

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7548410号  
(P7548410)

(45)発行日 令和6年9月10日(2024.9.10)

(24)登録日 令和6年9月2日(2024.9.2)

(51)国際特許分類

F I

F 1 6 J 13/12 (2006.01)  
F 1 6 J 15/06 (2006.01)  
F 1 6 B 7/18 (2006.01)  
F 1 7 C 5/06 (2006.01)  
F 1 6 L 15/04 (2006.01)

F 1 6 J 13/12 A  
F 1 6 J 15/06 C  
F 1 6 J 15/06 P  
F 1 6 B 7/18 A  
F 1 7 C 5/06

請求項の数 9 (全18頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2023-504867(P2023-504867)  
(86)(22)出願日 令和4年10月3日(2022.10.3)  
(86)国際出願番号 PCT/JP2022/037016  
(87)国際公開番号 WO2023/058614  
(87)国際公開日 令和5年4月13日(2023.4.13)  
審査請求日 令和5年1月24日(2023.1.24)  
(31)優先権主張番号 特願2021-163676(P2021-163676)  
(32)優先日 令和3年10月4日(2021.10.4)  
(33)優先権主張国・地域又は機関  
日本国(JP)

(73)特許権者 000001258  
J F E スチール株式会社  
東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号  
(74)代理人 100147485  
弁理士 杉村 憲司  
(74)代理人 230118913  
弁理士 杉村 光嗣  
(74)代理人 100165696  
弁理士 川原 敬祐  
(74)代理人 100195785  
弁理士 市枝 信之  
(72)発明者 高 木 周作  
東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号  
J F E スチール株式会社内  
(72)発明者 岡野 拓史

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 高圧水素ガス用蓄圧器

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

鋼製容器を備える高圧水素用蓄圧器であって、  
前記鋼製容器が、ねじによりつなぎ合わされた 2 本以上の鋼管で構成されており、  
前記鋼管が、質量%で、

C : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 6 0 %、

S i : 0 . 0 0 1 ~ 2 . 0 %、

M n : 0 . 0 1 ~ 5 . 0 %、

P : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 0 6 0 %、

S : 0 . 0 0 0 0 1 ~ 0 . 0 1 0 %、

N : 0 . 0 0 0 0 1 ~ 0 . 0 1 0 %、

A l : 0 . 0 0 0 1 ~ 1 . 0 0 %、

O : 0 . 0 1 0 % 以下、および

H : 0 ~ 0 . 0 0 1 0 % を含み、

残部 F e および不可避免的不純物からなる成分組成を有する、高圧水素ガス用蓄圧器。

【請求項 2】

前記成分組成が、質量%で、

M o : 0 . 0 0 0 1 ~ 5 . 0 %、

C r : 0 . 0 0 0 1 ~ 5 . 0 %、

N i : 0 . 0 0 0 1 ~ 5 . 0 %、

C u : 0 . 0 0 0 1 ~ 5 . 0 % 、  
C o : 0 . 0 0 0 1 ~ 5 . 0 % 、  
B : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 0 1 % 、  
V : 0 . 0 0 0 1 ~ 1 . 0 % 、  
W : 0 . 0 0 0 1 ~ 5 . 0 % 、  
N b : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 1 % 、  
T i : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 1 % 、  
Z r : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 2 % 、  
H f : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 2 % 、  
T a : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 2 % 、  
S b : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 2 % 、  
S n : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 2 % 、  
C a : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 0 1 % 、  
M g : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 0 1 % 、 および  
R E M : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 5 % からなる群より選択される少なくとも1つをさらに含有する、請求項1に記載の高圧水素ガス用蓄圧器。

10

【請求項3】

前記鋼管の組織における残留オーステナイトの面積分率が0～3%であり、アスペクト比2.0以上かつ長径10 $\mu$ m以上の介在物の個数密度が10個/100m<sup>2</sup>以下である、請求項1に記載の高圧水素ガス用蓄圧器。

20

【請求項4】

前記鋼管の組織における残留オーステナイトの面積分率が0～3%であり、アスペクト比2.0以上かつ長径10 $\mu$ m以上の介在物の個数密度が10個/100m<sup>2</sup>以下である、請求項2に記載の高圧水素ガス用蓄圧器。

【請求項5】

前記ねじによるつなぎ合わせが、前記鋼管の内側に設けられたカップリングにより行われる、請求項1～4のいずれか一項に記載の高圧水素ガス用蓄圧器。

【請求項6】

前記ねじによるつなぎ合わせが、前記鋼管の外側に設けられたカップリングにより行われる、請求項1～4のいずれか一項に記載の高圧水素ガス用蓄圧器。

30

【請求項7】

前記2本以上の鋼管のつなぎ合わせ部にシール部材を有する、請求項1～4のいずれか一項に記載の高圧水素ガス用蓄圧器。

【請求項8】

前記2本以上の鋼管のつなぎ合わせ部にシール部材を有する、請求項5に記載の高圧水素ガス用蓄圧器。

【請求項9】

前記2本以上の鋼管のつなぎ合わせ部にシール部材を有する、請求項6に記載の高圧水素ガス用蓄圧器。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

本発明は、高圧水素ガス用蓄圧器に関し、特に、大容量の水素貯蔵を可能とする高圧水素ガス用蓄圧器に関するものである。

【背景技術】

【0002】

CO<sub>2</sub>排出低減の動きが加速する中、水素の活用の必要性が高まっている。そして、水素の活用のために、大量の水素を安全に貯蔵する手法の開発が求められている。

【0003】

大量の水素を貯蔵する手法の一つとしては、水素を液体にして貯蔵する方法が検討され

50

ている。しかし、液体水素は - 253 以下の極低温で貯蔵する必要があるため、貯蔵設備のコストや低温維持のためのランニングコストが高い。

#### 【0004】

大量の水素を貯蔵するもう一つの手法の一つとしては、気体状態の水素を圧縮して貯蔵する方法が挙げられる。以前より、水素ガスを 15 MPa 程度の圧力でボンベに貯蔵することが行われている。しかし、貯蔵量をさらに高めるために水素ガスを 40 MPa 以上の高圧力にして貯蔵する取り組みが水素ステーション等で幅広く行われている。

