



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0046021  
(43) 공개일자 2020년05월06일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
F17C 13/00 (2006.01) F17C 5/02 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
F17C 13/00 (2013.01)  
F17C 5/02 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-7004415
- (22) 출원일자(국제) 2018년09월12일  
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2020년02월14일
- (86) 국제출원번호 PCT/EP2018/074549
- (87) 국제공개번호 WO 2019/053035  
국제공개일자 2019년03월21일
- (30) 우선권주장  
10 2017 121 364.3 2017년09월14일 독일(DE)

- (71) 출원인  
산드빅 마테리알스 테크놀로지 도이칠란트 게엠베하  
독일 40549 뒤셀도르프 헤르터 란트슈트라세 229/243
- (72) 발명자  
헤드팔 크리슈토퍼  
독일 33615 빌레펠트 칸트슈트라세 6  
프로비제 토마스  
독일 33775 페르스몰트 베버캄프 6
- (74) 대리인  
특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 15 항

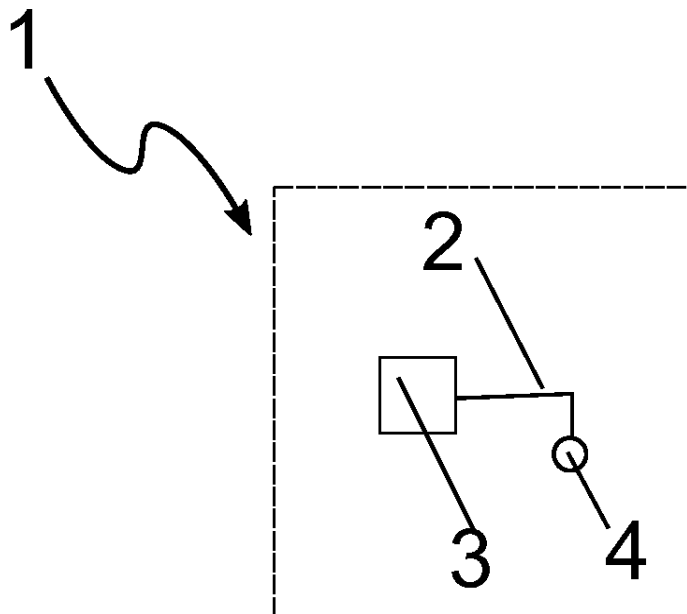
(54) 발명의 명칭 액체 수소 전달 시스템

(57) 요약

본 개시는 액체 수소 전달 장비, 액체 수소 수용 장비, 및 상기 액체 수소 전달 장비와 상기 액체 수소 수용 장비 사이에서 액체 수소를 안내하기 위하여 상기 액체 수소 전달 장비 및 상기 액체 수소 수용 장비와 유체 연통하는 도관을 갖는 액체 수소 전달 시스템에 관한 것이다. 지금까지, 이런 성분들의 조성을 포함하는 오스테

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



나이트계 스테인레스 강으로 제조된 튜브는 용접된다. 액체 수소 적용들에 사용되는 튜브들의 주요 문제점으로는 균열 위험이 있다. 특히, 이들 튜브들이 극한 조건들에서 사용되는 경우. 따라서, 적어도 전술한 문제점들 중 하나를 극복하는 오스테나이트계 스테인레스 강으로 제조된 튜브를 제공할 필요가 있다. 따라서, 본 개시에 따르면, 액체 수소 전달 시스템을 제공하는 것이 제안되고, 여기서 도관의 적어도 섹션에는, 중량% 로,  $C \leq 0.080$ ,  $8.00 \leq Mn \leq 10.00$ ,  $Si \leq 1.00$ ,  $P \leq 0.030$ ,  $S \leq 0.030$ ,  $19.00 \leq Cr \leq 21.50$ ,  $5.50 \leq Ni \leq 7.50$ ,  $0.15 \leq N \leq 0.40$ ,  $Mo \leq 0.75$ ,  $Cu \leq 0.75$ , 잔부 Fe 및 정상적으로 발생하는 불순물들을 포함하는 오스테나이트계 스테인레스 강으로 제조된 이음매 없는 튜브가 제공된다.

(52) CPC특허분류

*F17C 2205/0352* (2013.01)

*F17C 2221/012* (2013.01)

*F17C 2223/0153* (2013.01)

*F17C 2223/0161* (2013.01)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

액체 수소 전달 시스템으로서,

액체 수소 전달 장비,

액체 수소 수용 장비, 및

상기 액체 수소 전달 장비와 상기 액체 수소 수용 장비 사이에서 액체 수소를 안내하기 위하여 상기 액체 수소 전달 장비 및 상기 액체 수소 수용 장비와 유체 연통하는 도관을 갖고,

도관의 적어도 섹션 (section) 이, 중량% 로,

$C \leq 0.080$ ,

$8.00 \leq Mn \leq 10.00$ ,

$Si \leq 1.00$ ,

$P \leq 0.030$ ,

$S \leq 0.030$ ,

$19.00 \leq Cr \leq 21.50$ ,

$5.50 \leq Ni \leq 7.50$ ,

$0.15 \leq N \leq 0.40$ ,

$Mo \leq 0.75$ ,

$Cu \leq 0.75$ ,

잔부 Fe 및 불가피하게 발생하는 불순물들을 포함하는 오스테나이트계 스테인레스 강으로 제조된 이음매 없는 튜브 (2) 에 의해서 제공되는 것을 특징으로 하는, 액체 수소 전달 시스템.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 액체 수소 전달 시스템은 충전 스테이션 (1) 이고, 여기서 상기 액체 수소 전달 장비는 액체 수소를 위한 저장부 (3) 이고, 그리고 상기 액체 수소 수용 장비는 펌프 노즐 (4) 인, 액체 수소 전달 시스템.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 액체 수소 전달 시스템은 차량, 항공기 또는 배 (5) 이고, 여기서 상기 액체 수소 전달 장비는 액체 수소를 위한 저장부 (3) 이고, 그리고 상기 액체 수소 수용 장비는 수소 엔진 또는 연료 전지 (6) 인, 액체 수소 전달 시스템.

