



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0058517  
(43) 공개일자 2020년05월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B23K 35/30 (2006.01) C22C 38/58 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
B23K 35/308 (2013.01)  
C22C 38/58 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2020-7012217  
(22) 출원일자(국제) 2018년10월03일  
심사청구일자 2020년04월27일  
(85) 번역문제출일자 2020년04월27일  
(86) 국제출원번호 PCT/JP2018/037098  
(87) 국제공개번호 WO 2019/070001  
국제공개일자 2019년04월11일  
(30) 우선권주장  
JP-P-2017-193689 2017년10월03일 일본(JP)

(71) 출원인  
닛폰세이테츠 가부시키가이샤  
일본 도쿄도 지요다꾸 마루노우찌 2쵸메 6방 1고  
(72) 발명자  
히라타 히로유키  
일본 도쿄도 지요다꾸 마루노우찌 2쵸메 6방 1고  
신닛테츠스미킨 카부시키가이샤 내  
조토쿠 가나  
일본 도쿄도 지요다꾸 마루노우찌 2쵸메 6방 1고  
신닛테츠스미킨 카부시키가이샤 내  
다나카 가쓰키  
일본 도쿄도 지요다꾸 마루노우찌 2쵸메 6방 1고  
신닛테츠스미킨 카부시키가이샤 내  
(74) 대리인  
한양특허법인

전체 청구항 수 : 총 3 항

(54) 발명의 명칭 오스테나이트계 스테인리스강 용접 금속 및 용접 구조물

(57) 요약

화학 조성, 질량%로, C : 0.05~0.11%, Si : 0.10~0.50%, Mn : 1.0~2.5%, P : 0.035% 이하, S : 0.0030% 이하, Co : 0.01~1.00%, Ni : 9.0~11.5%, Cr : 17.0~21.0%, Nb : 0.60~0.90%, Ta : 0.001~0.100%, N : 0.01~0.15%, Al : 0.030% 이하, O : 0.020% 이하, V : 0~0.10%, Ti : 0~0.10%, W : 0~0.50%, Mo : 0~0.50%, Cu : 0~0.50%, B : 0~0.005%, Ca : 0~0.010%, Mg : 0~0.010%, REM : 0~0.10%, 잔부 : Fe 및 불순물이며,  $[Nb-7.8 \times C \leq 0.25]$  를 만족하는, 오스테나이트계 스테인리스강 용접 금속.

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

화학 조성이, 질량%로,

C : 0.05~0.11%,

Si : 0.10~0.50%,

Mn : 1.0~2.5%,

P : 0.035% 이하,

S : 0.0030% 이하,

Co : 0.01~1.00%,

Ni : 9.0~11.5%,

Cr : 17.0~21.0%,

Nb : 0.60~0.90%,

Ta : 0.001~0.100%,

N : 0.01~0.15%,

Al : 0.030% 이하,

O : 0.020% 이하,

V : 0~0.10%,

Ti : 0~0.10%,

W : 0~0.50%,

Mo : 0~0.50%,

Cu : 0~0.50%,

B : 0~0.005%,

Ca : 0~0.010%,

Mg : 0~0.010%,

REM : 0~0.10%,

잔부 : Fe 및 불순물이며,

하기 (i) 식을 만족하는,

오스테나이트계 스테인리스강 용접 금속.

$$\text{Nb}-7.8 \times \text{C} \leq 0.25 \quad \dots(i)$$

단, 상기 식 중의 원소 기호는, 강 중에 포함되는 각 원소의 함유량(질량%)을 나타낸다.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 화학 조성이, 질량%로,

V : 0.01~0.10%,

Ti : 0.01~0.10%,  
W : 0.01~0.50%,  
Mo : 0.01~0.50%,  
Cu : 0.01~0.50%,  
B : 0.0002~0.005%,  
Ca : 0.0005~0.010%,  
Mg : 0.0005~0.010%, 및,  
REM : 0.0005~0.10%인,  
오스테나이트계 스테인리스강 용접 금속.

### 청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 기재된 오스테나이트계 스테인리스강 용접 금속을 갖는, 용접 구조물.

### 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은, 오스테나이트계 스테인리스강 용접 금속 및 그것을 갖는 용접 구조물에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 미국 기계 학회(ASME) SA213 및 SA213M에 규정되어 있는 TP316H는, Mo를 함유하여, 고온에서의 내식성이 뛰어난 점에서, 화력 발전 플랜트 및 석유 화학 플랜트에 있어서의 전열관 및 열교환기의 소재로서 넓게 사용되고 있다.

[0003] 이 TP347H를 구조물로 하여 조립하는 경우, 일반적으로는 용접에 의해 조립되고, 용접 금속을 갖는 용접 구조물로서 사용된다. 시판의 Ni기 내열합금용 용접 재료(예를 들면, JIS Z 3334(2011) SNI6082)를 이용하여 얻어지는 용접 금속은, 크리프 강도 및 인성의 관점에서는, 안정적으로 충분한 성능이 얻어지는데, Ni를 다량으로 함유하기 때문에 고가이다. 한편, 시판의 Mo 함유 스테인리스강용 용접 재료(JIS Z 3321(2010) YS16-8-2)를 이용하여 얻어지는 용접 금속은, 염가로 경제성이 뛰어나다.

[0004] 그러나, 비특허 문헌 1에 개시되어 있는 바와 같이, Nb를 함유하는 오스테나이트계 스테인리스강 용접 금속은 그 용접 시의 응고균열 감수성이 높은 것이 널리 알려져 있다. 또한, 비특허 문헌 2에 개시되어 있는 바와 같이, 용접 구조물로 하여 고온에서 사용할 때, 그 사용 중에 용접부에, 응력 완화 균열, 또는 변형 야기 석출 경화 균열 등으로 불리는 취화 균열이 발생하기 쉽다. 이외에도 특허 문헌 1~3에는, Nb를 함유한 용접 재료가 개시되어 있다.

### 선행기술문헌

### 특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 일본국 특허공개 평6-142980호 공보  
(특허문헌 0002) 일본국 특허공개 평9-300096호 공보  
(특허문헌 0003) 일본국 특허공개 2001-300763호 공보

### 비특허문헌

[0006] (비특허문헌 0001) 오가와 등, 용접 학회지, 제50권, 제7호(1981), 제680페이지

(비특허문헌 0002) 나이키 등, 이시가와지마 하리마 기보, 제15권(1975) 제2호, 제209페이지

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0007] 그러나, 특허 문헌 1~3 등에 기재되는 용접 재료는, 모두 Mo, W, Cu 등을 함유시킴으로써, 얻어지는 용접 금속의 고온 강도를 높이고 있지만, 다량으로 함유하고 있기 때문에, 경제성이 떨어진다. 또한, 모두 P 및 S 등의 불순물을 저감함으로써, 용접 시의 내용고 균열성을 높이고 있지만, 사용 시의 균열에는 언급하고 있지 않다.
- [0008] 이것에 대해, 용접 균열을 억제하여 뛰어난 내용접 균열성을 실현하는 것이 요구되고 있다. 또한 그 한편으로, 용접 균열을 억제했을 경우에도, 용접 구조물이 고온 환경(예를 들면 650℃ 환경)에 노출되면 크리프 강도가 떨어지는 경우가 있어, 그 때문에 내용접 균열성에 더하여 고온 환경에서의 안정된 크리프 강도를 실현하는 것이 요구되고 있다.
- [0009] 본 발명은, 고온에서 사용되는 기기에 이용하는 구조물을 구성하는 용접 금속으로서, 내용접 균열성이 뛰어나고 또한 높은 크리프 강도를 갖는 오스테나이트계 스테인리스강 용접 금속, 및 그것을 갖는 용접 구조물의 제공을 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