#### 【0005】

上述したような高圧力で水素ガスを収容する容器（蓄圧器）としては、様々な材質や構造のものが提案されているが、以下の4種類に大別することができる。

(1) 全体が金属で形成された Type 1 容器

(2) 金属製ライナの外周（円柱状部分のみ）を、FRP（fiber-reinforced plastic）によりフルラップした Type 2 容器

(3) 金属製ライナの外周（鏡部（dome part）を含む全体）を、FRPによりフルラップした Type 3 容器

(4) 非金属製ライナの外周（鏡部を含む全体）を、FRPによりフルラップした Type 4 容器

#### 【0006】

前記 Type 1 容器の具体例としては、例えば、特許文献 1 に、ストレート形状の鋼製容器を用いた容器が開示されている。また、前記 Type 2 容器の具体例としては、例えば、特許文献 2 に、Cr-Mo 鋼製ライナの外周を FRP で被覆した容器が開示されている。前記 Type 3 容器の具体例としては、例えば、非特許文献 1 に、アルミ製ライナの外周を FRP で被覆した容器が開示されている。前記 Type 4 容器の具体例としては、例えば、特許文献 3 に、樹脂製ライナの外周を FRP で被覆した容器が開示されている。

#### 【先行技術文献】

##### 【特許文献】

#### 【0007】

【文献】特開 2019 - 044969 号公報

【文献】特開 2009 - 293799 号公報

【文献】国際公開第 2016 / 167034 号

##### 【非特許文献】

#### 【0008】

【文献】ENEOS Technical Review, 2013年6月第55巻, 第2号, p. 69-72

【文献】日本熱処理技術協会 編著、「入門・金属材料の組織と性質 - 材料を生かす熱処理と組織制御」、大河出版、2004年

##### 【発明の概要】

##### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0009】

上述したように様々なタイプの蓄圧器が提案されているが、いずれのタイプの蓄圧器も、長さ数m程度、直径数十cmであり、蓄圧器1つあたりの容積は300L程度と限られていた。そのため、水素ステーション等における水素ガスの貯蔵量を増加させるためには、蓄圧器の設置本数を増加させる必要があった。蓄圧器を設置する際には、蓄圧器1本ごとにバルブや支持台などが必要となるため、設置本数の増加は設備コストの増加を招き、非効率的といえる。

#### 【0010】

そこで、蓄圧器の設置本数を増やすことに代えて、外径や長さを増大させることにより蓄圧器1本あたりの容量を増加させることも考えられる。しかし、蓄圧器を現在の一般的なサイズよりも大型化すると、そのサイズや重量のため、製造が困難となることに加え、設置場所への運搬も困難となる。例えば、蓄圧器を製造した場所から設置場所へ運搬するために、特殊な輸送車両を用いて、他の車両の通行を規制して夜間に搬送するといった大

10

20

30

40

50

がかりな対処が必要となる。加えて、設置場所のスペースに制約がある場合には、設置場所に合った種々のサイズの蓄圧器を製造することが必要となり、非効率である。

【 0 0 1 1 】

本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、製造や運搬、設置が容易であるにもかかわらず、1つで大容量の水素貯蔵を可能とする高圧水素ガス用蓄圧器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】

【 0 0 1 2 】

本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、その要旨構成は次のとおりである。

【 0 0 1 3 】

1. 鋼製容器を備える高圧水素用蓄圧器であって、

前記鋼製容器が、ねじによりつなぎ合わされた2本以上の鋼管で構成されている、高圧水素ガス用蓄圧器。

【 0 0 1 4 】

2. 前記ねじによるつなぎ合わせが、前記鋼管の内側に設けられたカップリングにより行われる、上記1に記載の高圧水素ガス用蓄圧器。

【 0 0 1 5 】

3. 前記ねじによるつなぎ合わせが、前記鋼管の外側に設けられたカップリングにより行われる、上記1に記載の高圧水素ガス用蓄圧器。

【 0 0 1 6 】

4. 前記2本以上の鋼管のつなぎ合わせ部にシール部材を有する、上記1～3のいずれか一項に記載の高圧水素ガス用蓄圧器。

【 0 0 1 7 】

5. 前記鋼管が、質量%で、

C : 0.005 ~ 0.60%、

Si : 0.001 ~ 2.0%、

Mn : 0.01 ~ 5.0%、

P : 0.0001 ~ 0.060%、

S : 0.00001 ~ 0.010%、

N : 0.00001 ~ 0.010%、

Al : 0.0001 ~ 1.00%、

O : 0.010%以下、および

H : 0 ~ 0.0010%を含み、

残部Feおよび不可避免的不純物からなる成分組成を有する、上記1～4のいずれか一項に記載の高圧水素ガス用蓄圧器。

【 0 0 1 8 】

6. 前記成分組成が、質量%で、

Mo : 0.0001 ~ 5.0%、

Cr : 0.0001 ~ 5.0%、

Ni : 0.0001 ~ 5.0%、

Cu : 0.0001 ~ 5.0%、

Co : 0.0001 ~ 5.0%、

B : 0.0001 ~ 0.01%、

V : 0.0001 ~ 1.0%、

W : 0.0001 ~ 5.0%、

Nb : 0.0001 ~ 0.1%、

Ti : 0.0001 ~ 0.1%、

Zr : 0.0001 ~ 0.2%、

Hf : 0.0001 ~ 0.2%、

10

20

30

40

50

T a : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 2 %、

S b : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 2 %、

S n : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 2 %、

C a : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 0 1 %、

M g : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 0 1 %、および

R E M : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 5 % からなる群より選択される少なくとも1つをさらに含有する、上記5に記載の高圧水素ガス用蓄圧器。

#### 【0019】

7. 前記鋼管の組織における残留オーステナイトの面積分率が0~3%であり、アスペクト比2.0以上かつ長径10 $\mu$ m以上の介在物の個数密度が10個/100m<sup>2</sup>以下である、上記5または6に記載の高圧水素ガス用蓄圧器。

