

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7346453号  
(P7346453)

(45)発行日 令和5年9月19日(2023.9.19)

(24)登録日 令和5年9月8日(2023.9.8)

(51)国際特許分類	F I
F 1 7 C 13/02 (2006.01)	F 1 7 C 13/02 3 0 2
F 1 7 C 13/00 (2006.01)	F 1 7 C 13/00 3 0 2 A
F 2 5 J 1/00 (2006.01)	F 2 5 J 1/00 C
F 2 5 J 1/02 (2006.01)	F 2 5 J 1/02
C 0 1 B 3/00 (2006.01)	C 0 1 B 3/00 Z
請求項の数 17 (全14頁)	

(21)出願番号	特願2020-562119(P2020-562119)	(73)特許権者	591036572
(86)(22)出願日	平成31年4月29日(2019.4.29)		レール・リキード・ソシエテ・アノニム
(65)公表番号	特表2021-523326(P2021-523326 A)		・プール・レテュード・エ・レクスプロ
(43)公表日	令和3年9月2日(2021.9.2)		ワタシオン・デ・プロセダ・ジョルジュ
(86)国際出願番号	PCT/FR2019/050994		・クロード
(87)国際公開番号	WO2019/215403	(74)代理人	フランス国、75007 パリ、カイ・
(87)国際公開日	令和1年11月14日(2019.11.14)		ドルセイ 75
審査請求日	令和4年2月24日(2022.2.24)	(74)代理人	110003708
(31)優先権主張番号	1853927		弁理士法人鈴榮特許総合事務所
(32)優先日	平成30年5月7日(2018.5.7)	(74)代理人	100108855
(33)優先権主張国・地域又は機関	フランス(FR)		弁理士 蔵田 昌俊
		(74)代理人	100103034
			弁理士 野河 信久
		(74)代理人	100179062
			弁理士 井上 正

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 液化水素を貯蔵し、分配する方法及び設備

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定の貯蔵圧力の液体水素用の貯蔵設備(4)と、気体水素の供給源(2)と、前記供給源(2)に接続された入口と前記貯蔵設備(4)に接続された出口を含む液化装置(3)と、を備える施設(1)であって、前記貯蔵設備(4)が、前記貯蔵設備(4)に接続された1つの端と少なくとも1つの移動タンク(8)に接続される予定の1つの端を含む液体取出管(10)を含む施設(1)を使って液化水素を貯蔵し、分配するための方法であって、

前記供給源(2)により供給される気体水素を液化するステージと、前記液化水素を前記貯蔵設備(4)に輸送するステージと、を含み、ここで、前記貯蔵設備(4)が気体の形態の水素を取り囲む上部と液相の水素を取り囲む下部を備え、前記貯蔵設備(4)内で水素を安定した貯蔵圧力に保持しつつ、前記貯蔵設備(4)内の水素の温度が前記気体の形態の水素と前記液相の水素との間で層状となる方法において、

前記液化装置(3)により液化され、前記貯蔵設備(4)に輸送される前記液化水素の温度が前記貯蔵圧力での水素の沸点より低いことと、

前記液化装置(3)により生成された液体水素を、液体の圧力における飽和温度と前記液化水素の凝固温度より高い温度との間の温度で、特に2.5バールの貯蔵圧力の場合に15K~23.7Kの温度で、前記移動タンク(8)に直接輸送するステージを含むことと、を特徴とする方法。

【請求項2】

移動タンク（８）から出た水素を回収する回収ステージを含み、回収された水素は、前記貯蔵圧力での水素の泡より高い温度を有し、特に気化した気体水素であり、前記回収ステージは回収された水素の前記貯蔵設備（４）への輸送を含むことを特徴とする、請求項１に記載の方法。

【請求項３】

前記回収ステージ中、回収された前記気体水素は前記貯蔵設備（４）の液体部に輸送されることを特徴とする、請求項２に記載の方法。

【請求項４】

前記貯蔵圧力は１．０５バール～５バール、特に２．５バールであることを特徴とする、請求項２又は３に記載の方法。

【請求項５】

前記液化装置（３）により生成され、前記貯蔵設備（４）に輸送された前記液体水素の温度は、液体の圧力での飽和温度と１．１バール（絶対圧力）の圧力での飽和温度との間、特に２．５バールの貯蔵圧力の場合に２０．４～２３．７Ｋの温度であることを特徴とする、請求項１～４の何れか１項に記載の方法。

【請求項６】

前記液化装置（３）により生成され、前記貯蔵設備（４）に輸送された前記液体水素の温度は、液体の圧力での飽和温度と前記液化水素の凝固温度よりわずかに高い温度との間の温度、特に２．５バールの貯蔵圧力の場合に１５Ｋ～２３．７Ｋの温度であることを特徴とする、請求項１～５の何れか１項に記載の方法。

【請求項７】

前記液化水素を前記貯蔵設備（４）に輸送する前記回収ステージは、前記貯蔵設備内の液位が所定の閾値を下回ったらずぐに行われることを特徴とする、請求項２に従属する請求項３～６の何れか１項に記載の方法。

【請求項８】

所定の貯蔵圧力を有する液体水素用の貯蔵設備（４）と、少なくとも１つの移動タンク（８）と、気体水素の供給源（２）と、前記供給源（２）に接続された入口と前記貯蔵設備（４）に接続された出口を含む液化装置（３）と、を備える液化水素を貯蔵し、分配するための施設であって、

前記貯蔵設備が気体の形態の水素を取り囲む上部と液相の水素を取り囲む下部を備え、ここで、前記貯蔵設備（４）は前記貯蔵設備（４）内で水素を安定した貯蔵圧力に保持しつつ、前記貯蔵設備（４）内の水素の温度が前記気体の形態の水素と前記液相の水素との間で層状となるものであり、

前記貯蔵設備（４）は、前記貯蔵設備（４）に接続された端と前記移動タンク（８）に接続される予定の端を含む液体取出管（１０）を備える、液化水素を貯蔵し、分配するための施設において、