- [0010] 본 발명은, 상기 과제를 해결하기 위해서 이루어진 것이며, 하기의 오스테나이트계 스테인리스강 용접 금속 및 용접 구조물을 요지로 한다.
- [0011] (1) 화학 조성인, 질량%로,
- [0012] C : 0.05~0.11%,
- [0013] Si : 0.10~0.50%,
- [0014] Mn : 1.0~2.5%,
- [0015] P : 0.035% 이하,
- [0016] S : 0.0030% 이하,
- [0017] Co : 0.01~1.00%,
- [0018] Ni : 9.0~11.5%,
- [0019] Cr : 17.0~21.0%,
- [0020] Nb : 0.60~0.90%,
- [0021] Ta : 0.001~0.100%,
- [0022] N : 0.01~0.15%,
- [0023] Al : 0.030% 이하,
- [0024] O : 0.020% 이하,
- [0025] V : 0~0.10%,
- [0026] Ti : 0~0.10%,
- [0027] W : 0~0.50%,
- [0028] Mo : 0~0.50%,
- [0029] Cu : 0~0.50%,
- [0030] B : 0~0.005%,

- [0031] Ca : 0~0.010%,
- [0032] Mg : 0~0.010%,
- [0033] REM : 0~0.10%,
- [0034] 잔부 : Fe 및 불순물이며,
- [0035] 하기 (i) 식을 만족하는,
- [0036] 오스테나이트계 스테인리스강 용접 금속.
- [0037]  $Nb-7.8 \times C \leq 0.25 \quad \dots(i)$
- [0038] 단, 상기 식 중의 원소 기호는, 강 중에 포함되는 각 원소의 함유량(질량%)을 나타낸다.
- [0039] (2) 상기 화학 조성이, 질량%로,
- [0040] V : 0.01~0.10%,
- [0041] Ti : 0.01~0.10%,
- [0042] W : 0.01~0.50%,
- [0043] Mo : 0.01~0.50%,
- [0044] Cu : 0.01~0.50%,
- [0045] B : 0.0002~0.005%,
- [0046] Ca : 0.0005~0.010%,
- [0047] Mg : 0.0005~0.010%, 및,
- [0048] REM : 0.0005~0.10%인,
- [0049] 상기 (1)에 기재된 오스테나이트계 스테인리스강 용접 금속.
- [0050] (3) 상기 (1) 또는 (2)에 기재된 오스테나이트계 스테인리스강 용접 금속을 갖는, 용접 구조물.

### 발명의 효과

- [0051] 본 발명에 의하면, 고온에서 사용되는 기기에 이용하는 구조물을 구성하는 용접 금속으로서, 내용접 균열성이 뛰어나고 또한 높은 크리프 강도를 갖는 오스테나이트계 스테인리스강 용접 금속, 및 그것을 갖는 용접 구조물을 얻을 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0052] 도 1은, 실시예에 있어서 개선 가공을 실시한 판재의 형상을 나타내는 개략 단면도이다.
- 도 2는, 실시예에 있어서 개선 가공을 실시한 판재의 형상을 나타내는 개략 단면도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0053] 본 발명자들은, 뛰어난 내용접 균열성과 구조물로서의 안정된 크리프 강도를 양립하기 위해서 상세한 조사를 행하였다. 그 결과, 이하의 지견을 얻기에 이르렀다.
- [0054] 용접한 그대로의 Nb를 함유하는 오스테나이트계 스테인리스강 용접 금속에 발생한 균열 현상에 대해 조사한 결과, 이하의 2점을 찾아냈다.
- [0055] (a) 용접한 그대로의 용접 금속에 발생한 균열은, 주상정(柱狀晶)의 회합부에 발생하고, 그 파면은 액상이 잔존하고 있던 것을 시사하는 매끄러운 성상을 나타내고 있었다. 또한, 액상이 잔존하고 있었다고 추정되는 부분에서는 현저한 Nb의 농화가 관찰되었다. 한편, 균열이 발생하지 않았던 용접 금속에서는 주상정의 회합부에 라멜라형의 NbC가 관찰되었다.
- [0056] (b) 고온에서의 사용 후의 용접 금속에 발생한 균열은, 용접 금속의 주상정 경계에 발생하고, 파면은 연성이 부

족한 성상을 나타내며, S의 농도가 검출되었다. 또한, 주상정 내에는 미세한 Nb 탄화물 또는 Nb 탄질화물이 다량으로 석출되어 있었다.

[0057] 이 점에서, 전자는 소위, 응고균열이며, 용접 금속의 응고 중에 Nb이 응고편석하는 것에 기인하여, 잔존 액상의 용점이 저하하기 때문에, 액막이 주상정의 회합부에 장시간 존재하여, 그 부분이 열응력에 의해 개구하여 발생한 균열이라고 생각할 수 있었다. 균열이 발생하지 않았던 용접 금속에서는 NbC의 형태로부터 NbC와 매트릭스의 공정응고가 발생하여, 액상이 단시간에 소실되기 때문에, 응고균열이 발생하지 않았던 것이라고 추측되었다.

[0058] 또한, 후자는, 응력 완화 균열이며, 고온에서의 사용 중에 Nb 탄화물, Nb 질화물 또는 Nb 탄질화물이 다량으로 석출되는 것에 기인하여, 입계가 변형하기 어려워져, 용접 잔류 응력이 개방되는 과정에 발생하는 크리프 변형이 주상정 경계에 집중되어, 개구하여 발생한 균열이라고 생각할 수 있었다. 그리고, S은 용접 중, 또는 고온에서의 사용 중에 주상 결정에 편석하여, 그 결합력을 저하시키기 때문에, S 함유량이 많아지면 균열이 발생하기 쉬워진다고 생각할 수 있었다.

[0059] 그리고, 검토를 거듭한 결과, 본 발명의 대상으로 하는 조성을 갖는 오스테나이트계 스테인리스강 용접 금속에 있어서, 균열을 방지함과 더불어, 높은 크리프 강도를 얻기 위해서는, Nb 함유량을 0.60~0.90%의 범위로 하고, Nb-7.8×C를 0.25 이하로 함과 더불어, S 함유량을 0.0030% 이하로 제한할 필요가 있는 것이 판명되었다. 추가로, 용접 균열 감수성을 저감하는 효과를 충분히 얻기 위해, 소정량 이상의 Co를 함유시킬 필요가 있는 것을 알았다.