10

#### 【発明の効果】

#### 【0020】

本発明の高圧水素ガス用蓄圧器においては、複数の鋼管をねじによりつなぎ合わせることで鋼製容器を構成する。そのため、蓄圧器全体のサイズに比べて小さい鋼管を単位として製造や運搬を行い、設置場所をつなぎ合わせて完成させることが可能である。したがって、本発明の高圧水素ガス用蓄圧器は生産性および運搬性に優れている。また、つなぎ合わせる鋼管の本数を変えることによって自由に容量を変えることができるため、設置場所に応じて最適な水素貯蔵量を容易に実現することができる。そのため、本発明の高圧水素ガス用蓄圧器は、水素ステーションのみならず、例えば、洋上風力発電や山間部、船上、港湾等、水素貯蔵が必要な様々な場所において好適に用いることができる。

20

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0021】

【図1】本発明の第1の実施形態における高圧水素ガス用蓄圧器のつなぎ合わせ部の構造を示す断面模式図である。

【図2】本発明の第2の実施形態における高圧水素ガス用蓄圧器のつなぎ合わせ部の構造を示す断面模式図である。

【図3】第2の実施形態において、Oリングを用いた場合の構造の一例を示す断面模式図である。

【図4】本発明の第3の実施形態における高圧水素ガス用蓄圧器のつなぎ合わせ部の構造を示す断面模式図である。

30

【図5】第3の実施形態において、Oリングを用いた場合の構造の一例を示す断面模式図である。

【図6】本発明の第4の実施形態における高圧水素ガス用蓄圧器のつなぎ合わせ部の構造を示す断面模式図である。

【図7】本発明の第4の実施形態において、リークポートを設けた場合の構造の一例を示す断面模式図である。

【図8】本発明の第1の実施形態における高圧水素ガス用蓄圧器の構造を示す断面模式図である。

#### 【発明を実施するための形態】

40

#### 【0022】

次に、本発明を実施する方法について具体的に説明する。なお、以下の説明は、本発明の好適な実施態様を示すものであり、本発明は以下の説明によって何ら限定されるものではない。

#### 【0023】

#### [高圧水素ガス用蓄圧器]

本発明の蓄圧器は、高圧水素ガス用蓄圧器であり、鋼製容器を備えている。前記高圧水素ガス用蓄圧器は、例えば、水素ステーション用蓄圧器として用いることができるが、それに限定されることなく、任意の用途で用いることができる。

#### 【0024】

50

本発明の高圧水素ガス用蓄圧器は、鋼製容器のみで構成されていてもよく、また、鋼製容器の表面の少なくとも一部に後述する炭素繊維強化樹脂（CFRP）層を有していてもよい。

【0025】

[鋼製容器]

本発明においては、上記鋼製容器が、ねじによりつなぎ合わされた2本以上の鋼管で構成されていることが重要である。したがって、前記鋼製容器は鋼管同士の接合部に溶接部を有しない。以下、その主な効果について説明する。

【0026】

まず、本発明の高圧水素ガス用蓄圧器は、複数の鋼管に分割された状態で製造、運搬し、設置場所において所定のサイズに組み上げることが可能である。そのため、大容量の蓄圧器であっても容易に製造、運搬することができる。また、連結する鋼管の数を変えるだけで所望の容量の蓄圧器を得ることができる。

10

【0027】

なお、複数の鋼管を連結する方法としては、溶接が一般的に用いられている。しかし、溶接で鋼管を接合すると、接合部の組織が溶接組織となる。溶接組織は、溶接時の熱の影響を受けて変質した組織であり、母材に比べて靱性が劣っている。また、設置場所で溶接を行う場合、溶接条件を精密に制御することが難しいため、溶接品質を確保することが難しい。そのため、溶接による接合では、高圧水素ガスを充填した際に鋼管同士のつなぎ合わせ部から破断が生じるおそれがある。

20

【0028】

これに対して、本願発明では鋼管同士をねじによりつなぎ合わせるため、現場で溶接を行う必要がなく、容易に蓄圧器を組立てることができる。また、溶接で接合する場合に比べて強度も優れている。なお、鋼管同士をねじにより連結する方法については後述する。

【0029】

上記鋼管の材質としては、特に限定されることなく任意の鋼を用いることができるが、低コスト化の観点からは低合金鋼製の鋼管を用いることが好ましい。

【0030】

本発明の一実施形態においては、質量%で、

C : 0.005 ~ 0.60%、

Si : 0.001 ~ 2.0%、

Mn : 0.01 ~ 5.0%、

P : 0.0001 ~ 0.060%、

S : 0.00001 ~ 0.010%、

N : 0.00001 ~ 0.010%、

Al : 0.0001 ~ 1.00%、

O : 0.010%以下、および

H : 0 ~ 0.0010%を含み、

残部Feおよび不可避免的不純物からなる成分組成を有する鋼管を用いることが好ましい。

30

40

【0031】

なお、Hは、製造条件等によっては鋼中に含まれうる元素である。しかし、破壊靱性をさらに向上させるという観点からは、H含有量が少ないことが好ましく、具体的には0.0010%以下であることが好ましい。H含有量は低ければ低いほどよいため、H含有量の下限は0%であってよい。

【0032】

前記成分組成は、質量%で、

Mo : 0.0001 ~ 5.0%、

Cr : 0.0001 ~ 5.0%、

Ni : 0.0001 ~ 5.0%、

50

Cu : 0 . 0 0 0 1 ~ 5 . 0 %、  
 Co : 0 . 0 0 0 1 ~ 5 . 0 %、  
 B : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 0 1 %、  
 V : 0 . 0 0 0 1 ~ 1 . 0 %、  
 W : 0 . 0 0 0 1 ~ 5 . 0 %、  
 Nb : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 1 %、  
 Ti : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 1 %、  
 Zr : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 2 %、  
 Hf : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 2 %、  
 Ta : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 2 %、  
 Sb : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 2 %、  
 Sn : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 2 %、  
 Ca : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 0 1 %、  
 Mg : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 0 1 %、および

REM : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 5 % からなる群より選択される少なくとも1つをさらに含有することもできる。