#### 청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 튜브 (2) 는,

중량% 로,

$C \leq 0.080$ ,

$8.00 \leq Mn \leq 10.00,$

$Si \leq 1.00,$

$P \leq 0.030,$

$S \leq 0.030,$

$19.00 \leq Cr \leq 21.50,$

$5.50 \leq Ni \leq 7.50,$

$0.15 \leq N \leq 0.40,$

$Mo \leq 0.75,$

$Cu \leq 0.75,$

잔부 Fe 및 불가피하게 발생하는 불순물들을 포함하는 오스테나이트계 스테인레스 강의 용융물을 제공하는 단계 (100),

상기 용융물로부터 빌렛을 압출하는 단계 (101),

관형 중공부로 상기 빌렛을 열간 성형하는 단계 (102),

상기 중공부를 냉각시키는 단계 (103), 그리고

상기 튜브 (2) 로 상기 중공부를 냉간 성형하는 단계 (104, 105) 를 포함하는 방법에 의해서 얻어지는, 액체 수소 전달 시스템.

#### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 냉간 성형하는 단계는 냉간 필거 밀링 (104) 또는 냉간 인발 (105) 인, 액체 수소 전달 시스템.

#### 청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 튜브 (2) 는 냉간 필거 밀링 (104) 에 의해서 냉간 성형되고, 그리고 냉간 필거 밀링 (104) 후에, 상기 튜브 (2) 는 인발 다이를 통하여 냉간 인발 (105) 되는, 액체 수소 전달 시스템.

#### 청구항 7

제 5 항 또는 제 6 항에 있어서,

냉간 성형 (104, 105) 후에, 상기 튜브 (2) 는 링 오토프레타즈 (autofrettage) 또는 볼 오토프레타즈에 의해서 처리되는, 액체 수소 전달 시스템.

#### 청구항 8

제 5 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

냉간 성형 (104, 105) 후에, 상기 튜브 (2) 는 400°C 내지 460°C 범위의 온도에서 어닐링되고, 여기서 어닐링 동안, 상기 튜브는 제어된 분위기에서 유지되는, 액체 수소 전달 시스템.

#### 청구항 9

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 튜브 (2) 는 40 mm 이하의 외부 직경 및 1.32 mm 이하의 벽 두께를 갖는, 액체 수소 전달 시스템.

#### 청구항 10

도관에서 100 bar 이상으로 가압된 액체 수소를 안내하기 위한 제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 따른 액

체 수소 전달 시스템의 용도.

**청구항 11**

액체 수소 전달 시스템의 제조 방법으로서, 상기 액체 수소 전달 시스템의 도관을 형성하는 튜브 (2) 의 제조는,

중량% 로,

$$C \leq 0.080,$$

$$8.00 \leq Mn \leq 10.00,$$

$$Si \leq 1.00,$$

$$P \leq 0.030,$$

$$S \leq 0.030,$$

$$19.00 \leq Cr \leq 21.50,$$

$$5.50 \leq Ni \leq 7.50,$$

$$0.15 \leq N \leq 0.40,$$

$$Mo \leq 0.75,$$

$$Cu \leq 0.75,$$

잔부 Fe 및 불가피하게 발생하는 불순물들을 포함하는 오스테나이트계 스테인레스 강의 용융물을 제공하는 단계 (100),

상기 용융물로부터 빌렛을 압출하는 단계 (101),

관형 중공부로 상기 빌렛을 열간 성형하는 단계 (102),

상기 중공부를 냉각시키는 단계 (103), 그리고

상기 튜브 (2) 로 상기 중공부를 냉간 성형하는 단계 (104, 105) 를 포함하는, 액체 수소 전달 시스템의 제조 방법.

**청구항 12**

제 11 항에 있어서,

상기 냉간 성형하는 단계는 냉간 필거 밀링 (104) 또는 냉간 인발 (105) 인, 액체 수소 전달 시스템의 제조 방법.

**청구항 13**

제 11 항 또는 제 12 항에 있어서,

상기 중공부는 냉간 필거 밀링 (104) 에 의해서 냉간 성형되고, 그리고 냉간 필거 밀링 (104) 후에, 상기 튜브 (2) 는 인발 다이를 통하여 냉간 인발 (105) 되는, 액체 수소 전달 시스템의 제조 방법.

**청구항 14**

제 12 항 또는 제 13 항에 있어서,

냉간 성형 후에, 상기 튜브 (2) 는 링 오토프레타즈 또는 볼 오토프레타즈에 의해서 처리되는, 액체 수소 전달 시스템의 제조 방법.

