



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0051217
(43) 공개일자 2024년04월19일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F17C 13/00 (2006.01) F16B 7/18 (2006.01)
F16J 12/00 (2006.01) F16J 13/12 (2006.01)
F16L 15/04 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
F17C 13/002 (2013.01)
F16B 7/18 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2024-7010176
- (22) 출원일자(국제) 2022년10월03일
심사청구일자 2024년03월26일
- (85) 번역문제출일자 2024년03월26일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2022/037016
- (87) 국제공개번호 WO 2023/058614
국제공개일자 2023년04월13일
- (30) 우선권주장
JP-P-2021-163676 2021년10월04일 일본(JP)

- (71) 출원인
제이에프이 스틸 가부시키키가이샤
일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방
3고
- (72) 발명자
다카기 슈사쿠
일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방
3고 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤 지테크자이
산부 나이
오카노 히로시
일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방
3고 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤 지테크자이
산부 나이
이시카와 노부유키
일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방
3고 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤 지테크자이
산부 나이
- (74) 대리인
특허법인코리아나

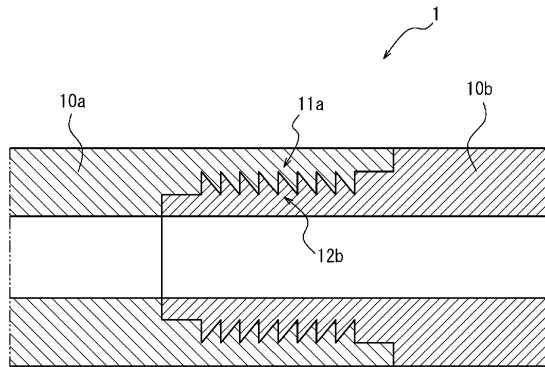
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 **고압 수소 가스용 축압기**

(57) 요약

제조나 운반, 설치가 용이함에도 불구하고, 하나로 대용량의 수소 저장을 가능하게 하는 고압 수소 가스용 축압기를 제공한다. 강제 용기를 구비하는 고압 수소 가스용 축압기로서, 상기 강제 용기가, 나사에 의해 연결된 2 개 이상의 강관으로 구성되어 있는, 고압 수소 가스용 축압기.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

F16J 12/00 (2013.01)

F16J 13/12 (2013.01)

F16L 15/04 (2013.01)

F17C 2201/0138 (2013.01)

F17C 2203/0648 (2013.01)

F17C 2209/228 (2013.01)

F17C 2221/012 (2013.01)

F17C 2270/0139 (2013.01)

Y02E 60/32 (2020.08)

명세서

청구범위

청구항 1

강제 용기를 구비하는 고압 수소 가스용 축압기로서,
상기 강제 용기가, 나사에 의해 연결된 2 개 이상의 강관으로 구성되어 있는, 고압 수소 가스용 축압기.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 나사에 의한 연결이, 상기 강관의 내측에 형성된 커플링에 의해 실시되는, 고압 수소 가스용 축압기.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
상기 나사에 의한 연결이, 상기 강관의 외측에 형성된 커플링에 의해 실시되는, 고압 수소 가스용 축압기.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 2 개 이상의 강관의 연결부에 시일 부재를 갖는, 고압 수소 가스용 축압기.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 강관이, 질량% 로,
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 % 이하, 및
H : 0 ~ 0.0010 % 를 포함하고,
잔부 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성을 갖는, 고압 수소 가스용 축압기.

청구항 6

제 5 항에 있어서,
상기 성분 조성이, 질량% 로,
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 %,
 Ta : 0.0001 ~ 0.2 %,
 Sb : 0.0001 ~ 0.2 %,
 Sn : 0.0001 ~ 0.2 %,
 Ca : 0.0001 ~ 0.01 %,
 Mg : 0.0001 ~ 0.01 %, 및

REM : 0.0001 ~ 0.5 % 로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 1 개를 추가로 함유하는, 고압 수소 가스용 축압기.

청구항 7

제 5 항 또는 제 6 항에 있어서,

상기 강관의 조직에 있어서의 잔류 오스테나이트의 면적 분율이 0 ~ 3 % 이고,

에스펙트비 2.0 이상 또한 장경 10 μm 이상의 개재물의 개수 밀도가 10 개/100 mm² 이하인, 고압 수소 가스용 축압기.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 고압 수소 가스용 축압기에 관한 것으로, 특히, 대용량의 수소 저장을 가능하게 하는 고압 수소 가스용 축압기에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] CO₂ 배출 저감의 움직임이 가속되는 가운데, 수소의 활용의 필요성이 높아지고 있다. 그리고, 수소의 활용을 위해, 대량의 수소를 안전하게 저장하는 수법의 개발이 요구되고 있다.

[0003] 대량의 수소를 저장하는 수법 중 하나로는, 수소를 액체로 하여 저장하는 방법이 검토되고 있다. 그러나, 액체 수소는 -253 °C 이하의 극저온에서 저장할 필요가 있기 때문에, 저장 설비의 비용이나 저온 유지를 위한 러닝 코스트가 높다.

[0004] 대량의 수소를 저장하는 또 다른 수법 중 하나로는, 기체 상태의 수소를 압축하여 저장하는 방법을 들 수 있다. 이전부터, 수소 가스를 15 MPa 정도의 압력으로 bombe에 저장하는 것이 실시되고 있다. 그러나, 저장량을 더욱 높이기 위해 수소 가스를 40 MPa 이상의 고압력으로 하여 저장하는 대처가 수소 스테이션 등에서 폭넓게 실시되고 있다.

[0005] 상기 서술한 바와 같은 고압력으로 수소 가스를 수용하는 용기(축압기)로는, 다양한 재질이나 구조의 것이 제안되어 있지만, 이하의 4 종류로 대별할 수 있다.

- [0006] (1) 전체가 금속으로 형성된 Type 1 용기
- [0007] (2) 금속제 라이너의 외주 (원기둥상 부분만) 를, FRP (fiber-reinforced plastic) 에 의해 후프랩한 Type 2 용기
- [0008] (3) 금속제 라이너의 외주 (경부 (dome part) 를 포함하는 전체) 를, FRP 에 의해 풀랩한 Type 3 용기
- [0009] (4) 비금속제 라이너의 외주 (경부를 포함하는 전체) 를, FRP 에 의해 풀랩한 Type 4 용기
- [0010] 상기 Type 1 용기의 구체예로는, 예를 들어, 특허문헌 1 에, 스트레이트 형상의 강제 용기를 사용한 용기가 개시되어 있다. 또, 상기 Type 2 용기의 구체예로는, 예를 들어, 특허문헌 2 에, Cr-Mo 강제 라이너의 외주를 FRP 로 피복한 용기가 개시되어 있다. 상기 Type 3 용기의 구체예로는, 예를 들어, 비특허문헌 1 에, 알루미늄제 라이너의 외주를 FRP 로 피복한 용기가 개시되어 있다. 상기 Type 4 용기의 구체예로는, 예를 들어, 특허문헌 3 에, 수지제 라이너의 외주를 FRP 로 피복한 용기가 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0011] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 2019-044969호
- (특허문헌 0002) 일본 공개특허공보 2009-293799호
- (특허문헌 0003) 국제 공개 제2016/167034호

비특허문헌

- [0012] (비특허문헌 0001) ENEOS Technical Review, 2013년 6월 제 55 권, 제 2 호, p.69-72
- (비특허문헌 0002) 일본 열 처리 기술 협회 편저, 「입문·금속 재료의 조직과 성질-재료를 활용하는 열 처리와 조직 제어」, 타이가 출판, 2004년

