

(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2008-51279

(P2008-51279A)

(43) 公開日 平成20年3月6日(2008.3.6)

(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
F 1 7 C 3/08 (2006.01)	F 1 7 C 3/08	
F 1 7 C 9/04 (2006.01)	F 1 7 C 9/04	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2006-229965 (P2006-229965)  
 (22) 出願日 平成18年8月28日 (2006. 8. 28)

(71) 出願人 504151365  
 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構  
 茨城県つくば市大穂1番地1  
 (71) 出願人 391024065  
 太陽日酸東関東株式会社  
 茨城県日立市国分町3丁目1番17号  
 (74) 代理人 100074631  
 弁理士 高田 幸彦  
 (72) 発明者 細山 謙二  
 茨城県つくば市大穂1-1  
 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液体水素貯蔵容器およびこの液体水素貯蔵容器からの液体水素の取り出し方法

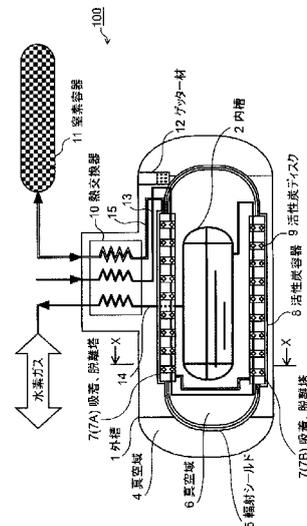
(57) 【要約】

【課題】 残留水素ガスの影響を小さくして熱伝導と対流による熱侵入の影響を少なくし、輻射の影響に対して効果的に対策を行い、ボイルオフによる水素損失を大幅に低減することのできる液体水素貯蔵容器を提供する。

【解決手段】 内槽と外槽との間にあって内槽を包囲し、内部が真空とされた輻射シールドを、該輻射シールドに接続され、内部に窒素ガスを充填した窒素ガス容器および該窒素ガス容器の内部に配設され、内槽に貯蔵された液体水素を外に取り出すとき、該液体水素によって冷却されて充填した窒素ガスの一部を吸着し、前記輻射シールドを介して伝達された熱によって前記吸着した窒素ガスを脱離する窒素ガス吸着・脱離手段を備えた吸着・脱離手段を備えた吸着・脱離塔とを有する。

【選択図】 図2

図 2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

液体水素を貯蔵する内槽と、該内槽を包んで、内部が真空とされた外槽とからなる液体水素貯蔵容器において、

前記内槽と前記外槽との間であって前記内槽を包囲し、内部が真空とされた輻射シールドを、該輻射シールドに接続され、内部に熱吸収ガスを導入するようにした容器および該容器の内部に配設され、前記内槽に貯蔵された液体水素を外部に取り出すとき、または該内槽に液体水を充填するときに該液体水素によって冷却されて充填した熱吸収ガスの一部を吸着し、前記輻射シールドを介して伝達された熱によって前記吸着した熱吸収ガスを脱離する吸着・脱離手段を備えた吸着・脱離塔とを有すること

10

を特徴とする液体水素貯蔵容器。

**【請求項 2】**

請求項 1 において、前記吸着・脱離塔は、筒状に形成された前記輻射シールドの一部にシールド連結継手によって設けられ、かつ前記内槽の周囲外方に真空域に配設されることを特徴とする液体水素貯蔵容器。

**【請求項 3】**

請求項 1 または 3 において、前記熱吸収ガス吸着・脱離手段は、複数の並設された吸着剤ディスクによって構成されることを特徴とする液体水素貯蔵容器。

**【請求項 4】**

請求項 3 において、前記吸着剤ディスクは活性炭ディスクによって構成され、液体水素が外部に取り出されるときに流過する配管上に取り付けられることを特徴とする液体水素貯蔵容器。

20

**【請求項 5】**

請求項 3 において、前記吸着剤ディスクは、中心に穴を開けた薄金属板からなる伝熱フィンと、この伝熱フィンの表面に接着した金属性球と吸着剤により構成され、前記穴に液体水素が外部に取り出されるときに流過する配管が通されることを特徴とする液体水素貯蔵容器。

**【請求項 6】**

液体水素を貯蔵する内槽と、該内槽を包んで、内部が真空とされた外槽とからなる液体水素貯蔵容器において、

30

前記内槽と前記外槽との間であって前記内槽を包囲し、内部が真空とされた輻射シールドを、輻射シールドに接続され、内部に熱吸収ガスを導入するようにした容器および該容器の内部に配設され、前記内槽に貯蔵された液体水素を液体水素ラインを介して外部に取り出すときに該液体水素によって冷却されて充填した熱吸収ガスの一部を吸着し、前記輻射シールドを介して伝達された熱によって前記吸着した熱吸収ガスを脱離する吸着・脱離手段を備えた吸着・脱離塔とを有する液体水素貯蔵容器に液体水素を貯蔵し、外部に取り出すようにした液体水素貯蔵容器からの液体水素取り出し方法において、

前記吸着・脱離塔で前記液体水素ラインを流過する液体水素の一部を蒸発させることを特徴とする液体水素貯蔵容器からの液体水素の取り出し方法。

**【請求項 7】**

40

請求項 6 において、前記液体水素貯蔵容器に付属させた窒素ガス容器からの熱吸収ガスとしての窒素ガスと前記吸着・脱離塔からの液体水素との熱交換を行うことを特徴とする液体水素貯蔵容器からの液体水素の取り出し方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、液体水素貯蔵容器、特に水素燃料自動車用の液体水素貯蔵容器および燃料に使用するための液体水素貯蔵容器からの液体水素の取り出し方法に関する。

**【背景技術】****【0002】**

50

現在、環境・エネルギーの問題から水素燃料の自動車の開発が進められている。水素自動車は、燃料電池により発電し電気により走行する自動車と、水素自身をエンジンにて燃焼させ走行するタイプの二通りが現在開発されている。しかし共に燃料は、水素ガスであり燃料タンクに圧縮水素ガス又は、液体水素ガスを充填した燃料タンクを積載する。いずれの方式を採用する場合にも解決の必要な問題がある。以下に、両方式の現状考えられる問題を記載する。

