



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0121809
(43) 공개일자 2019년10월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/44 (2006.01) C21D 6/00 (2006.01)
C22C 38/52 (2006.01) C22C 38/58 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22C 38/44 (2013.01)
C21D 6/002 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-7027772
(22) 출원일자(국제) 2018년03월30일
심사청구일자 2019년09월23일
(85) 번역문제출일자 2019년09월23일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2018/013892
(87) 국제공개번호 WO 2018/181990
국제공개일자 2018년10월04일
(30) 우선권주장
JP-P-2017-066873 2017년03월30일 일본(JP)

(71) 출원인
넛테츠 스테인레스 가부시키키가이샤
일본국 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 1초메 8방 2고
(72) 발명자
즈게 신지
일본 1000005 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 1초메 8방 2고 넛테츠 스테인레스 가부시키키가이샤 내
오이카와 유우스케
일본 1000005 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 1초메 8방 2고 넛테츠 스테인레스 가부시키키가이샤 내
(74) 대리인
양영준, 최인호, 성재동

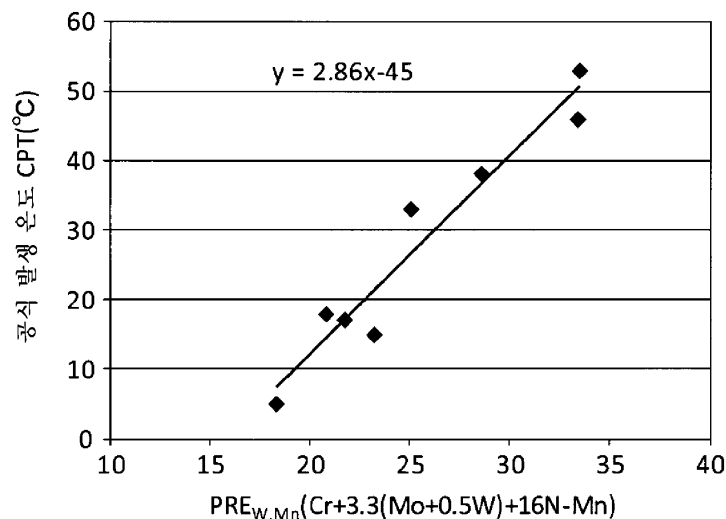
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 발명의 명칭 2상 스테인리스강 및 그 제조 방법

(57) 요약

본 발명은, SUS329J1 이상의 내식성을 갖는 강종에 적용 확대할 것을 목적으로 하여, 기수나 해수에 가까운 염화물 이온 농도의 환경에서 우수한 내식성을 나타내고, 또한 경제성이 높은 2상 스테인리스 강재를 얻는 것을 과제로 한다. 본 발명자들은, Mn을 2.0% 미만으로, N을 0.25% 이하로 저감한 후에, Nb를 미량 첨가함으로써 공식 발생 온도 CPT를 높이는 효과가 얻어지기 쉽다는 것을 알아내었다. 그리고, Nb를 미량 첨가한 강의 고용화 열처리 후, Cr 질화물 및 Nb 질화물의 석출에 미치는 영향을 끝까지 확인하여, 모재의 내공식성을 높인 2상 스테인리스강을 개발하였다. 즉, 800℃까지를 서랭하고, 그 후 600℃까지를 급랭함으로써, 크롬 질화물 및 니오븀 질화물의 석출을 제어하고, 추출 잔사 중의 Cr양 [Cr]과 Nb양 [Nb]의 비를 0.2 이상으로 함으로써, 내식성을 높일 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C22C 38/52 (2013.01)

C22C 38/58 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

질량%로,

C: 0.001 내지 0.03%,

Si: 0.05 내지 1.5%,

Mn: 0.1 내지 2.0% 미만,

Cr: 20.0 내지 26.0%,

Ni: 2.0 내지 7.0%,

Mo: 0.5 내지 3.0%,

N: 0.10 내지 0.25%,

Nb: 0.005 내지 0.10%, 및

Al: 0.003 내지 0.05%를 함유하고,

또한,

W: 0.01 내지 1%,

Co: 0.01 내지 1.0%,

Cu: 0.01 내지 2.0%,

V: 0.01 내지 0.3%,

Ti: 0.001 내지 0.03%, 및

B: 0.0001 내지 0.0050% 중 1종 또는 2종 이상을 함유하고,

잔부가 Fe 및 불가피적 불순물이며,

불순물로서

O: 0.006% 이하,

P: 0.05% 이하,

S: 0.003% 이하로 제한한 강이며,

상기 강의

추출 잔사 중의 Cr양: [Cr]이 0.005 내지 0.050%,

추출 잔사 중의 Nb양: [Nb]가 0.001 내지 0.080%이며,

[Nb]/[Cr] 비율이 0.2 이상인 것을 특징으로 하는 2상 스테인리스강.

청구항 2

질량%로,

C: 0.001 내지 0.03%,

Si: 0.05 내지 1.5%,

Mn: 0.1 내지 2.0% 미만,

Cr: 20.0 내지 26.0%,
 Ni: 2.0 내지 7.0%,
 Mo: 0.5 내지 3.0%,
 N: 0.10 내지 0.25%,
 Nb: 0.005 내지 0.10%,
 Al: 0.003 내지 0.05%,
 Ca: 0.0005 내지 0.005%, 및
 Mg: 0.0001 내지 0.003%를 함유하고,
 또한,
 W: 0.01% 내지 1%,
 Co: 0.01 내지 1.0%,
 Cu: 0.01 내지 2.0%,
 V: 0.01 내지 0.3%,
 Ti: 0.001 내지 0.03%,
 B: 0.0001 내지 0.0050%, 및
 REM: 0.005 내지 0.10% 중 1종 또는 2종 이상을 함유하고,
 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물이며,
 불순물로서
 O: 0.006% 이하,
 P: 0.05% 이하,
 S: 0.003% 이하로 제한한 강이며,
 상기 강의
 추출 잔사 중의 Cr양: [Cr]이 0.005 내지 0.050%,
 추출 잔사 중의 Nb양: [Nb]가 0.001 내지 0.080%이며,
 [Nb]/[Cr] 비율이 0.2 이상인 것을 특징으로 하는 2상 스테인리스강.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,
 공식 발생 온도(℃)가 식 1에서 얻어지는 CPT 계산값 이상의 값인 것을 특징으로 하는 2상 스테인리스강.

$$\text{CPT 계산값} = 2.86(\text{Cr} + 3.3(\text{Mo} + 0.5\text{W}) + 16\text{N} - \text{Mn}) - 45(℃) \quad (\text{식 1})$$

청구항 4

질량%로,
 C: 0.001 내지 0.03% 이하,
 Si: 0.05 내지 1.5%,
 Mn: 0.1 내지 2.0% 미만,
 Cr: 20.0 내지 26.0%,

Ni: 2.0 내지 7.0%,
 Mo: 0.5 내지 3.0%,
 N: 0.10 내지 0.25%,
 Nb: 0.005 내지 0.10%, 및
 Al: 0.003 내지 0.05%를 함유하고,
 또한,
 W: 0.01% 내지 1%,
 Co: 0.01 내지 1.0%,
 Cu: 0.01 내지 2.0%,
 V: 0.01 내지 0.3%,
 Ti: 0.001 내지 0.03%,
 B: 0.0001 내지 0.0050%,
 Ca: 0.0005 내지 0.005%,
 Mg: 0.0001 내지 0.003%, 및
 REM: 0.005 내지 0.10% 중 1종 또는 2종 이상을 함유하고,
 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지며,
 불순물로서
 O: 0.006% 이하,
 P: 0.05% 이하,
 S: 0.003% 이하로 제한한 강을
 940 내지 1150℃의 온도 영역의 온도로 가열하고,

그 후, 상기 강의 온도가 1080℃~800℃ 사이의 온도로 될 때까지 평균 냉각 속도 5℃/s 미만으로 냉각하고, 그 후 상기 강의 온도에서 800℃에서 600℃까지의 평균 냉각 속도가 3℃/s 이상이 되도록 냉각하는 것을 특징으로 하는 2상 스테인리스강의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 기수나 해수에 가까운 염화물 이온 농도가 높은 환경에서 우수한 내식성을 나타내는 2상 스테인리스강재 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 2상 스테인리스강은 Cr, Mo, Ni, N을 다량으로 함유하고, 금속 간 화합물, 질화물이 석출되기 쉽기 때문에 1000℃ 이상의 고용화 열처리를 행하여 석출물을 고용시키고 있다. 최근에는, Ni, Mo 등을 절감하고, Mn을 함유시켜, 금속 간 화합물의 석출 감수성을 크게 저하시킨 합금 원소 절감형 2상 스테인리스강이 개발되고 있다.

