ50が並列に配置されている。
- [0013] 液化水素システム1Sは、2つの着脱用機構1を更に備える。各着脱用機構1は、ポンプ50のメンテナンスに際して、流路LSからポンプ50を含む部分を分離する。
- [0014] 次に、図1の一方のポンプ50の周辺を例に、着脱用機構1の構成、機能について詳述する。図2は、本実施形態に係る液化水素システム1Sの拡大概要図であって、流路LSを液化水素が流れる様子を示す図である。
- [0015] 着脱用機構1は、第1バルブ91と、第2バルブ92と、第3バルブ93と、第4バルブ94とを有する。
- [0016] 第1バルブ91、第2バルブ92、第3バルブ93および第4バルブ94は、液化水素タンク100側から順に配置される。各バルブは、流路LSの一部を開閉する。前述のポンプ50は、第2バルブ92と第3バルブ93との間に配置される。

- [0017] 以下では、流路ＬＳにおいて、第１バルブ９１と第２バルブ９２との間の部分を第１部分ＬＳ１と呼び、第２バルブ９２とポンプ５０との間の部分を第２部分ＬＳ２と呼び、ポンプ５０と第３バルブ９３との間の部分を第３部分ＬＳ３と呼び、第３バルブ９３と第４バルブ９４との間の部分を第４部分ＬＳ４と呼ぶ。
- [0018] 着脱用機構１は、水素給排部７０と、水素給排部７１と、窒素供給部８０と、窒素放出部８１とを更に有する。
- [0019] 各給排部は、流路ＬＳにガスを供給するとともに、流路ＬＳからガスを排出する。具体的に、水素給排部７０は、第１部分ＬＳ１に連通し、流路ＬＳに水素ガスを供給する。また、水素給排部７０は、第１部分ＬＳ１から水素ガスを排出する。水素給排部７０は、水素ガスタンク７０Ａと、流路７０Ｂと、水素用バルブ７０Ｃとを有する。水素ガスタンク７０Ａは、水素ガスを貯留している。流路７０Ｂは、水素ガスタンク７０Ａと第１部分ＬＳ１とを連通する。水素用バルブ７０Ｃは、流路７０Ｂを開閉する。
- [0020] 水素給排部７１は、第４部分ＬＳ４に連通し、流路ＬＳに水素ガスを供給する。また、水素給排部７１は、第４部分ＬＳ４から水素ガスを排出する。水素給排部７１は、水素ガスタンク７１Ａと、流路７１Ｂと、水素用バルブ７１Ｃとを有する。これらの部材の構造および機能は、水素給排部７０の各部材と同様である。
- [0021] 窒素供給部８０は、流路ＬＳの第２部分ＬＳ２に連通している。特に、窒素供給部８０は、第１部分ＬＳ１を経由することなく第２部分ＬＳ２に直接連通しており、流路ＬＳに窒素ガスを供給する。窒素供給部８０は、窒素ガスタンク８０Ａと、流路８０Ｂと、窒素用バルブ８０Ｃとを有する。窒素ガスタンク８０Ａは、窒素ガスを貯留している。流路８０Ｂは、窒素ガスタンク８０Ａと第２部分ＬＳ２とを連通する。窒素用バルブ８０Ｃは、流路８０Ｂを開閉する。
- [0022] 窒素放出部８１は、流路ＬＳの第３部分ＬＳ３に連通し、流路ＬＳから窒素ガスを排出する。窒素放出部８１は、窒素ガスタンク８１Ａと、流路８１

Bと、窒素用バルブ81Cとを有する。窒素ガスタンク81Aは、窒素ガスを貯留する。流路81Bは、窒素ガスタンク81Aと第3部分LS3とを連通する。窒素用バルブ81Cは、流路81Bを開閉する。

[0023] 着脱用機構1は、圧力計61と、温度計62と、圧力計63と、温度計64とを更に有する。圧力計61は第1部分LS1の圧力を検出し、温度計62は第1部分LS1の温度を検出する。同様に、圧力計63は第4部分LS4の圧力を検出し、温度計64は第4部分LS4の温度を検出する。

[0024] 着脱用機構1は、第1継手部LT1と、第2継手部LT2とを更に備える。第1継手部LT1および第2継手部LT2によって、ポンプ50が流路LSに対して着脱可能である。本実施形態では、第1継手部LT1および第2継手部LT2は、バイヨネット継手構造を有している。なお、第1継手部LT1および第2継手部LT2には、フランジ継手等の任意の継手構造を採用できる。