前記液化装置（３）は、水素を生成し、前記貯蔵圧力での水素の沸点より低い温度で水素を前記貯蔵設備（４）に供給するように構成されることと、

前記施設が、前記移動タンク（８）に接続される予定の端、及び前記貯蔵設備（４）に接続される予定の端を備える気体ガス回収管（１１）であって、この気体ガスを、その液化を目的として前記貯蔵設備（４）に輸送するための気体ガス回収管（１１）と、

前記液化装置（３）の出口に接続された端、及び前記移動タンク（８）に直接接続される予定の端を有する管（１３）と、を備えることを特徴とする施設。

【請求項９】

前記液化装置（３）は、水素を生成し、前記貯蔵圧力での水素の沸点に関して０．１～１．２Ｋ低い温度で水素を前記貯蔵設備（４）に供給するように構成されることを特徴とする、請求項８に記載の施設。

【請求項１０】

前記液化装置（３）は、水素を生成し、１．０５～１．２バールの貯蔵圧力の場合に２０．４Ｋ～３３Ｋの温度で水素を前記貯蔵設備（４）に供給するように、及び／又は水素を

10

20

30

40

50

生成し、1.05～5バールの貯蔵圧力の場合に15K～27.1Kの温度で水素を前記貯蔵設備(4)に供給するように構成されることを特徴とする、請求項8又は9に記載の施設。

【請求項11】

前記気化ガス回収管(11)は、前記移動タンク(8)を前記貯蔵設備(4)から断熱することを可能にする弁(21)を含むことを特徴とする、請求項9に従属する請求項10に記載の施設。

【請求項12】

前記液化装置(3)は、水素を生成し、直接再液化を介して前記移動タンク(8)内の水素の圧力と質量を保持しながら、15K～27.1Kの温度で前記移動タンク(8)に水素を供給するように構成されることを特徴とする、請求項11に記載の施設。

10

【請求項13】

前記貯蔵設備(4)は水素気相と水素液相を含むことを特徴とする、請求項8～12の何れか1項に記載の施設。

【請求項14】

前記貯蔵設備(4)の前記水素気相及び水素液相はそれぞれ異なる温度を有し、すなわち、前記水素気相及び水素液相は前記貯蔵設備内で熱力学平衡状態に保持されないことを特徴とする、請求項13に記載の施設。

【請求項15】

前記液化装置(3)の前記出口は、前記貯蔵設備(4)の液相中に出現する管(12)を介して前記貯蔵設備(4)に接続されることを特徴とする、請求項8～14の何れか1項に記載の施設。

20

【請求項16】

前記貯蔵設備(4)は、熱入力をそのうちの気相を取り囲む部分、特に前記貯蔵設備(4)の上部に集中させるように構成されることを特徴とする、請求項8～15の何れか1項に記載の施設。

【請求項17】

前記貯蔵設備(4)は、前記貯蔵設備(4)の主に上部に接続された構造的保持要素(15)により懸下又は支持されることを特徴とする、請求項8～16の何れか1項に記載の施設。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、液化水素を貯蔵し、分配するための方法と施設に関する。

【0002】

本発明は、より詳しくは、所定の貯蔵圧力の液体水素用貯蔵設備と、気体水素供給源と、供給源に接続された入口と液体水素貯蔵設備に接続された出口を含む液化装置と、を含む施設を使って液化水素を貯蔵し、分配する方法に関し、貯蔵設備は、液体水素貯蔵設備に接続された端と少なくとも1つの移動タンクに接続される予定の端を含む液体取出管を含み、方法は、供給源により供給された気体水素を液化するステージと、液化水素を貯蔵設備に輸送するステージを含む。

40

【背景技術】

【0003】

特にその密度から、大量の生成物を長距離に渡って運搬しなければならない場合、液体水素は気体水素より有利である。

【0004】

液体水素の他の利点は、その密度と、燃料電池自動車用水素サービスステーションでの貯蔵容量の大きさに関する。20Kの温度で、事実上、気体からすべての不純物(この温度では固体である)が取り除かれ、それによって燃料電池の動作が最適化される。

【0005】

50

他方で、水と比較した液体水素の密度の低さ（70 g / リットル）により、静水頭により利用可能な圧力と低温が、液体輸送中のかなりの量の蒸発損失の原因となる可能性がある。

【0006】

具体的には、トラックに積み込み、水素液化プラントにおいてタンクに充填するためのシステムによって生じ得る損失は、生成量の15%に及ぶ可能性がある（例えば、タンクからの損失0.2%、タンクに充填するための弁におけるフラッシュ蒸発による損失5%、及びトラックを満タンにするための方法における損失10%）。

【0007】

これらの蒸発損失はもちろん、貯蔵後に回収、再加熱、再圧縮し、液化装置の中に再注入できる。このことは図1において概略的に示されており、これは生成された液体のための貯蔵設備4を含む施設を表す。水素は気体水素の供給源2から生成され、それが液化装置3の中で液化されてから貯蔵設備4へと輸送される。ボイルオフガスは、例えば直列のヒータ5、バッファタンク6（例えば、等圧）、及び圧縮部品7を含むユニットから取り出すことができる。回収され、圧縮された気体は、液化装置3の入口で取り込むことができ、それを再液化し、貯蔵設備4へと再導入できる。

10

【0008】

貯蔵設備4は、特に液体配送トラックのタンク8への、例えば重力による、又は差圧による補給を提供できる。

【0009】

トラックのタンク8を充填するためのこれらの動作中に蒸発する水素の全部又は一部は、排出させるか、又は任意選択によりライン9を介して回収でき、これはこの気体を回収及び再液化回路へと再注入する。

20

【0010】

これらの解決策は、生成物の損失（空気中への放出）を発生させるか、又は液化装置3と気体回収ユニットを、トラックの充填中に生成されるボイルオフガスを吸収できるように調整する必要がある。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