#### 【0033】

なお、上記2本以上の鋼管それぞれの成分組成は同じであっても異なってもよい。しかし、鋼管の間の電位差に起因する腐食を防止するという観点からは、前記鋼製容器を構成するすべての鋼管が同じ成分組成を有することが好ましい。

#### 【0034】

上記鋼管の組織についても特に限定されず、任意の組織を有する鋼管を用いることができる。なお、疲労き裂の進展速度を低下させ、耐水素ガス性を向上させるという観点からは、残留オーステナイトの面積分率が0~3%であり、アスペクト比2.0以上かつ長径10 $\mu$ m以上の介在物の個数密度が10個/100mm<sup>2</sup>以下である組織を有する鋼管を用いることが好ましい。前記個数密度の下限は特に限定されないが、0個/100mm<sup>2</sup>であってよい。

#### 【0035】

なお、本明細書の開示における「組織」とは、鋼管の長手方向中央、かつ内側の肉厚1/4位置における組織を指すものとする。すなわち、各組織の面積分率は、鋼管の長手方向中央、かつ内側の肉厚1/4位置における当該組織の面積分率である。同様に、上記介在物の個数密度は、鋼管の長手方向中央、かつ内側の肉厚1/4位置における個数密度である。

#### 【0036】

残留オーステナイトの面積分率は、X線回折で測定することができる。前記測定においては、鋼管の長手方向中央、内側の肉厚1/4位置から試験片を採取し、前記試験片の切断面を化学研磨した後に測定を行う。その際、入射X線にはCo-K $\alpha$ 線源を用い、フェライトの(200)、(211)、(220)面とオーステナイトの(200)、(220)、(311)面の強度比から残留オーステナイトの面積分率を算出する。

#### 【0037】

上記介在物の個数密度は、光学顕微鏡を用いた観察により求めることができる。まず、鋼管の長手方向中央、内側の肉厚1/4位置から介在物測定用の試験片を採取する。前記試験片の寸法は、長さ方向：20mm、幅方向：5mm、肉厚方向：1.5mmとする。次いで、鋼管の圧延方向に対して長手方向と肉厚方向からなる面(L断面)が観察面となるように前記試験片を樹脂に埋込み、表面を鏡面研磨する。鏡面研磨された前記表面を光学顕微鏡で観察し、10mm $\times$ 10mmの領域における、アスペクト比2.0以上、かつ、長さ10 $\mu$ m以上の介在物の個数を測定する。得られた介在物の個数を前記領域の面積(100mm<sup>2</sup>)で割ることにより、個数密度を算出する。

#### 【0038】

なお、介在物測定用の試験片は測定対象の鋼管1つについて10個ずつ採取し、この1

10

20

30

40

50

0個の試験片における個数密度を算術平均して、その鋼管の介在物の個数密度とする。なお、介在物のアスペクト比および長径は、JIS G0555:2020(鋼の非金属介在物の顕微鏡試験方法)の規格に準拠して求める。

【0039】

また、同様の観点から、鋼管の組織に占めるマルテンサイトおよびベイナイトの合計面積分率が80%以上であることが好ましく、マルテンサイトの面積分率が80%以上であることがより好ましい。前記マルテンサイトおよびベイナイトの合計面積分率の上限は特に限定されないが、100%であってよい。前記マルテンサイトの面積分率の上限は特に限定されないが、100%であってよい。また、フェライトの面積分率は、5%以下であることが好ましい。前記フェライトの面積分率の下限は特に限定されないが、0%であってよい。なお、本明細書において、マルテンサイトには、焼戻しマルテンサイトも包含するものと定義する。

10

【0040】

マルテンサイト、ベイナイト、およびフェライトの面積分率は、顕微鏡観察により組織写真を撮影し、前記組織写真を画像解析することにより求めることができる。前記顕微鏡観察には、光学顕微鏡および走査電子顕微鏡(scanning electron microscope)のいずれを用いてもよく、観察は100~5000倍間の適切な倍率で行うことができる。前記顕微鏡観察に用いる試験片は、鋼管の長手方向中央、内側の肉厚1/4位置が観察位置となるように採取する。採取された試験片の断面を、3vol%ナイトール溶液を用いてエッチングしてミクロ組織を現出させた後、前記顕微鏡観察を行う。前記組織写真における各組織の同定は、例えば、該組織写真の各部における組織と、非特許文献2に収録されている組織写真とを比較することにより行うことができる。

20

【0041】

なお、上記2本以上の鋼管それぞれの組織は同じであっても異なってもよいが、同じ組織とすることが好ましい。

【0042】

蓄圧器に水素を収容する際には、素材の水素脆化を考慮する必要がある。水素脆化を防止する観点からは、上記2本以上の鋼管それぞれの引張強さ(TS)を1100MPa以下とすることが好ましく、950MPa以下とすることがより好ましい。一方、前記引張強さの下限についても限定されないが、引張強さが低い場合には、蓄圧器に求められる強度を確保するために鋼管の肉厚を増加させる必要があり、コストの増加を招く。そのため、上記2本以上の鋼管それぞれの引張強さは800MPa以上とすることが好ましい。

30

【0043】

上記鋼管としては、特に限定されず、任意の方法で製造されたものを用いることができる。例えば、電縫管、スパイラル鋼管、UOE鋼管、鋼材の内部を機械加工等によりくり抜いて鋼管形状としたものや、鍛造加工によって鋼管状に製造したものであってもよく、さらには加熱した鋼片を圧延して鋼管形状としたシームレス鋼管であってもよい。

【0044】

なお、本発明では、鋼管同士を溶接ではなくねじによりつなぎ合わせることを必須としているが、個々の鋼管自体の製造に溶接を用いることは許容される。その理由は次のとおりである。

40

【0045】

すなわち、上述したように現場で鋼管同士を接合する場合、溶接条件を精密に制御することが難しいため、溶接品質が問題となる。しかし、一般的に鋼管を製造する際の溶接は、製鉄所等の工場において厳密に制御された条件下で実施されるため、溶接品質が高い。また、必要に応じて溶接部の機械的特性を向上させるための溶接後熱処理なども行われる。そのため、鋼管同士を現場で溶接した溶接部に比べ、通常の鋼管自体の溶接部が破断の原因となる可能性は低い。そのため、電縫管、スパイラル鋼管、UOE鋼管のように、溶接を用いて製造された鋼管を用いることも可能である。