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0013] 상기 서술한 바와 같이 다양한 타입의 축압기가 제안되어 있지만, 어느 타입의 축압기도, 길이 수 m 정도, 직경 수십 cm 이고, 축압기 1 개당의 용적은 300 L 정도로 한정되어 있었다. 그 때문에, 수소 스테이션 등에 있어서의 수소 가스의 저장량을 증가시키기 위해서는, 축압기의 설치 개수를 증가시킬 필요가 있었다. 축압기를 설치할 때에는, 축압기 1 개마다 밸브나 지지대 등이 필요로 되기 때문에, 설치 개수의 증가는 설비 비용의 증가를 초래하여, 비효율적이라고 할 수 있다.
- [0014] 그래서, 축압기의 설치 개수를 늘리는 것을 대신하여, 외경이나 길이를 증대시킴으로써 축압기 1 개당의 용량을 증가시키는 것도 생각할 수 있다. 그러나, 축압기를 현재의 일반적인 사이즈보다 대형화하면, 그 사이즈나 중량 때문에, 제조가 곤란해지는 것에 더하여, 설치 장소로의 운반도 곤란해진다. 예를 들어, 축압기를 제조한 장소로부터 설치 장소로 운반하기 위해, 특수한 수송 차량을 사용하여, 다른 차량의 통행을 규제하여 야간에 반송하는 것과 같은 대규모의 대처가 필요로 된다. 게다가, 설치 장소의 스페이스에 제약이 있는 경우에는, 설치 장소에 맞는 여러 가지 사이즈의 축압기를 제조하는 것이 필요해져 비효율적이다.
- [0015] 본 발명은 상기 사정을 감안하여 이루어진 것으로, 제조나 운반, 설치가 용이함에도 불구하고, 하나로 대용량의 수소 저장을 가능하게 하는 고압 수소 가스용 축압기를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0016] 본 발명은 상기 과제를 해결하기 위해 이루어진 것으로, 그 요지 구성은 다음과 같다.
- [0017] 1. 강제 용기를 구비하는 고압 수소 가스용 축압기로서,

- [0018] 상기 강제 용기가, 나사에 의해 연결된 2 개 이상의 강관으로 구성되어 있는, 고압 수소 가스용 축압기.
- [0019] 2. 상기 나사에 의한 연결이, 상기 강관의 내측에 형성된 커플링에 의해 실시되는, 상기 1 에 기재된 고압 수소 가스용 축압기.
- [0020] 3. 상기 나사에 의한 연결이, 상기 강관의 외측에 형성된 커플링에 의해 실시되는, 상기 1 에 기재된 고압 수소 가스용 축압기.
- [0021] 4. 상기 2 개 이상의 강관의 연결부에 시일 부재를 갖는, 상기 1 ~ 3 중 어느 한 항에 기재된 고압 수소 가스용 축압기.
- [0022] 5. 상기 강관이, 질량% 로,
- [0023] C : 0.005 ~ 0.60 %,
- [0024] Si : 0.001 ~ 2.0 %,
- [0025] Mn : 0.01 ~ 5.0 %,
- [0026] P : 0.0001 ~ 0.060 %,
- [0027] S : 0.00001 ~ 0.010 %,
- [0028] N : 0.00001 ~ 0.010 %,
- [0029] Al : 0.0001 ~ 1.00 %,
- [0030] O : 0.010 % 이하, 및
- [0031] H : 0 ~ 0.0010 % 를 포함하고,
- [0032] 잔부 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성을 갖는, 상기 1 ~ 4 중 어느 한 항에 기재된 고압 수소 가스용 축압기.
- [0033] 6. 상기 성분 조성이, 질량% 로,
- [0034] Mo : 0.0001 ~ 5.0 %,
- [0035] Cr : 0.0001 ~ 5.0 %,
- [0036] Ni : 0.0001 ~ 5.0 %,
- [0037] Cu : 0.0001 ~ 5.0 %,
- [0038] Co : 0.0001 ~ 5.0 %,
- [0039] B : 0.0001 ~ 0.01 %,
- [0040] V : 0.0001 ~ 1.0 %,
- [0041] W : 0.0001 ~ 5.0 %,
- [0042] Nb : 0.0001 ~ 0.1 %,
- [0043] Ti : 0.0001 ~ 0.1 %,
- [0044] Zr : 0.0001 ~ 0.2 %,
- [0045] Hf : 0.0001 ~ 0.2 %,
- [0046] Ta : 0.0001 ~ 0.2 %,
- [0047] Sb : 0.0001 ~ 0.2 %,
- [0048] Sn : 0.0001 ~ 0.2 %,
- [0049] Ca : 0.0001 ~ 0.01 %,
- [0050] Mg : 0.0001 ~ 0.01 %, 및

[0051] REM : 0.0001 ~ 0.5 % 로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 1 개를 추가로 함유하는, 상기 5 에 기재된 고압 수소 가스용 축압기.

[0052] 7. 상기 강관의 조직에 있어서의 잔류 오스테나이트의 면적 분율이 0 ~ 3 % 이고,

[0053] 에스펙트비 2.0 이상 또한 장경 10 μm 이상의 개재물의 개수 밀도가 10 개/100 mm² 이하인, 상기 5 또는 6 에 기재된 고압 수소 가스용 축압기.

발명의 효과

[0054] 본 발명의 고압 수소 가스용 축압기에 있어서는, 복수의 강관을 나사에 의해 연결함으로써 강제 용기를 구성한다. 그 때문에, 축압기 전체의 사이즈에 비해 작은 강관을 단위로 하여 제조나 운반을 실시하고, 설치 장소에서 연결하여 완성시키는 것이 가능하다. 따라서, 본 발명의 고압 수소 가스용 축압기는 생산성 및 운반성이 우수하다. 또, 연결하는 강관의 개수를 바꿈으로써 자유롭게 용량을 바꿀 수 있기 때문에, 설치 장소에 따라 최적의 수소 저장량을 용이하게 실현할 수 있다. 그 때문에, 본 발명의 고압 수소 가스용 축압기는, 수소 스테이션뿐만 아니라, 예를 들어, 해상 풍력 발전이나 산간부(山間部), 선상(船上), 항만 등, 수소 저장에 필요한 다양한 장소에 있어서 바람직하게 사용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0055] 도 1 은, 본 발명의 제 1 실시형태에 있어서의 고압 수소 가스용 축압기의 연결부의 구조를 나타내는 단면 모식도이다.

도 2 는, 본 발명의 제 2 실시형태에 있어서의 고압 수소 가스용 축압기의 연결부의 구조를 나타내는 단면 모식도이다.

도 3 은, 제 2 실시형태에 있어서, 0 링을 사용한 경우의 구조의 일례를 나타내는 단면 모식도이다.

도 4 는, 본 발명의 제 3 실시형태에 있어서의 고압 수소 가스용 축압기의 연결부의 구조를 나타내는 단면 모식도이다.

도 5 는, 제 3 실시형태에 있어서, 0 링을 사용한 경우의 구조의 일례를 나타내는 단면 모식도이다.

도 6 은, 본 발명의 제 4 실시형태에 있어서의 고압 수소 가스용 축압기의 연결부의 구조를 나타내는 단면 모식도이다.

도 7 은, 본 발명의 제 4 실시형태에 있어서, 리크 포트를 형성한 경우의 구조의 일례를 나타내는 단면 모식도이다.

도 8 은, 본 발명의 제 1 실시형태에 있어서의 고압 수소 가스용 축압기의 구조를 나타내는 단면 모식도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0056] 다음으로, 본 발명을 실시하는 방법에 대해 구체적으로 설명한다. 또한, 이하의 설명은, 본 발명의 바람직한 실시양태를 나타내는 것이며, 본 발명은 이하의 설명에 의해 전혀 한정되는 것은 아니다.

[0057] [고압 수소 가스용 축압기]

[0058] 본 발명의 축압기는, 고압 수소 가스용 축압기이며, 강제 용기를 구비하고 있다. 상기 고압 수소 가스용 축압기는, 예를 들어, 수소 스테이션용 축압기로서 사용할 수 있지만, 그것에 한정되지 않고, 임의의 용도로 사용할 수 있다.

[0059] 본 발명의 고압 수소 가스용 축압기는, 강제 용기만으로 구성되어 있어도 되고, 또, 강제 용기의 표면의 적어도 일부에 후술하는 탄소 섬유 강화 수치(CFRP) 층을 갖고 있어도 된다.

[0060] [강제 용기]

[0061] 본 발명에 있어서는, 상기 강제 용기가, 나사에 의해 연결된 2 개 이상의 강관으로 구성되어 있는 것이 중요하다. 따라서, 상기 강제 용기는 강관끼리의 접합부에 용접부를 갖지 않는다. 이하, 그 주된 효과에 대해 설명한다.

[0062] 먼저, 본 발명의 고압 수소 가스용 축압기는, 복수의 강관으로 분할된 상태에서 제조, 운반하고, 설치 장소에

있어서 소정의 사이즈로 조립하는 것이 가능하다. 그 때문에, 대용량의 축압기여도 용이하게 제조, 운반할 수 있다. 또, 연결하는 강관의 수를 바꾸는 것만으로 원하는 용량의 축압기를 얻을 수 있다.