**청구항 15**

제 12 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서,

냉간 필거 밀링 (104) 후에, 상기 튜브 (2) 는 400℃ 내지 460℃ 범위의 온도에서 어닐링되고, 여기서 어닐링

동안, 상기 튜브는 제어된 분위기에서 유지되는, 액체 수소 전달 시스템의 제조 방법.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 개시는 액체 수소 전달 장비, 액체 수소 수용 장비, 및 상기 액체 수소 전달 장비와 상기 액체 수소 수용 장비 사이에서 액체 수소를 안내하기 위하여 상기 액체 수소 전달 장비 및 상기 액체 수소 수용 장비와 유체 연통하는 도관을 갖는 액체 수소 전달 시스템에 관한 것이다.

[0002] 본 개시는 또한 액체 수소 전달 시스템의 제조 방법에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0003] 액체 수소를 사용하는 적용들은 액체 수소가  $-253^{\circ}\text{C}$  부근에서 비등하기 때문에 극저온 저장을 필요로 한다. 따라서, 이들 극한 조건들 하에서 사용될 수 있는 재료가 필요하다. 또 다른 문제는 수소가 쉽게 가연성이고, 그리고 기체 상태에서, 폭발성이 높다는 것이다. 수소를 사용할 때 발생하는 또 다른 문제는 수소 취화 (hydrogen embrittlement) 로서 공지되어 있다. 이 효과는 개별 수소 원자들이 금속을 통하여 확산될 것이기 때문에 수소가 금속 표면과 접촉할 때마다 관련이 있다.

[0004] 용접된 튜브들은 용접 구역 내에서 균열 위험이 있다. 또한, 액체 수소를 전달하는 튜브에서 균열이 존재하게 되면, 낮은 비등 온도로 인해, 수소는 즉시 기체 상태로 변한다. 기체 상태의 수소는 특정 위치에 축적될 수 있고, 그런 다음 폭발의 위험이 존재하게 될 것이다. 크랙은 수소가 금속 표면에 도입될 수 있는 더 큰 표면과 동등하기 때문에, 재료에서의 균열들은 또한 수소 취화로부터 이익을 얻을 수 있다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0005] 본 개시의 양태는 상기 단점들 중 적어도 하나를 극복하는 액체 수소 전달 시스템을 제공하는 것이다. 본 개시의 다른 양태는 액체 수소의 전달을 위하여 더 낮은 위험들과 더 높은 표준들을 제공하는 액체 수소 전달 시스템을 제공하는 것이다. 본 개시의 또 다른 양태는 용접된 튜브와 동일하거나 더 적은 피로를 갖고, 그리고 동시에 감소된 중량을 제공하는 튜브를 갖는 액체 수소 전달 시스템을 제공하는 것이다.

#### 과제의 해결 수단

[0006] 상기 언급된 양태들 중 적어도 하나는 청구항 제 1 항에 따른 액체 수소 전달 시스템에 의해서 해결된다. 상기 시스템에서, 도관의 적어도 섹션 (section) 에는, 중량% 로,  $C \leq 0.080$ ,  $8.00 \leq Mn \leq 10.00$ ,  $Si \leq 1.00$ ,  $P \leq 0.030$ ,  $S \leq 0.030$ ,  $19.00 \leq Cr \leq 21.50$ ,  $5.50 \leq Ni \leq 7.50$ ,  $0.15 \leq N \leq 0.40$ ,  $Mo \leq 0.75$ ,  $Cu \leq 0.75$ , 잔부 Fe 및 정상적으로 발생하는 불순물들을 포함하는 오스테나이트계 스테인레스 강으로 제조된 이음매 없는 튜브가 제공된다.

[0007] 본 개시에서, 용어 “액체 수소 전달” 은 지점 A 로부터 지점 B 로의 도관을 통해 액체 수소의 안내되는 전달 과정을 설명하는 용어들 “액체 수소 수송” 과 동의어로 사용된다.

[0008] 본 개시에 따른 실시 형태에서, 이음매 없는 튜브는 상기 언급된 동일한 원소들로 이루어지거나 이들을 포함하지만, 중량% 로,  $C \leq 0.040$  의 최대 함량을 갖는 오스테나이트계 스테인레스 강으로 제조된다.

[0009] 상기 언급된 원소들에 대해, 오스테나이트계 스테인레스 강은, 함량의 하한이 제공되지 않는 경우에, 중량% 로, “0” 일 수 있는 최소치로 이루어지거나 이를 포함한다는 것에 유념해야 한다. 이들 원소들은 C, P, S, Mo 및 Cu 이다.

[0010] 상기 또는 이하에 규정되는 바와 같은 오스테나이트계 스테인레스 합금은 선택적으로 Al, V, Nb, Ti, O, Zr, Hf, Ta, Mg, Pb, Co, Bi, Ca, La, Ce, Y 및 B 의 그룹으로부터 선택된 하나 이상의 원소들을 포함할 수 있다. 이들 원소들은, 예를 들면, 탈산, 내식성, 열연성 및/또는 기계 가공성을 향상시키기 위하여 제조 공정 동안 첨가될 수도 있다. 하지만, 당업계에 공지된 바와 같이, 이들 원소들의 첨가는 존재하는 원소에 따라 제한되어야 한다. 따라서, 첨가되는 경우에, 이들 원소들의 전체 함량은 1.0 중량% 이하이다.