【 0 0 0 3 】

水素ガスを圧縮して積載する場合の問題点は、充填圧力が超高压となることである。燃料の必要貯蔵量は、自動車の総走行距離 5 0 0 k m を達成する量の貯蔵が必要とされている。この時、圧縮水素ガスを燃料とする場合自動車の構造寸法からおよそ水容積 3 5 ~ 6 0 リットルの燃料タンクに規制される。

10

【 0 0 0 4 】

この場合には、水素ガスの充填圧力は 7 0 M p a ( G ) という超高压の圧力で燃料タンクに充填を行う事が要求される。水素を充填された容器は、自動車の振動に曝されても漏れの出ない設備の構築が必要であるが、水素は、分子が非常に小さく超高压下での十分な漏れ対策は非常に難しい。

【 0 0 0 5 】

液体水素を燃料とする場合の問題点は、燃料タンクへの熱侵入で自然蒸発 ( ボイルオフ ) するガス量である。ボイルオフしたガスは、燃料としての消費がない場合には液体水素容器内圧力上昇防止の観点から、大気に放出することになる。液体水素のボイルオフを軽減するには、外部からの侵入熱をできるだけ抑えなければならない。

20

【 0 0 0 6 】

特許文献 1 には、ボイルオフ水素を効率よくトラップする装置が記載されている。

【 0 0 0 7 】

特許文献 2 には、外筒内に液体水素容器を保持し、該容器をとり囲むように輻射シールド板を設け、該シールド板に沿わせて蒸発水素ガス管路を配設した液体水素貯蔵タンクにおいて、蒸発水素ガス管路に、パラ水素をオルソ水素に変換するパラ・オルソ水素変換剤を収納し、水素ガスの流通可能な構造を有するパラ・オルソ水素変換器を挿設したことを特徴とする液体水素貯蔵タンクが記載されている。

30

【 0 0 0 8 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 2 - 2 1 3 6 9 7 号公報

【特許文献 2】特公昭 6 1 - 4 7 3 6 0 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 9 】

各国のメーカーで水素自動車の研究・開発が行われているが、現在のところ水素自動車の水素燃料貯蔵方法として、圧縮水素ガスを用いる方式が主流となっている。しかし、超高压となる燃料タンク ( 7 0 M p a ) の漏洩対策や、水素ガスの浸透作用、機械強度、事故時の安全対策など様々な技術的解決が困難な問題に直面している。

40

【 0 0 1 0 】

これに対し、液体水素方式は大気圧に近い圧力で液化水素を貯蔵することが可能な為、強度や漏洩の問題も少なく、はるかに安全性が高いと言える。また液体水素は、圧縮ガスよりも水素の貯蔵密度が高くなり、水素燃料タンクをコンパクトにすることも可能となる。

【 0 0 1 1 】

高性能な断熱真空技術の確率によりボイルオフによる水素損失の大幅な低減ができれば、今後、水素自動車の水素貯蔵方法は液体水素方式に推移していくことも考えられる。

【 0 0 1 2 】

液体水素貯蔵容器を採用する場合、液化水素の沸点が - 2 5 3 と低く蒸発損失を最小に抑え、長時間貯蔵する為には優れた断熱性能が必要となる。

50

## 【0013】

従来から、極低温液化ガス容器には真空断熱が用いられている。この方式では、外槽内の断熱層を真空にして熱伝導と対流を防ぐと同時に、多層のアルミ蒸着した薄いプラスチックフィルム（積層断熱材）を内槽の外側表面に巻き、輻射による外部からの熱侵入を防止することを行っている。この多層真空断熱方式によって、内槽内に充填される液体水素の蒸発量を少なくしようとしている。そして、侵入熱等により自然蒸発する内槽内の水素ガスは、運転時に液体水素と共に供給するようにしている。

## 【0014】

## 液体水素容器の問題点

従来から用いられている多層真空断熱方式では、その優れた断熱特性を維持するためには断熱フィルムの輻射係数を小さくすることはもちろんのこと、断熱真空槽の真空度を $10^{-4}$  Torr以下に保つ必要がある。通常、水分、窒素、酸素、炭酸ガス等の残留ガスは液体水素温度で凝縮して低温槽の金属表面に吸着され排除される、いわゆるクライオポンプ効果により除去される。

## 【0015】

しかしながら、水素ガス自身は貯蔵水素温度では凝縮できず、残留して真空度を悪化させ、対流による熱侵入に大きく寄与することになる。

## 【0016】

液体ヘリウム貯槽の場合には、液体ヘリウム温度でのクライオポンプ効果によって、容器表面に水素ガスの吸着が可能で、容易に $10^{-6}$  Torrに到達でき、残留ガスによる熱侵入を小さくすることができる。これによりその蒸発量は1%/日以下と非常に小さい。

## 【0017】

しかし液体水素貯槽の場合、貯蔵液体水素温度で真空槽のより沸点が低い残留水素はこのクライオポンプ効果で取り除く事ができない為、高真空を維持する事が出来ず熱侵入が大きくなり、断熱性能は低下することになる。（水素貯蔵圧力に対し、真空槽の圧力は当然低いため真空層内の水素ガスを凝縮させることが出来ない。）

以上の状況から、液体水素貯蔵容器は残留水素ガスの影響により、液体ヘリウム容器に比べて、熱伝導と対流による熱侵入が大きくなり、液体水素自動車用液体水素容器開発の障害となっている。

## 【0018】

本発明は、かかる点に鑑みて残留水素ガスの影響を小さくして熱伝導と対流による熱侵入の影響を少なくし、輻射の影響に対して効果的に対策を行い、ボイルオフによる水素損失を大幅に低減することのできる液体水素貯蔵容器およびこの液体水素貯蔵容器がこの液体水素の取り出し方法を提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0019】