[0063] 또한, 복수의 강관을 연결하는 방법으로는, 용접이 일반적으로 사용되고 있다. 그러나, 용접으로 강관을 접합하면, 접합부의 조직이 용접 조직이 된다. 용접 조직은, 용접시의 열의 영향을 받아 변질된 조직이며, 모재에 비해 인성이 떨어진다. 또, 설치 장소에서 용접을 실시하는 경우, 용접 조건을 정밀하게 제어하는 것이 어렵기 때문에, 용접 품질을 확보하는 것이 어렵다. 그 때문에, 용접에 의한 접합에서는, 고압 수소 가스를 충전했을 때에 강관끼리의 연결부로부터 파단이 발생할 우려가 있다.

[0064] 이에 반해, 본원 발명에서는 강관끼리를 나사에 의해 연결하기 때문에, 현장에서 용접을 실시할 필요가 없어, 용이하게 축압기를 조립할 수 있다. 또, 용접으로 접합하는 경우에 비해 강도도 우수하다. 또한, 강관끼리를 나사에 의해 연결하는 방법에 대해서는 후술한다.

[0065] 상기 강관의 재질로는, 특별히 한정되지 않고 임의의 강을 사용할 수 있지만, 저비용화의 관점에서는 저합금강제의 강관을 사용하는 것이 바람직하다.

[0066] 본 발명의 일 실시형태에 있어서는, 질량% 로,

[0067] C : 0.005 ~ 0.60 %,

[0068] Si : 0.001 ~ 2.0 %,

[0069] Mn : 0.01 ~ 5.0 %,

[0070] P : 0.0001 ~ 0.060 %,

[0071] S : 0.00001 ~ 0.010 %,

[0072] N : 0.00001 ~ 0.010 %,

[0073] Al : 0.0001 ~ 1.00 %,

[0074] O : 0.010 % 이하, 및

[0075] H : 0 ~ 0.0010 % 를 포함하고,

[0076] 잔부 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성을 갖는 강관을 사용하는 것이 바람직하다.

[0077] 또한, H 는, 제조 조건 등에 따라서는 강 중에 포함될 수 있는 원소이다. 그러나, 파괴 인성을 더욱 향상시킨다는 관점에서는, H 함유량이 적은 것이 바람직하고, 구체적으로는 0.0010 % 이하인 것이 바람직하다. H 함유량은 낮으면 낮을수록 좋기 때문에, H 함유량의 하한은 0 % 여도 된다.

[0078] 상기 성분 조성은, 질량% 로,

[0079] Mo : 0.0001 ~ 5.0 %,

[0080] Cr : 0.0001 ~ 5.0 %,

[0081] Ni : 0.0001 ~ 5.0 %,

[0082] Cu : 0.0001 ~ 5.0 %,

[0083] Co : 0.0001 ~ 5.0 %,

[0084] B : 0.0001 ~ 0.01 %,

[0085] V : 0.0001 ~ 1.0 %,

[0086] W : 0.0001 ~ 5.0 %,

[0087] Nb : 0.0001 ~ 0.1 %,

[0088] Ti : 0.0001 ~ 0.1 %,

[0089] Zr : 0.0001 ~ 0.2 %,

[0090] Hf : 0.0001 ~ 0.2 %,

- [0091] Ta : 0.0001 ~ 0.2 % ,
- [0092] Sb : 0.0001 ~ 0.2 % ,
- [0093] Sn : 0.0001 ~ 0.2 % ,
- [0094] Ca : 0.0001 ~ 0.01 % ,
- [0095] Mg : 0.0001 ~ 0.01 % , 및
- [0096] REM : 0.0001 ~ 0.5 % 로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 1 개를 추가로 함유할 수도 있다.
- [0097] 또한, 상기 2 개 이상의 강관 각각의 성분 조성은 동일해도 되고 상이해도 된다. 그러나, 강관 사이의 전위차에서 기인하는 부식을 방지한다는 관점에서는, 상기 강제 용기를 구성하는 모든 강관이 동일한 성분 조성을 갖는 것이 바람직하다.
- [0098] 상기 강관의 조직에 대해서도 특별히 한정되지 않고, 임의의 조직을 갖는 강관을 사용할 수 있다. 또한, 피로 균열의 진전 속도를 저하시키고, 내수소 가스성을 향상시킨다는 관점에서는, 잔류 오스테나이트의 면적 분율이 0 ~ 3 % 이고, 에스펙트비 2.0 이상 또한 장경 10 μm 이상의 개재물의 개수 밀도가 10 개/100 mm^2 이하인 조직을 갖는 강관을 사용하는 것이 바람직하다. 상기 개수 밀도의 하한은 특별히 한정되지 않지만, 0 개/100 mm^2 여도 된다.
- [0099] 또한, 본 명세서의 개시에 있어서의 「조직」이란, 강관의 길이 방향 중앙, 또한 내측의 두께 1/4 위치에 있어서의 조직을 가리키는 것으로 한다. 즉, 각 조직의 면적 분율은, 강관의 길이 방향 중앙, 또한 내측의 두께 1/4 위치에 있어서의 당해 조직의 면적 분율이다. 마찬가지로, 상기 개재물의 개수 밀도는, 강관의 길이 방향 중앙, 또한 내측의 두께 1/4 위치에 있어서의 개수 밀도이다.
- [0100] 잔류 오스테나이트의 면적 분율은, X 선 회절로 측정할 수 있다. 상기 측정에 있어서는, 강관의 길이 방향 중앙, 내측의 두께 1/4 위치로부터 시험편을 채취하고, 상기 시험편의 절단면을 화학 연마한 후에 측정을 실시한다. 그 때, 입사 X 선에는 Co-K α 선원을 사용하여, 페라이트의 (200), (211), (220) 면과 오스테나이트의 (200), (220), (311) 면의 강도비로부터 잔류 오스테나이트의 면적 분율을 산출한다.
- [0101] 상기 개재물의 개수 밀도는, 광학 현미경을 사용한 관찰에 의해 구할 수 있다. 먼저, 강관의 길이 방향 중앙, 내측의 두께 1/4 위치로부터 개재물 측정용의 시험편을 채취한다. 상기 시험편의 치수는, 길이 방향 : 20 mm, 폭 방향 : 5 mm, 두께 방향 : 15 mm 로 한다. 이어서, 강관의 압연 방향에 대해 길이 방향과 두께 방향으로 이루어지는 면 (L 단면) 이 관찰면이 되도록 상기 시험편을 수지에 매립하고, 표면을 경면 연마한다. 경면 연마된 상기 표면을 광학 현미경으로 관찰하여, 10 mm \times 10 mm 의 영역에 있어서의, 에스펙트비 2.0 이상, 또한, 길이 10 μm 이상의 개재물의 개수를 측정한다. 얻어진 개재물의 개수를 상기 영역의 면적 (100 mm^2) 으로 나눔으로써, 개수 밀도를 산출한다.
- [0102] 또한, 개재물 측정용의 시험편은 측정 대상의 강관 1 개에 대해 10 개씩 채취하고, 이 10 개의 시험편에 있어서의 개수 밀도를 산술 평균하여, 그 강관의 개재물의 개수 밀도로 한다. 또한, 개재물의 에스펙트비 및 장경은, JIS G0555 : 2020 (강의 비금속 개재물의 현미경 시험 방법) 의 규격에 준거하여 구한다.
- [0103] 또, 동일한 관점에서, 강관의 조직에서 차지하는 마텐자이트 및 베이나이트의 합계 면적 분율이 80 % 이상인 것이 바람직하고, 마텐자이트의 면적 분율이 80 % 이상인 것이 보다 바람직하다. 상기 마텐자이트 및 베이나이트의 합계 면적 분율의 상한은 특별히 한정되지 않지만, 100 % 여도 된다. 상기 마텐자이트의 면적 분율의 상한은 특별히 한정되지 않지만, 100 % 여도 된다. 또, 페라이트의 면적 분율은, 5 % 이하인 것이 바람직하다. 상기 페라이트의 면적 분율의 하한은 특별히 한정되지 않지만, 0 % 여도 된다. 또한, 본 명세서에 있어서, 마텐자이트에는, 템퍼드 마텐자이트도 포함하는 것으로 정의한다.
- [0104] 마텐자이트, 베이나이트, 및 페라이트의 면적 분율은, 현미경 관찰에 의해 조직 사진을 촬영하고, 상기 조직 사진을 화상 해석함으로써 구할 수 있다. 상기 현미경 관찰에는, 광학 현미경 및 주사 전자 현미경 (scanning electron microscope) 중 어느 것을 사용해도 되고, 관찰은 100 ~ 5000 배 사이의 적절한 배율로 실시할 수 있다. 상기 현미경 관찰에 사용하는 시험편은, 강관의 길이 방향 중앙, 내측의 두께 1/4 위치가 관찰 위치가 되도록 채취한다. 채취된 시험편의 단면을, 3 vol% 나이탈 용액을 사용하여 에칭하여 마이크로 조직을 출현시킨 후, 상기 현미경 관찰을 실시한다. 상기 조직 사진에 있어서의 각 조직의 동정은, 예를 들어, 그 조직 사진의 각 부에 있어서의 조직과, 비특허문헌 2 에 수록되어 있는 조직 사진을 비교함으로써 실시할 수

있다.