- [0011] 여기서 언급된 바와 같은 용어 “불순물들” 은 광석들 및 스크랩들과 같은 원료들로 인해, 그리고 생산 공정에서의 다양한 다른 인자들로 인해, 산업적으로 생산시 오스테나이트계 스테인레스 합금을 오염시키고, 그리고 상기 또는 이하에서 규정된 바와 같이 오스테나이트계 스테인레스 합금에 악영향을 미치지 않는 범위들 내에서 오염시키도록 허용될 수 있는 물질들을 의미하는 것으로 의도된다.
- [0012] 실시 형태에서, 도관의 적어도 섹션에는, 중량% 로,  $C \leq 0.080$ ,  $8.00 \leq Mn \leq 10.00$ ,  $Si \leq 1.00$ ,  $P \leq 0.030$ ,  $S \leq 0.030$ ,  $19.00 \leq Cr \leq 21.50$ ,  $5.50 \leq Ni \leq 7.50$ ,  $0.15 \leq N \leq 0.40$ ,  $Mo \leq 0.75$ ,  $Cu \leq 0.75$ , 잔부 Fe 및 정상적으로 발생하는 불순물들을 포함하는 오스테나이트계 스테인레스 강으로 제조된 이음매 없는 튜브가 제공된다.
- [0013] 본 개시의 다른 실시 형태에서, 이음매 없는 튜브는 상기 언급된 동일한 원소들로 이루어지거나 이들을 포함하지만, 중량% 로,  $C \leq 0.040$  의 최대 함량을 갖는 오스테나이트계 스테인레스 강으로 제조된다.
- [0014] 상기 언급된 오스테나이트계 스테인레스 강은 21-6-9 스테인레스 강 (또한 UNS S21900 으로 지칭됨) 으로 공지된다.
- [0015] 상기 21-6-9 스테인레스 강은 높은 수준의 Mn, 낮은 수준의 Ni 및 N 의 첨가를 가진다. 이것은 경질 조건에서 높은 기계적 강도, 매우 양호한 충격 인성 및 심지어 매우 낮은 온도들 및 매우 양호한 고온 내산화성을 특징으로 한다.
- [0016] 지금까지, 오스테나이트계 21-6-9 스테인레스 강으로 제조된 튜브들은 용접된 튜브들로서만 제공되었다. 용접된 튜브는, 예를 들면, 튜브로 편평한 강 시트를 구부리는 단계, 그리고 이음매를 형성하도록 함께 조인트를 용접하는 단계에 의해서 제조된다. 몇 가지 다른 제조 단계들이 이어질 수 있다.
- [0017] 이런 용접된 튜브들의 잠재적인 단점은 균열의 위험이고, 여기서 용접 구역은 균열 위치로 선호된다. 이 상황은 21-6-9 강의 용접된 튜브에 의한 피로 실험들에서 나타났다. 특히, 이것은 튜브들이 극한 조건들에 노출되는 위치들에서 문제가 된다. 극한 조건들은, 예를 들면, 높은 기계적 응력들, 고온 또는 저온, 고온 구배들 및 고압들 또는 고압 구배들을 의미한다.
- [0018] 본 개시에 따르면, 도관에 제공되는 튜브는 이음매 없는 튜브이다.
- [0019] 이음매 없는 튜브의 이점들로는 용접된 튜브와 비교할 때 구성 요소들의 수명의 증가, 동일한 강도에서 더 낮은 중량에 대한 설계 가능성, 및 이음매 없는 튜브의 내부 형상의 보다 나은 품질이 있다.
- [0020] 용접된 튜브에 비해 이음매 없는 튜브의 또 다른 이점으로는 더 높은 후프 응력들을 견딜 가능성이 있다는 것이다. 따라서, 펄스 압력 테스트링내에서, Woehler 곡선으로서 또한 공지된 응력-사이클 (S-N) 곡선이 수행되었다. 동일한 외부 직경과 동일한 벽 두께를 갖는 용접된 튜브 및 이음매 없는 튜브의 경우에, 이음매 없는 튜브들이 적용된 압력들에 관계없이 항상 더 높은 후프 응력들을 견딜 수 있다는 결과들이 나왔다. 결과적으로, 용접된 튜브와 비교할 때, 더 얇은 벽 두께를 갖지만 동일한 후프 응력들을 견딜 수 있는 이음매 없는 튜브를 제조할 수 있다. 이런 이유로, 재료를 절약할 뿐만 아니라 중량을 줄일 수 있다.
- [0021] 실시 형태에서, 액체 수소 전달 시스템은 충전 스테이션이고, 여기서 액체 수소 전달 장비는 액체 수소를 위한 저장부이고, 그리고 액체 수소 수용 장비는 펌프 노즐이다.
- [0022] 실시 형태에서, 액체 수소 전달 시스템은 차량, 항공기 또는 배이고, 여기서 액체 수소 전달 장비는 액체 수소를 위한 저장부이고, 그리고 액체 수소 수용 장비는 수소 엔진 또는 연료 전지이다.
- [0023] 본 개시의 의미에서 “배” 라는 용어는 이것이 선박들, 보트들, 호버 크래프트 및 잠수함들과 같은 모든 타입들의 수상 차량들을 커버하도록 광범위하게 이해되어야 한다는 것에 유념해야 한다. 또한, 본 개시의 의미에서 “항공기” 라는 용어는 이것이 비행기들, 헬리콥터들 로켓들, 위성들 및 다른 우주 장비를 커버하도록 광범위하게 이해되어야 한다는 것이 언급되어야 한다.
- [0024] 이상의 내용 뿐만 아니라 실시 형태들의 상세한 설명 및 청구범위에 대한 이하의 내용이 오스테나이트계 스테인레스 강 튜브 또는 오스테나이트계 스테인레스 강 튜브의 제조 방법에 참조되는 한, 설명된 특징들은 상기 튜브 및 상기 튜브의 제조 방법 모두에 적용 가능하다.
- [0025] 본 개시의 다른 실시 형태에서, 튜브는, 중량% 로,  $C \leq 0.080$ ,  $8.00 \leq Mn \leq 10.00$ ,  $Si \leq 1.00$ ,  $P \leq 0.030$ ,  $S \leq 0.030$ ,  $19.00 \leq Cr \leq 21.50$ ,  $5.50 \leq Ni \leq 7.50$ ,  $0.15 \leq N \leq 0.40$ ,  $Mo \leq 0.75$ ,  $Cu \leq 0.75$ , 잔부 Fe 및 정상적으로 발생하는 불순물들을 포함하는 오스테나이트계 스테인레스 강의 용융물을 제공하