[0025] 次に、液化水素システム1Sの流路LSからポンプ50を取り外し、当該ポンプ50のメンテナンスを行う手順について図2～図6を参照して説明する。図3は、ポンプ50のメンテナンス方法のフローチャートである。図4は、本実施形態に係る液化水素システム1Sの拡大概要図であって、流路LSの一部が水素ガスで置換された状態を示す図である。同様に、図5は、流路LSの一部が更に窒素ガスで置換された状態を示す図である。また、図6は、ポンプ50が流路LSから分離された状態を示す図である。なお、各図では、バルブが白く塗られた状態は当該バルブが開いた状態を意味し、バルブが黒く塗られた状態は当該バルブが閉じた状態を意味している。

[0026] 図2および図3のステップS01に示すように、ポンプ50が作動可能な状態では、第1バルブ91、第2バルブ92、第3バルブ93および第4バルブ94がすべて開かれており、水素用バルブ70C、窒素用バルブ80C、窒素用バルブ81Cおよび水素用バルブ71Cはすべて閉じられている。この状態で、ポンプ50が作動することで、液化水素が流路LSを流れる。

[0027] ポンプ50のメンテナンスを行うために当該ポンプ50を流路LSから分

離する場合、流路L Sに液化水素が充填された状態で、図3のステップS 0 2および図4に示すように作業者が第1バルブ9 1および第4バルブ9 4を閉じるとともに、水素用バルブ7 0 Cおよび水素用バルブ7 1 Cをそれぞれ開き、水素ガスタンク7 0 Aから常温の水素ガスを流路L Sの第1部分L S 1に流入させる。この結果、第1部分L S 1、第2部分L S 2、第3部分L S 3および第4部分L S 4に前記水素ガスが流入し、第1部分L S 1、第2部分L S 2、第3部分L S 3および第4部分L S 4から液体水素が水素給排部7 1に排出される。すなわち、第1部分L S 1～第4部分L S 4内の液化水素が常温の水素ガスで置換される。この後、作業者は、水素用バルブ7 0 Cおよび水素用バルブ7 1 Cを閉じる。

[0028] 次に、第1部分L S 1、第2部分L S 2、第3部分L S 3および第4部分L S 4に水素ガスが流入した状態で、図3のステップS 0 3および図5に示すように、作業者が第2バルブ9 2および第3バルブ9 3をそれぞれ閉じる。この結果、第1部分L S 1および第4部分L S 4には、それぞれ常温の水素ガスが充填された状態となる。この状態で、作業者は、窒素用バルブ8 0 Cおよび窒素用バルブ8 1 Cをそれぞれ開く。この結果、第2部分L S 2および第3部分L S 3に窒素供給部8 0から窒素ガスが流入し、第2部分L S 2および第3部分L S 3から水素ガスが窒素放出部8 1に排出される。すなわち、第2部分L S 2および第3部分L S 3内の水素ガスが窒素ガスで置換される。この後、作業者は、窒素用バルブ8 0 Cおよび窒素用バルブ8 1 Cを閉じる。

[0029] このように第2部分L S 2および第3部分L S 3に窒素ガスが充填された状態で、図3のステップS 0 4および図6に示すように、作業者が第1継手部L T 1および第2継手部L T 2を分離し、ポンプ5 0を流路L Sから取り外す。この際、各継手部で流路L Sが封止されることで、第2部分L S 2および第3部分L S 3は窒素ガスが充填された状態で密閉される。上記のように、ポンプ5 0が流路L Sから分離されると、作業者はポンプ5 0のメンテナンスを行うことができる。

[0030] なお、ポンプ50のメンテナンスが終了すると、作業者は第1継手部LT1および第2継手部LT2においてポンプ50を流路LSに再接続する。その後、作業者は上記の取り外し時とは逆の工程を実行する。具体的に、作業者は、空気と水素ガスとが混じらないようにポンプ50、第2バルブ92および第3バルブ93を窒素ガスで置換する。詳しくは、作業者は、第2バルブ92および第3バルブ93を閉じた状態で、窒素用バルブ80Cおよび窒素用バルブ81Cを開き、ポンプ50、第2部分LS2および第3部分LS3に窒素ガスを流入させ、空気を窒素ガスで置換する。その後、作業者は、第2バルブ92および第3バルブ93を開くことで、第2部分LS2および第3部分LS3に再び水素ガスを流入させる。次に、作業者は、第1バルブ91および第4バルブ94を開くことで、第1部分LS1、第2部分LS2、第3部分LS3および第4部分LS4に液化水素を流入させる。この結果、ポンプ50の再作動が可能となる。なお、上記のポンプ50の取り外しおよび取り付けにおける各バルブの開閉は、自動で行われてもよい。