- [0105] 또한, 상기 2 개 이상의 강관 각각의 조직은 동일해도 되고 상이해도 되지만, 동일한 조직으로 하는 것이 바람직하다.
- [0106] 축압기에 수소를 수용할 때에는, 소재의 수소 취화를 고려할 필요가 있다. 수소 취화를 방지하는 관점에서는, 상기 2 개 이상의 강관 각각의 인장 강도 (TS) 를 1100 MPa 이하로 하는 것이 바람직하고, 950 MPa 이하로 하는 것이 보다 바람직하다. 한편, 상기 인장 강도의 하한에 대해서도 한정되지 않지만, 인장 강도가 낮은 경우에는, 축압기에 요구되는 강도를 확보하기 위해 강관의 두께를 증가시킬 필요가 있어, 비용의 증가를 초래한다. 그 때문에, 상기 2 개 이상의 강관 각각의 인장 강도는 800 MPa 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- [0107] 상기 강관으로는, 특별히 한정되지 않고, 임의의 방법으로 제조된 것을 사용할 수 있다. 예를 들어, 전봉관, 스파이럴 강관, UOE 강관, 강재의 내부를 기계 가공 등에 의해 도려내어 강관 형상으로 한 것이나, 단조 가공에 의해 강관상으로 제조한 것이어도 되고, 나아가서는 가열한 강편을 압연하여 강관 형상으로 한 심리스 강관이어도 된다.
- [0108] 또한, 본 발명에서는, 강관끼리를 용접이 아니라 나사에 의해 연결하는 것을 필수로 하고 있지만, 개개의 강관 자체의 제조에 용접을 사용하는 것은 허용된다. 그 이유는 다음과 같다.
- [0109] 즉, 상기 서술한 바와 같이 현장에서 강관끼리를 접합하는 경우, 용접 조건을 정밀하게 제어하는 것이 어렵기 때문에, 용접 품질이 문제가 된다. 그러나, 일반적으로 강관을 제조할 때의 용접은, 제철소 등의 공장에 있어서 엄밀하게 제어된 조건하에서 실시되기 때문에, 용접 품질이 높다. 또, 필요에 따라 용접부의 기계적 특성을 향상시키기 위한 용접 후 열 처리 등도 실시된다. 그 때문에, 강관끼리를 현장에서 용접한 용접부에 비해, 통상적인 강관 자체의 용접부가 파단의 원인이 될 가능성은 낮다. 그 때문에, 전봉관, 스파이럴 강관, UOE 강관과 같이, 용접을 사용하여 제조된 강관을 사용하는 것도 가능하다.
- [0110] 그러나, 보다 한층 파단 리스크를 저감시키고, 보다 높은 압력에서의 사용을 가능하게 한다는 관점에서는, 상기 강관으로서 심리스 강관을 사용하는 것이 바람직하다. 심리스 강관은, 용접부를 갖지 않기 때문에 모재의 특성이 강관 전체에서 균일한 것에 더하여, 도려냄이나 단조에 의해 제조되는 강관에 비해 저비용이면서 인성 등의 특성도 우수하기 때문에, 특히 바람직하다.
- [0111] 또, 개개의 강관의 길이는 특별히 한정되지 않고, 임의의 길이로 할 수 있다. 그러나, 강관의 길이가 과도하게 짧으면, 축압기 1 개당의 접합부의 수가 증가하여, 비용 상승 요인이 된다. 그 때문에, 상기 2 개 이상의 강관 각각의 길이는 3 m 이상으로 하는 것이 바람직하고, 5 m 이상으로 하는 것이 보다 바람직하다. 한편, 개개의 강관이 긴 경우에는 접합부를 저감시킬 수 있어, 비용 저감의 가능성이 있지만, 지나치게 길면, 운반이 곤란해지는 경우가 있다. 상기 2 개 이상의 강관 각각의 길이는 100 m 이하로 하는 것이 바람직하고, 차량으로 운반 가능한 12 m 이하가 보다 바람직하고, 6 m 이하로 하는 것이 더욱 바람직하다.
- [0112] 상기 서술한 바와 같이, 본 발명의 고압 수소 가스용 축압기에서는, 제조상 및 수송상의 제약을 받지 않고, 설치 장소의 스페이스에 따른 수의 강관을 연결함으로써, 임의의 용적을 확보할 수 있다. 그 때문에, 1 개의 강제 용기를 구성하는 강관의 수는 특별히 한정되지 않고, 2 이상의 임의의 개수로 할 수 있다. 예를 들어, 탱크 등에 적재하는 경우, 수십 개 ~ 백수십 개의 강관을 연결하여 길이 수십 ~ 수백 미터의 축압기를 구성할 수 있다. 또, 수백 개를 초과하는 다수의 강관을 연결하여, 초대용량의 축압기를 구성할 수도 있다. 따라서, 강관의 수의 상한은 한정되지 않고, 설치 장소의 스페이스에 따른 임의의 개수로 할 수 있다. 예를 들어, 본원 발명의 일 실시형태에 있어서는, 강관의 수는, 1000 이하여도 되고, 500 이하여도 되고, 200 이하여도 되고, 100 이하여도 된다.
- [0113] [연결부의 구조]
- [0114] 본 발명에 있어서, 강관끼리를 나사에 의해 연결하는 부분 (이하, 「연결부」라고 한다) 의 구조는 특별히 한정되지 않고, 강관을 나사에 의해 연결할 수 있는 것이면 임의의 구조로 할 수 있다. 또, 나사의 형상은 특별히 한정되지 않고, 필요한 응력을 담지할 수 있는 것이면 임의의 형상으로 할 수 있다.
- [0115] 상기 강제 용기를 구성하는 강관은, 각 강관의 중심축이 동축상으로 배치되어 있는 것이 바람직하다. 각 강관의 중심축을 동축상으로 배치함으로써, 나사 구조에 의한 접촉을 보다 용이하게 실시할 수 있다.
- [0116] 또한, 본 발명에서는 나사에 의해 강관끼리를 연결하기 때문에, 인접하는 강관의 중심축의 어긋남이 크면, 나사 구조에 굽힘 등의 응력이 가해져, 파손의 원인이 된다. 그 때문에, 강제 용기를 구성하는 강관의 중심축의

어긋남이 5 mm 이하인 것이 바람직하고, 1 mm 이내인 것이 보다 바람직하다. 또한, 여기서, 강제 용기를 구성하는 강관의 중심축의 어긋남이란, 그 강제 용기에 포함되는 각 강관의 중심축과, 당해 강관에 인접하는 강관의 중심축 사이의 어긋남의 최대값으로 정의한다.

[0117] 또, 연결부에는, 시일 부재를 배치하는 것이 바람직하다. 시일 부재를 형성함으로써, 더욱 수소 가스의 누설을 방지할 수 있다. 상기 시일 부재는, 전형적으로는 인접하는 2 개의 강관 사이에 배치할 수 있다. 또, 후술하는 커플링을 사용하여 접속시키는 경우에는, 강관과, 그 강관에 인접하는 커플링 사이에 시일 부재를 배치하는 것이 바람직하다. 상기 시일 부재로는, 특별히 한정되지 않고, 개스킷, 패킹, O 링 등, 임의의 시일 부재를 사용할 수 있다.