本発明の1つの目的は、上述の先行技術の欠点の全部又は幾つかを克服することである。

30

【課題を解決するための手段】

【0012】

そのために、本発明による、さらには上の序文に記されたその一般的定義による方法は基本的に、液化装置により液化され、貯蔵設備に輸送される水素の温度は貯蔵圧力での水素の沸点より低いことを特徴とする。

【0013】

さらに、本発明の実施形態は、以下の特徴の1つ又は複数を含むことができる：

- 方法は、移動タンクから出た水素を回収するステージを含み、回収された水素の温度は貯蔵圧力での水素の泡より高く、特に気化した気体水素であり、回収ステージは、前記回収された水素の貯蔵設備への輸送を含む。

40

- 回収ステージ中、回収された水素は貯蔵設備の液体部に輸送される。

- 貯蔵圧力は1.05バール～5バール、特に2.5バールである。

- 液化装置により生成され、液体の圧力での飽和温度と1.1バール（絶対圧力）での飽和温度との間の温度、特に2.5バールの貯蔵圧力の場合に20.4～23.7Kの温度で貯蔵設備に輸送される液体水素。

- 液化装置により生成され、液体の圧力での飽和温度と水素の凝固温度よりわずかに高い温度との間の温度、特に2.5バールの貯蔵圧力の場合に15K～23.7Kの温度で貯蔵設備に輸送される液体水素。

50

- 液化装置により生成された液体水素は、タンクに直接、及び任意選択により貯蔵設備にも輸送され、液体の圧力での飽和温度と水素の凝固温度よりわずかに高い温度との間の温度、特に2.5バールの貯蔵圧力の場合に15K~23.7Kの温度を有する。

- 液化水素を貯蔵設備(4)に輸送するステージは、貯蔵設備の液位が所定の閾値より低くなったらすぐに行われる。

- 回収ステージ中に、回収された水素は貯蔵設備(4)に直接、すなわち予備冷却せずに輸送され、回収された水素は冷却され、必要に応じて貯蔵設備内の液体水素により液化される、

#### 【0014】

本発明はまた、所定の貯蔵圧力の液体水素用貯蔵設備と、少なくとも1つの移動タンクと、気体水素の供給源と、供給源に接続された入口と液体水素貯蔵設備に接続された出口を含む液化装置と、を含む、液化水素を貯蔵し、分配するための施設にも関し、貯蔵設備は、液体水素貯蔵設備に接続された端と、移動タンクに接続される予定の端を含む液体取出管を含み、液化装置は、貯蔵圧力での水素の沸点より低い温度で水素を生成して貯蔵設備に供給するために構成され、そのうちの施設は、タンクに接続される予定の端と貯蔵設備に接続される予定の端を含む、この気化ガスをその液化を目的として貯蔵設備に輸送するための気化ガス回収管を含む。

10

#### 【0015】

他の考え得る顕著な特徴によれば：

- 液化装置は、水素を生成し、貯蔵圧力での水素の沸点に関して0.1~12K低い温度で水素を貯蔵設備に供給するために構成される。

20

- 液化装置は、水素を生成し、1.05~12バールの貯蔵圧力の場合に20.4K~33Kの温度及び/又は1.05~5バールの貯蔵圧力の場合に15K~27.1Kの温度で水素を貯蔵設備に供給するために構成される。

- 気化ガス回収管は、タンクを貯蔵設備から断熱することを可能にする弁を含む。

- 液化装置は、水素を生成し、直接再液化を介してタンク内の水素の圧力と質量を保持しながら、15K~27.1Kの温度でタンクに供給するために構成される。

- 貯蔵設備は、水素気相と水素液相を含む。

- 貯蔵設備の水素気相及び液相はそれぞれ異なる温度を有し、すなわち、気相及び液相は貯蔵設備内で熱力学平衡状態に保持されない。

30

- 液化装置の出口は、貯蔵設備の液相中に出現する管を介して液体水素貯蔵設備に接続される。

- 施設は、液化装置の出口に接続される端とタンクに直接接続される予定の端を有する管を含む。

- 貯蔵設備は、熱入力をそのうちの気相を取り囲む部分、特に貯蔵設備の上部に集中させるために構成される。

- 貯蔵設備(4)は、貯蔵設備の主に上部に接続された構造的保持要素(15)により懸下又は支持される。

- 貯蔵設備は真空断熱ジャケット付きタンクである。

- 施設は、液化装置の出口に接続された端と貯蔵設備の気相中に出現する端を有する管を含む。

40

- 施設は、液化装置により生成された水素を貯蔵設備に自動的に供給することによって、貯蔵設備内の液位を所定の閾値に保持するために構成される。

#### 【0016】

本発明はまた、特許請求の範囲内で、上述又は後述の特徴の何れかの組合せを含む何れの代替的な装置又は方法にも関してよい。

#### 【0017】

その他の具体的な特徴と利点は、下記のような、図面に関して提供される以下の説明文を読めば明らかとなるであろう。

#### 【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 1 8 】

【 図 1 】 先行技術による施設の構造と動作を図解する概略部分図を表す。

【 図 2 - 3 】 本発明による施設の 2 例の構造と動作をそれぞれ図解する概略部分図を表す。

【 図 4 - 5 】 貯蔵設備構造の 2 例をそれぞれ図解する 2 つの概略図を表す。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 9 】

本発明の実装可能な実施例による液化水素を貯蔵、分配するための施設 1 が図 2 に示されている。図 1 のものと同じ要素は同じ参照番号で指示されている。

【 0 0 2 0 】

施設 1 は、所定の貯蔵圧力 4 の液体水素用貯蔵設備 4 を含む。この貯蔵設備は例えば、例えば数千リットルという大容量の真空断熱貯蔵設備である。この貯蔵設備 4 は従来、気相と共に液相を収容する。

10

【 0 0 2 1 】

従来、貯蔵圧力は好ましくは、例えば固定値（例えば、1 . 0 5 ~ 1 1 パール、例えば 1 . 1 ~ 5 パール、特に 2 . 5 パール（絶対圧力））に調整される。