本発明は、従来の断熱方法により入熱を押さえた構造にすることに加え、入熱を真空断熱層に設置する吸着塔内の吸着剤への吸着ガスの脱着で吸収する方式の液体水素貯蔵容器を提案するものである。貯蔵された液体水素の自然蒸発量を抑制するため本来、ガスの充填・利用の際に大気へ放出される液体水素の寒冷で、例えば活性炭を冷却し、その冷熱で熱吸収ガスを活性炭表面に吸着させ、定常状態に侵入してくる入熱をシールド板を介して吸熱塔に伝熱する。この伝熱により吸着塔内の活性炭が加温されると、活性炭に吸着したガスが脱離することにより熱が吸収され、液体水素容器本体への侵入熱をブロックする。この方式採用により、本発明は通常侵入熱の大きい液体水素容器を液体ヘリウム容器並みの熱侵入水準まで軽減することが可能な高性能水素自動車に採用可能な液体水素用容器を提供する。吸着剤は活性炭以外であってもよい。

## 【0020】

本発明は、具体的には、液体水素を貯蔵する内槽と、該内槽を包んで、内部が真空とされた外槽とからなる液体水素貯蔵容器において、

前記内槽と前記外槽との間にあって前記内槽を包囲し、内部が真空とされた輻射シール

10

20

30

40

50

ドを、該輻射シールドに接続され、内部に窒素ガスを導入するようにした容器および該容器の内部に配設され、前記内槽に貯蔵された液体水素を外部に取り出すとき、または該内槽に液体水を充填するときに該液体水素によって冷却されて充填した窒素ガスの一部を吸着し、前記輻射シールドを介して伝達された熱によって前記吸着した窒素ガスを脱離する吸着・脱離手段を備えた吸着・脱離塔とを有すること

を特徴とする液体水素貯蔵容器を提供する。

【0021】

上述の液体水素貯蔵容器は、前記吸着・脱離塔は、筒状に形成された前記輻射シールドの一部にシールド連結継手によって設けられ、かつ前記内槽の周囲外方の空間である真空域に置いて配設されることを特徴とする。

10

【0022】

また、上述の液体水素貯蔵容器は、前記吸着・脱離手段は、複数の並設された吸着剤ディスクによって構成されることを特徴とする。

【0023】

また、上述の液体水素貯蔵容器は、前記吸着剤ディスクは活性炭ディスクによって構成され、液体水素が外部に取り出されるときに流過する配管上に取り付けられることを特徴とする。

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、残留水素ガスの影響を小さくして熱伝導と対流による熱侵入の影響を少なくし、輻射の影響に対して効果的に対策を行い、ボイルオフによる水素損失を大幅に低減することのできる液体水素貯蔵容器およびこの液体水素貯蔵容器からの液体水素の取り出し方法が提供される。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

本発明の実施例である液体水素貯蔵容器は、液体水素を貯蔵する内槽と、該内槽を包んで内部が真空とされた外槽とからなる液体水素貯蔵容器において、前記内槽と前記外槽との間にあって前記内槽を包囲し、内部が真空とされた輻射シールドを、該輻射シールドに接続され、内部に窒素ガスを導入するようにし、充填したガス容器および該ガス容器の内部に配設され、前記内槽に貯蔵された液体水素を外部に取り出すときに該液体水素によって冷却されて充填した窒素ガスの一部を吸着し、前記輻射シールドを介して伝達された熱によって前記吸着した窒素ガスを脱離する吸着・脱離手段を備えた吸着・脱離塔とを有して構成され、更に吸着・脱離手段は、中心に穴を開けた薄金属板からなる伝熱フィンと、この伝熱フィンの表面に接着した金属製球と活性炭ディスクにより構成され、前記穴に液体水素が外部に取り出されるときに流過する配管が通される。

30

【0026】

以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。

【実施例】

【0027】

図1に示すように、侵入熱には熱の移動経路によって、以下に記載する3つの要素（熱伝導、輻射、対流）があり、その断熱対策を考慮しなければならない。

40

【0028】

熱伝導：熱エネルギーが固体又は、流体の粒子を伝わり、温度の高いところから低いところへ伝熱することを熱伝導という。二重容器となる本容器の場合は、まず外気の熱が外槽に伝わり、次に内槽を支持するサポート材、そして内槽壁面に伝熱した後、最終的に内槽内に満たされた液体水素まで到達する。また真空容器（外槽）内に残留ガスが存在すると、外気からガス粒子を伝わって内槽に熱が伝達する。この為、熱伝導を抑制する為には熱伝導の無い材料で且つ伝熱面積の少ない構造のサポート構造を達成することと、真空容器内を高真空に保つ必要がある。液体水素容器の場合、液体ヘリウム容器では得られる水素ガス成分の低温金属表面に凝縮して真空度が向上する効果（いわゆるクライオポンプ効

50

果、4項にて詳述する)が期待できない。この為、クライオポンプ効果で水素ガス成分の凝縮が可能な液体ヘリウム容器に比べて、残留水素ガスが多くなり、対流伝熱も大きくなる。通常、液化ガス容器は残留ガスを吸着するゲッター材を内部に設置することで残留ガスを除去し、熱伝導を抑制するが、液体ヘリウム容器以外の容器ではこの影響が大きいとされている。

#### 【0029】

輻射：あらゆる物質は、電磁波の形で内部エネルギー(熱)を放出し、高温物質と低温物質とで熱エネルギーを交換し合う。この伝熱要素を輻射という。外部からの熱源(太陽光、蛍光灯、外気を含む全ての物質)からは絶えず熱が放射され、低温容器と液体水素それぞれに直接熱を伝える。この為、輻射熱を抑制する対輻射断熱構造としては、一般に輻射熱を軽減する輻射係数(輻射熱の減衰係数で各々の物質により異なる)が高い断熱フィルムなどを内槽表面に巻く方式が採用されている。