[0118] 상기 시일 부재의 재질은 특별히 한정되지 않고, 금속, 수지 등, 임의의 재료를 사용할 수 있다. 시일성 향상의 관점에서는, 나사를 체결했을 때에 변형되어 시일성을 높일 수 있는, 수지, 구리 등을 사용하는 것이 바람직하다.

[0119] 또, 보다 확실하게 누설을 방지한다는 관점에서는, 시일 부재를 이중 배치하는 것이 보다 바람직하다. 여기서, 이중 배치란, 강관과, 그 강관에 인접하는 부재 (다른 강관 또는 커플링) 사이에, 2 개의 시일 부재를 배치하는 것을 의미한다.

[0120] 또한, 본 발명과 같이 강관끼리를 나사에 의해 연결한 구조에 있어서는, 나사부에 응력이 집중된다. 그 때문에, 상기 시일 부재는, 나사부보다 강제 용기의 내부측에 배치하는 것이 바람직하다. 나사부보다 강제 용기의 내부측에 시일 부재를 배치함으로써, 나사부가 수소 가스에 접촉하는 것을 방지할 수 있다. 그리고 그 결과, 나사부의 수소 취화를 억제할 수 있으므로, 강제 용기의 파괴 리스크를 저감시킬 수 있다.

[0121] 상기 강제 용기는, 양단에 뚜껑을 구비할 수 있다. 상기 뚜껑으로는, 강제 용기를 밀폐할 수 있는 것이면 임의의 뚜껑을 사용할 수 있다. 상기 뚜껑의 재질은 특별히 한정되지 않지만, 일반적으로는 강제의 뚜껑을 사용하는 것이 바람직하다. 상기 뚜껑은, 스크루식의 뚜껑인 것이 바람직하다.

[0122] 이하, 4 개의 바람직한 연결부의 구조에 대해, 도면을 참조하여 설명한다. 또한, 이하의 실시형태에서는, 강관의 내경 및 외경이 동일한 경우를 예로 하여 설명하고 있지만, 개개의 강관의 내경 및 외경은, 동일해도 되고 상이해도 된다.

[0123] (제 1 실시형태)

[0124] 도 1 은, 본 발명의 제 1 실시형태에 있어서의 고압 수소 가스용 축압기 (1) 의 연결부의 구조를 나타내는 단면 모식도이다. 본 실시형태에 있어서의 고압 수소 가스용 축압기의 강제 용기는, 복수의 강관 (10) 으로 구성되어 있고, 서로 인접하는 강관끼리는, 도 1 에 나타낸 구조의 나사에 의해 연결되어 있다.

[0125] 즉, 제 1 강관 (10a) 의 일방의 단부에는 암나사부 (11a) 가 형성되어 있고, 제 2 강관 (10b) 의 일방의 단부에는, 제 1 강관 (10a) 의 암나사부 (11a) 와 나사 결합하는 수나사부 (12b) 가 형성되어 있다. 그리고, 제 1 강관 (10a) 의 암나사부 (11a) 와 제 2 강관 (10b) 의 수나사부 (12b) 를 나사 결합시킴으로써, 제 1 강관 (10a) 과 제 2 강관 (10b) 이 연결되어 있다.

[0126] 시일부를 배치하는 경우에는, 암나사부 (11a) 의 가장 왼쪽의 나사부의 더욱 왼쪽의 위치, 즉, 수소 가스가 나사부에 도달하는 것을 방지할 수 있는 위치에 설치하는 것이 바람직하다 (후술하는 제 2 실시형태의 도 3 을 참조).

[0127] 상기 강제 용기는, 양단에 뚜껑을 구비할 수 있다. 상기 뚜껑으로는, 강제 용기를 밀폐할 수 있는 것이면 임의의 뚜껑을 사용할 수 있다. 예를 들어, 도 8 에 나타내는 바와 같이, 강제 용기의 단부에 스크루식의 뚜껑 (50) 을 형성할 수 있다. 또한, 후술하는 다른 실시형태에 있어서도 동일하게 뚜껑을 형성할 수 있다. 또한, 도 8 에 나타낸 강제 용기는, 나사에 의해 연결된 2 개의 강관으로 구성되어 있지만, 강관의 수는 2 이상의 임의의 수여도 된다.

[0128] (제 2 실시형태)

[0129] 도 2 는, 본 발명의 제 2 실시형태에 있어서의 고압 수소 가스용 축압기 (1) 의 연결부의 구조를 나타내는 단면 모식도이다. 본 실시형태에 있어서의 고압 수소 가스용 축압기의 강제 용기는, 복수의 강관 (10) 으로 구성되어 있고, 서로 인접하는 강관끼리는, 도 2 에 나타낸 바와 같이 강관의 내측에 형성된 커플링 (20) 을 사용하여 연결되어 있다.

- [0130] 즉, 제 1 강관 (10a) 의 일방의 단부에는 암나사부 (11a) 가 형성되어 있고, 커플링 (20) 의 일방의 단부에는, 제 1 강관 (10a) 의 암나사부 (11a) 와 나사 결합하는 수나사부 (22) 가 형성되어 있다. 또, 제 2 강관 (10b) 의 일방의 단부에는 암나사부 (11b) 가 형성되어 있고, 커플링 (20) 의 타방의 단부에는, 제 2 강관 (10b) 의 암나사부 (11b) 와 나사 결합하는 수나사부 (22) 가 형성되어 있다. 그리고, 제 1 강관 (10a) 의 암나사부 (11a) 와 커플링 (20) 의 일방의 단부의 수나사부 (22) 를, 제 2 강관 (10b) 의 암나사부 (11b) 와 커플링 (20) 의 타방의 단부의 수나사부 (22) 를, 각각 나사 결합시킴으로써, 커플링 (20) 을 통하여 제 1 강관 (10a) 과 제 2 강관 (10b) 이 연결되어 있다.
- [0131] 또한, 도 3 에 나타내는 바와 같이, 강관 (10) 과 커플링 (20) 사이에 시일 부재로서의 0 링 (30) 을 형성하는 것이 바람직하다. 특히, 도 3 에 나타낸 바와 같이 0 링 (30) 을 이중 배치함으로써, 보다 확실하게 수소 가스의 누설을 방지할 수 있다.
- [0132] 또한, 도 2, 3 에 나타낸 예에서는, 커플링 (20) 의 내경과 강관 (10) 의 내경이 동일한 케이스를 나타내고 있지만, 커플링 (20) 의 내경과 강관 (10) 의 내경은 상이해도 된다. 또, 도 2, 3 에 나타낸 예에서는, 제 1 강관 (10a) 과 제 2 강관 (10b) 이 접촉하고 있지만, 양자는 떨어져 있어도 된다.
- [0133] (제 3 실시형태)
- [0134] 도 4 는, 본 발명의 제 3 실시형태에 있어서의 고압 수소 가스용 축압기 (1) 의 연결부의 구조를 나타내는 단면 모식도이다. 본 실시형태에 있어서의 고압 수소 가스용 축압기의 강제 용기는, 복수의 강관 (10) 으로 구성되어 있고, 서로 인접하는 강관끼리는, 도 4 에 나타낸 바와 같이 강관의 내측에 형성된 커플링 (20) 을 사용하여 연결되어 있다.
- [0135] 즉, 제 1 강관 (10a) 의 일방의 단부에는 수나사부 (12a) 가 형성되어 있고, 커플링 (20) 의 일방의 단부에는, 제 1 강관 (10a) 의 수나사부 (12a) 와 나사 결합하는 암나사부 (21) 가 형성되어 있다. 또, 제 2 강관 (10b) 의 일방의 단부에는 수나사부 (12b) 가 형성되어 있고, 커플링 (20) 의 타방의 단부에는, 제 2 강관 (10b) 의 수나사부 (12b) 와 나사 결합하는 암나사부 (21) 가 형성되어 있다. 그리고, 제 1 강관 (10a) 의 수나사부 (12a) 와 커플링 (20) 의 일방의 단부의 암나사부 (21) 를, 제 2 강관 (10b) 의 수나사부 (12b) 와 커플링 (20) 의 타방의 단부의 암나사부 (21) 를, 각각 나사 결합시킴으로써, 커플링 (20) 을 통하여 제 1 강관 (10a) 과 제 2 강관 (10b) 이 연결되어 있다.
- [0136] 또한, 도 5 에 나타내는 바와 같이, 강관 (10) 과 커플링 (20) 사이에 시일 부재로서의 0 링 (30) 을 형성하는 것이 바람직하다. 특히, 도 5 에 나타낸 예에서는, 제 1 강관 (10a) 과 커플링 (20) 사이, 제 2 강관 (10b) 과 커플링 (20) 사이에 더하여, 제 1 강관 (10a) 과 제 2 강관 (10b) 사이 (맞닿음부) 에도 0 링이 형성되어 있다.
- [0137] 또한, 도 4, 5 에 나타낸 예에서는, 커플링 (20) 의 내경과 강관 (10) 의 내경이 동일한 케이스를 나타내고 있지만, 커플링 (20) 의 내경과 강관 (10) 의 내경은 상이해도 된다. 또, 도 4, 5 에 나타낸 예에서는, 제 1 강관 (10a) 과 제 2 강관 (10b) 이 접촉하고 있지만, 다음의 제 4 실시형태에서 설명하는 바와 같이 양자는 떨어져 있어도 된다.
- [0138] (제 4 실시형태)
- [0139] 도 6 은, 본 발명의 제 4 실시형태에 있어서의 고압 수소 가스용 축압기 (1) 의 연결부의 구조를 나타내는 단면 모식도이다. 본 실시형태의 강제 용기에서는, 상기 제 3 실시형태와 동일하게, 서로 인접하는 강관끼리가 강관의 내측에 형성된 커플링 (20) 을 사용하여 연결되어 있다. 그러나, 상기 제 3 실시형태에서는 제 1 강관 (10a) 의 선단과 제 2 강관 (10b) 의 선단이 맞닿아 있었던 반면, 본 실시형태에서는 제 1 강관 (10a) 의 선단과 제 2 강관 (10b) 의 선단이 직접 접촉하지 않는다. 그 이외의 점에 대해서는 상기 제 3 실시형태와 동일하게 할 수 있다. 예를 들어, 도 7 에 나타내는 바와 같이, 강관 (10) 과 커플링 (20) 사이에 시일 부재로서의 0 링 (30) 을 형성하는 것이 바람직하다.
- [0140] 또한, 수소 누설 검지를 위한 리크 포트를 적어도 1 개 설치하는 것도 바람직하다. 리크 포트 너머에 수소 검지기를 배치함으로써, 수소 가스의 누출을 검지할 수 있다. 리크 포트의 설치 위치는 특별히 한정되지 않지만, 커플링의 단부와 그 단부에 가장 가까운 나사산 사이 및 시일 부재와 그 시일 부재에 가장 가까운 나사산 사이의 일방 또는 양방에 설치하는 것이 바람직하다. 도 7 에, 리크 포트 (40) 를 형성하는 경우의 배치의 일례를 나타낸다. 리크 포트 (40) 에는, 도시되지 않는 수소 검지기 등을 접속시킬 수 있다.