[0031] 以上のように、本実施形態では、流路LSにおいて液化水素が液化水素タンク100から水素使用設備101に流れる方向に沿って、第1バルブ91、第2バルブ92、第1継手部LT1、ポンプ50、第2継手部LT2、第3バルブ93、第4バルブ94が順に配置されている。この流路LSからポンプ50を分離する場合、作業者は、流路LSに液化水素が充填された状態で、第1部分LS1、第2部分LS2、第3部分LS3、第4部分LS4に水素ガスを流入させて、液化水素を排出させる。次に、作業者は、第1部分LS1、第2部分LS2、第3部分LS3、第4部分LS4に水素ガスが流入した状態で、第2部分LS2、第3部分LS3に窒素ガスを流入させ、水素ガスを排出させる。更に、作業者は、第2部分LS2、第3部分LS3に窒素ガスが流入した状態で、第1継手部LT1および第2継手部LT2によって流路LSを分断および封止し、ポンプ50を分離する。

[0032] このような方法によれば、ポンプ50を窒素ガスで置換した状態で、ポンプ50を流路LSから安全に取り外すことができる。窒素ガスの融点は-2

10℃であるため、−253℃の液化水素の冷熱を受けると固化しやすくなる。しかしながら、本実施形態では、第1バルブ91よりも液化水素タンク100側ならびに第4バルブ94よりも水素使用設備101側にそれぞれ液化水素が充填された状態でも、第1部分LS1および第4部分LS4に水素ガスがそれぞれ充填されているため、約−253℃の液化水素の冷熱が第2部分LS2および第3部分LS3内の窒素ガスに伝わることを抑止することができる。すなわち、第1部分LS1および第4部分LS4が、それぞれ温度バッファとして機能することができる。この結果、液化水素の冷熱が窒素ガスに伝わり各バルブ内や流路内において窒素ガスが固化することに起因して、バルブや流路が損傷することを防止できる。したがって、一般に不活性ガスとして用いられるヘリウムよりも安価な窒素ガスを利用して、メンテナンスなどを目的としてポンプ50を流路LSから取り外すことができる。このため、ヘリウムガスの供給量に左右されることなく、ポンプ50のメンテナンスを実施することができる。この結果、液化水素システム1Sのメンテナンスコストも低減することができる。また、メンテナンス後には、第1バルブ91から第4バルブ94までの限られた領域に液化水素を再び流すことで、ポンプ50の作動を速やかに再開することができる。

[0033] また、本実施形態では、作業者が流路LSの第1バルブ91と第4バルブ94との間に水素ガスを充填する際に、第1バルブ91と第4バルブ94とをそれぞれ閉止して、第1バルブ91と第4バルブ94との間に水素ガスを導入することで液化水素を排出する。このため、水素ガスによって液化水素を押し出ししながら、水素ガスの充填作業と液化水素の排出作業とを効率的に行うことができる。同様に、作業者は流路LSの第2バルブ92と第3バルブ93との間に窒素ガスを充填する際に、第2バルブ92と第3バルブ93とをそれぞれ閉止して、第2バルブ92と第3バルブ93との間に窒素ガスを導入することで水素ガスを排出する。この場合も、窒素ガスによって水素ガスを押し出ししながら、窒素ガスの充填作業と水素ガスの排出作業とを効率的に行うことができる。