[0003] 합금 원소 절감형 2상 스테인리스강에 있어서, 주로 영향을 미치는 석출물은 크롬 질화물이다. 크롬 질화물은 Cr(크롬)과 N(질소)가 결합한 석출물이며, 2상 스테인리스강에 있어서는 입방정의 CrN 또는 육방정의 Cr₂N이 페라이트 입내 혹은 페라이트 입계에 석출되는 경우가 많다. 이들 크롬 질화물이 석출되면, 충격 특성을 저하시킴과 함께, 석출에 수반하여 크롬 결핍층이 생성함으로써 내식성이 저하된다.

[0004] 본 발명자들은, 크롬 질화물 석출과 화학 조성의 관계를 명확히 하고, 성분 조성을 제어하여 크롬 질화물의 석

출을 억제하고, 내식성이나 충격 특성이 양호한 합금 원소 절감형 2상 스테인리스강을 발명하였다(특허문헌 1). 특히, 이 합금 원소 절감형 2상 스테인리스강에서는 Mn 함유량을 증가시킴으로써 질화물의 석출을 억제하고 있다. 또한, 본 발명자들은 N과의 친화력이 있는 미량의 V나 Nb를 선택적으로 함유시킴으로써 용접부에 있어서의 크롬 질화물의 석출 속도를 억제하고, 용접 열 영향부의 내식성을 개선할 수 있는 점에 대해서도 특허문헌 1에서 개시하고 있다. 이와 같은 합금 원소 절감형 2상 스테인리스강은, 높은 강도를 살려 박육화가 가능하며, 비용 저하를 기대할 수 있을 뿐만 아니라, 내식성 등의 특성면이 우수한 점에서도, 이미 각 분야에서 사용되고 있다.

[0005] 합금 원소 절감형 2상 스테인리스강으로서는, SUS821L1, 323L의 2강종이 JIS에 규격화되고, 오스테나이트계 스테인리스강의 SUS304, 316L과 같은 범용 스테인리스강의 대체로서 적용되어 있다. 이들 강종은 염화물 이온 농도가 비교적 낮은 환경에 적합하지만, 부식이 엄격한 환경에 대한 적용에는 한계가 있다. SUS316L 이상의 내식성을 나타내는 2상 스테인리스 강종으로서는 SUS329J1, 329J3L, 329J4L등이 오래 전부터 규격화되어 있다. 그러나, 이들 스테인리스강은 비교적 고가이며, 범용강으로서 적용 확대를 도모해 가기 위해서는, 더한층의 경제성의 개선이 필요하다.

[0006] 본 발명자들은, SUS316L 이상의 내식성을 나타내는 2상 스테인리스강으로서, Mn양을 2.0% 이상, N양을 0.20% 이상으로 높이고, $PI=Cr+3.3Mo+16N$ 을 30~38로 하고, 오스테나이트 석출 온도 γ_{pre} 를 높인 강을 개시하고 있다(특허문헌 2). 이와 같이, Mn을 함유시켜, N의 고용도를 높이는 방법도 비용을 낮춰 경제성을 높이는 방법이다.

[0007] 또한, Mo 함유량이 2~5%로 높은 성분계의 2상 스테인리스강의 내립계 부식성을 향상시키기 위해서, 열처리 조건 후의 냉각 과정에서 3℃/s 이상에서 급랭함으로써, 2상 조직의 화학 조성을 제어하고, 페라이트/오스테나이트 계면의 오스테나이트 상측에서의 Cr 결핍부를 저감시킨 2상 스테인리스강도 제안되어 있다(특허문헌 3).

선행기술문헌

특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) 국제 공개 제2009/119895호
(특허문헌 0002) 일본 특허공개 제2012-197509호 공보
(특허문헌 0003) 일본 특허공개 제2016-53213호 공보

비특허문헌

- [0009] (비특허문헌 0001) 가지무라 하루히코: 제215·216회 니시야마 기념 기술 강좌, 일본 철강 협회 편찬, (2013), 17.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 특허문헌 1~2에서 제안된 합금 원소 절감형 2상 스테인리스강은, 그 나뉠대로의 내식성을 나타내고 있지만, 최근 요구되고 있는 기수나 해수 등의 염화물 이온 농도가 높은 환경하에서는, 충분한 내식성이 있다고는 할 수 없는 것이 실상이다. 또한, 특허문헌 3에서 개시되어 있는 2상 스테인리스강은, 내식성은 있지만, Mo를 다량으로 함유하기 때문에 경제성에 난점이 있다.

[0011] 그래서, 본 발명은, 합금 원소 절감형 2상 스테인리스강에 있어서 SUS329J1이상의 내식성을 갖고, 기수나 해수에 가까운 염화물 이온 농도가 높은 환경에서도 우수한 내식성을 갖는 것을 과제로 한다.

과제의 해결 수단

[0012] 특허문헌 2와 같이 N(질소) 함유량을 높게 하는 것은, 내식성을 확보하기 위한 하나의 해답이다. 그러나, N은 강의 열간 가공성을 저해하는 원소이며, N 함유량은 낮은 편이 바람직하다.