10

#### 【0030】

対流：対流は、流体同士が流れる時に保有する熱エネルギーを交換し合う伝熱要素である。真空容器内に残留するガスと脱ガスによる熱伝導の作用で、外気に接する壁に近いほど温度は高くなり、一様な温度分布をしていない。この温度差による密度の違いに起因して、流体同士の流れが生じ、真空槽内の低温ガス領域が高温ガスで温められ、温度上昇の要因となる。液体水素容器の場合、液体ヘリウム容器では得られる水素ガス成分の低温金属表面に凝縮して真空度が向上する効果(いわゆるクライオポンプ効果、4項にて詳述する)が期待できない。この為、クライオポンプ効果で水素ガス成分の凝縮が可能な液体ヘリウム容器に比べて、残留水素ガスが多くなり、対流伝熱も大きくなる。通常、液化ガス容器は残留ガスを吸着するゲッター材を内部に設置することで残留ガスを除去し、熱伝導を抑制するが、液体ヘリウム容器以外の容器ではこの影響が大きいとされている。

20

#### 【0031】

図2は、本発明の実施例の液体水素貯蔵容器の縦断面図であり、図3は図1のX-X断面を示す図である。

#### 【0032】

これらの図において、液体水素貯蔵容器100は、内部が真空とされた外槽1と、この外槽1の内部に配設され、流体水素を貯蔵する内槽2と、外槽1と内槽2との間に配設され、内部が真空とされた輻射シールド5と、この輻射シールド5に接続、取り付けられた2つの吸着・脱離塔7(7A, 7B)と外槽1の内部に設けた熱交換器10およびゲッター材12と、液体水素の外部からの取り入れのための配管である液体水素ライン13および外部への取り出しのための配管である液体水素ライン14と、窒素ガスの導入配管15とを有して構成される。この例では吸着・脱離塔7を2個としているが、1個もしくは3個以上であってもよい。

30

#### 【0033】

4および6は、それぞれ外槽内部の真空域、輻射内部空間の真空域を示す。

#### 【0034】

窒素ガスの導入配管15は窒素( $N_2$ )容器11および吸着、脱離塔7に接続される。窒素ガス以外にも、アルゴンガス、ヘリウムガスなどの不活性ガス、これらの混合ガスの使用が可能であり、これらのガスは本実施例では熱吸収ガスとして使用されるので、熱吸収ガスとして扱う。以下の実施例では典型的な窒素ガスを例にとって説明する。

40

#### 【0035】

液体水素ライン13は外部の液体水素源に接続され、液体水素ライン13で導入される液体水素は、上側に設けた吸着・脱離塔7Aを貫通し、輻射シールド内部の真空域4を通過し、下側に設けた吸着・脱離塔7Bを貫通し、輻射シールド内部の真空域6を通過して内槽2に至り、内槽2に充填される。充填された液体水素は真空域6、真空域4を通り、熱交換器10を通過して液体水素ライン14を介して使用装置に水素ガスとして供給されることになる。液体水素ライン13と液体水素ラインの流れを逆にしてもよい。従って、後述するように液体水素充填時、または使用時に液体水素の有する寒冷が吸着・脱離塔7で

50

使用されることになる。

【 0 0 3 6 】

液体水素容器 1 0 0 は S U S 製密閉容器の外槽 1 内に、液体水素を充填する内槽 2 を含んだ 2 重構造とされ、外槽 1 内は真空槽（真空度 1 0 - 4 T o r r ）であり、内槽 2 の全周を囲む形で輻射シールド 5 を形成している。

【 0 0 3 7 】

輻射シールド 5 は、アルミ製の薄板を円筒状に曲げ加工を施し、これを鉛直方向に 2 分割した板をシールド連結継手 6 の端部に接続して構成される。図 4 にシールド連結継手 6 の詳細を示す。シールド連結継手 6 は、U 字状をなした 2 つのはさみ込み部 2 1 , 2 2 とその間の板部 2 3 からなり、板部 2 3 には凹状の吸着・脱離塔取り込み部 2 4 が形成してある。

10

【 0 0 3 8 】

2 つのはさみ込み部 2 1 , 2 2 は輻射シールド 5 をはさみ込んで固着し、吸着・脱離塔取り込み部 2 4 は凹状部に吸着・脱離塔 7 を取り込んで固着する。

【 0 0 3 9 】

シールド連結継手 6 には活性炭が封入された銅製容器の吸着・脱離塔 7 が 2 台それぞれ接続され、輻射シールド 5 と吸着塔 7 を熱的に接触させる。

【 0 0 4 0 】

液体水素は、取り出し時に寒冷を利用する場合、内槽 2 下部から出された液体水素供給ラインの配管を通り、下段に配置された吸着・脱離塔内と上段に配置された吸着・脱離塔内の活性炭と熱交換をしながら一部が蒸発する。寒冷回収システムでは、液体水素消費量とガス吸着特性の観点から吸着・脱離塔内に配置された活性炭の熱伝導特性が重要となる。

20

【 0 0 4 1 】

熱伝導特性の向上策は多々あるが、その一例として、活性炭の熱伝導特性を向上させたフィン方式の吸着・脱離塔 7 が使用される。図 5 に吸着・脱離塔 7 の詳細を示す。図 5 において、吸着・脱離塔 7 は容器としての銅（C u）製の活性炭容器 8 とこの中に配設される液体水素ラインの配管 3 2 と、この配管 3 2 に等間隔を置いて配設された複数の（図 5 の場合 4 枚）の吸着ディスクとしての活性炭ディスク 9 が設けられる。またこの吸着・脱離塔 7 には窒素ガスの導入配管 3 5 が設けてある。活性炭容器 8 は窒素ガス充填容器としても作用する。吸着材ディスクは、中心に穴 3 6 を開けた薄金属板（例えば（u）からなる伝熱フィン 3 4）と、この伝熱フィン 3 4 の表面に接着した銅球などの金属性球と吸着剤と作用する活性炭により構成され、穴 3 6 に液体水素が、例えば外部に取り出されるときに流過する配管 3 2 が通される。偏心して穴 3 6 を設けてもよいし、吸着材ディスクを分離して設けることもできるが、本例の構造が望ましい。