【 0 0 2 2 】

「貯蔵圧力」とは、例えば貯蔵設備内又は貯蔵設備の底部若しくは上部（ガスヘッドスペース）内の平均圧力を意味すると理解されたい。これは、水素が低密度である結果として、貯蔵設備の下部内の圧力は上部の圧力と実質的に等しいからである。

【 0 0 2 3 】

設備はさらに、気体水素の供給源 2 と、供給源 2 に接続された入口と液体水素貯蔵設備 4 に接続された出口を含む液化装置 3 と、を含む。

20

【 0 0 2 4 】

供給源 2 は、水素ネットワーク及び / 又は水素産生のためのユニット（例えば、水蒸気改質及び / 又は電解による、又は他の何れかの適当な供給源）とすることができる。

【 0 0 2 5 】

供給源 2 により供給され、液化装置 3 により液化される水素は、貯蔵設備 4 に間欠的及び / 又は連続的及び / 又はタンク内の液位が所定の閾値を下回ったときに輸送できる。好ましくは、貯蔵設備 4 内の液位は、液化装置 3 側の供給を介して（液化装置 3 からの流量及び / 又は貯蔵設備 4 に供給される液体の流量を調整する弁）自動的に制御される。

30

【 0 0 2 6 】

施設はさらに、液体水素貯蔵設備 4 に接続された端と、充填される 1 つ又は複数のタンク 8、特に配送トラックに取り付けられたタンク等の移動タンクに接続される予定の端を含む、液体取出用の管 1 0 を含む。

【 0 0 2 7 】

これらのトラックは特に、固定タンク、特に水素を自動車に供給するためのステーションへの補給を行うことができる。

【 0 0 2 8 】

1 つの顕著な特徴によれば、液化装置 3 は、水素を生成し、貯蔵圧力での水素の沸点より低い温度で水素を貯蔵設備 4 に供給するために構成される。

40

【 0 0 2 9 】

貯蔵圧力は例えば、1 . 0 5 パール ~ 5 パール、特に 2 . 5 パールである。

【 0 0 3 0 】

例えば、液化装置 3 により生成され、貯蔵設備 4 に輸送される液体水素の温度は、貯蔵圧力での水素の沸点に関して 0 . 1 ~ 1 2 K 低く、特に 1 . 0 5 ~ 1 1 パールの貯蔵圧力の場合に 1 6 K ~ 2 3 K の温度にて、特に 2 . 5 パールの貯蔵温度の場合に 2 0 . 4 ~ 2 1 K の温度にてである。

【 0 0 3 1 】

すなわち、液化装置 3 は、先行技術の構成に関して、すなわち貯蔵設備 4 の圧力での水素の沸点より低い温度までサブクールされる液体を生成する。

50

## 【 0 0 3 2 】

沸点とは、沸騰（気化）から最初の気泡（気化）出現する温度（ある圧力下）を指す。

## 【 0 0 3 3 】

好ましくは、液化装置 3 は、サブクールされた熱力学状態の液体水素を直接供給する。例えば、液化装置 3 の出口で、水素は、任意選択により貯蔵設備まで続く回路中の加熱を考慮に入れたサブクーリング状態を有する。

## 【 0 0 3 4 】

好ましくは、水素の液相及び気相は貯蔵設備 4 の中で熱力学平衡状態にない。すなわち、貯蔵設備 4 の水素の気相及び液相は、異なるそれぞれの温度を有する。特に、水素は安定した圧力（貯蔵圧力）に保持できるものの、水素、特に気体水素の温度は下部における低温の液相と上部におけるより高温の気体部との間で層状となり得る。

10

## 【 0 0 3 5 】

この状態（気体部と液体部との間で異なる温度）では、気体部の大部分が 4 0 K の温度となり得る。

## 【 0 0 3 6 】

実際、水素の臨界点は 3 3 K で 1 2 . 8 パールである。それゆえ、ガス圧を 4 0 K の等温で高めることによってガスを濃縮することは不可能である。

## 【 0 0 3 7 】

すると、第一の方式では、貯蔵設備 4 の底から低温の液体を追加することによって、ガスヘッドスペースを凝縮させずに貯蔵設備 4 を加圧できるという結論を容易に出すことができる。

20

## 【 0 0 3 8 】

それゆえ、比較的「高温の」ガスヘッドスペース（例えば、4 0 K 以上の温度）と、その沸点に対応する温度以下の液体部を含む準安定の（又は不安定の）熱力学系を得ることができる。これは特に、温度が層状のガスヘッドスペースに関連付けられるサブクール液体の場合に当てはまる。

## 【 0 0 3 9 】

貯蔵設備 4 は好ましくは球形とすることができる。

## 【 0 0 4 0 】

さらに、好ましくは、この貯蔵設備 4 は、熱入力の大部分がその上部で行われるように構成される。図 4 及び 5 に概略的に示されているように、貯蔵設備 4 は主に貯蔵設備 4 の上部に接続された構造的保持要素 1 5（タイロッド、アーム、その他）によって懸下又は支持できる。それゆえ、主としてこれらの構造的要素を通る熱入力はそのようにして、主として貯蔵設備 4 の上部を加熱する。タイロッド又は支持要素は、真空壁間空間内に位置付けることができ、流体を収容する内部シェルの上部に接続できる。

30

## 【 0 0 4 1 】

この構成によって、気相をさらに（温度の面で）層状にすることができる。

## 【 0 0 4 2 】

それゆえ、貯蔵設備 4 は、液体部から、特に貯蔵設備 4 の底から出現する充填管 1 2 を介して充填できる。例えば、この管 1 2 は、貯蔵設備 4 の内壁間の真空断熱空間を通ることができる（図 2 参照）。