【0046】

50

しかし、より一層破断リスクを低減し、より高い圧力での使用を可能とするという観点からは、前記鋼管としてシームレス鋼管を用いることが好ましい。シームレス鋼管は、溶接部を有しないため母材の特性が鋼管全体で均一であることに加え、くり抜きや鍛造によって製造される鋼管に比べて低コストでありながら靱性などの特性にも優るため、特に好適である。

#### 【0047】

また、個々の鋼管の長さは特に限定されず、任意の長さとする事ができる。しかし、鋼管の長さが過度に短いと、蓄圧器1つあたりの接合部の数が増加し、コストアップ要因となる。そのため、前記2本以上の鋼管それぞれの長さは3m以上とすることが好ましく、5m以上とすることがより好ましい。一方、個々の鋼管が長い場合は接合部を低減でき、コスト低減の可能性があるが、長すぎると、運搬が困難となる場合がある。前記2本以上の鋼管それぞれの長さは100m以下とすることが好ましく、車両で運搬可能な12m以下がより好ましく、6m以下とすることがさらに好ましい。

10

#### 【0048】

上述したように、本発明の高圧水素ガス用蓄圧器では、製造上および輸送上の制約を受けることなく、設置場所のスペースに応じた数の鋼管をつなぎ合わせることによって、任意の容積を確保することができる。そのため、1つの鋼製容器を構成する鋼管の数は特に限定されず、2以上の任意の数とすることができ。例えば、タンカーなどに積載する場合、数十本～百数十本の鋼管をつなぎ合わせて長さ数十～数百メートルの蓄圧器を構成することができる。また、数百本を超えるような多数の鋼管をつなぎ合わせて、超大容量の蓄圧器を構成することもできる。したがって、鋼管の数の上限は限定されず、設置場所のスペースに応じた任意補本数とすることができ。例えば、本願発明の一実施形態においては、鋼管の数は、1000以下であってよく、500以下であってよく、200以下であってよく、100以下であってよい。

20

#### 【0049】

##### [つなぎ合わせ部の構造]

本発明において、鋼管同士をねじによってつなぎ合わせる部分（以下、「つなぎ合わせ部」という）の構造は特に限定されず、鋼管をねじによって連結できるものであれば任意の構造とすることができる。また、ねじの形状は特に限定されず、必要な応力を担持できるものであれば任意の形状とすることができる。

30

#### 【0050】

上記鋼製容器を構成する鋼管は、各鋼管の中心軸が同軸状に配置されていることが好ましい。各鋼管の中心軸を同軸状に配置することにより、ねじ構造による接続をより容易に行うことができる。

#### 【0051】

なお、本発明ではねじにより鋼管同士をつなぎ合わせるため、隣接する鋼管の中心軸のずれが大きいと、ねじ構造に曲げなどの応力がかかり、破損の原因となる。そのため、鋼製容器を構成する鋼管の中心軸のずれが5mm以下であることが好ましく、1mm以内であることがより好ましい。なお、ここで、鋼製容器を構成する鋼管の中心軸のずれとは、該鋼製容器に含まれる各鋼管の中心軸と、当該鋼管に隣接する鋼管の中心軸との間のずれの最大値と定義する。

40

#### 【0052】

また、つなぎ合わせ部には、シール部材を配置することが好ましい。シール部材を設けることにより、さらに水素ガスの漏洩を防止することができる。前記シール部材は、典型的には隣接する2つの鋼管の間に配置することができる。また、後述するカップリングを用いて接続する場合には、鋼管と、該鋼管に隣接するカップリングとの間にシール部材を配置することが好ましい。前記シール部材としては、特に限定されることなく、ガスケット、パッキン、Oリングなど、任意のシール部材を用いることができる。

#### 【0053】

前記シール部材の材質は特に限定されず、金属、樹脂など、任意の材料を用いることが

50

できる。シール性向上の観点からは、ねじを締め込んだ際に変形してシール性を高めることができる、樹脂、銅などを用いることが好ましい。

【0054】

また、より確実に漏洩を防止するという観点からは、シール部材を2重配置することがより好ましい。ここで、2重配置とは、鋼管と、該鋼管に隣接する部材（他の鋼管またはカップリング）との間に、2つのシール部材を配置することを意味する。

【0055】

さらに、本発明のように鋼管同士をねじによりつなぎ合わせた構造においては、ねじ部に応力が集中する。そのため、前記シール部材は、ねじ部よりも鋼製容器の内部側に配置することが好ましい。ねじ部よりも鋼製容器の内部側にシール部材を配置することにより、ねじ部が水素ガスに触れることを防止できる。そしてその結果、ねじ部の水素脆化を抑制できるので、鋼製容器の破壊リスクを低減することができる。

10

【0056】

前記鋼製容器は、両端に蓋を備えることができる。前記蓋としては、鋼製容器を密閉できるものであれば任意の蓋を用いることができる。前記蓋の材質は特に限定されないが、一般的には鋼製の蓋を用いることが好ましい。前記蓋は、ねじ込み式の蓋であることが好ましい。

【0057】

以下、4つの好適なつなぎ合わせ部の構造について、図面を参照して説明する。なお、以下の実施形態では、鋼管の内径および外径が同じである場合を例として説明しているが、個々の鋼管の内径および外径は、同じであっても異なってもよい。

20

【0058】

（第1の実施形態）

図1は、本発明の第1の実施形態における高圧水素ガス用蓄圧器1のつなぎ合わせ部の構造を示す断面模式図である。本実施形態における高圧水素ガス用蓄圧器の鋼製容器は、複数の鋼管10で構成されており、互いに隣接する鋼管同士は、図1に示した構造のねじによりつなぎ合わされている。