- [0013] 또한 Mn은 스테인리스강의 내식성을 저하시키는 원소이며, Mn 함유량을 억제하는 것은, 성능/비용의 지표로 경제적인 강을 설계하는 하나의 방법이다. 본 발명자들은 이러한 관점에서, Mn의 상한을 2.0%, N의 상한을 0.25%로 하고, 성능/비용이 우수한 강의 합금 설계를 행하였다.
- [0014] 온대부터 열대에 걸친 기수나 해수에 가까운 염화물 이온 농도가 높은 환경을 모의할 것을 목적으로, 내공식성을 평가하는 방법으로서 JIS G0590:2013에 정해진 공식 발생 온도(CPT)를 사용하였다. 이것은, 자연 환경에 있어서, 미생물 등의 영향에 의해 강재의 전위가 높아지는 것을 상정하고, 강재에 0.745VvsSSE(SSE는 은 염화 은 전극을 참조로 한 전위)의 전위를 부여하고 1M-NaCl 시험 용액 중의 시료의 온도를 상승시켜, 공식이 발생하는 온도를 구하는 시험 방법이다.
- [0015] 이 시험 방법에 의해, 2상 스테인리스강 모재 시험편 및 그것에 용접을 모의한 열 사이클을 부여한 시험편으로, 각각의 CPT를 측정하였다.
- [0016] 일반적으로 스테인리스강의 내공식성은 공식 지수로 순위 매김이 행해진다. 공식 지수(PRE)로서는 $Cr+3.3Mo+16N$ 의 식으로 표현되는 경우가 많다. 또한 Mn의 악영향과 W의 효과를 고려하여 $PRE_w = Cr+3.3(Mo+0.5W)+16N-Mn$ 의 식이 제안되어 있다(비특허문헌 1). 본 발명자들은 이 식을 이용하여, 모재 시험편의 공식 지수와 CPT의 상관을 연구하였다. 그 결과,
- [0017] $CPT \text{ 계산값} = 2.86(Cr+3.3(Mo+0.5W)+16N-Mn) - 45(^\circ C)$ (식 1)
- [0018] 로 되는 관계를 대체로 따르며, 오차는 있더라도 5~10℃ 정도임을 알 수 있었다(도 1. 도 1 중의 점은, 각종 스테인리스강에 의한 실측값을 나타냄).
- [0019] 다음으로, 용접을 모의한 열 사이클을 부여한 시험편의 CPT는, N양을 낮추고, V, Nb 등의 선택 원소를 적량 첨가함으로써 향상된다는 것을 재확인하였다.
- [0020] 본 발명자들은 N을 0.25% 이하로 저감시킨 다음, Nb를 미량 첨가하면 열 사이클을 부여한 시험편의 CPT를 높이는 효과가 얻어지기 쉽다는 것을 알아내었다. 그래서, 본 발명자들은, Mn을 2.0% 이하, N을 0.25% 이하로 하고, 그에 더하여 Nb를 미량 첨가한 강의 고용화 열처리의 방법, 크롬 질화물 및 니오븀 질화물의 석출에 미치는 영향, 모재의 내공식성을 높이는 방법에 대한 연구를 진행하였다.
- [0021] 스테인리스강의 내식성, 그 중에서도 내공식성은 강 중의 개재물·석출물의 종류나 조성, 크기 등에 영향을 받는 것이 알려져 있다. 이 중 개재물은 강의 탈산이나 탈황에 수반되어 생성하는 것이다. 본 발명자들은 지금까지의 2상 스테인리스강의 내공식성에 관한 지견으로부터, Al을 0.003 내지 0.05% 함유시킨 후에, Ca를 0.0005 내지 0.005%, Mg를 0.0001 내지 0.003% 함유시킨 경우에 우수한 내공식성이 얻어진다고 생각하여, 본 발명 강의 연구 개발에 적용하였다.
- [0022] Nb: 0.005 내지 0.10%를 함유시켜, 모재의 추출 잔사 중의 Cr양: [Cr]이 0.005 내지 0.050%, 추출 잔사 중의 Nb양: [Nb]가 0.001 내지 0.080%를 함유하고, [Nb]/[Cr] 비율을 0.2 이상으로 한 강에서는, 모재의 CPT가 높은 값을 나타낸다는 사실을 명확히 하고, 그 밖의 연구 결과도 근거로 하여 본 발명에 이르렀다.
- [0023] 즉, 본 발명의 요지로 하는 부분은 이하와 같다.
- [0024] (1)
- [0025] 질량%로,
- [0026] C: 0.001 내지 0.03%,
- [0027] Si: 0.05 내지 1.5%,
- [0028] Mn: 0.1 내지 2.0% 미만,
- [0029] Cr: 20.0 내지 26.0%,
- [0030] Ni: 2.0 내지 7.0%,
- [0031] Mo: 0.5 내지 3.0%,
- [0032] N: 0.10 내지 0.25%,

- [0033] Nb: 0.005 내지 0.10%, 및
- [0034] Al: 0.003 내지 0.05%를 함유하고,
- [0035] 또한,
- [0036] W: 0.01 내지 1%,
- [0037] Co: 0.01 내지 1.0%,
- [0038] Cu: 0.01 내지 2.0%,
- [0039] V: 0.01 내지 0.3%,
- [0040] Ti: 0.001 내지 0.03%, 및
- [0041] B: 0.0001 내지 0.0050% 중 1종 또는 2종 이상을 함유하고,
- [0042] 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물이며,
- [0043] 불순물로서
- [0044] O: 0.006% 이하,
- [0045] P: 0.05% 이하,
- [0046] S: 0.003% 이하로 제한한 강이며,
- [0047] 상기 강의
- [0048] 추출 잔사 중의 Cr양: [Cr]이 0.005 내지 0.050%,
- [0049] 추출 잔사 중의 Nb양: [Nb]가 0.001 내지 0.080%이며,
- [0050] [Nb]/[Cr] 비율이 0.2 이상인 것을 특징으로 하는 2상 스테인리스강.
- [0051] (2)
- [0052] 질량%로,
- [0053] C: 0.001 내지 0.03%,
- [0054] Si: 0.05 내지 1.5%,
- [0055] Mn: 0.1 내지 2.0% 미만,
- [0056] Cr: 20.0 내지 26.0%,
- [0057] Ni: 2.0 내지 7.0%,
- [0058] Mo: 0.5 내지 3.0%,
- [0059] N: 0.10 내지 0.25%,
- [0060] Nb: 0.005 내지 0.10%,
- [0061] Al: 0.003 내지 0.05%,
- [0062] Ca: 0.0005 내지 0.005%, 및
- [0063] Mg: 0.0001 내지 0.003%를 함유하고,
- [0064] 또한,
- [0065] W: 0.01% 내지 1%,
- [0066] Co: 0.01 내지 1.0%,
- [0067] Cu: 0.01 내지 2.0%,
- [0068] V: 0.01 내지 0.3%,

- [0069] Ti: 0.001 내지 0.03%,
- [0070] B: 0.0001 내지 0.0050%, 및
- [0071] REM: 0.005 내지 0.10% 중 1종 또는 2종 이상을 함유하고,
- [0072] 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물이며,
- [0073] 불순물로서의
- [0074] O: 0.006% 이하,
- [0075] P: 0.05% 이하,
- [0076] S: 0.003% 이하로 제한한 강이며,
- [0077] 상기 강의
- [0078] 추출 잔사 중의 Cr양: [Cr]이 0.005 내지 0.050%,
- [0079] 추출 잔사 중의 Nb양: [Nb]가 0.001 내지 0.080%이며,
- [0080] [Nb]/[Cr] 비율이 0.2 이상인 것을 특징으로 하는 2상 스테인리스강.
- [0081] (3)
- [0082] 공식 발생 온도(℃)가 식 1에서 얻어지는 CPT 계산값 이상의 값인 것을 특징으로 하는 (1) 또는 (2)에 기재된 2상 스테인리스강.
- [0083] $CPT \text{ 계산값} = 2.86(Cr + 3.3(Mo + 0.5W) + 16N - Mn) - 45(℃)$ (식 1)
- [0084] (4)
- [0085] 질량%로,
- [0086] C: 0.001 내지 0.03%,
- [0087] Si: 0.05 내지 1.5%,
- [0088] Mn: 0.1 내지 2.0% 미만,
- [0089] Cr: 20.0 내지 26.0%,
- [0090] Ni: 2.0 내지 7.0%,
- [0091] Mo: 0.5 내지 3.0%,
- [0092] N: 0.10 내지 0.25%,
- [0093] Nb: 0.005 내지 0.10%, 및
- [0094] Al: 0.003 내지 0.05%를 함유하고,
- [0095] 또한,
- [0096] W: 0.01% 내지 1%,
- [0097] Co: 0.01 내지 1.0%,
- [0098] Cu: 0.01 내지 2.0%,
- [0099] V: 0.01 내지 0.3%,
- [0100] Ti: 0.001 내지 0.03%,
- [0101] B: 0.0001 내지 0.0050%,
- [0102] Ca: 0.0005 내지 0.005%,
- [0103] Mg: 0.0001 내지 0.003%, 및

- [0104] REM: 0.005 내지 0.10% 중 1종 또는 2종 이상을 함유하고,
- [0105] 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물이며,
- [0106] 불순물로서
- [0107] O: 0.006% 이하,
- [0108] P: 0.05% 이하,
- [0109] S: 0.003% 이하로 제한한 강을
- [0110] 940~1150℃의 온도 영역의 온도로 가열하고,
- [0111] 그 후, 상기 강의 온도가 1080℃~800℃ 사이의 온도로 될 때까지 평균 냉각 속도 5℃/s 미만으로 냉각하고, 그 후 상기 강의 온도에서 800℃에서 600℃까지의 평균 냉각 속도가 3℃/s 이상이 되도록 냉각하는 것을 특징으로 하는 2상 스테인리스강의 제조 방법.