30

【 0 0 4 2 】

上述したように、吸着・脱離塔 7 は銅製の活性炭容器 8 に、液体水素が通過する配管と吸着用の窒素ガスを供給する配管 3 5 を接続している。

【 0 0 4 3 】

熱伝導特性を向上させる目的で、伝熱フィン表面に半田付けにて伝熱球としての銅球を接着し、また活性炭を接着し、活性炭ディスク 9 を複数段構成している。

40

【 0 0 4 4 】

運転時は液体水素ラインに液体水素が流れ、伝熱フィン 3 4 と銅球を通じて熱交換を行うことで、活性炭を素早く冷却し、窒素ガスを吸着させることができる。

【 0 0 4 5 】

吸着・脱離塔 7 へ侵入熱を積極的に伝える為に、輻射シールド（層）5 は薄いアルミ板で構成され、支持構造材を含むすべての真空槽の構成要素は全金属製としている。併せて長期間の運転で放出された水素ガスはゲッター材（活性炭）1 2 を配置して吸収排除するようにしている。

【 0 0 4 6 】

50

図6にゲッター材12の構造を示す。ゲッター材12はSUSパイプ41に活性炭42を充填したものである。これによって真空域4に脱離して来た脱ガスの吸着を行う。

【0047】

以上のように、液体水素の持つ寒冷を回収、再利用することで侵入熱を軽減する液体水素貯蔵容器100が構成される。外槽1の真空域4に活性炭が充填された吸着・脱離塔7と輻射シールド5を設置し、水素充填あるいは使用時に液体水素の持つ寒冷を用いて伝熱フィン34、吸着剤としての活性炭を冷却する。冷却された活性炭表面には入熱吸収用吸着ガス(例えば本例の場合、窒素ガス)が吸着される。

【0048】

侵入熱は金属シールド板としての輻射シールド5から吸着・脱離塔7に伝えられ、その熱が伝熱フィン34、活性炭に伝わり、吸着したガスを脱離させ、内槽2内に侵入しようとする熱を吸収することになる。この活性炭寒冷回収手段によって内槽2への侵入熱が軽減され、熱侵入し易い大きな液体水素貯蔵容器100の損失を最小限に抑えることができるようになる。

【0049】

以上の実施例によれば、外槽1と内槽2との間にあって内槽2を包囲し、内部が真空とされた輻射シールド5を該輻射シールド5に接続され、内部に窒素ガスを導入するようにしたガス容器(充填剤容器)および該容器の内部に配設され、前記内槽に貯蔵された液体水素を液体水素ラインを介して外部に取り出すときに該液体水素によって冷却されて充填した窒素ガスの一部を吸着し、輻射シールド5を介して伝達された熱によって吸着した窒素ガスを脱離する窒素ガスの吸着・脱離手段である吸着剤ディスク(活性炭ディスク)を備えた吸着・脱離塔7とを有する液体水素貯蔵容器100に液体水素を貯蔵し、外部に取り出すようにした液体水素貯蔵容器100、およびこの液体水素貯蔵容器100からの液体水素取り出し方法であって、吸着・脱離塔7で液体水素ライン13、14、15を流過する液体水素の一部を蒸発させることを特徴とする液体水素貯蔵容器100からの液体水素の取り出し方法が構成される。

【0050】

また、液体水素貯蔵容器100に付属させた窒素ガス容器11からの窒素ガスと吸着・脱離塔7からの液体水素との熱交換を行う液体水素貯蔵容器100からの液体水素の取り出し方法が構成される。

【0051】

本実施例にあっては、伝導については外槽1による内槽2の支持は断面積を少なくして距離を長くし、固体伝導入力を抑制する構造としている。

【0052】

また、輻射熱抑制のために、アルミ薄板多層構造のスーパーインシュレーションとして形成し、これを内槽2と外槽1との間に形成された真空域4に設ける構成としている。内槽表面及び外槽内面から発生する脱ガス(水素ガス以外)は、外槽1の内部に設けたゲッター材12にて吸着すると同時に、液体水素ラインを流過する液体水素の寒冷および内槽2内の液体水素の寒冷により凝縮させることで真空度劣化を抑制して高真空を維持し、滞留熱伝導入熱を最小とし、高性能断熱を達成する。従来手法であると、脱ガスの主成分である水素ガスは内槽内ガスと同一ガスであり真空層内の水素ガスを凝縮することができず、クライオポンプ効果をヘリウム容器のように期待することができない。その分、ヘリウム容器より断熱性能が悪化するものとなっていた。内槽内ガスの圧力は、当然真空域の圧力より高圧であり、凝縮温度は真空域内ガスの方が低温であるため、真空層内の水素ガス凝縮することは出来なかった。このように従来手法にあってはクライオポンプ効果を期待することが出来なかった。

【0053】

これに対して、本実施例によれば、外槽1と内槽2の真空域(真空層)4の真空度が $1 \times 10^{-4}$  Torr以下になるように排気し、真空域4内の滞留熱伝導を防止し、高性能断熱を達成する構造とし、更に脱離した水素ガスによる滞留熱伝導の悪化分に対して、外

10

20

30

40

50

槽 1 と内槽 2 の間の真空域に上述した金属製のスーパーインシュレーションと吸着・脱離塔 7 を組み合わせた侵入熱ブロック手段を設け、液体水素の持つ寒冷を利用して吸着剤による脱ガスである水素ガスを吸着することを行い、侵入熱が内槽 2 までは伝達する前にブロックすることを行っている。

#### 【 0 0 5 4 】

##### 確認試験 1

伝熱手段としての伝熱フィン 1 4 の熱伝導性能向上の有効性を確認する為に、活性炭の冷却試験を実施した。冷却試験では、実際の液体水素貯蔵容器内を模擬するため、真空容器内に吸着・脱離塔を設置して活性炭と吸着ガスを充填し、寒冷材として一定量の液体窒素を流した。このときの活性炭素面の温度変化を測定した。試料として、単純に容器内に活性炭を封入した場合と、伝熱フィン 3 4 を取り付けたときの 2 ケースに分け、平衡温度到達までにかかった冷却時間を比較し、吸着・脱離効果および伝熱性能を評価した。