- [0034] 更に、本実施形態では、第2部分LS2および第3部分LS3に窒素ガスを供給するための窒素供給部80が、流路LSの第2部分LS2に直接連通している。このため、窒素ガスが第1部分LS1や第4部分LS4を介して第2部分LS2および第3部分LS3に供給される場合と比較して、第1部分LS1および第4部分LS4に窒素ガスが残留することがなく、当該残留した窒素ガスの固化を防止することができる。また、このような構成によれば、温度バッファとしての第1部分LS1および第4部分LS4から大気への水素ガスの漏洩や温度バッファへの空気の進入をも防ぐことができる。
- [0035] なお、図5、図6において、第1部分LS1に水素ガスが充填された状態で、作業者は、圧力計61、温度計62の検出結果に応じて水素用バルブ70Cの開閉を調整し、第1部分LS1における水素ガスの充填量を調整することができる。同様に、作業者は、第4部分LS4に水素ガスが充填された状態で、圧力計63、温度計64の検出結果に応じて水素用バルブ70Cの開閉を調整し、第4部分LS4における水素ガスの充填量を調整することができる。上記の各調整作業において、作業者は、温度、圧力のうちの一方の検出結果に応じて水素ガスの充填量を調整しても良い。
- [0036] 上記の調整作業について、図6の第1部分LS1を例に具体的に説明する。第1部分LS1では液化水素の冷熱の伝播により水素ガスが収縮して圧力が低下しやすい。このように第1部分LS1の圧力が低下したままで放置されると、第1部分LS1と第2部分LS2との圧力差によって窒素ガスが第2バルブ92を通じて第1部分LS1に流入し、液化水素の冷熱を受けて第1部分LS1内で固化してしまう恐れがある。本実施形態では、このような問題を防ぐため、第1部分LS1の圧力が低下した場合は、作業者が水素給排部70から水素ガスを供給して第1部分LS1の圧力を維持することができる。
- [0037] 一方、第1部分LS1の温度が著しく低下した場合は、第2バルブ92と第1継手部LT1との間で窒素が液化・固化する可能性がある。このように窒素ガスが液化した場合、負圧の発生によって第1部分LS1から第2部分

ＬＳ２に水素ガスがリークする可能性がある。第２部分ＬＳ２にリークした水素ガスが大気からの入熱で再気化すると、その圧力が高まり、水素ガスが更に大気にリークする恐れがある。本実施形態では、第１部分ＬＳ１の温度が低下した場合には、作業者が水素給排部７０を操作することで水素ガスの供給と放出を繰り返して、第１部分ＬＳ１の温度を昇温させることができる。一例として、作業者は、第１部分ＬＳ１への水素ガスの供給量を増大させることで、第１部分ＬＳ１の温度を上昇させ、これに伴って圧力が上昇すると第１部分ＬＳ１から水素ガスを僅かに放出することで第１部分ＬＳ１の圧力を調整することができる。なお、圧力計６１および温度計６２などの各測定機器は、本開示において必須ではない。また、上記の調整作業は、自動で行われてもよい。

[0038] また、本実施形態では、図４に示すように、第１バルブ９１と第４バルブ９４との間に水素ガスを充填する際に、作業者は、第１バルブ９１と第２バルブ９２との間に水素ガスを導入し、第３バルブ９３と第４バルブ９４との間から液化水素を排出する。このため、ポンプ５０を水素ガスの流路として利用して、第１バルブ９１から第４バルブ９４までの間の部分に水素ガスを効率的に充填することができる。

[0039] 同様に、本実施形態では、図５に示すように、第２バルブ９２と第３バルブ９３との間に窒素ガスを充填する際に、作業者は、第２バルブ９２とポンプ５０との間に窒素ガスを導入し、ポンプ５０と第３バルブ９３との間から水素ガスを排出する。このため、ポンプ５０を窒素ガスの流路として利用して、第２バルブ９２から第３バルブ９３までの間の部分に窒素ガスを効率的に充填することができる。また、この作業を通じてポンプ５０を窒素ガスで置換することができるため、ポンプ５０を安全に取り外すことができる。

[0040] なお、本実施形態のように液化水素を取り扱う機器としてポンプ５０が流路ＬＳから分離されると、そのメンテナンスには数日間必要になる場合がある。このような場合でも、本実施形態では図１に示すように、ポンプ５０が並列に配置されているため、一方のポンプのメンテナンス中に他のポンプを

機能させることで液化水素の移送を継続することができる。また、上記のように、ポンプ50が長期間、流路LSから分離されることがあっても、作業者は、第1部分LS1および第4部分LS4の水素ガスの充填量を調整することができるため、長期間のメンテナンスに対しても第2部分LS2および第3部分LS3の窒素ガスに冷熱が伝わることを安定して抑止することができる。