발명의 효과

- [0112] 본 발명에 의해 얻어지는 2상 스테인리스강은, SUS329J1 이상의 내식성을 갖고, 기수나 해수에 가까운 염화물 이온 농도가 높은 환경에서 우수한 내식성을 나타낸다. 또한 Mo 등의 고가의 원소를 제한한 경제성이 높은 2상 스테인리스 강재를 얻을 수 있다. 그 결과, 본 발명에 따른 2상 스테인리스강은, 하천 댐, 수문, 하구언 등의 인프라 구조물용, 또는 해수 담수화 기기, 수송선의 탱크류, 각종 용기 등으로서 종래의 강재보다 박육화할 수 있으며, 또한 성능/비용비가 높아 경제적인 강재로서 이용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0113] 도 1은, 각종 스테인리스강의 $PRE_{w, m}$ 의 값과 공식 발생 온도(CPT)의 관계를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0114] 이하에, 본 발명에 대하여 설명한다. 또한, 본 명세서에 있어서, 특별히 정함이 없는 한 성분에 관한 %는 질량%를 나타낸다.
- [0115] C는, 스테인리스강의 내식성을 확보하기 위해서, 0.03% 이하의 함유량으로 제한한다. 0.03%를 초과해 함유시키면 열간 압연 시에 Cr 탄화물이 생성하고, 내식성, 인성이 열화된다. 바람직하게는, 0.025% 이하이고, 더욱 바람직하게는 0.023% 이하로 하면 된다.
- [0116] 한편, 스테인리스강의 C량을 저감하는 비용의 관점에서 0.001%를 하한으로 한다.
- [0117] Si는, 탈산을 위해 0.05% 이상 첨가한다. 바람직하게는, 0.1% 이상, 더욱 바람직하게는 0.2% 이상으로 하면 된다.
- [0118] 한편, 1.5%를 초과해 첨가하면 인성이 열화된다. 그 때문에, 1.5% 이하로 한다. 바람직하게는 1.2% 이하, 더욱 바람직하게는 1.0% 이하로 하면 된다.
- [0119] Mn은 오스테나이트 상을 증가시켜 인성을 개선하는 효과를 갖는다. 또한 질화물 석출 온도 TN을 저하시키는 효과를 갖는다. 모재 및 용접부의 인성 때문에 0.1% 이상 첨가한다. 바람직하게는 0.3% 이상, 더욱 바람직하게는 0.5% 이상으로 하면 된다.
- [0120] 한편, Mn은 스테인리스강의 내식성을 저하시키는 원소이므로, Mn을 2.0% 미만으로 하면 된다. 바람직하게는 1.8% 이하, 더욱 바람직하게는 1.5% 이하로 하면 된다.
- [0121] Cr은, 본 발명 강의 기본적인 내식성을 확보하기 위해서 20.0% 이상 함유시킨다. 바람직하게는 21.0% 이상, 더욱 바람직하게는 21.5% 이상으로 하면 된다.
- [0122] 한편, Cr을, 26.0%를 초과해 함유시키면 페라이트 상 분율이 증가해 인성 및 용접부의 내식성을 저해한다. 이 때문에 Cr의 함유량을 26.0% 이하로 하였다. 바람직하게는 25.0% 이하, 더욱 바람직하게는 24.5% 이하로 하면 된다.
- [0123] Ni는, 오스테나이트 조직을 안정적으로 하고, 각종 산에 대한 내식성, 인성을 더욱 개선하기 위해서 2.0% 이상

함유시킨다. Ni 함유량을 증가함으로써 질화물 석출 온도를 저하시키는 것이 가능해진다. 바람직하게는, 3.0 % 이상, 더욱 바람직하게는 4.0% 이상으로 하면 된다.

[0124] 한편, Ni는 고가의 합금이며, 합금 절감형 2상 스테인리스강을 대상으로 한 본 발명 강에서는 비용의 관점에서 7.0% 이하의 함유량으로 제한한다. 바람직하게는 6.5% 이하, 더욱 바람직하게는 6.0% 이하로 하면 된다.

[0125] Mo는, 스테인리스강의 내식성을 높이는 매우 유효한 원소이며, SUS316 이상의 내식성을 부여하기 위해서 0.5% 이상 함유시키면 된다. 바람직하게는 0.8% 이상, 더욱 바람직하게는 1.0% 이상으로 하면 된다.

[0126] 한편, Mo는 고가임과 함께, 금속 간 화합물 석출을 촉진시키는 원소이며, 본 발명 강에서는 열간 압연 시의 석출을 억제하는 관점과 경제적 관점에서 Mo 함유량은 적은 편이 좋으므로 3.0% 이하로 한다. 바람직하게는 2.5% 미만, 더욱 바람직하게는 2.0% 이하, 보다 바람직하게는 1.5% 이하로 하면 된다.

[0127] N은, 오스테나이트 상에 고용해서 2상 스테인리스강의 강도, 내식성을 높이는 유효한 원소이기 때문에, 0.10% 이상 함유시킨다. 바람직하게는 0.12% 이상, 더욱 바람직하게는 0.15% 이상으로 하면 된다.

[0128] 한편, 고용 한도는 Cr 함유량에 따라서 높아지지만, 본 발명 강에 있어서는 0.25% 초과 함유시키면 Cr 질화물을 석출해서 인성 및 내식성을 저해하게 된다. 그 때문에, N 함유량을 0.25% 이하로 하였다. 바람직하게는 0.23% 이하, 더욱 바람직하게는 0.20% 이하로 하면 된다.

[0129] Nb는, N과 친화력이 강하고, 크롬 질화물의 석출 속도를 더 저하시키는 작용을 갖는 원소이다. 이 때문에, 본 발명 강에서는 0.005% 이상 함유시킨다. 바람직하게는 0.010% 이상, 더욱 바람직하게는 0.020% 이상, 보다 바람직하게는 0.030% 이상으로 하면 된다.

[0130] 한편, Nb가 0.10%를 초과해 함유시키면 Nb의 질화물이 다량으로 석출되고, 인성을 저해하게 되기 때문에, 그 함유량을 0.10% 이하로 정하였다. 바람직하게는 0.090% 이하, 더욱 바람직하게는 0.085% 이하, 보다 바람직하게는 0.080% 이하로 하면 된다.

[0131] 또한, Nb는 고가의 원소이지만, 품위가 낮은 스크랩에 함유되는 Nb를 적극적으로 이용함으로써, 스테인리스 용해 원료 비용을 저렴하게 할 수 있다. 이러한 방법에 의해, Nb 함유 강의 용해 비용의 저감을 도모하는 것이 바람직하다.

[0132] Al은, 강의 탈산을 위한 중요한 원소이며, 또한 본 강의 개재물의 조성을 제어하기 위해서, Ca 및 Mg와 함께 함유시킨다. Al은 강 중의 산소를 저감시키기 위해 Si와 함께 함유시켜도 된다. Al은 개재물의 조성을 제어하여 내공식성을 높이기 위해서 0.003% 이상 함유시킨다. 바람직하게는 0.005% 이상으로 하면 된다.

[0133] 한편, Al은 N과의 친화력이 비교적 큰 원소이며, 과잉으로 첨가하면 Al의 질화물을 발생시켜 스테인리스강의 인성을 저해한다. 그 정도는 N 함유량에도 의존하지만, Al이 0.05%를 초과하면 인성 저하가 현저해지기 때문에 그 함유량을 0.05% 이하로 하면 된다. 바람직하게는 0.04% 이하, 보다 바람직하게는 0.035% 이하로 하면 된다.

[0134] Ca 및 Mg는 본 발명 강의 개재물의 조성을 제어하고, 본 발명 강의 내공식성과 열간 가공성을 높이기 위해서 첨가된다. Ca 및 Mg를 첨가하는 강에서는, 0.003% 이상 0.05% 이하의 Al과 함께 용해 원료를 사용해서 첨가되거나, 혹은 탈산 및 탈황 조업을 통해 그 함유량이 조정되고, Ca의 함유량을 0.0005% 이상, Mg의 함유량을 0.0001% 이상으로 제어한다. 바람직하게는 Ca를 0.0010% 이상, Mg를 0.0003% 이상, 더욱 바람직하게는 Ca를 0.0015% 이상, Mg를 0.0005% 이상으로 하면 된다.