는 단계, 상기 용융물로부터 빌렛을 압출하는 단계, 관형 중공부로 상기 빌렛을 열간 성형하는 단계, 상기 중공부를 냉각시키는 단계, 그리고 튜브로 상기 중공부를 냉간 성형하는 단계를 포함하는 방법에 의해서 얻어진다.

- [0026] 실시 형태에서, 상기 열간 성형하는 단계는 열간 압연에 의해서 수행된다.
- [0027] 실시 형태에서, 오스테나이트계 스테인레스 강의 용융물이 제공되고, 상기 오스테나이트계 스테인레스 강은, 중량% 로,  $C \leq 0.080$ ,  $8.00 \leq Mn \leq 10.00$ ,  $Si \leq 1.00$ ,  $P \leq 0.030$ ,  $S \leq 0.030$ ,  $19.00 \leq Cr \leq 21.50$ ,  $5.50 \leq Ni \leq 7.50$ ,  $0.15 \leq N \leq 0.40$ ,  $Mo \leq 0.75$ ,  $Cu \leq 0.75$ , 잔부 Fe 및 정상적으로 발생하는 불순물들로 이루어진다.
- [0028] 본 개시의 다른 실시 형태에서, 오스테나이트계 스테인레스 강의 용융물이 제공되고, 상기 오스테나이트계 스테인레스 강은 상기 언급된 동일한 원소들로 이루어지거나 이들을 포함하지만, 중량% 로,  $C \leq 0.040$  의 최대 함량을 갖는다.
- [0029] 실시 형태에서, 본 개시에 따르면, 상기 냉간 성형하는 단계는 냉간 필거 밀링 또는 냉간 인발에 의해서 수행된다.
- [0030] 냉간 성형 공정들은 튜브로 금속 중공부를 성형하는데 사용된다. 최종 이음매 없는 튜브의 냉간 성형은 냉간 성형과 동조하는 변형 경화로 인해 특성들을 변화시킬 뿐만 아니라 튜브의 벽 두께는 내부 및 외부 직경 만큼 감소된다. 튜브로 중공부를 냉간 성형함으로써, 예를 들면, 냉간 필거 밀링 또는 냉간 인발에 의해서, 정확한 치수들을 갖는 튜브가 제조될 수 있다.
- [0031] 필거 밀링은 튜브의 치수들을 감소시키기 위하여 광범위하게 사용되는 방법이다. 필거 밀링은, 여기서 고려된 바와 같이, 실온에서 수행되고, 그리고 따라서 냉간 필거 밀링으로서 공지된다. (본 발명의 방법의) 필거 밀링 동안, 중공부는 마무리된 튜브의 내부 직경을 규정하는 교정된 맨드릴위로 푸싱된다. 중공부는 튜브의 외부 직경을 규정하는 2 개의 교정된 롤러들에 의해서 맞물림된다. 롤러들은 맨드릴위로 종방향으로 중공부를 압연한다.
- [0032] 필거 밀링 공정의 개시시, 중공부는 드라이버에 의해서 피더의 척 내로 이동된다. 중공부의 이송 방향으로 롤 스탠드의 전방 복귀 지점에서, 롤러들은 각위치 (angular position) 를 갖고, 상기 각위치에서 중공부는 롤러들의 인피드 포켓들 내로 삽입될 수 있고 롤러들 사이에 위치될 수 있다. 롤 스탠드에서 서로 위에 수직으로 장착된 2 개의 롤러들은 중공부의 이송 방향과 평행한 방향으로 전후로 압연함으로써 중공부를 압연한다. 전방 복귀 지점과 후방 복귀 지점 사이에서 롤 스탠드가 움직이는 동안, 롤러들은 중공부 내부에 장착된 맨드릴위로 중공부를 신장시킨다.
- [0033] 롤러들 및 맨드릴은 작업 캘리버로 표시된 롤러들의 섹션에서 롤러들과 맨드릴 사이에 형성된 갭이 성형 이전의 중공부의 벽 두께로부터 완전하게 압연된 튜브의 벽 두께로 연속적으로 감소되도록 교정된다. 게다가, 롤러들에 의해서 규정된 외부 직경은 중공부의 외부 직경으로부터 마무리된 튜브의 외부 직경으로 감소된다. 또한, 맨드릴에 의해서 규정된 내부 직경은 중공부의 내부 직경으로부터 마무리된 튜브의 내부 직경으로 감소된다. 작업 캘리버에 더하여, 롤러들은 평탄화 캘리버 (planing caliber) 를 포함한다. 평탄화 캘리버는 튜브의 벽 두께 또는 튜브의 내부 또는 외부 직경을 감소시키지 않지만, 제조될 튜브의 표면들을 평탄화하는데 사용된다. 롤러들이 롤 스탠드의 후방 복귀 지점에 도달되면, 롤러들은 각위치에 있게 되고, 롤러들은 롤러들이 튜브와 맞물림 해제되도록 하는 이스케이프 포켓을 형성한다.
- [0034] 이송 방향으로의 중공부의 이송은 롤 스탠드의 전방 복귀 지점 또는 롤 스탠드의 전방 복귀 지점 뿐만 아니라 후방 복귀 지점에서 발생한다. 실시 형태에서, 중공부의 각각의 섹션은 여러 번 압연될 수 있다. 이 실시 형태에서, 이송 방향으로 중공부를 이송하는 단계들은 전방 복귀 지점으로부터 후방 복귀 지점으로 롤 스탠드의 경로 보다 상당히 더 작다. 튜브의 각각의 섹션을 여러 번 압연함으로써, 튜브의 균일한 벽 두께 및 원형도, 튜브의 높은 표면 품질 뿐만 아니라 균일한 내부 및 외부 직경들이 달성될 수 있다.
- [0035] 마무리된 튜브의 균일한 형상을 얻기 위하여, 단계적 이송에 추가하여 중공부는 그의 대칭 축선을 중심으로 간헐적인 회전을 경험한다. 실시 형태에서 중공부의 회전은 롤 스탠드의 적어도 하나의 복귀 지점에서, 즉 중공부가 인피드 포켓들 및 릴리스 포켓들 각각에서 롤러들과 맞물림 해제되면 제공된다.
- [0036] 본 개시의 실시 형태에서, 상기 냉간 성형하는 단계는 냉간 필거 밀링에 의해서 수행되고, 그리고 냉간 필거 밀링 후에, 튜브는 인발 다이를 통하여 냉간 인발된다.
- [0037] 본 개시의 실시 형태에서, 튜브는 냉간 필거 밀링 대신 냉간 인발되거나 또는 튜브는 냉간 필거 밀링 후에 냉간