10

#### 【 0 0 5 5 】

##### 試験結果 1

条件	開始温度 (K)	平衡温度 (K)	平衡所要時間 (min)	短縮率 (%)
対策無	293.0	84.6	358	0.0
伝熱フィン型	293.0	84.6	200	44.1

20

#### 【 0 0 5 6 】

この試験の温度変化を図 7 に添付する。試験結果より、平衡状態温度到達までにかかった冷却時間は、活性炭を単純に配置した場合が 358 (min) にかかったのに対し、伝熱フィン 3 4 を取り付けたケースでは、200 (min) まで、44.1% 大幅に短縮した。したがって伝熱フィン 3 4 を使った方式を採用すれば、少ない液体水素消費量で活性炭を効率よく冷却することができる。このような、吸着剤を効率よく冷却する構造を使用するとより大きな熱遮断が可能となる。

#### 【 0 0 5 7 】

この二つの吸着・脱離塔 7 には、吸着用窒素ガスを供給する為の N 2 容器 1 1 が窒素ガスラインにより接続されている。

30

#### 【 0 0 5 8 】

窒素 (N 2) 容器は液体水素容器の外部に接続され、予め 0.5 MPa (G) 程度の窒素ガスが充填されている。実際の使用時は、内槽 2 から供給される液体水素が吸着・脱離塔 7 内の液体水素ラインを流れ活性炭を冷却し蒸発する。ガス化した水素は燃料電池又は水素ガスエンジンへ供給される。極低温に冷却された活性炭は窒素容器 1 1 に予め充填されていた窒素ガスを吸着する。

#### 【 0 0 5 9 】

定常状態において、輻射熱が輻射シールド 5 を加温すると、シールド連結継手 6 を通じて吸着・脱離塔 7 と活性炭へ積極的に熱が伝えられ、活性炭に吸着した冷たいガスが加温され脱離することで、熱を吸収する。この吸・脱着の繰り返し作用により、内槽内への侵入熱をブロックし、液体水素の入熱による蒸発損失を抑制する。

40

#### 【 0 0 6 0 】

吸着ガスは安価で物性的に安定な窒素ガスを用いる。吸着容器設計の際、活性炭の充填量と吸着するガス量との関係を明確にしておく必要があり、今回はその参考値として、活性炭への窒素吸着量を調べるための測定を行った。

#### 【 0 0 6 1 】

##### 確認試験 2

吸着測定は、まず密閉された試料容器内に窒素ガス (6 atm) と活性炭 10 g を充填し、この容器を液体窒素で満たされた試験容器内で冷却し、活性炭を冷却した。この時の圧力変化を測定し、ガス吸着質量を試算する吸着定容法にて測定した。冷却前のモル数を

50

n 1、冷却（平衡）後のモル数を n 2 とすると、冷却により吸着したモル数 n は、 $n = n_1 - n_2$  で表わされる。理想気体の状態方程式  $P V = n R T$  により温度平衡状態でのモル数を以下に示す。

## 【0062】

## 試験結果 2

項目	単位	活性炭有	活性炭有	差
圧力	atm (abs)	6	1.38	
全体容量	リットル	0.514	0.514	
温度	°K	293	99.8	
ガス定数	J/mol°K	0.082	0.082	
モル数	モル	0.1297	0.0867	0.0430

10

## 【0063】

この実験データの健全性を確認する為、活性炭を封入しない場合においても、理想気体の状態方程式で算出したモル数が、冷却後も変動していないことを確認した。この結果を以下に示す。

項目	単位	活性炭無	活性炭無	差
圧力	atm (abs)	6	1.73	
全体容量	リットル	0.514	0.514	
温度	°K	293	99.5	
ガス定数	J/mol°k	0.082	0.082	
モル数	モル	0.128	0.128	0.000

20

## 【0064】

モル数の質量換算は以下の式の通り。

$$\begin{aligned}
 m &= n \times M & m &: \text{質量 [g]} \\
 &= 0.0430 \times 28.02 & n &: \text{モル数 [mol]} \\
 &= 1.205 & M &: \text{モル質量 [g/mol]}
 \end{aligned}$$

30

## 【0065】

本試験では吸着剤として、ヤシガラ活性炭と石炭系活性炭のそれぞれの吸着能力を同様に測定した。図 8 に、それぞれの活性炭と窒素の吸着重量比の結果を示す。活性炭表面温度の低下に従い、吸着量は比例的に増加している。また、本条件下ではヤシガラ活性炭に吸着特性の優位性を認めた。

## 【0066】

次に、本活性炭システムの有効稼働時間と、蒸発量の理論値を試算した。

40

試算にあたって液体水素容器の内槽容量を、某自動車メーカーと同程度の 50 L と仮定した。また活性炭システム稼働時の熱侵入量の目標値を、標準液体ヘリウム容器 (50 L) の熱侵入量と同等な 0.02 W とした。活性炭システムを使用しない場合の液体水素容器の内槽熱侵入量を 0.47 W (標準 50 L 液体窒素容器級) とすれば、活性炭が阻止する侵入熱は (0.47 W - 0.02 W) で 0.45 W となる。

< 試算条件 >

- 1) 液体水素容器内槽容量 L : 50 [L]
- 2) 活性炭充填量 M1 : 2.5 [kg] (2500 cc)
- 3) 窒素ガス充填量 M2 : 0.45 [kg]  
(液体水素温度での吸着重量比 1 : 0.18)

50

- 4) 侵入熱  $W : 0.45 [W]$   
 5) 輻射シールド表面温度  $T_1 : -140 [ ]$   
 6) 液体水素温度  $T_2 : -253 [ ]$   
 7) 日本人の平均年間走行距離  $K_1 : 9000 \text{ km}$   
 8) 水素自動車メーカーの平均水素原単位  $1 : 0.012 \text{ km/kg}$