[0135] 한편, Ca 및 Mg는, 어느 것이든 과잉의 첨가는 역으로 열간 가공성 및 인성을 저하시키기 때문에, Ca에 대해서는 0.0050% 이하, Mg에 대해서는 0.0030% 이하로 함유량을 제어하면 된다. 바람직하게는 Ca를 0.0040% 이하, Mg를 0.0025% 이하, 더욱 바람직하게는 Ca를 0.0035% 이하, Mg를 0.0020% 이하로 하면 된다.

[0136] O(산소)는, 불가피적 불순물이며, 스테인리스강의 열간 가공성, 인성, 내식성을 저해하는 원소이기 때문에, 가능한 한 적게 하는 것이 바람직하다. 그 때문에, O 함유량은 0.006% 이하로 하는 것이 바람직하다. 또한, 산소를 극단적으로 저감하는 데는 정련에 매우 큰 비용이 필요해지기 때문에, 경제성을 고려하면 산소량은 0.001% 이상 있어도 된다.

[0137] 또한, 이하의 원소 중 1종 또는 2종 이상을 함유할 수 있다.

[0138] W는, Mo와 마찬가지로 스테인리스강의 내식성을 향상시키는 원소이며, 함유 해도 된다. 본 발명 강에 있어서

내식성을 높일 목적을 위해 함유시켜도 된다. 그러나, 고가의 원소이므로, 1.0% 이하로 하면 된다. 바람직하게는 0.7% 이하, 더욱 바람직하게는 0.5% 이하로 하면 된다. 첨가하는 경우, 바람직하게는 0.05 이상 함유하면 된다. W를 함유하는 경우, 그 효과를 얻기 위해서 0.01% 이상 첨가하면 되며, 바람직하게는 0.05% 이상, 더욱 바람직하게는 0.10% 이상으로 하면 된다.

[0139] Co는, 강의 인성과 내식성을 높이기 위해서 유효한 원소이며, 함유해도 된다. Co는, 1.0%를 초과해 함유시켜도 고가의 원소이기 때문에 비용에 알맞은 효과가 발휘되지 않게 되기 때문에, 1.0% 이하 함유하면 된다. 바람직하게는 0.7% 이하, 더욱 바람직하게는 0.5% 이하 함유하면 된다. Co를 함유하는 경우, 그 효과를 얻기 위해서 0.01% 이상 첨가하면 되며, 바람직하게는 0.03% 이상, 더욱 바람직하게는 0.10% 이상으로 하면 된다.

[0140] Cu는, 스테인리스강의 산에 대한 내식성을 부가적으로 높이는 원소이며, 또한 인성을 개선하는 작용을 갖기 때문에, 함유해도 된다. Cu를 2.0% 초과 함유시키면 열간 압연 후의 냉각 시에 고용도를 초과해서 ϵ Cu가 석출되어 취화하므로 2.0% 이하 함유하면 된다. 바람직하게는 1.7% 이하, 더욱 바람직하게는 1.5% 이하 함유하면 된다. Cu를 함유하는 경우, 0.01% 이상, 바람직하게는 0.33% 이상, 더욱 바람직하게는 0.45% 이상 함유시키면 된다.

[0141] V는, N과 친화력이 있고, 크롬 질화물의 석출 속도를 저하시키는 작용을 갖는 원소이다. 이 때문에, 함유시켜도 된다. 그러나, 0.3%를 초과해 함유시키면 V의 질화물이 다량으로 석출되어, 인성을 저해하게 되기 때문에, V의 함유량은 0.3% 이하, 바람직하게는 0.25% 이하, 더욱 바람직하게는 0.20% 이하로 하면 된다. V를 함유하는 경우, 그 효과를 얻기 위해서 0.01% 이상 첨가하면 되며, 바람직하게는 0.03% 이상, 더욱 바람직하게는 0.08% 이상으로 하면 된다.

[0142] Ti는, N과의 사이에 매우 강한 친화력이 있고, 강 중에서 Ti의 질화물을 형성하기 때문에 함유시켜도 된다. 이 때문에, Ti를 함유시키는 경우에는 매우 소량으로 할 것이 필요해진다. 0.03%를 초과해 함유시키면 Ti의 질화물에 의해 인성을 저해하게 되기 때문에, 그 함유량을 0.03% 이하, 바람직하게는 0.02% 이하, 더욱 바람직하게는 0.015% 이하로 하면 된다. Ti를 함유하는 경우, 그 효과를 얻기 위해서 0.001% 이상 첨가하면 되며, 바람직하게는 0.003% 이상, 더욱 바람직하게는 0.005% 이상으로 하면 된다.

[0143] B는, 강의 열간 가공성을 개선하는 원소이며, 필요에 따라 함유시켜도 된다. 또한, N과의 친화력이 매우 강한 원소이며, 다량으로 함유시키면 B의 질화물이 석출되어, 인성을 저해하게 된다. 이 때문에, 그 함유량을 0.0050% 이하, 바람직하게는 0.0040% 이하, 더욱 바람직하게는 0.0030% 이하로 하면 된다. B를 함유하는 경우, 그 효과를 얻기 위해서 0.0001% 이상 첨가하면 되며, 바람직하게는 0.0005% 이상, 더욱 바람직하게는 0.0014% 이상으로 하면 된다.

[0144] 잔부는 Fe 및 불가피적 불순물이다. 불가피적 불순물이란, 본 발명에 따른 2상 스테인리스강을 제조할 때, 피할 수 없게 포함되어 버리는 것을 말한다. 불순물로서, 특히 P, S는, 이하의 이유에 의해 제한된다.

[0145] P는 원료로부터 불가피하게 혼입되는 원소이며, 열간 가공성 및 인성을 열화시키기 위해서, 가능한 한 적은 쪽이 좋으며, 0.05% 이하로 한정한다. 바람직하게는, 0.03% 이하로 하면 된다. P를 매우 저량으로 저감하는 데는, 정련 시의 비용이 높아진다. 이 때문에, 비용의 균형 면에서 P량의 하한을 0.001%로 하면 된다.

[0146] S는 원료로부터 불가피하게 혼입되는 원소이며, 열간 가공성, 인성 및 내식성도 열화시키기 위해서, 가능한 한 적은 쪽이 좋으며, 상한을 0.003% 이하로 한정한다. S를 극저량으로 저감하는 데는, 정련 시의 비용이 높아진다. 이 때문에, 비용의 균형 면에서 S량의 하한을 0.0001%로 해도 된다.

[0147] REM은 강의 열간 가공성을 개선하는 원소이며, 그 목적으로 0.005% 이상 첨가되는 경우가 있다. 바람직하게는 0.010% 이상, 더욱 바람직하게는 0.020% 이상 함유하면 된다. 한편 과잉 첨가는 역으로 열간 가공성 및 인성을 저하시키기 때문에, 0.100% 이하 함유하면 된다. 바람직하게는 0.080% 이하, 더욱 바람직하게는 0.070% 이하로 하면 된다.

[0148] 여기서 REM은 La나 Ce 등의 란타노이드계 희토류 원소의 함유량 총합으로 한다.

[0149] 다음으로, 추출 잔사에 관련된 항목에 대하여 설명한다.

[0150] 본 발명에 따른 2상 스테인리스강은 미량의 Nb 함유에 의해, Nb와 Cr을 함유하는 탄질화물이 석출되는 강으로 되어 있다. 이 강에 각종 고용화 열처리를 첨가한 상태의 제품의 내식성, 인성 등의 특성은, 추출 잔사인 강 중의 탄질화물 중에 포함되는 Nb와 Cr의 양(이하, 각각 [Nb], [Cr]로 나타냄) 및 그 비([Nb]/[Cr])에 의해 영향

을 받는다.