인발된다.

- [0038] 인발은, 여기서 고려된 바와 같이, 실온에서 수행되고, 그리고 따라서 냉간 인발로서 공지된다.
- [0039] 상이한 냉간 인발 방법들은 본 개시의 실시 형태들, 즉 튜브 인발, 코어 인발 및 로드 인발로서 적용될 수 있다. 튜브 인발 공정 동안, 튜브의 외부 직경만이 튜브의 내부 직경을 더 이상 규정하지 않으면서 인발 다이를 통하여 튜브를 인발으로써 감소된다. 코어 인발 및 로드 인발 동안, 인발된 튜브의 내부 직경 및 벽 두께는 동시에 맨드릴에 의해서 규정된다. 맨드릴은 고정되지 않고 튜브 자체에 의해서 유지되거나, 또는 로드 인발시, 맨드릴은 튜브의 내부 직경을 통하여 연장되는로드에 의해서 유지된다. 실시 형태에서, 맨드릴은 인발 공정 동안 적용되고, 인발 다이 및 맨드릴은 튜브가 인발되는 링 형상 깎을 규정한다. 맨드릴을 사용할 때, 외부 직경, 내부 직경 뿐만 아니라 벽 두께는 인발 공정 동안 감소될 수도 있고, 그리고 최종 튜브는 엄격한 허용 오차들 내에서 직경들을 갖는다. 인발 장비는 연속적으로 또는 불연속적으로 작동될 수 있다. 인발 공정 동안, 가공물은 인발 다이축의 구동부에 의해서 클램핑되고, 여기서 마무리된 튜브는 과지될 수 있다. 튜브를 연속적으로 인발하기 위하여, 실시 형태에서의 인발 장비는 인발 다이를 통하여 튜브를 연속적으로 인발하기 위하여 튜브를 교대로 클램핑하는 적어도 2 개의 인발 구동부들을 필요로 한다.
- [0040] 본 개시의 실시 형태에서, 냉간 성형 후의 튜브는 링 오토프레타즈 (autofrettage) 또는 볼 오토프레타즈에 의해서 처리된다.
- [0041] 튜브로의 중공부의 냉간 필거 밀링 또는 냉간 인발과 같은 냉간 성형 후의 링 오토프레타즈 또는 볼 오토프레타즈에 의한 처리는 항복 강도를 향상시키고 균열 성장을 감소시킨다.
- [0042] 본 개시의 실시 형태에서, 냉간 성형 후, 특히 냉간 필거 밀링 후 또는 냉간 필거 밀링 및 냉간 인발 후의 튜브는 400°C 내지 460°C 범위의 온도에서 어닐링되고, 여기서 어닐링 동안, 튜브는 제어된 분위기에서 유지된다.
- [0043] 이 방법에 의해서 제조된 튜브는 고압 적용들에서 높은 인장 강도 및 높은 연신율을 동시에 얻을 수 있을 것이다.
- [0044] 본 개시의 또 다른 실시 형태에서, 튜브는 40 mm 이하의 외부 직경 및 1.32 mm 이하의 벽 두께를 갖는다.
- [0045] 본 개시의 또 다른 실시 형태에서, 튜브는 38.1 mm 의 외부 직경 및 0.8 mm 의 벽 두께를 갖는다.
- [0046] 본 개시의 실시 형태에서, 튜브는 38.1 mm 의 외부 직경 및 0.6 mm 의 벽 두께를 갖는다.
- [0047] 본 개시의 또 다른 실시 형태에서, 튜브는 0.8 mm 또는 0.6 mm 의 벽 두께를 갖는다.
- [0048] 우주 항공 적용들에서 뿐만 아니라 많은 수상 차량들에서, 튜브들의 경우에 이용 가능한 공간이 적고 중량을 줄이는 것이 필수적이다. 따라서, 우주 항공 적용들 및 수상 차량들의 경우에 얇은 벽들을 갖는 튜브들을 제조해야 한다.
- [0049] 본 개시의 실시 형태에서, 시스템은 도관에서 100 bar 이상으로 가압된 액체 수소를 안내하기 위해 사용된다.
- [0050] 본 개시의 다른 실시 형태에서, 시스템은 도관에서 1000 bar 이상으로 가압된 액체 수소를 안내하기 위해 사용된다.