【0059】

すなわち、第1の鋼管10aの一方の端部には雌ねじ部11aが形成されており、第2の鋼管10bの一方の端部には、第1の鋼管10aの雌ねじ部11aと螺合する雄ねじ部12bが設けられている。そして、第1の鋼管10aの雌ねじ部11aと第2の鋼管10bの雄ねじ部12bを螺合させることにより、第1の鋼管10aと第2の鋼管10bとが連結されている。

30

【0060】

シール部を配置する場合には、雌ねじ部11aの一番左のネジ部のさらに左の位置、すなわち、水素ガスがねじ部に到達することを防止できる位置に設置することが好ましい（後述する第2の実施形態の図3を参照）。

【0061】

前記鋼製容器は、両端に蓋を備えることができる。前記蓋としては、鋼製容器を密閉できるものであれば任意の蓋を用いることができる。例えば、図8に示すように、鋼製容器の端部にねじ込み式の蓋50を設けることができる。なお、後述する他の実施形態においても同様に蓋を設けることができる。なお、図8に示した鋼製容器は、ねじによりつなぎ合わされた2本の鋼管で構成されているが、鋼管の数は2以上の任意の数であってよい。

40

【0062】

（第2の実施形態）

図2は、本発明の第2の実施形態における高圧水素ガス用蓄圧器1のつなぎ合わせ部の構造を示す断面模式図である。本実施形態における高圧水素ガス用蓄圧器の鋼製容器は、複数の鋼管10で構成されており、互いに隣接する鋼管同士は、図2に示したように鋼管の内側に設けられたカップリング20を用いてつなぎ合わされている。

【0063】

50

すなわち、第1の鋼管10aの一方の端部には雌ねじ部11aが形成されており、カップリング20の一方の端部には、第1の鋼管10aの雌ねじ部11aと螺合する雄ねじ部22が設けられている。また、第2の鋼管10bの一方の端部には雌ねじ部11bが形成されており、カップリング20の他方の端部には、第2の鋼管10bの雌ねじ部11bと螺合する雄ねじ部22が設けられている。そして、第1の鋼管10aの雌ねじ部11aとカップリング20の一方の端部の雄ねじ部22を、第2の鋼管10bの雌ねじ部11bとカップリング20の他方の端部の雄ねじ部22を、それぞれ螺合させることにより、カップリング20を介して第1の鋼管10aと第2の鋼管10bとが連結されている。

【0064】

さらに、図3に示すように、鋼管10とカップリング20の間にシール部材としてのリング30を設けることが好ましい。特に、図3に示したようにリング30を2重配置することにより、より確実に水素ガスの漏洩を防止することができる。

【0065】

なお、図2、3に示した例では、カップリング20の内径と鋼管10の内径が同一のケースを示しているが、カップリング20の内径と鋼管10の内径は異なってもよい。また、図2、3に示した例では、第1の鋼管10aと第2の鋼管10bとが接触しているが、両者は離れていてもよい。

【0066】

(第3の実施形態)

図4は、本発明の第3の実施形態における高圧水素ガス用蓄圧器1のつなぎ合わせ部の構造を示す断面模式図である。本実施形態における高圧水素ガス用蓄圧器の鋼製容器は、複数の鋼管10で構成されており、互いに隣接する鋼管同士は、図4に示したように鋼管の内側に設けられたカップリング20を用いてつなぎ合わされている。

【0067】

すなわち、第1の鋼管10aの一方の端部には雄ねじ部12aが形成されており、カップリング20の一方の端部には、第1の鋼管10aの雄ねじ部12aと螺合する雌ねじ部21が設けられている。また、第2の鋼管10bの一方の端部には雄ねじ部12bが形成されており、カップリング20の他方の端部には、第2の鋼管10bの雄ねじ部12bと螺合する雌ねじ部21が設けられている。そして、第1の鋼管10aの雄ねじ部12aとカップリング20の一方の端部の雌ねじ部21を、第2の鋼管10bの雄ねじ部12bとカップリング20の他方の端部の雌ねじ部21を、それぞれ螺合させることにより、カップリング20を介して第1の鋼管10aと第2の鋼管10bとが連結されている。

【0068】

さらに、図5に示すように、鋼管10とカップリング20の間にシール部材としてのリング30を設けることが好ましい。特に、図5に示した例では、第1の鋼管10aとカップリング20の間、第2の鋼管10bとカップリング20の間に加え、第1の鋼管10aと第2の鋼管10bの間(当接部)にもリングが設けられている。

【0069】

なお、図4、5に示した例では、カップリング20の内径と鋼管10の内径が同一のケースを示しているが、カップリング20の内径と鋼管10の内径は異なってもよい。また、図4、5に示した例では、第1の鋼管10aと第2の鋼管10bとが接触しているが、次の第4の実施形態で説明するように両者は離れていてもよい。

【0070】

(第4の実施形態)

図6は、本発明の第4の実施形態における高圧水素ガス用蓄圧器1のつなぎ合わせ部の構造を示す断面模式図である。本実施形態の鋼製容器では、上記第3の実施形態と同様、互いに隣接する鋼管同士が鋼管の内側に設けられたカップリング20を用いてつなぎ合わされている。しかし、上記第3の実施形態では第1の鋼管10aの先端と第2の鋼管10bの先端が当接していたのに対して、本実施形態では第1の鋼管10aの先端と第2の鋼管10bの先端が直接接触しない。それ以外の点については上記第3の実施形態と同様と

10

20

30

40

50

することができる。例えば、図7に示すように、鋼管10とカップリング20の間にシール部材としてのOリング30を設けることが好ましい。

【0071】

さらに、水素漏洩検知のためのリークポートを少なくとも1つ設置することも好ましい。リークポートの先に水素検知器を配置することで、水素ガスの漏れを検知することができる。リークポートの設置位置は特に限定されないが、カップリングの端部と該端部に最も近いねじ山との間およびシール部材と該シール部材に最も近いねじ山との間の一方または両方に設置することが好ましい。図7に、リークポート40を設ける場合の配置の一例を示す。リークポート40には、図示されない水素検知器などを接続することができる。