40

## 【 0 0 4 3 】

輸送 / 充填は、弁 1 6（例えば、パイロット弁）を介して制御できる。

## 【 0 0 4 4 】

貯蔵設備 4 中の圧力は、例えばガスヘッドスペースの圧力を制御することによって制御できる。例えば、圧力を上げることができる（ガスヘッドスペース内により高温の水素を注入するための従来の装置であるが、簡潔にするために図示されていない）。すなわち、圧力上昇装置は、貯蔵設備から液体を取出し、それを再加熱して、貯蔵設備 4 の上部に再注入することができる。

## 【 0 0 4 5 】

50

貯蔵設備 4 中の圧力を下げるために、1 つの解決策は、液化装置 3 から出る液体水素を気体部中に噴霧することによって注入することであり得る。これは、例えば弁 17 の設けられた適当な管 14 を介して行うことができる。貯蔵設備 4 中の圧力を低下させるためには、ガスヘッドスペース内に収容される気体水素の一部を空気中に放出することも可能である（例えば、図示されていない、弁の設けられた管 18）。

【0046】

それゆえ、貯蔵設備 4 中のこの液体は、気化する前に「予備エネルギー」又は「予備冷却カロリー」を有する。

【0047】

液化装置 3 は例えば、その作動流体がヘリウムを含む、又はヘリウムからなる液化装置とすることができる。例えば、液化装置 3 は、本出願人が販売する“Turbo-Brayton”冷却システムを含むことができ、これは特に 15 K から 200 K への冷却及び液化を提供できる。

10

【0048】

もちろん、他の何れの液化策も想定できる。それゆえ、例えば、真空膨張弁を含む水素作動流体サイクルを用いるか、又は液体タービン若しくは追加のヘリウムサイクル型の、液化後に水素をサブクーリングするためのシステムを用いるその他の構成も可能である。

【0049】

この構成により、充填されたタンク 8 から出たより高温の水素を回収し、凝縮させることが可能で、図 1 に関して説明したシステムを必要としない。

20

【0050】

この構成によれば、タンク 8 内の、より高温の水素を、このタンク 8 内にもともとある水素の質量を保持しながら濃縮することも可能となる。

【0051】

そのために、施設は、タンク 8 に接続される予定の端と、この気化ガスをその液化を鑑みて貯蔵設備 4 に輸送するために貯蔵設備 4 に接続される予定の端を含む、気化ガスを回収するための管 11（好ましくは、弁 21 が設けられている、図 3 参照）を含むことができる。

【0052】

タンク 8 はすると、4 種類の異なる方法で充填できる。

30

【0053】

第一の可能性によれば、充填は熱サイフォン効果によって行われる。高温点（タンク 8）は低温点（貯蔵設備 4）より低く、すると、液体水素の自然対流が自然に確立され、引出管 10 を介して貯蔵設備 8 に水圧式に接続されるタンク 8 を満たす。

【0054】

この構成では、回収管 11 を介して貯蔵設備 8 に戻る高温の二相混合物は貯蔵設備 8 の液体部で再凝縮される（サブクール水素）。このシステムのプライミングのために、より低圧の小型の中間貯蔵設備を任意選択により使用できる。

【0055】

第二の考え得る構成によれば、タンク 8 の充填は、ポンプ 19 又は他の何れかの同等の部材を介して強制できる。ポンプ 19 は例えば、引出管 10 の中に配置される。この場合、液体水素はタンク 8 の中に注入され、気化した液体が回収管 11 を介して貯蔵設備 4 に戻る。前述のように、回収された高温の流体は、貯蔵設備 4 の中に収容されているサブクール水素と接触すると凝縮する。

40

【0056】

この高温の流体は、凝縮装置（任意選択による）を介して液相中で、又は液体中への気泡発生によって直接冷却できる。

【0057】

この矯正循環構成により、タンク 8 の充填時間を短縮することが可能となる。

【0058】

50

第三の可能性によれば、施設は、液化装置 3 の出口に接続された端とタンク 8 に直接接続される予定の端（貯蔵設備 4 を通らない）を有する管 1 3 を含むことができ、図 3 を参照されたい。管 1 3 には、液体水素を液化装置 3 からタンク 8 へと輸送するために弁 2 0（好ましくはパイロット弁）を備えることができる。前述のように、回収管 1 1 により回収された高温流体は、貯蔵設備 4 へと、そこで冷却 / 凝縮されるために戻される。この構成により、有利な点として、ポンプを用いずに、サブクール水素をタンク 8 にタンク 4 の最大動作圧力より高い圧力で充填することが可能となる。

【 0 0 5 9 】

第四の可能性によれば、施設は、液化装置 3 の出口に接続された端と、充填されるタンク 8 に直接接続される予定の端（貯蔵設備 4 を通らない）を有する管 1 3 を含むことができ、図 3 を参照されたい。管 1 3 には、液体水素を液化装置 3 からタンク 8 へと輸送するために弁 2 0（好ましくはパイロット弁）を備えることができる。タンク 8 内にある高温の流体は、タンク 8 内の圧力が、液化装置 3 から出たサブクール液体水素により高温の蒸気が凝縮することによって十分に（所定の圧力レベルまで）下がるまで、貯蔵設備 4 に戻るための管 1 1 の弁 2 1 を閉じることによってタンク 8 内に保持される。前述のように、高温の流体はその後、回収管 1 1 によって回収し、その後、貯蔵設備 4 に、そこで冷却する / 凝結させるために戻すことができる。

【 0 0 6 0 】

回収管 1 1 の弁 2 1 により、それゆえ、貯蔵設備 8 中の水素の圧力と質量を、直接再液化によって保つことが可能となる。

【 0 0 6 1 】

貯蔵設備 4 及び 8 のための圧力及び充填条件が解決策について最適化される場合、様々な可能性を同じ施設について使用でき、このようにして施設全体の液収率が高まる。

【 0 0 6 2 】

タンク 8 の充填に関連する蒸発損失はすると、貯蔵設備 4 に収容されている水素のサブクーリング（第一及び第二の解決策）によって、又は液化装置 3 から直接出たサブクール水素によって、少なくとも部分的に補償される。