- [0051] 특히, 공간이 제한된 적용들의 경우에, 압축된 액체 수소는 상당히 더 높은 저장 밀도들로 이어진다. 따라서, 언급된 본 발명의 이점으로는 증가된 내압성이 있다.
- [0052] 상기 양태들 중 적어도 하나는 또한 액체 수소 전달 시스템의 제조 방법에 의해서 해결되고, 상기 액체 수소 전달 시스템의 도관을 형성하는 튜브의 제조는, 중량% 로,  $C \leq 0.040$ ,  $8.00 \leq Mn \leq 10.00$ ,  $Si \leq 1.00$ ,  $P \leq 0.030$ ,  $S \leq 0.030$ ,  $19.00 \leq Cr \leq 21.50$ ,  $5.50 \leq Ni \leq 7.50$ ,  $0.15 \leq N \leq 0.40$ ,  $Mo \leq 0.75$ ,  $Cu \leq 0.75$ , 잔부 Fe 및 정상적으로 발생하는 불순물들을 포함하는 오스테나이트계 스테인레스 강의 용융물을 제공하는 단계, 상기 용융물로부터 빌렛을 압출하는 단계, 관형 중공부로 상기 빌렛을 열간 성형하는 단계, 상기 중공부를 냉각시키는 단계, 그리고 튜브로 상기 중공부를 냉간 성형하는 단계를 포함한다.
- [0053] 본 개시에 따른 이 제조 방법의 단계들에 의해서, 이음매 없는 튜브가 제공된다.
- [0054] 본 개시의 또 다른 실시 형태에서, 오스테나이트계 스테인레스 강의 용융물이 제공되고, 상기 오스테나이트계 스테인레스 강은 상기 언급된 동일한 원소들로 이루어지거나 이들을 포함하지만, 중량% 로,  $C \leq 0.040$  의 최대 함량을 갖는다.

[0055] 본 발명의 추가의 이점들, 특징들 및 적용들은 실시 형태들의 이하의 설명 및 대응 첨부 도면들로부터 명백해질 것이다. 이상의 내용 및 실시 형태들의 이하의 상세한 설명은 첨부 도면들과 함께 읽을 때 더 잘 이해될 것이다. 도시된 실시 형태들이 나타낸 정확한 배열들 및 수단들로 제한되지 않는다는 것을 이해해야 한다.

**도면의 간단한 설명**

[0056] 도 1 은 본 개시의 실시 형태에 따른 충전 스테이션의 개략 정면도이다.  
 도 2 는 본 개시의 실시 형태에 따른 배의 개략 측면도이다.  
 도 3 은 본 발명의 실시 형태에 따른 제조 방법의 흐름도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0057] 도 1 은 본 개시의 실시 형태에 따른 충전 스테이션 (1) 의 개략 정면도이고, 여기서 도관의 섹션에는 21-6-9 스테인레스 강으로 제조된 이음매 없는 튜브 (2) 가 제공된다. 액체 수소 (3) 를 위한 저장부는 튜브 (2) 를 가로 질러서 액체 수소 (3) 를 위한 저장부와 유체 연통하는 펌프 노즐 (4) 을 사용함으로써 액체 수소를 추출하는데 사용된다.

[0058] 도 2 는 본 개시의 실시 형태에 따른 배 (5), 보다 구체적으로는 잠수함의 개략 측면도이고, 여기서 도관에는 본 개시의 실시 형태에 따른 이음매 없는 튜브 (2) 가 제공된다. 액체 수소 (3) 를 위한 저장부는 튜브 (2) 를 가로 질러서 연료 전지 (6) 와 유체 연통하는 잠수함 (5) 의 바디에 배열된다. 이어서, 연료 전지 (6) 는 추진 시스템 (구현되지 않음) 에 연료를 제공하는데 사용된다.