[0060] 본 발명은, 상기 지견에 의거하여 이루어진 것이다. 이하, 본 발명의 각 요건에 대해 상세하게 설명한다.

[0061] (A) 화학 조성

[0062] 각 원소의 한정 이유는 하기와 같다. 또한, 이하의 설명에 있어서 함유량에 대한 「%」는, 「질량%」를 의미한다.

[0063] C : 0.05~0.11%

[0064] C는 오스테나이트상을 안정적으로 함과 더불어 Nb과 결합하여 미세한 탄화물을 형성하여, 고온 사용 중의 크리프 강도를 향상시킨다. 또한, C는 용접 중의 최종 응고 과정에 있어서 Nb과 결합하여, NbC와 매트릭스의 공정응고를 발생시켜, 액상을 조기에 소실시켜 응고균열을 방지한다. 그러나, C가 과잉되게 함유되었을 경우, 고온에서의 사용 중 초기에 다량의 탄화물을 석출하여, 응력 완화 균열을 조장한다. 그 때문에, C 함유량은 0.05~0.11%로 한다. C 함유량은 0.06% 이상인 것이 바람직하고, 0.10% 이하인 것이 바람직하다.

[0065] Si : 0.10~0.50%

[0066] Si는 탈산 작용을 가짐과 더불어, 고온에서의 내식성 및 내산화성의 확보에 필요한 원소이다. 그러나, Si가 과잉되게 함유되었을 경우에는 오스테나이트상의 안정성이 저하하여, 크리프 강도의 저하를 초래한다. 그 때문에, Si 함유량은 0.10~0.50%로 한다. Si 함유량은 0.15% 이상인 것이 바람직하고, 0.20% 이상인 것이 보다 바람직하다. 또한, Si 함유량은 0.45% 이하인 것이 바람직하고, 0.40% 이하인 것이 보다 바람직하다.

[0067] Mn : 1.0~2.5%

[0068] Mn은 Si와 동일하게, 탈산 작용을 갖는 원소이다. 또한, 오스테나이트상을 안정적으로 하여, 크리프 강도의 향상에 기여한다. 그러나, Mn 함유량이 과잉되면, 크리프 연성의 저하를 초래한다. 그 때문에, Mn 함유량은 1.0~2.5%로 한다. Mn 함유량은 1.1% 이상인 것이 바람직하고, 1.2% 이상인 것이 보다 바람직하다. 또한, Mn 함유량은 2.2% 이하인 것이 바람직하고, 2.0% 이하인 것이 보다 바람직하다.

[0069] P : 0.035% 이하

[0070] P은 불순물로서 포함되어, 용접 중에 응고편석하여 잔존 액상의 용점을 내려, 응고균열 감수성을 높이는 원소이다. 또한, 크리프 연성도 저하시킨다. 그 때문에, P 함유량에 상한을 형성하여 0.035% 이하로 한다. P 함유량은 0.032% 이하인 것이 바람직하고, 0.030% 이하인 것이 보다 바람직하다. 또한, P 함유량은 가능한 한 저감하는 것이 바람직하며, 즉 함유량이 0%이어도 되는데, 극도의 저감은 재료 제조 시의 비용의 증대를 초래한다. 그 때문에, P 함유량은 0.0005% 이상인 것이 바람직하고, 0.0008% 이상인 것이 보다 바람직하다.

[0071] S : 0.0030% 이하

[0072] S은 P과 동일하게 불순물로서 포함되어, 용접 중에 응고편석하여 잔존 액상의 용점을 내려, 응고균열 감수성을

높인다. 또한, 응고 후도 후속 패스의 열사이클에 의해, 입계편석하여 연성 저하 균열 감수성도 높인다. 그 때문에, S 함유량에 상한을 형성하여 0.0030% 이하로 한다. S 함유량은 0.0025% 미만인 것이 바람직하고, 0.0020% 이하인 것이 보다 바람직하다. 또한, S 함유량은 가능한 한 저감하는 것이 바람직하며, 즉 함유량이 0%이어도 되는데, 극도의 저감은 재료 제조 시의 비용의 증대를 초래한다. 그 때문에, S 함유량은 0.0001% 이상인 것이 바람직하고, 0.0002% 이상인 것이 보다 바람직하다.

[0073] Co : 0.01~1.00%

[0074] Co는 오스테나이트상의 안정성을 높이고, 크리프 강도의 향상에 기여하는 원소이다. 또한, Ni 및 Mn에 비해, P 및 S 등의 편석 에너지에 주는 영향이 작고, 응고편석을 경감하여, 용접 균열 감수성을 저감하는 효과를 기대할 수 있다. 그러나, Co는 고가의 원소이기 때문에, 과잉된 함유는 재료의 제조 비용 증가를 초래한다. 그 때문에, Co 함유량은 0.01~1.00%로 한다. Co 함유량은 0.015% 이상인 것이 바람직하고, 0.02% 이상인 것이 보다 바람직하다. 또한, Co 함유량은 0.90% 이하인 것이 바람직하고, 0.80% 이하인 것이 보다 바람직하다.

[0075] Ni : 9.0~11.5%

[0076] Ni은 장시간 사용 시의 오스테나이트상의 안정성을 확보하기 위해서 필수인 원소이다. 그러나, Ni은 고가의 원소이며, 다량의 함유는 재료의 제조 비용의 증대를 초래한다. 그 때문에, Ni 함유량은 9.0~11.5%로 한다. Ni 함유량은 9.2% 이상인 것이 바람직하고, 9.5% 이상인 것이 보다 바람직하다. 또한, Ni 함유량은 11.2% 이하인 것이 바람직하고, 11.0% 이하인 것이 보다 바람직하다.

[0077] Cr : 17.0~21.0%

[0078] Cr은 고온에서의 내산화성 및 내식성의 확보를 위해서 필수인 원소이다. 또한, 미세한 탄화물을 형성하여 크리프 강도의 확보에도 기여한다. 그러나, 다량의 함유는 오스테나이트상의 안정성을 저하시켜, 반대로 크리프 강도를 해친다. 그 때문에, Cr 함유량은 17.0~21.0%로 한다. Cr 함유량은 17.2% 이상인 것이 바람직하고, 17.5% 이상인 것이 보다 바람직하다. 또한, Cr 함유량은 20.8% 이하인 것이 바람직하고, 20.5% 이하인 것이 보다 바람직하다.

[0079] Nb : 0.60~0.90%

[0080] Nb은 C 및/또는 N와 결합하여, 미세한 탄화물, 질화물 또는 탄질화물로서 입내에 석출되어, 고온에서의 크리프 강도 및 인장 강도의 향상에 기여하는 원소이다. 그러나, 과잉되게 함유하면, 탄질화물이 다량으로 석출되어, 응력 완화 균열 감수성의 증대를 초래한다. 또한, 용접 금속의 응고 과정에서 응고하여, 액상의 용점을 저하시켜, 응고균열 감수성을 높인다. 그 때문에, Nb 함유량은 0.60~0.90%로 한다. Nb 함유량은 0.65% 이상인 것이 바람직하고, 0.85% 이하인 것이 바람직하다.