【 0 0 6 3 】

これらの解決策によれば、それゆえ、気化ガスの再循環のためのシステムに投資する必要がなく、移動タンク 8 は、有利な点として、事前減圧又は事前冷却せずに施設 1 に戻ることができる。

【 0 0 6 4 】

この解決策では、必要な投資が比較的安く済み、施設の液化のためのエネルギー消費量がわずかに増大するだけである。

【 0 0 6 5 】

エネルギーの価格又は水素の値段によっては、上述のシステムにより、液化コストに関する全体的な削減さえ可能となり得る。

【 0 0 6 6 】

本発明により、必要に応じて、水素需要が公称容量より低いときには液体のサブクーリングを増大することを可能にできる。これは、サブクール水素を生成するための容量が、サブクーリングの程度と共に減少するからである。これによって有利な点として、貯蔵設備 4 に収容されている液体のサブクーリングの程度を調節することを可能にできる。

【 0 0 6 7 】

それゆえ、単純且つ安価な構造でありながら、本発明は、配送トラック又はその他の移動タンク 8 への極低温液体の輸送中の気化によるガス損失を減少させることができる。

【 0 0 6 8 】

この解決策は、必要に応じて、液体を冷却し、充填されるタンク 8 を冷却するためのシステムを追加することにより、既存の液化装置に対するサブクール水素の利点のほとんどを提供できる。既存のユニットの正味液化容量もまた、回収すべき水素蒸気の減少の結果として増大できる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 9 】

本発明は、必要に応じて水素以外のガスにも応用できる。

## 【 0 0 7 0 】

例えば、以下の項では、図 1 に対応する先行技術と本発明との間で動作データを比較する。

## 【 0 0 7 1 】

図 1 の構成において、供給源から出た気体水素は室温であり、1.1 ~ 30 パール（絶対圧力）の圧力と 1 ~ 100 t / 日の流量を有することができる。液化装置 3 により供給される液体水素の圧力は 1.05 ~ 12.8 パール、温度は 20.4 ~ 33 K とすることができる。タンク 8 に輸送される液体水素の圧力は 1.05 ~ 12 パール、温度は 20.4 ~ 33 K とすることができる。充填すべき高温のタンク 8 からのフラッシュ（気化）ガスの圧力は 1.3 ~ 5 パール（絶対圧力）、温度は 30 ~ 150 K とすることができる。このフラッシュガスは室温まで再加熱され、その後、例えば 30 パールの圧力まで再圧縮することができる。

10

## 【 0 0 7 2 】

他方で、本発明（図 2 又は 3）の構成において、供給源 2 から出た気体水素は室温であり、1.1 ~ 30 パール（絶対圧力）の圧力と 1 ~ 100 t / 日、ただし第一の構成の流量より低い流量を有することができる。液化装置 3 により供給される液体水素の圧力は 1.1 ~ 12 パール、温度は飽和温度 ~ 16 K とすることができる。タンク 8 に輸送される液体水素の圧力は 1.1 ~ 12 パール（輸送が熱サイフォンによるか、ポンプを介するかによって異なる）、温度は 20.4 K とすることができる。充填すべき高温のタンク 8 からのフラッシュ（気化）ガスの圧力は 1.2 ~ 12 パール（絶対圧力）、温度は 30 ~ 150 K とすることができる。液化ガスは、2.5 ~ 5 パール（絶対圧力）の圧力条件及び 30 ~ 50 K の温度でタンク 8 に戻すことができる。これらの数字は、生産 5 日間の耐久性を有し、蒸発損失が 1 日にその容積の 0.2 % である貯蔵設備に関する例として示されている。

20

## 【 0 0 7 3 】

サブクール液体はタンク 8 へと、その気相中に輸送できる。例えば、1 つ又は複数のノズルをこの目的のために提供できる。この、又はこれらのノズルは好ましくは、タンクの上（理論的に最も高温の領域）に向けられる。これによって、タンク 8 の減圧効率を改善できる。

30

## 【 0 0 7 4 】

液化装置 3 は好ましくは、液体（例えば水素）を加圧して供給するように構成される。それゆえ、自然の油圧経路を提供でき、それによって液化装置と下流端との間の回路上の損失水頭に対抗するための特定の低温装置を取り付けることが回避される。それゆえ、これによって、施設を複雑にするような（低出力、それゆえ、無視できない熱入力、必要な保守、アイシングの可能性、その他）コンプレッサ又は極低温ポンプを不要とすることができる。

以下に、出願当初の特許請求の範囲に記載の事項を、そのまま、付記しておく。

[ 1 ] 所定の貯蔵圧力の液体水素用貯蔵部（ 4 ）と、水素ガスの供給源（ 2 ）と、前記供給源（ 2 ）に接続された入口と前記液体水素貯蔵設備（ 4 ）に接続された出口を含む液化装置（ 3 ）と、を含み、前記貯蔵設備（ 4 ）は、前記液体水素貯蔵設備（ 4 ）に接続された 1 つの端と少なくとも 1 つの移動タンク（ 8 ）に接続される予定の 1 つの端を含む液体取出管（ 10 ）を含む施設（ 1 ）を使って液化水素を貯蔵し、分配するための方法であって、前記供給源（ 2 ）により供給される水素ガスを液化するステージと、前記液化水素を前記貯蔵設備（ 4 ）に輸送するステージと、を含む方法において、前記液化装置（ 3 ）により液化され、前記貯蔵設備（ 4 ）に輸送される前記水素の温度は前記貯蔵圧力での水素の沸点より低いことと、前記液化装置（ 3 ）により生成された液体水素を前記液体の圧力における飽和温度と前記水素の凝固温度より高い温度との間の温度、特に 2.5 パールの貯蔵圧力の場合に 15 K ~ 23.7 K の温度で前記タンク（ 8 ）に直接輸送するステー