[0041] 〔変形実施形態〕

以上、本開示に係る機器のメンテナンス方法について説明したが、本開示は上掲の実施形態に何ら限定されない。例えば、上述の機器のメンテナンス方法について、次のような変形実施形態を取ることができる。

[0042] 上記の実施形態では、液化水素タンク100から水素使用設備101に向かって液化水素が流れる方向に沿って、各バルブなどが順に配置される態様にて説明したが、液化水素が流れる方向は、水素使用設備101から液化水素タンク100に向かう方向でもよい。この場合、水素使用設備101から液化水素タンク100に向かって、第1バルブ91、第2バルブ92、第1継手部LT1、ポンプ50、第2継手部LT2、第3バルブ93、第4バルブ94が順に配置されればよい。

[0043] また、上記の実施形態では、第2バルブ92側から第3バルブ93側にポンプ50を通じて水素ガスおよび窒素ガスをそれぞれ流す態様にて説明したが、本開示はこれに限定されるものではない。着脱用機構1は、ポンプ50の両側において水素ガスおよび窒素ガスの供給、排出通路を独自に有するものでもよい。

[0044] また、図7は、本開示の第1変形実施形態に係る液化水素システムの拡大概要図であって、流路LSの一部が水素ガスおよび窒素ガスでそれぞれ置換された状態を示す図である。本変形実施形態は、先の実施形態と比較して、流路LSに対する窒素ガスの供給経路において相違するため、当該相違点を中心に説明する。

[0045] 液化水素システム1Sは、先の実施形態に係る窒素供給部80および窒素

放出部 81 の代わりに、シールガス流路 51 と、バルブ 52 とを備える。シールガス流路 51 は、ポンプ 50 内において液化水素が漏れることを防止するために、ポンプ 50 内の隙間に窒素からなるシールガスを供給する。作業者は、バルブ 52 の開閉を切換えることで、上記の窒素ガスを流路 L S に供給することができる。

[0046] 本変形実施形態では、先の実施形態と同様に、第 1 バルブ 91 と第 4 バルブ 94 との間に水素ガスが充填された状態で、作業者が第 2 バルブ 92 および第 3 バルブ 93 を閉じ、バルブ 52 を開くと、ポンプ 50 から第 2 バルブ 92 と第 3 バルブ 93 との間の流路に窒素ガスが流入される。この際、不図示の排出流路から水素ガスが排出される。その後、先の実施形態と同様に、作業者は、第 1 継手部 L T 1、第 2 継手部 L T 2 において流路 L S を分離し、ポンプ 50 を取り外すことができる。このような構成においても、窒素ガスの固化を防止しながら、ポンプ 50 を流路 L S から安全に取り外すことができる。このように、本開示における窒素ガスの供給源は、ポンプ 50 でもよい。

[0047] また、図 8 は、本開示の第 2 変形実施形態に係る液化水素システムの拡大概要図であって、流路 L S の一部が水素ガスおよび窒素ガスで置換された状態を示す図である。先の実施形態では、第 1 部分 L S 1 に連通する水素給排部 70 および第 4 部分 L S 4 に連通する水素給排部 71 が、それぞれ、1 本の通路を介して水素ガスの供給および排出を行う態様にて説明したが、図 8 に示すように、水素ガスの供給用通路および排出用通路は独立して設けられてもよい。

[0048] 具体的に、着脱用機構 1 は、水素供給部 75 と、調整用水素排出部 76 とを有する。水素供給部 75 は、第 1 バルブ 91 から第 4 バルブ 94 までの間の部分に水素ガスを供給する機能を有する。また、水素供給部 75 は、第 2 バルブ 92 が閉じられた後に、第 1 部分 L S 1 に水素ガスを供給することで第 1 部分 L S 1 の水素ガス充填量を調整する機能を有する。また、調整用水素排出部 76 は、第 2 バルブ 92 が閉じられた後に、第 1 部分 L S 1 から水

素ガスを排出することで第1部分LS1の水素ガス充填量を調整する機能を有する。

[0049] 同様に、着脱用機構1は、調整用水素供給部85と、水素排出部86とを有する。水素排出部86は、第1バルブ91から第4バルブ94までの間の部分から液化水素および水素ガスを受け入れる機能を有する。また、水素排出部86は、第3バルブ93が閉じられた後に、第4部分LS4から水素ガスを受け入れることで第4部分LS4の水素充填量を調整する機能を有する。また、調整用水素供給部85は、第3バルブ93が閉じられた後に、水素ガスを第4部分LS4に供給することで第4部分LS4の水素ガス充填量を調整する機能を有する。