[0081] Ta : 0.001~0.100%

[0082] Ta은 Nb과 동일하게, C 및/또는 N와 결합하여, 미세한 탄화물, 질화물 또는 탄질화물로서 입내에 석출되어, 고온에서의 크리프 강도 및 인장 강도의 향상에 기여하는 원소이다. 추가로, Nb으로 치환하여 질화물 또는 탄질화물 중에 고용함으로써, 석출 개시를 지연시켜, 응력 완화 균열을 경감하는 효과를 갖는다. 그러나, 과잉되게 함유하면, 응력 완화 균열 감수성의 증대를 초래한다. 그 때문에, Ta 함유량은 0.001~0.100%로 한다. Ta 함유량은 0.002% 이상인 것이 바람직하고, 특히, 석출 개시를 지연시켜, 응력 완화 균열 감수성을 저감하는 효과를 충분히 얻고 싶은 경우에는, 0.005% 이상인 것이 보다 바람직하다. 또한, Ta 함유량은 0.090% 이하인 것이 바람직하고, 0.080% 이하인 것이 보다 바람직하다.

[0083] N : 0.01~0.15%

[0084] N는 오스테나이트상을 안정적으로 함과 더불어, 고용하고, 또는 질화물로서 석출되어, 고온 강도의 향상에 기여한다. 그러나, 과잉되게 함유하면, 석출물을 다량으로 생성하여, 연성의 저하를 초래한다. 그 때문에, N 함유량은 0.01~0.15%로 한다. N 함유량은 0.02% 이상인 것이 바람직하고, 0.03% 이상인 것이 보다 바람직하다. 또한, N 함유량은 0.14% 이하인 것이 바람직하고, 0.12% 이하인 것이 보다 바람직하다.

[0085] Al : 0.030% 이하

[0086] Al은, 다량으로 함유하면 청정성이 열화하여, 연성이 저하한다. 그 때문에, Al 함유량은 0.030% 이하로 한다. Al 함유량은 0.025% 이하인 것이 바람직하고, 0.020% 이하인 것이 보다 바람직하다. 또한, Al 함유량에 대해 특별히 하한을 형성할 필요는 없으며, 즉 함유량이 0%이어도 되는데, 극도의 저감은 재료의 제조 비용의 증대를

초래한다. 그 때문에, Al 함유량은 0.0005% 이상인 것이 바람직하고, 0.001% 이상인 것이 보다 바람직하다.

[0087] O : 0.020% 이하

[0088] O(산소)는 불순물로서 포함된다. 그 함유량이 과잉되면 인성 및 연성의 열화를 초래한다. 이 때문에, O 함유량은 0.020% 이하로 한다. O 함유량은 0.018% 이하인 것이 바람직하고, 0.015% 이하인 것이 보다 바람직하다. 또한, O 함유량에 대해 특별히 하한을 형성할 필요는 없으며, 즉 함유량이 0%이어도 되는데, 극도의 저감은 재료의 제조 비용의 증대를 초래한다. 그 때문에, O 함유량은 0.0005% 이상인 것이 바람직하고, 0.0008% 이상인 것이 보다 바람직하다.

[0089] 상술과 같이, Nb는 용접 중에 응고편석하여, 액상의 용점을 저하시켜, 응고균열 감수성을 높인다. 그것을 방지하기 위해서는, 응고 과정에서 NbC와 매트릭스의 공정응고를 발생시켜, 액상을 조기에 소실시키는 것이 유효하다. 이 효과를 활용하여, 응고균열을 방지하기 위해서는, Nb 함유량이 상기의 범위 내로 될 뿐만 아니라, 하기 (i) 식을 만족할 필요가 있다. (i) 식 우변값은, 0.23인 것이 바람직하고, 0.20인 것이 보다 바람직하다. 또한, (i) 식 좌변값에 하한을 형성할 필요는 없는데, 각 원소의 함유량의 범위로부터 -0.258 이상이 되는 것은 자명하다.

[0090]  $Nb-7.8 \times C \leq 0.25 \quad \dots(i)$

[0091] 단, 상기 식 중의 원소 기호는, 강 중에 포함되는 각 원소의 함유량(질량%)을 나타낸다.

[0092] 본 발명의 용접 금속의 화학 조성에 있어서, 상기의 원소에 더하여, 추가로 V, Ti, W, Mo, Cu, B, Ca, Mg 및 REM으로부터 선택되는 1종 이상을, 이하에 나타내는 범위에 있어서 함유시켜도 된다. 각 원소의 한정 이유에 대해 설명한다.

[0093] V : 0~0.10%

[0094] V은 C 및/또는 N와 결합하여, 미세한 탄화물, 질화물 또는 탄질화물을 형성하여, 크리프 강도에 기여하기 때문에, 필요에 따라서 함유해도 된다. 그러나, 과잉되게 함유하면, 탄질화물이 다량으로 석출되어, 내응력 완화 균열성의 악화를 초래한다. 그 때문에, V 함유량은 0.10% 이하로 한다. V 함유량은 0.09% 이하인 것이 바람직하고, 0.08% 이하인 것이 보다 바람직하다. 또한, 상기의 효과를 얻고 싶은 경우에는, V 함유량은 0.01% 이상인 것이 바람직하고, 0.02% 이상인 것이 보다 바람직하다.

[0095] Ti : 0~0.10%

[0096] Ti은 V과 동일하게, C 및/또는 N와 결합하여, 미세한 탄화물, 질화물 또는 탄질화물을 형성하여, 크리프 강도에 기여하기 때문에, 필요에 따라서 함유해도 된다. 그러나, 과잉되게 함유하면, 탄질화물이 다량으로 석출되어, 내응력 완화 균열성의 악화를 초래한다. 그 때문에, Ti 함유량은 0.10% 이하로 한다. Ti 함유량은 0.08% 이하인 것이 바람직하고, 0.06% 이하인 것이 보다 바람직하다. 또한, 상기의 효과를 얻고 싶은 경우에는, Ti 함유량은 0.01% 이상인 것이 바람직하고, 0.02% 이상인 것이 보다 바람직하다.

[0097] W : 0~0.50%

[0098] W은 매트릭스에 고용하여 고온에서의 크리프 강도 및 인장 강도의 향상에 기여하는 원소이기 때문에, 필요에 따라서 함유해도 된다. 그러나, 과잉되게 함유하면, 오스테나이트상의 안정성을 저하시켜, 오히려 크리프 강도의 저하를 초래한다. 그 때문에, W 함유량은 0.50% 이하로 한다. W 함유량은 0.40% 이하인 것이 바람직하고, 0.30% 이하인 것이 보다 바람직하다. 또한, 상기의 효과를 얻고 싶은 경우에는, W 함유량은 0.01% 이상인 것이 바람직하고, 0.02% 이상인 것이 보다 바람직하다.