< 試算結果 >

【0067】

運転によって活性炭が液体水素温度まで冷却され、その寒冷によって熱侵入を  $0.02 \text{ W}$  に抑制している機関をシステムの有効時間とし、蓄冷された寒冷を使い果たすまでの過程をシステムの1サイクルとする。

10

【0068】

ここで、1サイクルで利用できる寒冷熱量  $Q$  は、冷却された活性炭の寒冷熱量  $Q_a$  と吸着ガスの寒冷熱量  $Q_b$  の合計量となる。

$$\begin{aligned} \text{活性炭寒冷熱量 } Q_a &= (M_1 \times (T_2 - T_1) \times 1) \\ &= (2.5 \times (253 - 140) \times 0.25) \\ &= 70.62 [kcal] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{吸着ガスの寒冷熱量 } Q_b &= (M_2 \times (T_2 - T_1) \times 2) \\ &= (0.45 \times (253 - 140) \times 0.178) \\ &= 9.05 [kcal] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{総寒冷熱量 } Q &= Q_a + Q_b = 70.62 + 8.30 \\ &= 79.67 [kcal] \end{aligned}$$

20

1サイクルの熱侵入抑制時間

$$\begin{aligned} D_1 &= Q \div (W * 0.86) \div 24 \\ &= 8.5 [日] \end{aligned}$$

1サイクルに必要な液体水素消費重量

$$\begin{aligned} H_m &= Q \div h \\ &= 78.92 \div 106.5 \\ &= 0.741 [kg] \end{aligned}$$

1サイクルに必要な液体水素消費液量

$$\begin{aligned} H_L &= H_m \div \quad \times 1000 \\ &= 0.294 \div 70.8 \times 1000 \end{aligned}$$

30

ここで日本人の平均年間走行距離  $K_1 = 9000 \text{ km}$  の条件から一日当たりの平均走行距離

$$\begin{aligned} K_2 &= K_1 \div 365 \\ &= 9000 \div 365 \\ &= 24.7 [km] \end{aligned}$$

自動車メーカー平均水準の水素原単位  $I = 0.012 \text{ kg/km}$  から一日当たりの液体水素消費量

$$\begin{aligned} H_d &= K_2 \times I \\ &= 24.7 \times 0.012 \\ &= 0.296 [kg/日] \end{aligned}$$

40

1サイクルに必要な運転日数

$$\begin{aligned} D_2 &= H_m \div H_d \\ &= 0.741 \div 0.296 \\ &= 2.5 [日] \end{aligned}$$

ここでシステム有効時の蒸発量と、システム無稼働時の蒸発量を算出した。

システム有効(熱侵入  $0.02 \text{ W}$ )時の一日の液体水素蒸発重量  $L_{m1}$

$$\begin{aligned} L_{m1} &= (0.02 \times 0.86) \times 24 \div h \\ &= 0.413 \div 106.5 \\ &= 0.0039 [kg/day] \end{aligned}$$

液量に換算すると、

50

$$\begin{aligned} L_{L1} &= L_m \div \quad \times 1000 \\ &= 0.0039 \div 70.8 \times 1000 \\ &= 0.055 \text{ [ L / d a y ]} \end{aligned}$$

システム無稼働（熱侵入 0.47 W）時の一日の液体水素蒸発量  $L_{m2}$

$$\begin{aligned} L_{m2} &= (0.47 \times 0.86) \times 24 \div h \\ &= 9.70 \div 106.5 \\ &= 0.091 \text{ [ k g / d a y ]} \end{aligned}$$

液量に換算すると、

$$\begin{aligned} L_{L2} &= L_{m2} \div \quad \times 1000 \\ &= 0.091 \div 70.8 \times 1000 \\ &= 1.285 \text{ [ L / d a y ]} \end{aligned}$$

10

### 【0069】

ここで、

$Q_a$  : 活性炭寒冷熱量 [ k c a l ]

$Q_b$  : 吸着ガス寒冷熱量 [ k c a l ]

$Q$  : 総寒冷熱量 [ k c a l ]

$M_1$  : 活性炭充填量 [ k g ]

$M_2$  : 窒素ガス充填量 [ k g ]

$T_1$  : 輻射シールド温度 [ ]

$T_2$  : 液体水素温度 [ ]

20

1 : 活性炭比熱 [ k c a l / k g ]

2 : 吸着ガス比熱 [ k c a l / k g ]

$D_1$  : 1 サイクルの熱侵入抑制日数 [ d a y ]

$W$  : 侵入熱 [ w ]

$H_m$  : 1 サイクルに必要な液体水素消費量 [ k g ]

$h$  : 水素蒸発潜熱 [ k c a l / k g ]

$H_L$  : 1 サイクルに必要な液体水素消費量 [ L ]

: 水素液密度 [ k g / m<sup>3</sup> ]

$K_1$  : 平均年間走行距離 [ k m ]

$K_2$  : 平均日間走行距離 [ k m ]

30

$H_d$  : 一日当たりの液体水素消費量 [ k g / 日 ]

$I$  : 水素原単位 [ k g / k m ]

$D_2$  : 1 サイクルに必要な運転日数 [ 日 ]

$H_m$  : 1 サイクルに必要な液体水素消費量 [ k g ]

$H_d$  : 一日当たりの液体水素消費量 [ k g ]

$L_{m1}$  : システム有効期間中の蒸発重量 [ k g ]

$L_{L1}$  : システム有効期間中の蒸発液量 [ L ]

$L_{m2}$  : システム無稼働時の蒸発重量 [ k g ]

$L_{L2}$  : システム有効期間中の蒸発液量 [ L ]

$h$  : 水素蒸発潜熱 [ k c a l / k g ]

40

: 水素液密度 [ k g / m<sup>3</sup> ]