[0050] 上記のような構成においても、作業者は、圧力計61、温度計62の検出結果に応じて、水素供給部75から供給される水素ガスの供給量および調整用水素排出部76から排出される水素ガスの排出量を調整することができる。また、圧力計63、温度計64の検出結果に応じて、調整用水素供給部85から供給される水素ガスの供給量および水素排出部86から排出される水素ガスの排出量を調整することができる。特に、作業者は、水素ガスの圧力または温度が下がったことを圧力計61または温度計62が検出すると、水素供給部75から供給される水素ガスの供給量を増大させることが望ましい。調整用水素供給部85についても同様である。

[0051] [本開示のまとめ]

以上説明した具体的実施形態には、以下の構成を有する開示が含まれている。

[0052] 本開示の一の局面に係る機器のメンテナンス方法は、液化水素が流れる方向に沿って順に配置される、第1バルブと、第2バルブと、機器と、第3バルブと、第4バルブとを有する流路における、機器のメンテナンス方法であって、前記流路の前記第1バルブと前記第4バルブとの間に水素ガスを充填することと、前記流路の前記第1バルブと前記第4バルブとの間に前記水素ガスが充填された状態から、前記流路の前記第2バルブと前記第3バルブと

の間に窒素ガスを充填することと、前記流路の前記第2バルブと前記第3バルブとの間に前記窒素ガスが充填された状態で、前記第2バルブと前記機器との間、及び前記第3バルブと前記機器との間の前記流路をそれぞれ分断および封止し、前記機器を前記流路から分離することと、を備える。

[0053] 本方法によれば、流路上に液化水素が充填された状態から、第1バルブと第4バルブとの間に水素ガスを充填した後、第2バルブと第3バルブとの間に窒素ガスを充填した状態で、流路の第2バルブと機器との間、及び第3バルブと機器との間において流路を分断することで、機器のメンテナンスを安全に行うことができる。この結果、メンテナンス後には、上記の第1バルブから第4バルブまでの限られた領域に液化水素を再び流すことで、機器の作動を速やかに再開することができる。また、第1バルブと第2バルブとの間、及び第3バルブと第4バルブとの間に充填された水素ガスが温度バッファとして機能するため、機器のメンテナンスの間、液化水素の冷熱が窒素ガスに伝わり窒素ガスが固化することを防止することができる。

[0054] 上記の方法において、前記流路の前記第1バルブと前記第4バルブとの間に前記水素ガスを充填する際に、前記第1バルブと前記第4バルブとをそれぞれ閉止して、前記第1バルブと前記第4バルブとの間に前記水素ガスを導入することで前記液化水素を排出することを更に含むものでもよい。

[0055] 本方法によれば、水素ガスの充填作業と液化水素の排出作業とを効率的に行うことができる。

[0056] 上記の方法において、前記流路の前記第2バルブと前記第3バルブとの間に前記窒素ガスを充填する際に、前記第2バルブと前記第3バルブとをそれぞれ閉止して、前記第2バルブと前記第3バルブとの間に前記窒素ガスを導入することで前記水素ガスを排出することを更に含むものでもよい。

[0057] 本方法によれば、窒素ガスの充填作業と水素ガスの排出作業とを効率的に行うことができる。

[0058] 上記の方法において、前記流路の前記第1バルブと前記第4バルブとの間に前記水素ガスを充填する際に、前記第1バルブと前記第2バルブとの間に

前記水素ガスを導入し、前記第3バルブと前記第4バルブとの間から前記液化水素を排出することを更に含むものでもよい。

[0059] 本方法によれば、機器を水素ガスの流路として利用して、第1バルブから第4バルブまでの間の部分に水素ガスを効率的に充填することができる。

[0060] 上記の方法において、前記流路の前記第2バルブと前記第3バルブとの間に前記窒素ガスを充填する際に、前記第2バルブと前記機器との間に前記窒素ガスを導入し、前記機器と前記第3バルブとの間から前記水素ガスを排出することを更に含むものでもよい。

[0061] 本方法によれば、機器を窒素ガスの流路として利用して、第2バルブから第3バルブまでの間の部分に窒素ガスを効率的に充填することができる。また、この作業を通じて機器の内部を窒素ガスで置換することができるため、機器を安全に取り外すことができる。