- [0141] 또한, 도 1 에서 나타낸 바와 같이 나사에 의해 강관끼리를 직접 연결하는 경우나, 도 2, 3 에서 나타낸 바와 같이 강관의 내측에 형성된 커플링을 사용하는 경우에도 리크 포트를 형성할 수 있다. 그러나, 그 경우에는 강관에 리크 포트를 형성할 필요가 있다. 한편, 상기 도 7 에서 나타낸 바와 같이, 강관의 외측에 형성된 커플링을 사용하는 경우에는, 커플링에 리크 포트를 형성하면 되기 때문에, 제조가 보다 용이하다.
- [0142] 또한, 연결부의 구조에 상관없이, 나사 체결 후, 사용 압력의 1.5 배 이상의 압력을 부여하여, 나사 바닥에 압축 잔류 응력을 부여하는 것도 바람직하다. 압축 잔류 응력을 부여함으로써, 사용 가능 횟수를 증가시킬 수 있다.
- [0143] 또, 부식 방지의 관점에서 표면에 도장 등의 방식 처리를 실시하는 것이 바람직하다. 또, 나사 접합부 근방에 지지대를 설치하여 접합부에 과잉의 응력을 저감시키는 것이 바람직하다.
- [0144] 실시예
- [0145] 다음으로, 본 발명의 효과를 확인하기 위해, 복수의 강관을 사용하여 강제 용기를 제조하고, 성능을 평가하였다.
- [0146] 구체적으로는, 먼저, 표 1 에 나타내는 재질, 종류, 치수의 강관을, 각각 2 개씩 제조하고, 표 1 에 나타낸 접합 방법으로 2 개의 강관을 접합하여 강제 용기로 하였다. 표 1 에 있어서의 강관의 재질의 기호는, 각각 다음의 강종을 의미한다.
- [0147] a : X52
- [0148] b : SCM435
- [0149] c : SNCN439
- [0150] d : X65
- [0151] 또, 표 1 에 나타낸 접합 방법의 기호 A ~ F 는, 각각 이하의 구조를 나타내고 있다. A ~ E 의 구조는, 각각 도 1 ~ 5 에 나타낸 바와 같이 하였다. 또, 0 링으로는, 수지제의 것을 사용하였다.
- [0152] A : 직접 나사 접합
- [0153] B : 내측 커플링 (0 링 없음)
- [0154] C : 내측 커플링 (0 링 있음)
- [0155] D : 외면 커플링 (0 링 없음)
- [0156] E : 외면 커플링 (0 링 있음)
- [0157] F : 용접
- [0158] 상기 용기의 양 단부는, 접합부와 동일한 나사 형상을 갖는 두께 110 mm 의 뚜껑으로 봉지하였다. 어느 실시예에 있어서도 상기 뚜껑의 재질은 TS (인장 강도) : 900 MPa 급의 SNCM439 강으로 하고, 상기 SNCM439 강을 단조에 의해 뚜껑 형상으로 하였다. 수소 가스는 상기 뚜껑의 중앙부에 구멍을 뚫고, 배관을 연결하여 도입하였다. 또한, 뚜껑은, 나사 구조가 없는 뚜껑과, 뚜껑을 지지하는 나사가 부착된 부재의 2 개를 구비하는 구조여도 된다.
- [0159] 또한, 사용한 소재 중, SCM435, SNCM439 강에 대해서는, 켈칭 템퍼링에 의해 TS 800 ~ 900 MPa 로 조정하였다. 또, X52 및 X65 에 대해서는, 열간 압연에 의해 제조하였다.
- [0160] 또한, 비교를 위해, No.7 에서는 전봉 용접 강관을 사용하고, 상기 전봉 용접 강관끼리를 용접으로 접합하였다. 또, No.8 에서는 UOE 강관을 용접에 의해 접합하였다. 용접은 각 강종의 표준적인 조건에서 실시하였다. 나사에 의해 접합한 No.1 ~ 6 의 접합부는, 용접을 실시하지 않았기 때문에 모재 조직인 채인 반면, No.7 ~ 9 의 접합부 조직은 용접 조직이다.
- [0161] 각 강관에 있어서의 마텐자이트 (M), 베이나이트 (B), 잔류 오스테나이트 (RA), 및 페라이트의 면적 분율을, 앞서 설명한 방법으로 측정하였다. 또, 에스펙트비 2.0 이상 또한 장경 10 μ m 이상의 개재물의 개수 밀도에 대해서도, 앞서 설명한 방법으로 측정하였다. 상기 면적 분율 및 개재물의 개수 밀도의 측정에는, 강관의 길이 방향 중앙, 또한 내측의 두께 1/4 위치로부터 채취한 시험편을 사용하였다. 측정 결과를 표 1 에 병기

한다.

[0162] (승압 시험)

[0163] 얻어진 강제 용기를 사용하여 고압 수소 가스용 축압기를 제조하고, 실제로 내부에 순수소를 충전하여, 나사 접합 혹은 용접부로부터의 수소의 누출을 확인하였다. 구체적으로는, 수소 가스를 압축기로 소정의 압력까지 승압시키고, 상기 고압 수소 가스용 축압기에 충전하였다. 그 상태에서 10 분간 유지하여, 수소 가스의 누출이 발생하는지의 여부를 시험하였다. 압력을 5 MPa 간격으로 최대 50 MPa 까지 상승시키면서 상기 시험을 반복 실시하여, 누설이 발생하지 않는 최고 압력을 구하였다. 평가 결과를 표 1 에 병기한다.