【0072】

なお、図1で示したようにねじにより鋼管同士を直接つなぎ合わせる場合や、図2、3で示したように鋼管の内側に設けられたカップリングを用いる場合でもリークポートを設けることができる。しかし、その場合には鋼管にリークポートを設ける必要がある。一方、上記図7で示したように、鋼管の外側に設けられたカップリングを用いる場合には、カップリングにリークポートを設ければよいため、製造がより容易である。

【0073】

なお、つなぎ合わせ部の構造にかかわらず、ねじ締結後、使用圧力の1.5倍以上の圧力を付与し、ねじ底に圧縮残留応力を付与することも好ましい。圧縮残留応力を付与することにより、使用可能回数を増加させることができる。

【0074】

また、腐食防止の観点から表面に塗装等の防食処理を施すことが好ましい。また、ねじ接合部近傍に支持台を設置し接合部へ過剰な応力を低減することが好ましい。

【実施例】

【0075】

次に、本発明の効果を確認するために、複数の鋼管を用いて鋼製容器を作製し、性能を評価した。

【0076】

具体的には、まず、表1に示す材質、種類、寸法の鋼管を、それぞれ2つずつ作製し、表1に示した接合方法で2本の鋼管を接合して鋼製容器とした。表1における鋼管の材質の記号は、それぞれ次の鋼種を意味する。

a : X 5 2

b : S C M 4 3 5

c : S N C N 4 3 9

d : X 6 5

【0077】

また、表1に示した接合方法の記号A～Fは、それぞれ以下の構造を表している。A～Eの構造は、それぞれ図1～5に示した通りとした。また、Oリングとしては、樹脂製のものをを用いた。

A : 直接ねじ接合

B : 内側カップリング (Oリングなし)

C : 内側カップリング (Oリングあり)

D : 外面カップリング (Oリングなし)

E : 外面カップリング (Oリングあり)

F : 溶接

【0078】

前記容器の両端部は、接合部と同様のねじ形状を有する厚さ110mmの蓋で封止した。いずれに実施例においても前記蓋の材質はTS(引張強さ):900MPa級のSNCM439鋼とし、前記SNCM439鋼を鍛造によって蓋形状とした。水素ガスは前記蓋の中央部に穴をあけ、配管をつないで導入した。なお、蓋は、ねじ構造のない蓋と、蓋を支えるねじ付き部材の二つを備える構造でもよい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 7 9 】

なお、使用した素材のうち、S C M 4 3 5、S N C M 4 3 9 鋼については、焼入れ焼戻しにより T S 8 0 0 ~ 9 0 0 M P a に調整した。また、X 5 2 および X 6 5 については、熱間圧延により製造した。

## 【 0 0 8 0 】

なお、比較のために、N o . 7 では電縫溶接鋼管を使用し、前記電縫溶接鋼管同士を溶接で接合した。また、N o . 8 では U O E 鋼管を溶接により接合した。溶接は各鋼種の標準的な条件で行った。ねじにより接合した N o . 1 ~ 6 の接合部は、溶接を行っていないため母材組織のままであるのに対して、N o . 7 ~ 9 の接合部組織は溶接組織である。

## 【 0 0 8 1 】

各鋼管におけるマルテンサイト ( M )、ベイナイト ( B )、残留オーステナイト ( R A )、およびフェライトの面積分率を、先に説明した方法で測定した。また、アスペクト比 2 . 0 以上かつ長径 1 0 μ m 以上の介在物の個数密度についても、先に説明した方法で測定した。前記面積分率および介在物の個数密度の測定には、鋼管の長手方向中央、かつ内側の肉厚 1 / 4 位置から採取した試験片を使用した。測定結果を表 1 に併記する。

## 【 0 0 8 2 】

(昇圧試験)

得られた鋼製容器を用いて高圧水素ガス用蓄圧器を作製し、実際に内部に純水素を充填し、ねじ接合もしくは溶接部からの水素の漏れを確認した。具体的には、水素ガスを圧縮機で所定の圧力まで昇圧し、前記高圧水素ガス用蓄圧器に充填した。その状態で 1 0 分間保持し、水素ガスの漏れが発生するか否かを試験した。圧力を 5 M P a 刻みで最大 5 0 M P a まで上昇させながら前記試験を繰返し行い、漏洩が発生しない最高圧力を求めた。評価結果を表 1 に併記する。

## 【 0 0 8 3 】

(靱性)

また、作製した蓄圧器を用い、水素ガス中における接合部の靱性を、ASTM-E1820に従って評価した。具体的には、接合部 (溶接によって接合した鋼製容器については、溶接金属および H A Z (熱影響部)) より、試験片の方向が L - C 方向となるように蓄圧器一つあたり 3 つの試験片を採取し、破壊靱性を測定した。なお、試験方法は ASME E1681 でも ASTM E399 に従った方法で評価してもよい。試験環境は、純水素、2 1 M P a とした。3 つの試験片における破壊靱性値の平均値が 5 2 M P a · m<sup>1/2</sup> より高い場合を良好、5 2 M P a · m<sup>1/2</sup> 以下の場合を不良と判定した。評価結果を表 1 に併記する。

## 【 0 0 8 4 】

表 1 に示した結果から分かるように、本発明の条件を満たす高圧水素ガス用蓄圧器は、漏洩が発生しない最高圧力が 1 5 M P a 以上であるとともに、水素ガス中における接合部の靱性も良好であった。これに対して、溶接により接合した蓄圧器では、漏洩が発生しない最高圧力が 1 0 M P a であった。また、水素ガス中における接合部の靱性も不良であった。

## 【 0 0 8 5 】

このように、本発明によれば、生産や運搬が容易な鋼管を接続することにより、高圧水素ガスを安定して貯蔵することができる大容量の蓄圧器を容易に作成することができる。なお、本実施例では 2 本の鋼管で鋼製容器を作製したが、3 本以上用いる場合でも圧力が同じであれば個々の接続部にかかる負荷は基本的に変わらない。参考までに、各実施例のサイズの鋼管を用いて、一般的な水素ステーションの水素貯蔵量約 1 0 0 k g の 1 0 倍の 1 0 0 0 k g の水素を貯蔵できる蓄圧器を作製するために必要な鋼管の本数を表 1 に併記する。