[0099] Mo : 0~0.50%

[0100] Mo은 W과 동일하게, 매트릭스에 고용하여 고온에서의 크리프 강도 및 인장 강도의 향상에 기여하는 원소이기 때문에, 필요에 따라서 함유해도 된다. 그러나, 과잉되게 함유시키면, 오스테나이트상의 안정성을 저하시켜, 크리프 강도를 해친다. 또한, Mo은 고가의 원소이기 때문에, 과잉된 함유는 재료의 제조 비용의 증대를 초래한다. 그 때문에, Mo 함유량은 0.50% 이하로 한다. Mo 함유량은 0.40% 이하인 것이 바람직하고, 0.30% 이하인 것이 보다 바람직하다. 또한, 상기의 효과를 얻고 싶은 경우에는, Mo 함유량은 0.01% 이상인 것이 바람직하고, 0.02% 이상인 것이 보다 바람직하다.

[0101] Cu : 0~0.50%

- [0102] Cu는 오스테나이트상의 안정성을 높이고, 크리프 강도의 향상에 기여하는 원소이기 때문에, 필요에 따라서 함유해도 된다. 그러나, 과잉되게 함유시키면, 연성의 저하를 초래한다. 그 때문에, Cu 함유량은 0.50% 이하로 한다. Cu 함유량은 0.40% 이하인 것이 바람직하고, 0.30% 이하인 것이 보다 바람직하다. 또한, 상기의 효과를 얻고 싶은 경우에는, Cu 함유량은 0.01% 이상인 것이 바람직하고, 0.02% 이상인 것이 보다 바람직하다.
- [0103] B : 0~0.005%
- [0104] B는 입계 탄화물을 미세 분산시킴으로써, 크리프 강도를 향상시킴과 더불어, 입계에 편석하여 입계를 강화하여 연성 저하 균열 감수성을 저감하는 것에도 일정한 효과를 갖기 때문에, 필요에 따라서 함유해도 된다. 그러나, 과잉되게 함유하면, 반대로 응고균열 감수성을 높인다. 그 때문에, B 함유량은 0.005% 이하로 한다. B 함유량은 0.004% 이하인 것이 바람직하고, 0.003% 이하인 것이 보다 바람직하다. 또한, 상기의 효과를 얻고 싶은 경우에는, B 함유량은 0.0002% 이상인 것이 바람직하고, 0.0005% 이상인 것이 보다 바람직하다.
- [0105] Ca : 0~0.010%
- [0106] Ca은 열간 변형능을 개선하는 효과를 갖기 때문에, 필요에 따라서 함유해도 된다. 그러나, 과잉되게 함유하면, 산소와 결합하여, 청정성을 현저하게 저하시키고, 오히려 열간에서의 변형능을 열화시킨다. 그 때문에, Ca 함유량은 0.010% 이하로 한다. Ca 함유량은 0.008% 이하인 것이 바람직하고, 0.005% 이하인 것이 보다 바람직하다. 또한, 상기의 효과를 얻고 싶은 경우에는, Ca 함유량은 0.0005% 이상인 것이 바람직하고, 0.001% 이상인 것이 보다 바람직하다.
- [0107] Mg : 0~0.010%
- [0108] Mg은 Ca과 동일하게, 열간 변형능을 개선하는 효과를 갖기 때문에, 필요에 따라서 함유해도 된다. 그러나, 과잉되게 함유하면, 산소와 결합하여, 청정성을 현저하게 저하시키고, 오히려 열간에서의 변형능을 열화시킨다. 그 때문에, Mg 함유량은 0.010% 이하로 한다. Mg 함유량은 0.008% 이하인 것이 바람직하고, 0.005% 이하인 것이 보다 바람직하다. 또한, 상기의 효과를 얻고 싶은 경우에는, Mg 함유량은 0.0005% 이상인 것이 바람직하고, 0.001% 이상인 것이 보다 바람직하다.
- [0109] REM : 0~0.10%
- [0110] REM은 Ca 및 Mg과 동일하게, 열간 변형능을 개선하는 효과를 갖기 때문에, 필요에 따라서 함유해도 된다. 그러나, 과잉되게 함유하면, 산소와 결합하여, 청정성을 현저하게 저하시키고, 오히려 열간에서의 변형능을 열화시킨다. 그 때문에, REM 함유량은 0.10% 이하로 한다. REM 함유량은 0.08% 이하인 것이 바람직하고, 0.06% 이하인 것이 보다 바람직하다. 또한, 상기의 효과를 얻고 싶은 경우에는, REM 함유량은 0.0005% 이상인 것이 바람직하고, 0.001% 이상인 것이 보다 바람직하다.
- [0111] 여기서, REM은, Sc, Y 및 란타노이드의 합계 17원소를 가리키고, 상기 REM의 함유량은 이들 원소의 합계 함유량을 의미한다.
- [0112] 본 발명의 용접 금속의 화학 조성에 있어서, 잔부는 Fe 및 불순물이다. 여기서 「불순물」이란, 강을 공업적으로 제조할 때에, 광석, 스크랩 등의 원료, 제조 공정의 여러 가지의 요인에 의해 혼입되는 성분으로서, 본 발명에 악영향을 주지 않는 범위에서 허용되는 것을 의미한다.
- [0113] (B) 제조 방법
- [0114] 본 발명에 따른 오스테나이트계 스테인리스강 용접 금속은, 오스테나이트계 스테인리스강의 모재를 용접하여 제작된다. 또한, 모재를 용접할 때에 용접 재료(용가재)를 이용하여 오스테나이트계 스테인리스강 용접 금속을 제작해도 된다.
- [0115] 본 발명에 따른 오스테나이트계 스테인리스강 용접 금속을 얻기 위한 용접 방법에 대해서, 특별히 한정되는 것은 아니지만, 예를 들면, 티그 용접, 미그 용접, 피복 아크 용접, 서브머지드 아크 용접, 레이저 용접 등을 들 수 있다.
- [0116] 오스테나이트계 스테인리스강 용접 금속을 상기의 화학 조성을 만족하도록 제작하는 방법으로서, 이용하는 오스테나이트계 스테인리스강의 모재의 화학 조성을 조정함으로써 제어하는 방법, 추가로 용접 재료(용가재)를 이용하는 경우에는 그 용접 재료의 화학 조성도 아울러 조정함으로써 제어하는 방법을 들 수 있다.
- [0117] 예를 들면, 이용하는 오스테나이트계 스테인리스강의 모재 및 용접 재료(용가재)로서, 상기의 화학 조성을 만족

하는 재료만을 이용함으로써, 얻어지는 용접 금속이 상기 화학 조성을 만족하도록 제작해도 된다. 또한, 오스테나이트계 스테인리스강의 모재 및 용접 재료(용가재) 중 적어도 한쪽에, 상기의 화학 조성을 만족하지 않는 재료를 이용하면서, 그 양자의 조성의 밸런스를 조정함으로써, 얻어지는 용접 금속이 상기 화학 조성을 만족하도록 제작해도 된다.