- [0151] 추출 잔사 중의 Cr양([Cr])이 많으면 내식성 및 인성을 저해한다. 종래, 이들 특성은 [Cr]이 적으면 적을수록 양호하다고 생각되어 왔다. 그러나, 미량의 Nb를 함유하는 본 발명 강에서는, 일정량의 [Cr]을 갖는 쪽이, 제품의 내식성 개선으로 이어진다는 사실을 알 수 있었다. 본 발명자들의 연구에 의해 [Cr]을 0.005% 이상으로 하면 된다는 사실을 알 수 있었다. 한편, [Cr]이 0.050%를 초과하면, 인성이나 내식성을 저해하게 되기 때문에, 0.050% 이하로 하면 된다.
- [0152] 추출 잔사 중의 Nb양([Nb])이 많으면 강의 인성을 저해한다. 종래, Nb가 석출되면 Nb 함유의 효과를 발휘시키기 어렵다고 생각되었지만, 본 발명자들의 연구에 의해 [Nb]를 일정량 갖는 쪽이 제품의 내식성 개선에 유효하다는 지견이 얻어졌다. 이 때문에 [Nb]는 0.001% 이상으로 하면 되며, 바람직하게는 0.003% 이상으로 하면 된다.
- [0153] 한편, 매우 다량의 [Nb]를 함유시키면 강의 인성을 손상시키게 되기 때문에, [Nb]는 0.080% 이하로 하면 된다. 바람직하게는 0.050% 이하로 하면 된다.
- [0154] 추출 잔사 중의 Nb양과 Cr양의 비([Nb]/[Cr])는, 강에 석출되어 있는 질화물의 조성을 대표하는 지표이다. 본 발명자들의 연구에 의해, 이 비율이 작으면, 제품의 내식성이 낮아진다는 지견이 얻어지고, 그 역치로서 0.2의 값을 얻었다. 이 때문에, [Nb]/[Cr]을 0.2 이상으로 하면 된다. 바람직하게는 0.3 이상, 더욱 바람직하게는 0.4 이상으로 하면 된다.
- [0155] 다음으로 제조 방법에 대하여 설명한다.
- [0156] 스테인리스강의 고용화 열처리는, 크롬 탄질화물을 고용시킬 목적으로 실시된다. 따라서, 높은 온도에서 강재를 균열하고, 급랭하는 것이 통상의 방법이다. 그런데, 본 발명자들의 연구에 의해, 크롬 탄질화물을 완전히 고용시키지 않는 쪽이 2상 스테인리스강의 내식성 개선으로 이어진다는 지견을 얻었다.
- [0157] 즉, 소정의 성분의 스테인리스강을 940~1150℃의 온도 영역의 온도로 가열하고, 그 후(예를 들어 열처리로부터 추출 후) 강의 온도가 1080℃~800℃ 사이의 온도로 될 때까지 평균 냉각 속도 5℃/s(초) 미만에서 냉각하고, 그 후, 강의 온도가 800℃에서 600℃로 될 때까지의 평균 냉각 속도가 3℃/s 이상이 되도록 냉각(급랭)시킴으로써, 2상 스테인리스강 제품의 내식성이 우수하다는 지견을 얻었다.
- [0158] 종래, 고용화 열처리의 온도를 높게 하고, 그 후 신속하게 냉각시켜, 스테인리스강 중의 석출물을 억제한다는 생각이, 일반적이었다. 본 발명 강은, Nb와 Cr을 함유시킨 2상 스테인리스강이며, 크롬 질화물과 니오븀 질화물이 복합적으로 석출되는 강이다. 본 발명자들은, 이 복합 질화물의 평형 석출의 열역학, 석출 속도에 관한 연구 지견을 근거로 하여 실험을 거듭하였다. 그 결과, 고용화 열 처리 온도 및 급랭을 개시하는 온도가 너무 높은 경우에, 또한 Nb의 함유량이 적은 경우에, 질화물 중의 크롬의 비율이 높아지고, 이에 따라서 내공식성이 저하된다는 것을 알아내었다.
- [0159] 고용화 열 처리 온도의 하한은, 강의 재결정을 촉진하기 위해서, 940℃ 이상으로 하면 된다. 바람직하게는 950℃ 이상, 더욱 바람직하게는 970℃ 이상으로 하면 된다. 한편, 고용화 열 처리 온도의 상한은 강재 냉각 중의 크롬 질화물의 과잉 생성을 억제하기 위해서 1150℃로 하면 된다. 바람직하게는 1100℃ 이하, 더욱 바람직하게는 1050℃ 이하로 하면 된다.
- [0160] 고용화를 충분히 확보하기 위해서, 고용화 열 처리 온도에서 1분 이상 유지하는 것이 바람직하다. 유지 시간의 상한은, 실제 조업에 지장이 없으면 특별히 한정되지 않지만, 생산성 등의 경제적 관점에서 30분 이하가 바람직하다.
- [0161] 가열 후, 급랭을 개시할 때까지의 냉각 속도는 느린 편이 바람직하고, 빨라도 5℃/s 미만으로 하면 된다. 바람직하게는 3℃/s 미만, 더욱 바람직하게는 2℃/s 이하로 하면 된다. 더욱 바람직하게는 1.5℃/s 이하로 하면 된다. 이때의 평균 냉각 속도의 하한은 특별히 설정하지 않는다.
- [0162] 급랭을 개시하는 온도는 낮은 편이 바람직하지만, Nb 질화물의 석출량을 증가시키기 위해서, 급랭을 개시하는 온도는 1080℃ 이하로 하면 된다. 한편, 크롬 질화물이 석출되는 온도 영역 이상으로 급랭을 개시할 필요가 있기 때문에, 급랭을 개시하는 온도는 800℃ 이상으로 하면 된다.
- [0163] 고용화 열 처리 온도가 1080℃ 이하인 경우, 서랭을 하지 않고, 급랭을 개시해도 된다. 크롬 질화물의 석출을 억제할 수 있기 때문이다. 그러나, 니오븀 질화물을 석출시킴으로써 크롬 질화물의 석출을 억제하는 효과를 얻

기 위해서, 가능한 한 서랭을 하는 것이 바람직하다.

[0164] 고용화 열처리 후의 냉각 중에, 2상 스테인리스강 중에 크롬 질화물의 석출이 진행된다면, 그만큼 Cr의 결핍 상이 증가하여, 내공식성이 저하된다. 이 때문에, 크롬 질화물의 석출 속도가 커지는 온도 영역(800~600℃)에 있어서의 냉각 속도를 크게 하는(급랭하는) 것이 바람직하다. 본 발명 강에서는, Nb를 함유시킴으로써 크롬 질화물의 석출 속도를 억제하는 것을 도모하고 있지만, 냉각 속도가 3℃/s 미만이면, 크롬 질화물의 생성 속도의 억제가 불충분해져서, Cr 결핍 상이 증가하고, 공식 발생 온도가 저하된다. 그 때문에, 냉각 속도를 3℃/s 이상으로 하면 된다. 바람직하게는 5℃/s 이상, 더욱 바람직하게는 10℃/s 이상으로 하면 된다. 급랭 시의 평균 냉각 속도의 상한은 특별히 설정하지 않지만, 설비적인 제약으로부터 100℃/s 이하로 하면 된다.

[0165] 이상의 관점에서, 바람직하게는, 고용화 열처리를 위한 가열 후, 강의 온도가 800℃가 될 때까지의 평균 냉각 속도를 5℃/s 미만(바람직하게는 3℃/s 미만, 더욱 바람직하게는 2℃/s 이하)이 되도록 냉각(서랭)하고, 그 후 강의 온도가 800℃~600℃까지의 평균 냉각 속도를 3℃/s 이상(바람직하게는 5℃/s 이상, 더욱 바람직하게는 10℃/s 이상)이 되도록 냉각(급랭)하면 된다. 냉각 방법은 특별히 한정되지 않는다. 서랭하기 위해서는, 열처리로 내에 방치해서 냉각하거나, 커버를 씌워서 냉각하거나, 대기 중에 방치하는 것을 생각할 수 있다. 급랭하기 위해서는, 수조에 침지하는 것을 생각할 수 있다.