[0164] (인성)

[0165] 또, 제조한 축압기를 사용하여, 수소 가스 중에 있어서의 접합부의 인성을, ASTM-E1820 에 따라 평가하였다. 구체적으로는, 접합부 (용접에 의해 접합한 강제 용기에 대해서는, 용접 금속 및 HAZ (열 영향부)) 로부터, 시험편의 방향이 L-C 방향이 되도록 축압기 1 개당 3 개의 시험편을 채취하고, 파괴 인성을 측정하였다. 또한, 시험 방법은 ASME E1681 이어도 되고 ASTM E399 에 따른 방법으로 평가해도 된다. 시험 환경은, 순수소, 21 MPa 로 하였다. 3 개의 시험편에 있어서의 파괴 인성값의 평균값이 $52 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 보다 높은 경우를 양호, $52 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 이하인 경우를 불량으로 판정하였다. 평가 결과를 표 1 에 병기한다.

[0166] 표 1 에 나타낸 결과로부터 알 수 있는 바와 같이, 본 발명의 조건을 만족하는 고압 수소 가스용 축압기는, 누설이 발생하지 않는 최고 압력이 15 MPa 이상임과 함께, 수소 가스 중에 있어서의 접합부의 인성도 양호하였다. 이에 반해, 용접에 의해 접합한 축압기에서는, 누설이 발생하지 않는 최고 압력이 10 MPa 이었다. 또, 수소 가스 중에 있어서의 접합부의 인성도 불량이었다.

[0167] 이와 같이, 본 발명에 의하면, 생산이나 운반이 용이한 강관을 접속시킴으로써, 고압 수소 가스를 안정적으로 저장할 수 있는 대용량의 축압기를 용이하게 제조할 수 있다. 또한, 본 실시예에서는 2 개의 강관으로 강제 용기를 제조했지만, 3 개 이상 사용하는 경우에도 압력이 동일하면 개개의 접속부에 가해지는 부하는 기본적으로 변하지 않는다. 참고로, 각 실시예의 사이즈의 강관을 사용하여, 일반적인 수소 스테이션의 수소 저장량 약 100 kg 의 10 배인 1000 kg 의 수소를 저장할 수 있는 축압기를 제조하기 위해 필요한 강관의 개수를 표 1 에 병기한다.

표 1

No.	재질	종류	강관										접합 방법	평가 결과		1000 kg 의 수소를 저장하기 위해 필요한 강관의 개수	비고
			사이즈			각 조건의 면적 비율 *1						개재물의 개수 밀도 *2 (개/mm ²)		누설이 발생하지 않는 최소 압력 (MPa)	점합부 소재의 수소 가스 환경 중 인성		
			두께 (mm)	외경 (mm)	길이 (mm)	M (%)	B (%)	RA (%)	F (%)	기타 (%)							
1	a	심리스	35	350	9000	0	84	1	4	11	0	A	15	양호	140	실시예	
2	b	심리스	30	400	6000	85	12	0	0	3	0	B	25	양호	90	실시예	
3	b	심리스	35	400	5000	92	8	0	0	0	2	C	50MPa 이상	양호	60	실시예	
4	c	심리스	40	460	6000	100	0	0	0	0	0	D	30	양호	60	실시예	
5	c	심리스	40	420	7000	100	0	0	0	0	0	E	50MPa 이상	양호	45	실시예	
6	d	심리스	25	300	8000	5	92	0	3	0	0	E	50MPa 이상	양호	60	실시예	
7	b	전용관	30	360	12000	0	90	3	0	7	5	E	10	불량	135	비교예	
8	a	UCF	20	560	12000	0	90	2	4	4	7	E	10	불량	45	비교예	
9	a	심리스	35	350	9000	0	90	2	2	6	0	E	10	불량	203	비교예	

*1 M : 마텐자이트, B : 베이나이트, RA : 잔류 오스테나이트, F : 페라이트

*2 에스펙트비 2.0 이상 또한 종경 10 μm 이상의 개재물의 개수 밀도

[0168]

부호의 설명

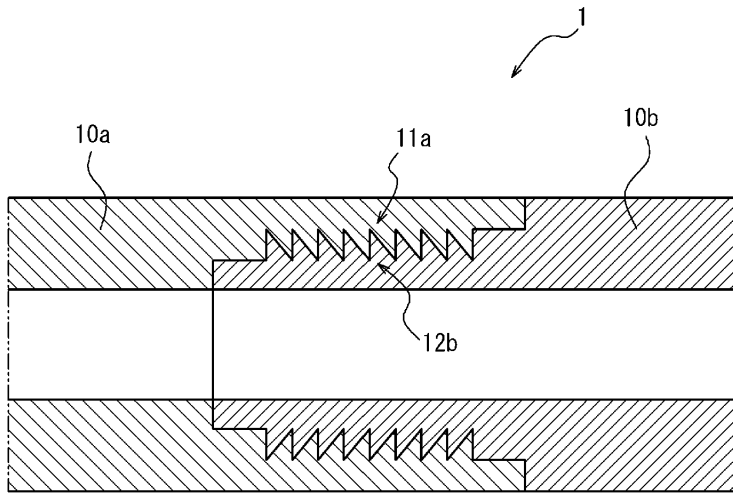
[0169]

- 1 : 고압 수소 가스용 축압기
- 10 : 강관
- (10a : 제 1 강관)
- (10b : 제 2 강관)
- 11 : 암나사부
- 12 : 수나사부

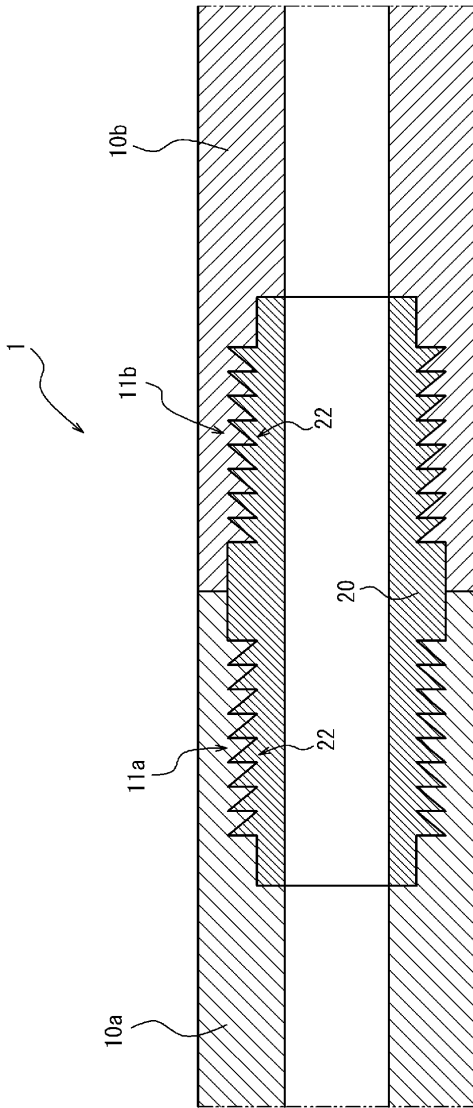
- 20 : 커플링
- 21 : 암나사부
- 22 : 수나사부
- 30 : O 링
- 40 : 리크 포트
- 50 : 뚜껑