[0118] 또한, 상기 오스테나이트계 스테인리스강 모재의 바람직한 조성으로서는, 특별히 한정되는 것은 아니다. 예를 들면, 모재의 화학 조성은, 질량%로, C : 0.04~0.12%, Si : 0.20~0.50%, Mn : 1.0~2.0%, P : 0.045% 이하, S : 0.0020% 이하, Co : 0.02~0.80%, Ni : 9.0~12.0%, Cr : 16.5~18.5%, Nb : 0.50~0.90%, Ta : 0.001~0.100%, N : 0.01~0.13%, Al : 0.030% 이하, O : 0.020% 이하, V : 0~0.10%, Ti : 0~0.10%, W : 0~0.60%, Mo : 0~0.60%, Cu : 0~0.60%, B : 0~0.005%, Ca : 0~0.010%, Mg : 0~0.010%, REM : 0~0.10%, 잔부 : Fe 및 불순물인 것이 바람직하다.

[0119] 상기 모재의 화학 조성은, 질량%로, V : 0.01~0.10%, Ti : 0.01~0.10%, W : 0.01~0.60%, Mo : 0.01~0.60%, Cu : 0.01~0.60%, B : 0.0002~0.005%, Ca : 0.0005~0.010%, Mg : 0.0005~0.010%, 및, REM : 0.0005~0.10%로부터 선택되는 1종 이상을 함유해도 된다.

[0120] 또한, 상기의 오스테나이트계 스테인리스강의 모재 및 용접 재료(용가재)의 제조 방법에 대해 특별히 제한은 형성하지 않지만, 화학 조성이 조정된 강에 대해서, 상법에 의해, 열간 단조, 열간 압연, 열처리 및 기계 가공을 순서대로 실시함으로써 제조할 수 있다.

[0121] (C) 용접 구조물

[0122] 본 발명에 따른 용접 구조물은, 상술한 오스테나이트계 스테인리스강 용접 금속을 갖는 구조물이다. 예를 들면, 용접 구조물은, 용접 금속과 모재로 이루어진다. 모재는, 금속으로 이루어지고, 강재인 것이 바람직하고, 스테인리스강인 것이 보다 바람직하며, 오스테나이트계 스테인리스강인 것이 더욱 바람직하다. 또한, 용접 구조물의 구체적 형상, 용접 구조물을 얻기 위한 용접의 구체적 양태(용접 자세)는 특별히 한정되지 않는다.

[0123] 이하, 실시예에 의해 본 발명을 보다 구체적으로 설명하는데, 본 발명은 이러한 실시예에 한정되는 것은 아니다.

#### [0124] 실시예 1

[0125] 표 1에 나타내는 화학 조성을 갖는 강을 용해하여 거푸집에 부은 잉곳으로부터, 열간 단조, 열간 압연, 열처리 및 기계 가공에 의해, 판두께 15mm, 폭 50mm, 길이 100mm의 판재(모재) 및 판두께 4mm, 폭 200mm, 길이 500mm의 판재를 제작하였다. 또한, 상기의 판두께 4mm의 판재를 이용하여, 기계 가공에 의해, 2mm각, 길이 500mm의 컷 필러를 제작하였다. 이들을 이용하여, 이하에 나타내는 각종의 성능 평가 시험을 행하였다.

[0126] [표 1]

| 강 | 화학 조성 (질량%; 잔부: Fe 및 불순물) |      |      |       |        |      |      |      |      |       |      |       |       |                                | (i)식 <sup>†</sup><br>좌변값 |
|---|---------------------------|------|------|-------|--------|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|--------------------------------|--------------------------|
|   | C                         | Si   | Mn   | P     | S      | Co   | Ni   | Cr   | Nb   | Ta    | N    | Al    | O     | 그 외                            |                          |
| A | 0.08                      | 0.31 | 1.58 | 0.020 | 0.0024 | 0.02 | 10.5 | 17.5 | 0.85 | 0.005 | 0.10 | 0.011 | 0.006 | -                              | 0.23                     |
| B | 0.07                      | 0.40 | 1.98 | 0.025 | 0.0009 | 0.01 | 11.2 | 18.4 | 0.75 | 0.001 | 0.07 | 0.009 | 0.007 | -                              | 0.20                     |
| C | 0.11                      | 0.15 | 1.20 | 0.030 | 0.0029 | 0.78 | 9.5  | 20.5 | 0.90 | 0.025 | 0.02 | 0.007 | 0.006 | -                              | 0.042                    |
| D | 0.06                      | 0.21 | 1.47 | 0.032 | 0.0011 | 0.95 | 9.8  | 17.2 | 0.65 | 0.094 | 0.12 | 0.012 | 0.005 | W: 0.27, Cu: 0.05, Ca: 0.002   | 0.18                     |
| E | 0.09                      | 0.45 | 2.16 | 0.023 | 0.0015 | 0.54 | 9.2  | 19.2 | 0.70 | 0.042 | 0.06 | 0.008 | 0.010 | Mo: 0.12, B: 0.0030, REM: 0.05 | -0.002                   |
| F | 0.10                      | 0.49 | 1.14 | 0.034 | 0.0023 | 0.25 | 10.9 | 20.7 | 0.83 | 0.005 | 0.03 | 0.010 | 0.009 | Ti: 0.05, V: 0.08, Mg: 0.001   | 0.050                    |
| G | 0.07                      | 0.12 | 1.45 | 0.024 | 0.0035 | 0.18 | 10.7 | 19.6 | 0.76 | 0.084 | 0.07 | 0.010 | 0.008 | -                              | 0.21                     |
| H | 0.06                      | 0.35 | 1.95 | 0.034 | 0.0024 | 0.01 | 11.3 | 18.4 | 0.74 | 0.093 | 0.02 | 0.008 | 0.007 | -                              | 0.27                     |
| I | 0.07                      | 0.38 | 1.44 | 0.034 | 0.0025 | 0.03 | 11.1 | 17.3 | 0.57 | 0.005 | 0.03 | 0.007 | 0.005 | Ca: 0.002                      | 0.024                    |
| J | 0.10                      | 0.28 | 1.36 | 0.002 | 0.0028 | 0.26 | 10.7 | 18.6 | 0.94 | 0.088 | 0.13 | 0.010 | 0.007 | B: 0.0042                      | 0.16                     |

<sup>†</sup> Nb-7.8×C≤0.25 ... (i)

[0127]

[0128] < 내용접 균열성 >

[0129] 상기 모재의 길이 방향의 단부에, 도 1에 나타내는 형상의 개선 가공을 실시하였다. 그 후, 개선을 형성한 모재를 2개 맞대어, 이면 비드와 간섭하지 않도록 홈 가공을 실시한 시판의 강판 상에 사주(四周)를 구속 용접하였다. 또한, 상기 시판의 강판은, SM400B의 JIS G 3160(2008)에 규정된 강판이며, 두께 30mm, 폭 150mm, 길이 200mm였다. 또한, 상기의 구속 용접은, JIS Z 3224(2010)에 규정된 피복 아크 용접봉 ENi6625를 이용하여 행하였다.