40

50

ジを含むことを特徴とする方法。

[ 2 ] 移動タンク ( 8 ) から出た水素を回収するステージを含み、前記回収された水素は、前記貯蔵圧力での水素の泡より高い温度を有し、特に気化した気体水素であり、前記回収ステージは前記回収された水素の前記貯蔵設備 ( 4 ) への輸送を含むことを特徴とする、[ 1 ] に記載の方法。

[ 3 ] 前記回収ステージ中、前記回収された水素は前記貯蔵設備 ( 4 ) の液体部に輸送されることを特徴とする、[ 2 ] に記載の方法。

[ 4 ] 前記貯蔵圧力は 1 . 0 5 パール ~ 5 パール、特に 2 . 5 パールであることを特徴とする、[ 2 ] 及び [ 3 ] の何れか 1 項に記載の方法。

[ 5 ] 前記液化装置 ( 3 ) により生成され、前記貯蔵設備 ( 4 ) に輸送された前記液体水素の温度は、前記液体の圧力での飽和温度と 1 . 1 パール ( 絶対圧力 ) の圧力での飽和温度との間、特に 2 . 5 パールの貯蔵圧力の場合に 2 0 . 4 ~ 2 3 . 7 K の温度であることを特徴とする、[ 1 ] ~ [ 4 ] の何れか 1 項に記載の方法。

10

[ 6 ] 前記液化装置 ( 3 ) により生成され、前記貯蔵設備 ( 4 ) に輸送された前記液体水素の温度は、前記液体の圧力での飽和温度と前記水素の凝固温度よりわずかに高い温度との間の温度、特に 2 . 5 パールの貯蔵圧力の場合に 1 5 K ~ 2 3 . 7 K の温度であることを特徴とする、[ 1 ] ~ [ 5 ] の何れか 1 項に記載の方法。

[ 7 ] 前記液化水素を前記貯蔵設備 ( 4 ) に輸送する前記ステージは、前記貯蔵設備内の液位が所定の閾値を下回ったらずに行われることを特徴とする、[ 1 ] ~ [ 6 ] の何れか 1 項に記載の方法。

20

[ 8 ] 所定の貯蔵圧力の液体水素用貯蔵設備 ( 4 ) と、少なくとも 1 つの移動タンク ( 8 ) と、気体水素の供給源 ( 2 ) と、前記供給源 ( 2 ) に接続された入口と前記液体水素貯蔵設備 ( 4 ) に接続された出口を含む液化装置 ( 3 ) と、を含み、前記貯蔵設備は気体の形態の水素を取り囲む上部と液相の水素を取り囲む下部、前記貯蔵設備 ( 4 ) は、前記液体水素貯蔵設備 ( 4 ) に接続された端と、前記移動タンク ( 8 ) に接続される予定の端を含む液体取出管 ( 1 0 ) を含む、液化水素を貯蔵し、分配するための施設において、前記液化装置 ( 3 ) は、水素を生成し、前記貯蔵圧力での水素の沸点より低い温度で水素を前記貯蔵設備 ( 4 ) に供給するために構成されることと、そのうちで施設が、前記タンク ( 8 ) に接続される予定の端と、その気化ガスをその液化を目的として前記貯蔵設備 ( 4 ) に輸送するために前記貯蔵設備 ( 4 ) に接続される予定の端を含む気化ガス回収管 ( 1 1 ) と、前記液化装置 ( 3 ) の前記出口に接続された端と前記タンク ( 8 ) に直接接続される予定の端を有する管 ( 1 3 ) を含むことを特徴とする施設。

30

[ 9 ] 前記液化装置 ( 3 ) は、水素を生成し、前記貯蔵圧力での水素の沸点に関して 0 . 1 ~ 1 2 K 低い温度で水素を前記貯蔵設備 ( 4 ) に供給するために構成されることを特徴とする、[ 8 ] に記載の施設。

[ 1 0 ] 前記液化装置 ( 3 ) は、水素を生成し、1 . 0 5 ~ 1 2 パールの前記貯蔵圧力の場合に 2 0 . 4 K ~ 3 3 K の温度で水素を前記貯蔵設備 ( 4 ) に供給するため、及び / 又は水素を生成し、1 0 . 5 ~ 5 パールの前記貯蔵圧力の場合に 1 5 K ~ 2 7 . 1 K の温度で水素を前記貯蔵設備 ( 4 ) に供給するために構成されることを特徴とする、[ 8 ] 又は [ 9 ] に記載の施設。

40

[ 1 1 ] 前記気化ガス回収管 ( 1 1 ) は、前記タンク ( 8 ) を前記貯蔵設備 ( 4 ) から断熱することを可能にする弁 ( 2 1 ) を含むことを特徴とする、[ 9 ] 及び [ 1 0 ] に記載の施設。

[ 1 2 ] 前記液化装置 ( 3 ) は、水素を生成し、直接再液化を介して前記タンク ( 8 ) 内の水素の圧力と質量を保持しながら、1 5 K ~ 2 7 . 1 K の温度で前記タンク ( 8 ) に水素を供給するために構成されることを特徴とする、[ 1 1 ] に記載の施設。

[ 1 3 ] 前記貯蔵設備 ( 4 ) は水素気相と水素液相を含むことを特徴とする、[ 8 ] ~ [ 1 2 ] の何れか 1 項に記載の施設。

[ 1 4 ] 前記貯蔵設備 ( 4 ) の前記水素気相及び液相はそれぞれ異なる温度を有し、すなわち、前記気相及び液相は前記貯蔵設備内で熱力学平衡状態に保持されないことを特徴

50

とする、[ 1 3 ]に記載の施設。

[ 1 5 ] 前記液化装置 ( 3 ) の前記出口は、前記貯蔵設備 ( 4 ) の前記液相中に出現する管 ( 1 2 ) を介して前記液体水素貯蔵設備 ( 4 ) に接続されることを特徴とする、[ 8 ] ~ [ 1 4 ] の何れか 1 項に記載の施設。