## 【 0 0 8 6 】

10

20

30

40

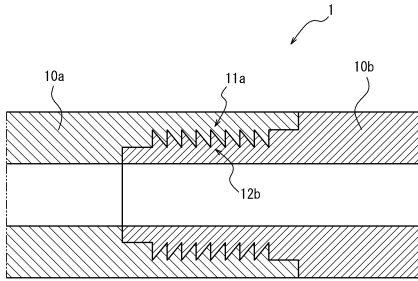
50



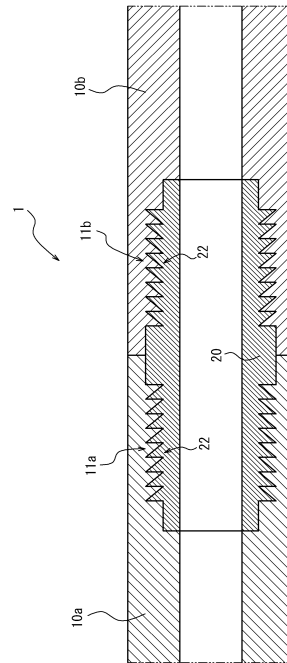
- 2 1 雌ねじ部
- 2 2 雄ねじ部
- 3 0 オリング
- 4 0 リークポート
- 5 0 蓋

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

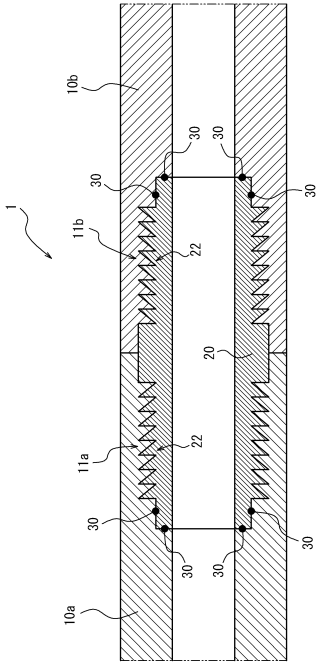
20

30

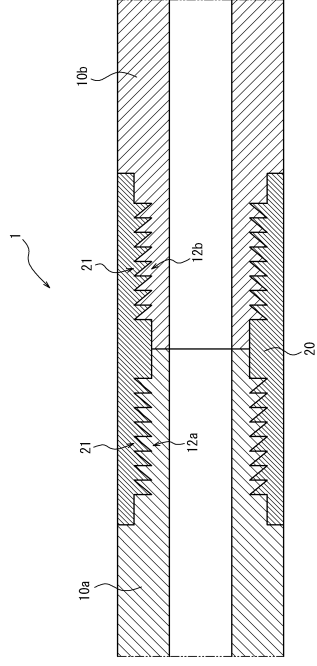
40

50

【図 3】



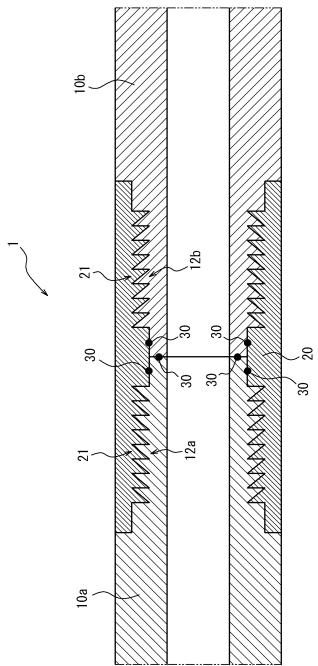
【図 4】



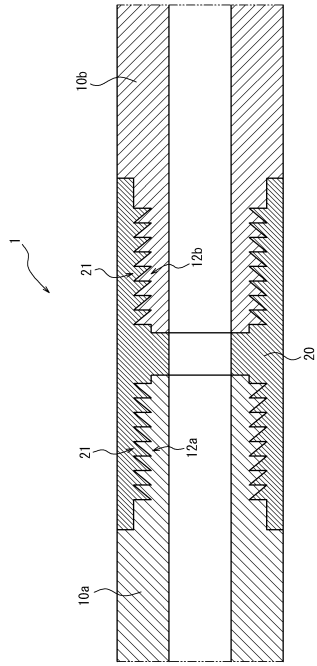
10

20

【図 5】



【図 6】

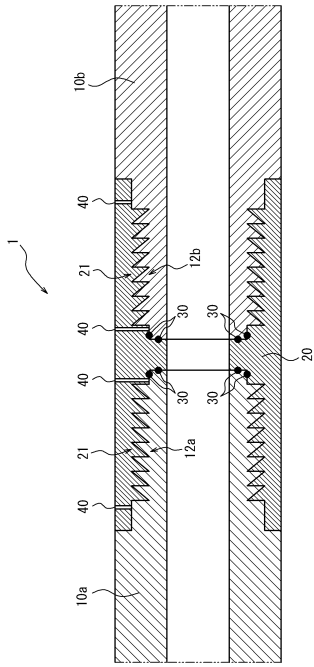


30

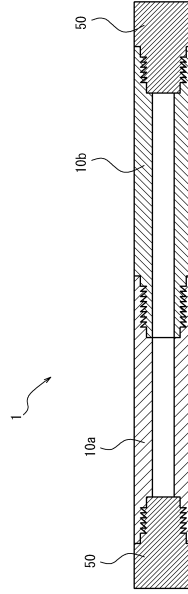
40

50

【 7 】



【 8 】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I  
F 1 6 L 15/04 Z

東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内

(72)発明者 石川 信行

東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内

審査官 山田 康孝

(56)参考文献

特開2019-044969(JP, A)

中国特許出願公開第101871325(CN, A)

米国特許第05474334(US, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

F 1 6 J 1 2 / 0 0 - 1 3 / 2 4

F 1 6 J 1 5 / 0 0 - 1 5 / 1 4

F 1 6 B 7 / 1 8

F 1 7 C 5 / 0 6

F 1 6 L 1 5 / 0 4