[0166] 이 결과로서, 본 발명에 따른 스테인리스강은, 추출 잔사 중의 Cr양: [Cr]이 0.005 내지 0.050%, 추출 잔사 중의 Nb양: [Nb]가 0.001 내지 0.080%를 함유하고, [Nb]/[Cr] 비율이 0.2 이상을 확보할 수 있다.

[0167] 이들 관점에서 강 중의 Cr 질화물을 일정량 유지할 수 있어, Cr 결핍 상도 저감되기 때문에, 내식성이 개선된다.

[0168] 본 발명에 따른 2상 스테인리스강의 판 두께는 특별히 한정되지 않는다. 본 발명 강의 용도가 기수나 해수에 가까운 염화물 이온 농도가 높은 환경에서 사용되는 설비 기기나 용기류인 점과, 기존의 오스테나이트계 스테인리스강으로 바뀌, 본 발명에 따른 강의 고강도를 살려 두께를 감소시킨 강재 설계가 가능해져서 높은 경제성이 초래되는 점, 및 열처리나 냉각 제어성으로부터, 그 판 두께는 6mm보다 두꺼운 경우에 보다 효과가 얻어진다. 바람직하게는 8mm 이상이며, 더욱 바람직하게는 10mm 이상이면 된다.

[0169] 또한, 강의 온도는 강의 중심부의 온도인 것이 바람직하지만, 강의 표면 온도여도 된다. 실제의 조업에 있어서는 스테인리스강의 표면 온도를 측정하여, 열처리나 냉각 제어를 실시할 수 있다.

[0170] 전술한 바와 같이, 일반적으로 스테인리스강의 내공식성은 공식 지수로 순위 매김이 행해진다. 공식 지수(PRE)는,

[0171]
$$PRE=Cr+3.3Mo+16N$$

[0172] 의 식으로 표현되는 경우가 많다.

[0173] 또한 Mn과 W의 영향을 고려하여,

[0174]
$$PRE_{W, Mn}=Cr+3.3(Mo+0.5W)+16N-Mn$$

[0175] 의 식이 제안되어 있다(비특허문헌 1). 본 발명자들은, 이 $PRE_{W, Mn}$ 을 사용하여, 각종 스테인리스강과 CPT의 상관을 연구한 결과,

[0176]
$$CPT \text{ 계산값}(^{\circ}C) = 2.86(Cr+3.3(Mo+0.5W)+16N-Mn)-45(^{\circ}C) \quad (\text{식 } 1)$$

[0177] 로 되는 관계에 대체로 따른다는 사실을 이끌어냈다. 발명자들의 실험에서는, 실제의 공식 발생 온도(CPT)와 CPT 계산값의 오차는, 있더라도 5~10℃ 정도라는 사실이 밝혀졌다(도 1).

[0178] 본 발명에 따른 스테인리스강은, N을 억제하고, Nb를 미량 첨가하여 고용화 열처리를 행하고, 적량의 Nb, Cr의 탄질화물을 석출시킴으로써, 내공식성을 높이고 있다. 그 결과로서, 본 발명에 따른 스테인리스강의 공식 발생 온도(℃)는, (식 1)에서 얻어지는 CPT 계산값(℃)에 비해 높아진다는 사실이 확인되었다. 즉, 본 발명에 따른 스테인리스강의 실제 공식 발생 온도(CPT(실측값))가 (식 1)에서 얻어지는 CPT(계산값) 이상의 값임이 확인되었다.

[0179]
$$\text{공식 발생 온도}(^{\circ}C) \geq 2.86(Cr+3.3(Mo+0.5W)+16N-Mn)-45(^{\circ}C)$$

[0180] **실시예**

- [0181] 이하에 실시예에 대하여 설명한다. 표 1에 공시강의 화학 조성을 나타낸다. 이들 강은 실험실 용해재를 열간 압연한 것, 혹은 실제 제조재의 일부를 잘라낸 것이다. 표 1에 나타낸 성분에 대하여 함유량이 기재되지 않은 부분은 불가피적 불순물 레벨임을 나타내고 있다. REM은 란타노이드계 희토류 원소를 의미하고, 함유량은 이들 원소의 합계를 나타내고 있다. 이들 강으로부터 얻은 강판(판 두께×100mm 폭×300mm 길이)에 대해서, 각종 열처리를 실시하였다. 이 강판의 판 두께 중앙부에 열전대를 반입하고, 열처리 중의 온도 측정을 행함과 함께, 열처리로부터 강판을 추출한 후의 표면 온도를 방사 온도계로 측정하였다. 강판의 냉각은 주로 수조에 대한 침지에 의해 행하였다.
- [0182] 우선 강판을 열처리로에 넣어 가열하고, 가열 온도(표 2의 가열 온도)에서 5 내지 30분 균열한 후, 열처리로부터 강판을 추출하고, 표면 온도가 소정의 온도(표 2의 냉각 개시 온도)가 된 시점에서, 수조 중에 강판을 침지하고, 냉각(급랭)을 개시하였다. 열처리로부터의 추출 후, 냉각(급랭)을 개시할 때까지의 냉각 속도를 냉각 속도 1로 하여 표 2에 기재하였다. 급랭 시의 냉각 속도는, 수조의 물속에 시판 중인 첨가제를 첨가하여, 원하는 냉각 속도가 되도록 조정하였다. 또한, 비교를 위해, 일부는 수랭의 생략을 행하였다. 평균 냉각 속도의 산출은 판 두께 중심의 열전대 온도를 연속 측정하고, 구하였다. 열처리로부터의 추출 후, 급랭을 개시할 때까지(예를 들어, 수조에 침지할 때까지)의 평균 냉각 속도를 냉각 속도 1로 하여 표 2에 기재하였다. 다음으로, 강판 온도가 800℃에서 600℃로 저하되는 구간의 평균 냉각 속도를 냉각 속도 2로 하여 표 2에 기재하였다. 또한, 열처리로부터 추출 후, 바로 수조에 침지한 경우에는, 냉각 속도 1은 발생하지 않기 때문에 「-」로 기재하였다. 또한, 표 2의 No. 19는, 열처리에서의 가열 후, 노 내 방치해서 서랭을 행하였기 때문에, 냉각 개시 온도도 냉각 속도 1도 기재하지 않았다.
- [0183] 표 2에는, 강의 판 두께, 열처리 조건, 추출 잔사 중의 Cr 및 Nb양([Cr], [Nb])과 그 비 [Nb]/[Cr], CPT의 실측값, CPT 계산값((식 1)의 값), 및 그 차를 기재하였다.
- [0184] 추출 잔사 중의 [Cr], [Nb], 및 그 비 [Nb]/[Cr]은 이하의 수순으로 구하였다.
- [0185] · 각종 조건에서 강을 고용화 열처리한다.
- [0186] · 냉각 후의 강재 표층으로부터 2×15×50mm의 시료를 기계 가공에 의해 잘라낸다.
- [0187] · 시료 전체면을 #600 습식 연마한다.
- [0188] · 비수용액 중(3% 말레산+1% 테트라메틸암모늄 클로라이드+잔부 메탄올)에서 전해(100mV 정전압)하여 매트릭스를 용해한다.
- [0189] · 0.2μm 구멍 직경의 필터로 잔사(=석출물)를 여과하고, 석출물을 추출한다.
- [0190] · 잔사의 화학 조성을 분석하고, 그 크롬 및 니오븀 함유량을 구한다. 이 잔사 중의 크롬 및 니오븀 함유량을 [Cr], [Nb]로 하고, 그 비 [Nb]/[Cr]을 구하였다.
- [0191] CPT의 측정 방법을 기재한다. 우선, 추출 잔사용 시료와 마찬가지로, 강재 표층으로부터 2×15×30mm의 시료를 기계 가공에 의해 잘라내어, 표층부를 시험면으로서 연마하고, JIS G0590의 방법에 따라서 시험을 실시하였다. 0℃로부터 승온을 개시하고, 0.745mVvsSSE의 전위로 유지하면서 0℃로부터 승온을 개시하고, 전류값을 측정하면서, 급격하게 전류 밀도가 상승된 시점의 온도를 공식 발생 온도(CPT)로서 구하였다.
- [0192] 본 발명의 실시예로 되는 강은 모두, 공식 발생 온도(CPT 실측값)와 CPT 계산값((식 1)의 값)의 차가 0℃ 이상의 값을 나타내고, 내식성이 양호하다는 사실을 알 수 있었다. 한편, 비교예에서는, CPT의 값이 계산값보다도 작게 되어(식 1) 있다는 사실을 알 수 있다.
- [0193] 이상과 같이 본 발명에 의해 내식성이 우수한 2상 스테인리스강이 얻어진다는 사실이 명확하게 되었다.