[0062] 上記の方法において、前記機器が前記流路から分離された状態で、前記第1バルブと前記第2バルブとの間または前記第3バルブと前記第4バルブとの間の温度および圧力を検出し、当該温度および圧力のうちの少なくとも一方の検出結果に応じて、前記水素ガスの充填量を調整することを更に備えるものでもよい。

[0063] 本方法によれば、充填された水素ガスの温度や圧力が、機器のメンテナンス中に変動することがあっても、水素ガスの充填量を調整することで、液化水素、水素ガスおよび窒素ガスの温度バランスを安定して維持することができる。

[0064] 上記の方法において、前記第1バルブと前記第2バルブとの間または前記第3バルブと前記第4バルブとの間における温度または圧力が下がったことを検出すると、前記水素ガスの充填量を増大させるものでもよい。

[0065] 本方法によれば、充填された水素ガスの温度や圧力が、機器のメンテナンス中に低下することがあっても、水素ガスの充填量を増大させることで、液化水素、水素ガスおよび窒素ガスの温度バランスを更に安定して維持することができる。

請求の範囲

- [請求項1] 液化水素が流れる方向に沿って順に配置される、第1バルブと、第2バルブと、機器と、第3バルブと、第4バルブとを有する流路における、機器のメンテナンス方法であって、
- 前記流路の前記第1バルブと前記第4バルブとの間に水素ガスを充填することと、
- 前記流路の前記第1バルブと前記第4バルブとの間に前記水素ガスが充填された状態から、前記流路の前記第2バルブと前記第3バルブとの間に窒素ガスを充填することと、
- 前記流路の前記第2バルブと前記第3バルブとの間に前記窒素ガスが充填された状態で、前記第2バルブと前記機器との間、及び前記第3バルブと前記機器との間の前記流路をそれぞれ分断および封止し、前記機器を前記流路から分離することと、
- を備える、機器のメンテナンス方法。
- [請求項2] 請求項1に記載の機器のメンテナンス方法であって、
- 前記流路の前記第1バルブと前記第4バルブとの間に前記水素ガスを充填する際に、前記第1バルブと前記第4バルブとをそれぞれ閉止して、前記第1バルブと前記第4バルブとの間に前記水素ガスを導入することで前記液化水素を排出することを更に含む、機器のメンテナンス方法。
- [請求項3] 請求項1または2に記載の機器のメンテナンス方法であって、
- 前記流路の前記第2バルブと前記第3バルブとの間に前記窒素ガスを充填する際に、前記第2バルブと前記第3バルブとをそれぞれ閉止して、前記第2バルブと前記第3バルブとの間に前記窒素ガスを導入することで前記水素ガスを排出することを更に含む、機器のメンテナンス方法。
- [請求項4] 請求項2に記載の機器のメンテナンス方法であって、
- 前記流路の前記第1バルブと前記第4バルブとの間に前記水素ガス

を充填する際に、前記第 1 バルブと前記第 2 バルブとの間に前記水素ガスを導入し、前記第 3 バルブと前記第 4 バルブとの間から前記液化水素を排出することを更に含む、機器のメンテナンス方法。

[請求項 5]

請求項 3 に記載の機器のメンテナンス方法であって、

前記流路の前記第 2 バルブと前記第 3 バルブとの間に前記窒素ガスを充填する際に、前記第 2 バルブと前記機器との間に前記窒素ガスを導入し、前記機器と前記第 3 バルブとの間から前記水素ガスを排出することを更に含む、機器のメンテナンス方法。

[請求項 6]

請求項 1 乃至 5 の何れか 1 項に記載の機器のメンテナンス方法であって、

前記機器が前記流路から分離された状態で、前記第 1 バルブと前記第 2 バルブとの間または前記第 3 バルブと前記第 4 バルブとの間の温度および圧力を検出し、当該温度および圧力のうちの少なくとも一方の検出結果に応じて、前記水素ガスの充填量を調整することを更に備える、機器のメンテナンス方法。

[請求項 7]

請求項 6 に記載の機器のメンテナンス方法であって、

前記第 1 バルブと前記第 2 バルブとの間または前記第 3 バルブと前記第 4 バルブとの間における温度または圧力が下がったことを検出すると、前記水素ガスの充填量を増大させる、機器のメンテナンス方法。