



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년08월16일
 (11) 등록번호 10-1648694
 (24) 등록일자 2016년08월09일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 C22C 38/52 (2006.01) C22C 38/00 (2006.01)
 C22C 38/02 (2006.01) C22C 38/04 (2006.01)
 C22C 38/06 (2006.01) C22C 38/18 (2006.01)
 C22C 38/40 (2006.01) C22C 38/42 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
 C22C 38/52 (2013.01)
 C22C 38/001 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2016-7005157(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2012년10월17일
 심사청구일자 2016년02월26일
- (85) 번역문제출일자 2016년02월26일
- (65) 공개번호 10-2016-0028514
- (43) 공개일자 2016년03월11일
- (62) 원출원 특허 10-2014-7009392
 원출원일자(국제) 2012년10월17일
 심사청구일자 2014년04월09일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2012/076821
- (87) 국제공개번호 WO 2013/058274
 국제공개일자 2013년04월25일
- (30) 우선권주장
 JP-P-2011-231352 2011년10월21일 일본(JP)
 JP-P-2011-266351 2011년12월06일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌
 KR1020100113642 A
 WO2009119895 A1
 WO2003080886 A1
 JP평성06200353 A

- (73) 특허권자
 닛폰 스틸 앤드 스미킨 스테인레스 스틸 코포레이션
 일본국 도쿄도 치요다쿠 오테마치 2초메 6반 1고
- (72) 발명자
 츠게 신지
 일본 1000004 도쿄도 치요다쿠 오테마치 2초메 6방 1고 닛폰 스틸 앤드 스미킨 스테인레스 스틸 코포레이션 내
 오이카와 유우스케
 일본 1000004 도쿄도 치요다쿠 오테마치 2초메 6방 1고 닛폰 스틸 앤드 스미킨 스테인레스 스틸 코포레이션 내
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인
 장수길, 성재동

전체 청구항 수 : 총 4 항

심사관 : 이상훈

(54) 발명의 명칭 2상 스테인리스강, 2상 스테인리스강 구조편 및 2상 스테인리스강 강재

(57) 요약

이 2상 스테인리스강의 일 형태는, 질량%이며, C:0.03% 이하, Si:0.05 내지 1.0%, Mn:0.1 내지 7.0%, P:0.05% 이하, S:0.0001 내지 0.0010%, Ni:0.5 내지 5.0%, Cr:18.0 내지 25.0%, N:0.10 내지 0.30%, Al:0.05% 이하, Ca:0.0010 내지 0.0040% 및 Sn:0.01 내지 0.2%를 함유하고, 잔량부가 Fe 및 불가피적 불순물을 포함하고, Ca와 O의 함유량의 비율 Ca/O가 0.3 내지 1.0이고, 수확식 1로 나타내는 공식 지수 PI가 30 미만이다.

[수확식 1]

$$PI = Cr + 3.3Mo + 16N$$

(52) CPC특허분류

C22C 38/008 (2013.01)

C22C 38/02 (2013.01)

C22C 38/04 (2013.01)

C22C 38/06 (2013.01)

C22C 38/18 (2013.01)

C22C 38/40 (2013.01)

C22C 38/42 (2013.01)

(72) 발명자

우라시마 히로시

일본 1000004 도쿄도 지요다쿠 오테마치 2초메 6방
1고 닛폰 스틸 앤드 스미킨 스테인레스 스틸 코포
레이션 내

가지무라 하루히코

일본 1000004 도쿄도 지요다쿠 오테마치 2초메 6방
1고 닛폰 스틸 앤드 스미킨 스테인레스 스틸 코포
레이션 내

명세서

청구범위

청구항 1

질량%이며,

C:0% 초과 0.03% 이하,

Si:0.05 내지 1.0%,

Mn:0.1 내지 4.0%,

P:0.05% 이하,

S:0.0001 내지 0.0010%,

Cr:23.0 내지 28.0%,

Ni:2.0 내지 6.0%,

Co:0 내지 1.0%,

Cu:0.2 내지 3.0%,

Sn:0.01 내지 0.2%,

N:0.20 내지 0.30%,

Al:0.003 내지 0.05%, 및

Ca:0.0010 내지 0.0040%를 함유하고,

잔량부가 Fe 및 불가피적 불순물을 포함하고,

Ni+Co가 2.5% 이상이며, Ca와 O의 함유량의 비율 Ca/O가 0.3 내지 1.0이고,

수학식 1로 나타내는 PI가 30 이상, 40 미만인 것을 특징으로 하는, 2상 스테인리스강.