[0059] 도 3 은 도 1 및 도 2 에서 도시된 적용들에서 사용되는 바와 같이 튜브 (2) 로 중공부를 성형하기 위한 제조 방법을 설명하는 흐름도이다. 제 1 단계 (100) 에서, 오스테나이트계 스테인레스 강의 용융물이 제공되고, 상기 오스테나이트계 스테인레스 강은, 중량% 로,  $C \leq 0.080$ ,  $8.00 \leq Mn \leq 10.00$ ,  $Si \leq 1.00$ ,  $P \leq 0.030$ ,  $S \leq 0.030$ ,  $19.00 \leq Cr \leq 21.50$ ,  $5.50 \leq Ni \leq 7.50$ ,  $0.15 \leq N \leq 0.40$ ,  $Mo \leq 0.75$ ,  $Cu \leq 0.75$ , 잔부 Fe 및 정상적으로 발생하는 불순물들로 이루어진다.

[0060] 제 2 단계 (101) 에서 용융물로부터 빌렛을 압출한 후, 빌렛은 단계 (102) 에서 관형 중공부로 열간 압연된다. 이어서, 중공부는 단계 (103) 에서 실온으로 냉각된다. 끝에서 두 번째 단계 (104) 에서, 중공부는 상세한 설명에 설명된 바와 같이 튜브로 냉간 펠러 밀링된다. 마지막 단계 (105) 에서, 튜브는 냉간 인발된다.

[0061] 원래 개시의 목적들을 위해, 모든 특징들은 이들 특징들이 특정 추가 특징들을 참조하여 단지 설명되었지만 본 발명의 상세한 설명, 도면들 및 청구 범위로부터 이 분야의 숙련자에게 명백하게 되고, 그리고 이런 조합들이 명시적으로 배제되지 않거나 기술적 사실들이 이런 조합들을 배제하거나 이들을 쓸모 없게 하는 한, 그 자체로 또는 여기서 개시된 다른 특징들 또는 특징들의 그룹들과 임의의 조합들로 조합될 수 있다는 점에 유의해야 한다. 특징들의 각각의 가능한 조합에 대한 포괄적이고 명시적인 설명은 단지 짧고 가독성 있는 설명을 제공하기 위해 생략된다.

[0062] 본 개시는 도면들 및 전술한 상세한 설명에서 상세하게 나타나 있지만, 이 설명은 단지 예시적인 것이고 청구 범위에 의해서 규정되는 바와 같이 보호 범위의 제한을 의도하지 않는다. 본 발명은 개시된 실시 형태들로 제한되지 않는다.

[0063] 개시된 실시 형태들의 변형들은 도면들, 상세한 설명 및 첨부된 청구 범위로부터 이 분야의 숙련자에게 명백할 것이다. 청구 범위에서, 용어 “포함하다” 는 다른 요소들 또는 단계들을 배제하는 것이 아니고, 그리고 단수 표기는 다수를 배제하는 것이 아니다. 어떤 특징들이 상이한 청구 범위에서 청구된다는 사실만으로 이들의 조합을 배제하는 것은 아니다. 청구 범위에서 도면 번호들은 보호 받고자 하는 범위를 한정하려는 의도가 아니다.

**부호의 설명**

[0064] 1 충전 스테이션  
 2 튜브  
 3 액체 수소를 위한 저장부

4 펌프 노즐

5 배

6 연료 전지

100 오스테나이트계 스테인레스 강의 용융물의 제공

101 용융물로부터 빌렛의 압출

102 관형 중공부로 빌렛의 열간 압연

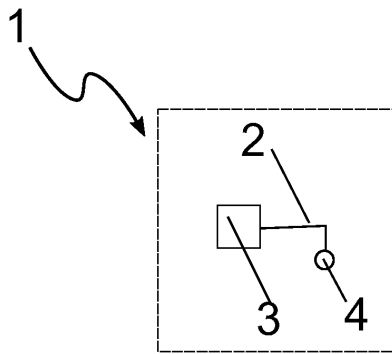
103 냉각 단계

104 냉간 필거 밀링 단계

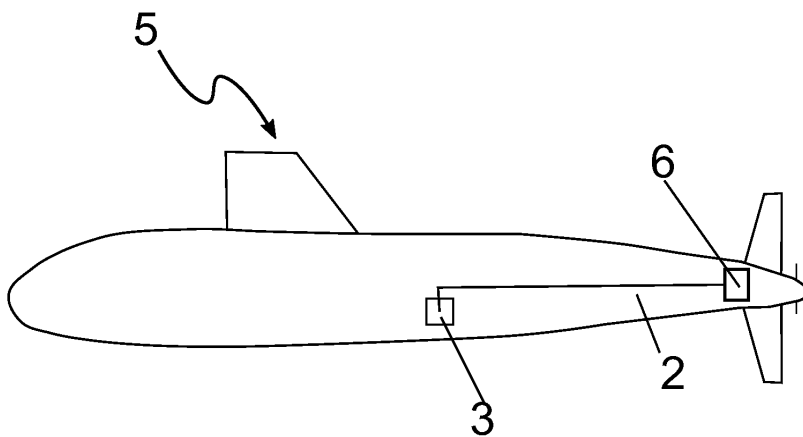
105 냉간 인발 단계

**도면**

**도면1**



**도면2**



**도면3**