[0130] 그 후, 개선 내에 티그 용접에 의해 적층 용접을 행하였다. 상기의 적층 용접은, 각 모재와 같은 판재로부터 얻어진 컷 필러를 용가재로서 이용하여 행하였다. 입열 9~15kJ/cm로 하고, 각 모재에 대해서 3개씩 용접 이음매를 제작하였다. 그리고, 각 모재로부터 제작된 용접 이음매 중 1개에 대해서는 용접한 그대로 하고, 다른 1개에 대해서는 650℃, 500시간의 조건으로 시효 열처리를 행하였다. 그들 용접 이음매에 대해서, 각각 5개소로부터 시험편을 채취하였다. 채취된 시험편의 횡단면을 경면 연마하고 나서 부식시켜, 광학 현미경에 의해 관

찰하여, 용접 금속에 있어서의 균열의 유무를 조사하였다. 그리고, 5개의 모든 시험편에서 균열이 없는 용접 이음매를 「합격」, 균열이 관찰된 용접 이음매를 「불합격」이라고 판단하였다. 또한, 모재와 컷 필러는 같은 조성인 점에서, 표 1의 화학 조성은 용접 금속의 화학 조성과 동의(同義)이다.

<크리프 파단 강도>

또한, 내용접 균열성의 평가에서 「합격」이 된 용접 이음매의 나머지 1개로부터, 용접 금속이 평행부의 중앙이 되도록 환봉 크리프 파단 시험편을 채취하여, 모재의 목표 파단 시간이 약 1000시간이 되는 650℃, 216MPa의 조건으로 크리프 파단 시험을 행하였다. 그리고, 파단 시간이 모재의 목표 파단 시간의 90% 이상이 되는 것을 「합격」이라고 하였다.

그러한 결과를 표 2에 정리하여 나타낸다.

[표 2]

| 시험 No. | 강 | 용접 중의 내균열성 | 고온 사용 중의 내균열성 | 크리프 파단 강도 |
|--------|---|------------|---------------|-----------|
| 1      | A | 합격         | 합격            | 합격        |
| 2      | B | 합격         | 합격            | 합격        |
| 3      | C | 합격         | 합격            | 합격        |
| 4      | D | 합격         | 합격            | 합격        |
| 5      | E | 합격         | 합격            | 합격        |
| 6      | F | 합격         | 합격            | 합격        |
| 7      | G | 합격         | 불합격           | 실시하지 않음   |
| 8      | H | 불합격        | 불합격           | 실시하지 않음   |
| 9      | I | 합격         | 합격            | 불합격       |
| 10     | J | 합격         | 불합격           | 실시하지 않음   |

표 2로부터 알 수 있듯이, 본 발명의 규정을 만족하는 강 A~F를 모재 및 용가재의 쌍방에 이용한 시험 No.1~6에서는, 용접 중 및 고온에서의 시효 중에 충분한 내용고 균열성 및 내용력 완화 균열성을 발휘함과 더불어, 크리프 강도가 뛰어난 결과가 되었다.

그것에 대하여, 비교예인 강 G는 S 함유량이 규정으로부터 벗어나고 있기 때문에, 그것을 이용한 시험 No.7에서는, 고온에서의 시효에 의해 용접 금속 내에 응력 완화 균열이라고 생각할 수 있는 균열이 발생하였다. 또한, 강 H는 (i) 식의 상한을 웃돌았기 때문에, 그것을 이용한 시험 No.8에서는, 용접 금속의 응고 시에 프리의 Nb에 의해 액상의 용점이 저하한 결과, 응고균열이 발생하였다. 또한, 고온 시효 후의 단면 관찰에 있어서도, 용접 시에 발생한 응고균열이라고 생각되는 균열이 관찰되었다.

강 I는 Nb 함유량이 하한치보다 낮기 때문에, 그것을 이용한 시험 No.9에서는, 용접 중 및 고온에서의 시효 중에 균열의 발생은 없었지만, 필요한 크리프 강도를 얻을 수 없었다. 또한, 강 J는 Nb 함유량이 상한치를 초과했기 때문에, 다량의 석출물이 생성되어, 고온에서의 시효에 의해 용접 금속 내에 응력 완화 균열이라고 생각할 수 있는 균열이 발생하였다.

## 실시예 2

실시예 1에서 이용한 강 A~F의 잉곳의 잔재로부터, 열간 단조, 열간 압연, 열처리 및 기계 가공에 의해, 판두께 25mm, 폭 50mm, 길이 100mm의 판재(모재)를 제작하였다. 이것을 이용하여, 이하에 나타내는 각종의 성능 평가 시험을 행하였다.

<내용접 균열성>

상기 모재의 길이 방향의 단부에, 도 2에 나타내는 형상의 개선 가공을 실시하였다. 그 후, 개선을 형성한 모재를 2개 맞대어, 이면 비드와 간섭하지 않도록 홈 가공을 실시한 시판의 강판 상에 사주를 구속 용접하였다. 또한, 상기 시판의 강판은, SM400B의 JIS G 3160(2008)에 규정된 강판이며, 두께 40mm, 폭 150mm, 길이 200mm였다. 또한, 상기의 구속 용접은, JIS Z 3224(2010)에 규정된 피복 아크 용접봉 ENi6625를 이용하여 행하였다.

그 후, 개선 내에 티그 용접에 의해 적층 용접을 행하였다. 상기의 적층 용접은, 각 모재와 같은 판재로부터 얻어진 컷 필러를 용가재로서 이용하여 행하였다. 입열 9~18kJ/cm로 하고, 각 모재에 대해서 2개씩 용접 이음

매를 제작하였다. 그리고, 각 모재로부터 제작된 용접 이음매 중 1개에 대해서는 용접한 그대로 하고, 나머지 1개에 대해서는 650℃, 500시간의 조건으로 시효 열처리를 행하였다. 그들 용접 이음매에 대해서, 각각 5개소로부터 시험편을 채취하였다. 채취된 시험편의 횡단면을 경면 연마하고 나서 부식시켜, 광학 현미경에 의해 관찰하여, 용접 금속에 있어서의 균열의 유무를 조사하였다. 그리고, 5개의 모든 시료에서 균열이 없는 용접 이음매를 「양(良)」, 1개의 시료에서만 균열이 인정된 용접 이음매를 「가(可)」로서 「합격」이라고 하고, 2개 이상의 시료에서 균열이 있던 용접 이음매를 「불합격」이라고 판단하였다.

[0144] 그러한 결과를 표 3에 정리하여 나타낸다.

[0145] [표 3]

| 시험 No. | 강 | 용접 중의 내균열성 | 고온 사용 중의 내균열성 |
|--------|---|------------|---------------|
| 11     | A | 합격         | 합격 (양)        |
| 12     | B | 합격         | 합격 (가)        |
| 13     | C | 합격         | 합격 (양)        |
| 14     | D | 합격         | 합격 (양)        |
| 15     | E | 합격         | 합격 (양)        |
| 16     | F | 합격         | 합격 (양)        |

[0146]

[0147] 표 3으로부터 알 수 있듯이, 본 발명의 규정을 만족하는 강 A~F를 모재 및 용가재의 쌍방에 이용한 시험 No.11~16에서는, 판두께가 두꺼워진 어려운 구속 조건 하에 있어서도, 용접 중 및 고온에서의 시효 중에 충분한 내응고 균열성 및 내응력 완화 균열성을 발휘하는 결과가 되었다. 그러나, 시험 No.12에서는, 합격이라고 판단되었지만, Ta 함유량이 0.001%로 적었기 때문에, 일단면에 있어서 매우 경미한 응력 완화 균열이 발생하였다.