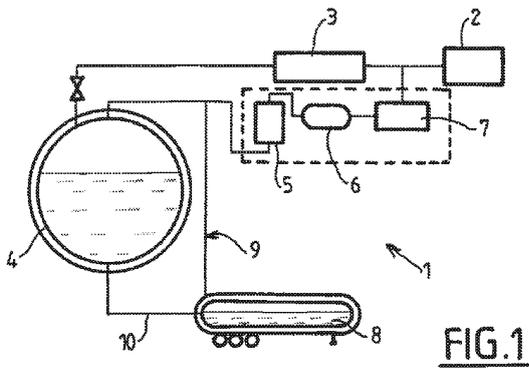
[ 1 6 ] 前記貯蔵設備 ( 4 ) は、熱入力をそのうちの前記気相を取り囲む部分、特に前記貯蔵設備 ( 4 ) の前記上部に集中させるために構成されることを特徴とする、[ 8 ] ~ [ 1 6 ] の何れか 1 項に記載の施設。

[ 1 7 ] 前記貯蔵設備 ( 4 ) は、前記貯蔵設備 ( 4 ) の主に前記上部に接続された構造的保持要素 ( 1 5 ) により懸下又は支持されることを特徴とする、[ 8 ] ~ [ 1 6 ] の何れか 1 項に記載の施設。

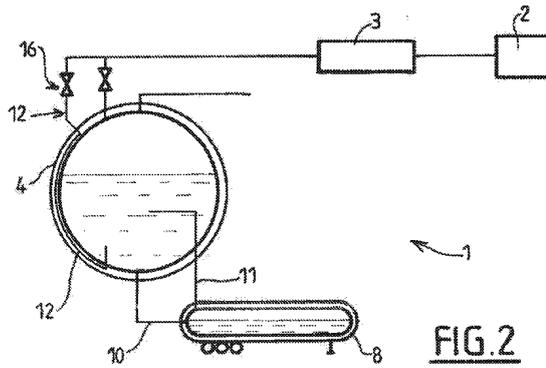
10

【 図 面 】

【 図 1 】

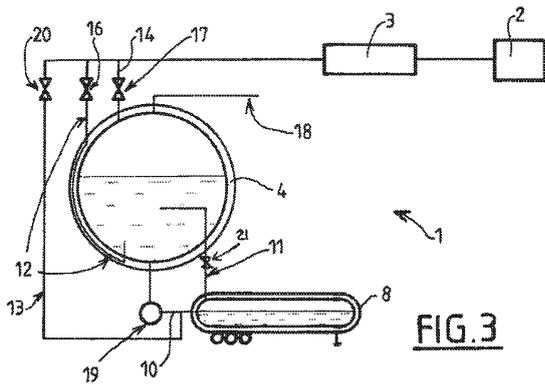


【 図 2 】

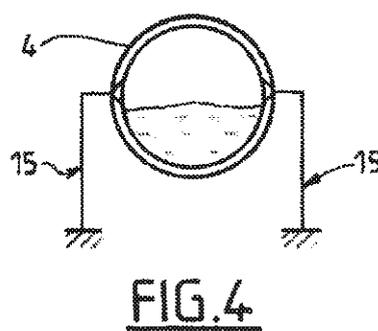


20

【 図 3 】



【 図 4 】



30

40

50

【 図 5 】

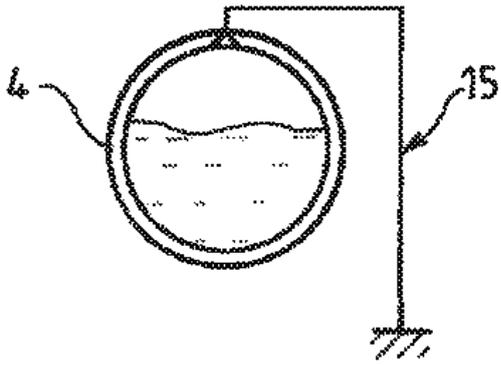


FIG.5

10

20

30

40

50

## フロントページの続き

- (74)代理人 100199565  
弁理士 飯野 茂
- (74)代理人 100153051  
弁理士 河野 直樹
- (74)代理人 100162570  
弁理士 金子 早苗
- (72)発明者 ラグッテ、フランソワ  
フランス共和国 サン - テグレーヴ 3 8 1 2 0 , ルエドヴィサンクール 1 8
- (72)発明者 アリディエール、ローラン  
フランス共和国 サン - マルタン - デュリアージュ 3 8 4 1 0 , ルトデザンシュ , 9 4
- (72)発明者 ドゥラン、ファビアン  
フランス共和国 ヴォルップ 3 8 3 4 0 , アレドラフォンテーヌオームルス , 8 5
- (72)発明者 バルジョー、ピエール  
フランス共和国 ラトロンシュ 3 8 7 0 0 , ルエボワロー , 8
- (72)発明者 パーンハルト、ジャンマルク  
フランス共和国 ラビュイッス 3 8 5 0 0 , ロティスモン シャンフルリ 3 2
- 審査官 田中 一正
- (56)参考文献 特開 2 0 1 3 - 2 4 2 0 2 1 ( J P , A )  
米国特許出願公開第 2 0 0 9 / 0 3 0 8 0 8 3 ( U S , A 1 )  
米国特許第 0 3 3 8 0 8 0 9 ( U S , A )  
米国特許第 0 3 2 1 0 9 5 3 ( U S , A )  
特開昭 5 8 - 0 3 4 3 9 7 ( J P , A )  
仏国特許出願公開第 0 2 9 6 7 4 8 4 ( F R , A 1 )
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- |         |           |
|---------|-----------|
| F 1 7 C | 1 3 / 0 2 |
| F 1 7 C | 1 3 / 0 0 |
| F 2 5 J | 1 / 0 0   |
| F 2 5 J | 1 / 0 2   |
| C 0 1 B | 3 / 0 0   |