도면

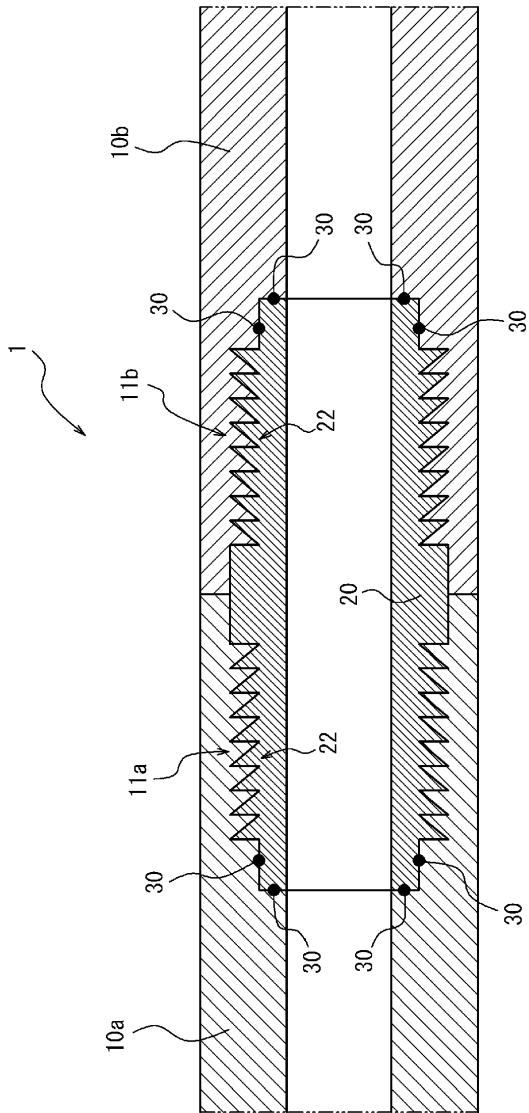
도면1



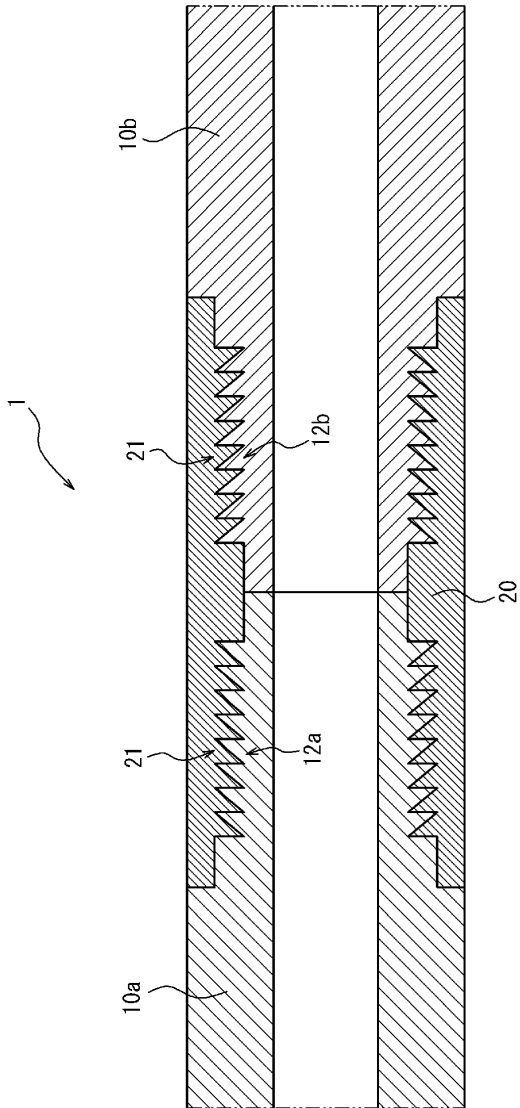
도면2



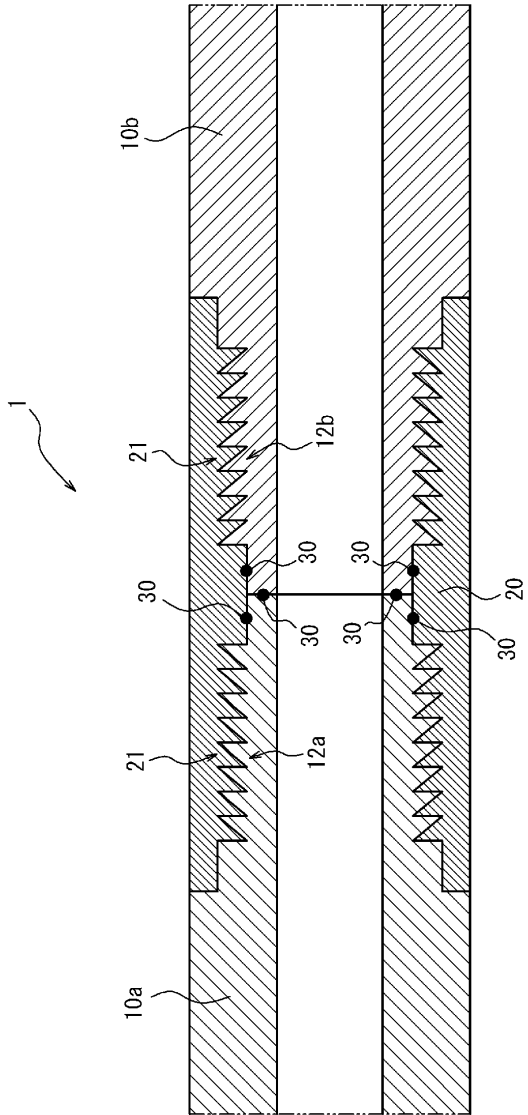
도면3



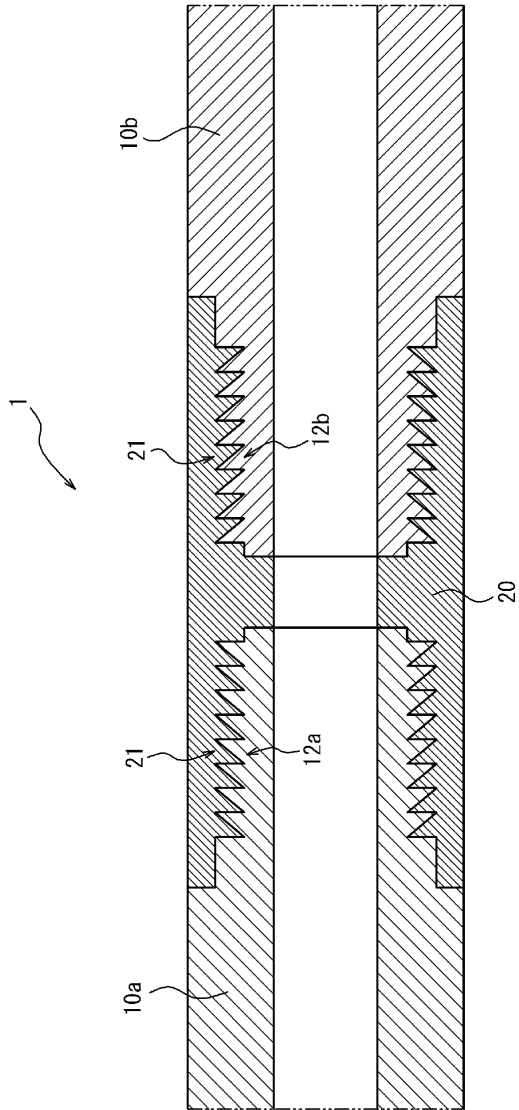
도면4



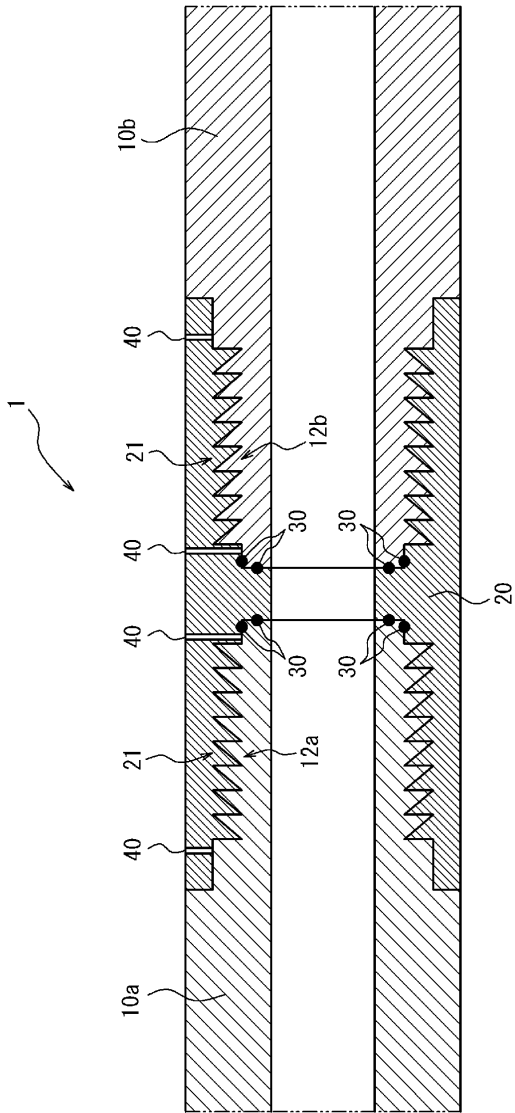
도면5



도면6



도면7



도면8