[0148] 실시예 3

[0149] 표 4에 나타내는 화학 조성을 갖는 강을 용해하여 거푸집에 부은 잉곳으로부터, 열간 단조, 열간 압연, 열처리 및 기계 가공에 의해, 판두께 15mm, 폭 50mm, 길이 100mm의 판재(모재)를 제작하였다. 이것을 이용하여, 이하에 나타내는 각종의 성능 평가 시험을 행하였다.



[0157] 또한, 용접 이음매의 나머지 1개로부터, 용접 금속이 평행부의 중앙이 되도록 환봉 크리프 파단 시험편을 채취하여, 모재의 목표 파단 시간이 약 1000시간이 되는 650℃, 216MPa의 조건으로 크리프 파단 시험을 행하였다. 그리고, 파단 시간이 모재의 목표 파단 시간의 90% 이상이 되는 것을 「합격」이라고 하였다.

[0158] 그러한 결과를 표 5 및 6에 정리하여 나타낸다.

[0159] [표 5]

| 시험<br>No. | 모재 | 용가재 | 화학 조성 (질량%; 잔부: Fe 및 불순물) |      |      |       |        |      |      |      |      |       |      |       |       |                      | (i)식 <sup>†</sup><br>좌변값 |
|-----------|----|-----|---------------------------|------|------|-------|--------|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|----------------------|--------------------------|
|           |    |     | C                         | Si   | Mn   | P     | S      | Co   | Ni   | Cr   | Nb   | Ta    | N    | Al    | O     | 그 외                  |                          |
| 17        | K  | A   | 0.08                      | 0.32 | 1.58 | 0.021 | 0.0023 | 0.04 | 10.7 | 17.6 | 0.83 | 0.005 | 0.10 | 0.011 | 0.006 | -                    | 0.21                     |
| 18        | L  |     | 0.08                      | 0.31 | 1.56 | 0.023 | 0.0022 | 0.03 | 10.5 | 17.4 | 0.84 | 0.006 | 0.09 | 0.011 | 0.006 | Cu: 0.04, Mo: 0.03   | 0.20                     |
| 19        | M  |     | 0.07                      | 0.31 | 1.57 | 0.021 | 0.0022 | 0.04 | 10.6 | 17.5 | 0.81 | 0.005 | 0.09 | 0.011 | 0.006 | Ti: 0.01, REM: 0.004 | 0.23                     |

† Nb-7.8×C≤0.25...(i)

<sup>†</sup> Nb-7.8×C≤0.25 ... (i)

[0160]

[0161] [표 6]

| 시험 No. | 모재 | 용가재 | 용접 중의 내균열성 | 고온 사용 중의 내균열성 | 크리프 파단 강도 |
|--------|----|-----|------------|---------------|-----------|
| 17     | K  | A   | 합격         | 합격            | 합격        |
| 18     | L  |     | 합격         | 합격            | 합격        |
| 19     | M  |     | 합격         | 합격            | 합격        |

[0162]

[0163] 표 5 및 6으로부터 알 수 있듯이, 용접 금속의 화학 조성이 본 발명의 규정을 만족하는 시험 No.17~19에서는, 용접 중 및 고온에서의 시효 중에 충분한 내응고 균열성 및 내응력 완화 균열성을 발휘함과 더불어, 크리프 강도가 뛰어난 결과가 되었다.

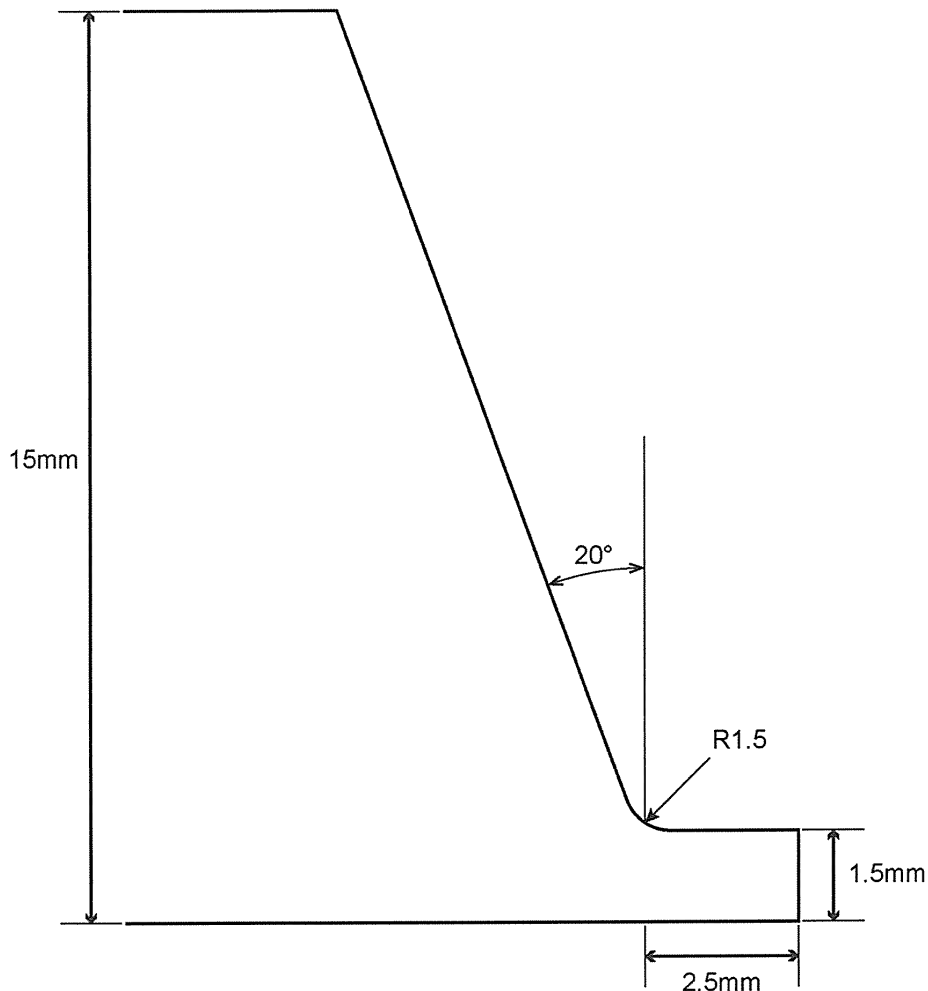
[0164] 이상과 같이, 본 발명의 요건을 만족하는 경우만, 충분한 내응고 균열성 및 내응력 완화 균열성 및 뛰어난 크리프 강도가 얻어지는 것을 알 수 있었다.

[0165] **산업상 이용가능성**

[0166] 본 발명에 의하면, 고온에서 사용되는 기기에 이용하는 구조물을 구성하는 용접 금속으로서, 내용접 균열성이 뛰어나고 또한 높은 크리프 강도를 갖는 오스테나이트계 스테인리스강 용접 금속, 및 그것을 갖는 용접 구조물을 얻을 수 있다.

**도면**

**도면1**



도면2