試算結果に示すように、この運転条件下では 2.5 日間（液体水素消費量 = 10.47 L）の運転により、1 サイクル分の寒冷が確保される。システム有効時間内（8.5 日間）は侵入熱を液体ヘリウム容器並みの 0.02 W に抑制することができ、一日当たりの蒸発量損失を 1.286 L / d a y から 0.055 L / d a y に軽減することができる。

### 【0070】

本実施例の液体水素容器の内槽は、本来大気に放出される液体水素の寒冷を活性炭に蓄令し、熱吸着活性ガスの吸着・脱離の冷却効果によって、ボイルオフによる損失を軽減することができる経済的なシステムとなる。この内槽を備えた液体水素貯蔵容器を単に搭載することで、通常、熱侵入の大きい液体水素容器でも液体ヘリウム並みの断熱性能を得るこ

50

とができ、日本人の平均的な日間走行距離 24.7 km の条件下では、2.5 日分 (10.47 L) の液体水素を消費することにより、8.5 日の間、蒸発量を 1.285 L/day から 0.055 L/day に軽減する事ができる。

【図面の簡単な説明】

【0071】

【図1】熱侵入を説明するための図。

【図2】本発明の実施例の構成を示す縦断面。

【図3】図2のX-X断面図。

【図4】本発明の一部の詳細図。

【図5】本発明の一部の詳細図。

【図6】本発明の一部の詳細図。

【図7】確認試験の結果を示す図。

【図8】確認試験の結果を示す図。

【符号の説明】

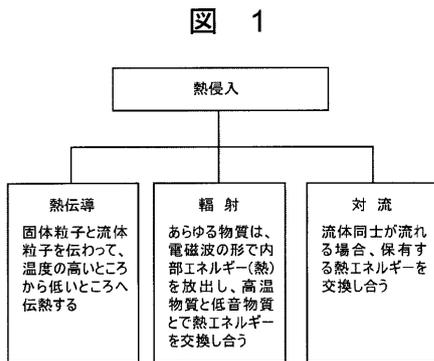
【0072】

1...外槽、2...内槽、4...真空域、5...輻射シールド(輻射シールド層、輻射シールド板)、6...真空域、7...吸着・脱離塔、8...活性炭容器(容器)、9...活性炭ディスク(吸着剤ディスク)、10...熱交換器、11...窒素(N<sub>2</sub>)容器、12...ゲッター材、13, 14, 15...液体水素ライン(配管)、34...伝熱ライン、100...液体水素貯蔵容器

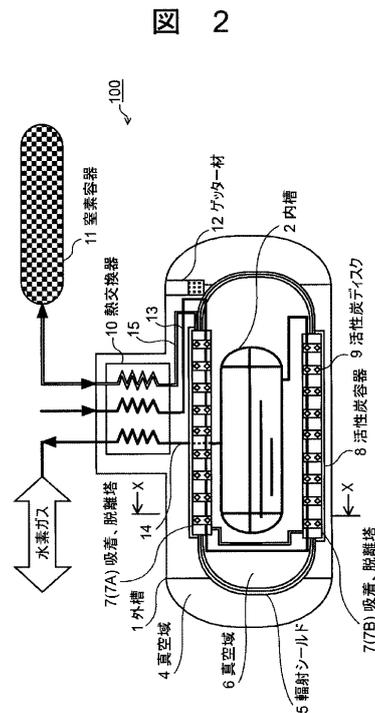
10

20

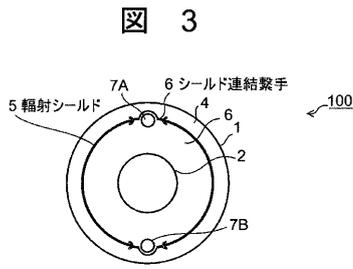
【図1】



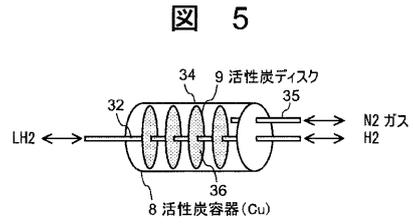
【図2】



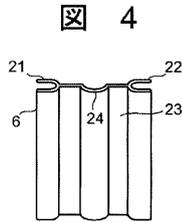
【 図 3 】



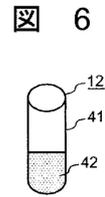
【 図 5 】



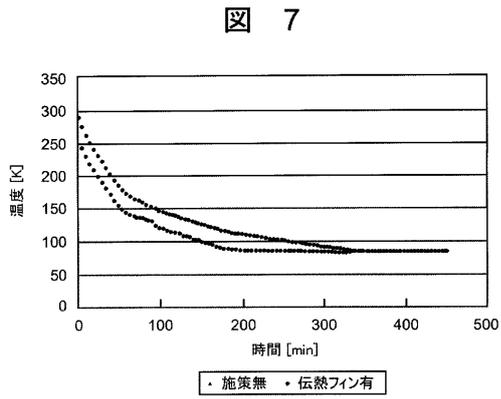
【 図 4 】



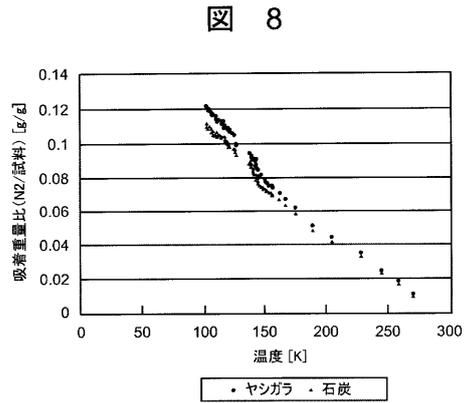
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 渡辺 伸次

茨城県日立市国分町3-1-17

大陽日酸東関東株式会社内

(72)発明者 佐久間 重光

茨城県日立市国分町3-1-17

大陽日酸東関東株式会社内

Fターム(参考) 3E172 AA03 AA06 AB01 BA01 BA10 BB05 BB12 BB17 BD03 DA04

FA09 FA24 HA03 HA15