표 1

(질량%)																					
번호	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	W	Co	Cu	N	V	Nb	Ti	B	Al	산소	Ca	Mg	REM
1	0.0150.421.350.0230.001123.8	4.581.15									0.230.193		0.050				0.0220.003				29.33
2	0.0180.380.350.0190.001323.2	4.520.52								0.250.150.1450.080.030						0.00230.0180.003				26.89	
3	0.0210.341.850.0240.002421.5	2.530.55								0.15		0.172		0.035			0.0050.005				24.22
4	0.0190.341.630.0230.000724.3	4.822.14								0.120.350.213				0.0230.012			0.0330.0020.0018				33.14
5	0.0180.370.350.0250.000623.9	5.021.120.15								0.330.1680.130.035				0.00150.0230.0030.0024							30.18
6	0.0081.231.530.0210.001224.1	5.851.08								1.520.1260.020.0080.005						0.0250.003			0.00240.025		28.15
7	0.0120.240.350.0280.000425.2	5.452.820.32								0.450.2380.130.007							0.0260.0030.0019				38.49
8	0.0250.411.230.0250.000624.0	5.231.08								0.540.1380.070.0820.0150.00280.0160.0030.00250.0003										28.54	
9	0.0180.431.280.0260.000723.8	5.011.140.050.140.350.1760.080.0450.0080.00220.0360.0010.00220.00150.010															0.0260.003				29.18
10	0.0170.401.450.0200.001024.2	5.122.18								0.650.1850.100.0300.0030.00140.0240.0020.00200.0005										32.90	
11	0.0140.410.800.0190.000525.6	6.021.850.72								0.730.2050.030.012							0.0260.003		0.00260.038		35.37
12	0.0120.361.330.0260.000523.6	5.161.27								0.110.330.1650.130.0370.0040.00220.0140.0030.00210.0006										29.10	
13	0.0130.371.360.0230.000823.5	5.011.31									0.1660.110.037						0.00180.0210.004				29.12
14	0.0150.451.750.0320.000723.7	4.981.150.020.030.020.1720.030.0350.0020.00050.0260.003																			28.53
15	0.0180.421.360.0310.000424.3	5.862.210.010.120.450.1850.120.0390.0010.00170.0230.0030.00180.0005																			33.21
16	0.0210.451.730.0280.000724.5	5.262.31								0.080.215				0.023		0.00020.0250.003					33.83
a	0.0150.420.810.0220.001223.8	4.561.09									0.196			0.001			0.0240.003				29.72
b	0.0180.351.250.0230.000821.5	3.120.85									0.142			0.15			0.0150.003				25.33
c	0.0130.620.850.0250.000721.1	2.130.85									0.221			0.003			0.0350.002				26.59
d	0.0160.451.050.0210.000823.4	3.231.03									0.082			0.025			0.0160.003				27.06
e	0.0140.451.020.0260.000624.3	4.051.56									0.265			0.012			0.0270.003				32.67
f	0.0130.432.530.0250.000425.1	5.052.18									0.165			0.001			0.0320.003				32.40
g	0.0080.521.050.0280.001217.0	12.052.05									0.016			0.002			0.0180.003				22.97

[0194]

표 2

번호	강 N ₂	판 두께 mm	가열 온도 °C	냉각계시 온도 °C	냉각속도 1 °C/s	냉각속도 2 °C/s	[Cr] 질량%	[Nb] 질량%	[Nb]/[Cr]	CPT (실측값) °C	CPT (계산값) °C	CPT 실측값과 계산값의 차 °C
1	1	10	1000	1000	-	60	0.030	0.040	1.3	42	39	3
2	1	10	1050	1050	-	60	0.025	0.025	1.0	41	39	2
3	1	10	1100	950	4.3	60	0.014	0.012	0.9	40	39	1
4	1	10	1150	950	4.8	60	0.010	0.002	0.2	40	39	1
5	1	10	1050	950	3.7	30	0.024	0.025	1.0	42	39	3
6	1	10	1050	850	2.8	30	0.023	0.025	1.1	43	39	4
7	2	20	1000	1000	-	15	0.015	0.017	1.1	35	32	3
8	3	50	1000	950	1.0	5	0.017	0.020	1.2	27	24	3
9	4	10	1050	950	3.5	30	0.007	0.006	0.9	52	50	2
10	5	10	1050	950	3.5	30	0.016	0.014	0.9	45	41	4
11	6	10	1050	1000	3.8	60	0.005	0.001	0.2	37	36	1
12	7	20	1050	950	2.2	30	0.007	0.002	0.3	66	65	1
13	8	10	1050	950	3.5	30	0.042	0.055	1.3	41	37	4
14	9	10	1050	900	3.2	30	0.019	0.022	1.2	43	38	5
15	10	10	1050	1000	3.8	60	0.007	0.007	1.0	55	49	6
16	11	10	1050	1000	3.8	60	0.006	0.002	0.3	58	56	2
101	1	15	1050	950	2.8	40	0.021	0.022	1.0	43	39	4
102	1	20	1050	975	2.4	20	0.022	0.021	1.0	42	39	3
103	1	30	1050	1000	1.8	10	0.023	0.018	0.8	41	39	2
201	12	20	1035	950	2.0	30	0.017	0.015	0.9	44	38	6
202	13	20	1035	950	2.0	30	0.016	0.014	0.9	41	38	3
203	14	20	1035	950	2.0	30	0.014	0.012	0.9	39	37	2
204	15	20	1035	950	2.0	30	0.015	0.015	1.0	57	50	7
205	16	20	1035	950	2.0	30	0.011	0.008	0.7	53	52	1
17	a	10	1050	1050	-	60	0.007	0.000	0.0	36	38	-2
18	1	10	1150	1100	5.2	60	0.023	0.002	0.1	36	39	-3
19	7	20	1100	-	-	1	0.015	0.002	0.1	58	65	-7
20	b	10	1050	1050	-	60	0.08	0.13	1.6	24	27	-3
21	c	10	1100	1050	4.2	60	0.013	0.000	0.0	27	31	-4
22	d	10	1100	1050	4.2	60	0.043	0.004	0.1	27	32	-5
23	e	10	1100	1050	4.2	60	0.013	0.005	0.3	43	48	-5
24	f	10	1100	1050	4.2	60	0.013	0.000	0.0	44	48	-4
25	g	10	1050	1050	-	60	0.001	0.000	0.0	15	21	-6

산업상 이용가능성

본 발명에 의해, 기수나 해수에 가까운 염화물 이온 농도의 환경에서 SUS316L 동등 이상의 내식성을 갖는 경제적인 2상 스테인리스 강재를 제공하는 것이 가능하게 되어, 하천 댐, 수문, 하구언 등의 인프라 구조물용 또는 해수담수화 기기, 수송선의 탱크류, 각종 용기 등으로서 사용할 수 있는 등 산업상 기여하는 부분은 매우 크다.

도면

도면1