[수학식 1]

$$P I = C r + 3 . 3 M o + 1 6 N$$

(수학식 1 중 원소 기호는, 그 원소의 함유량을 나타낸다. 또한, Mo를 함유하지 않는 경우, 수학식 1 중의 Mo는 0이다.)

청구항 2

제1항에 있어서, 하기 d 내지 f군으로부터 선택되는 1종 이상을 더 함유하는 것을 특징으로 하는, 2상 스테인리스강.

d군:Mo:2.0% 이하 및 W:1.0% 이하.

e군:V:0.05 내지 0.5%, Nb:0.01 내지 0.15% 및 Ti:0.003 내지 0.05%.

f군:B:0.0050% 이하, Mg:0.0030% 이하 및 REM:0.10% 이하.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 기재된 조성을 갖고, 1000℃에서의 과단 단면 수축률이 70% 이상인 것을 특징으로 하는, 2상 스테인리스강 구조편.

청구항 4

제3항에 기재된 2상 스테인리스강 구조편을 열간 가공하여 제조된 것을 특징으로 하는, 2상 스테인리스강 강재.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 저렴한 Sn 함유 2상 스테인리스강에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 Cu와 Sn을 복합하여 함유하여, 내식성이 우수하고, 또한 저렴한 2상 스테인리스강에 관한 것이다. 상세하게는, 본 발명은 해수 담수화 기기, 수송선의 탱크류, 각종 용기 등으로서 사용 가능한 2상 스테인리스강, 2상 스테인리스강 주조편 및 2상 스테인리스강 강재에 관한 것이다.

[0002] 본원은, 2011년 10월 21일에 일본에 출원된 일본 특허 출원 제2011-231352호 및 2011년 12월 6일에 일본에 출원된 일본 특허 출원 제2011-266351호에 기초하여 우선권을 주장하고, 그 내용을 여기에 인용한다.

배경 기술

[0003] 범용의 2상 스테인리스강은 Cr, Mo, Ni, N을 다량으로 함유하여, 내식성이 양호하다. 그러나, 고가의 Mo, Ni를 함유하기 때문에, 합금 비용이 비싸고, 제조성도 양호하다고 하기는 어렵다. 그 결과, 강재 가격이 그다지 저렴하게 되지 않아, 316계, 317계의 스테인리스강 등을 대신하여 많이 사용되고 있다고는 말하기 어렵다. 또한, 본 발명에서 말하는 범용형 2상 스테인리스강이란, 공식 지수 PI(우측 합금 원소의 함유량의 수식함으로 나타냄 $PI=Cr+3.3Mo+16N$)가 30 이상, 40 미만(mass%) 정도의 값을 갖는 2상 스테인리스강을 의미한다. 상기와 같은 사정으로부터, 이들 강에 있어서, 종래의 범용형 2상 스테인리스강과 동등한 내식성을 나타내고 또한 합금 비용이 종래보다도 싸고, 열간 제조성이 양호하며 제조 비용이 저렴한 강이 필요하다고 생각된다.

[0004] 한편 최근 들어, Cr, Ni, Mo 등을 절감한 합금 절약형 2상 스테인리스강이 개발되고 있다. 여기서, 합금 절약형 2상 스테인리스강이란, 내공식성이 SUS304, 316L 상당의 내식성을 나타내는 강이며, 합금 원소의 함유량으로 지표화되는 내공식 지수 $PI(=Cr+3.3Mo+16N)$ 가 약 30 미만인 스테인리스강을 가리킨다. 내공식성, 내산성에 유용한 합금 원소의 함유량을 저감한 이들 강에 있어서, 범용형 2상 스테인리스강과 동등한 내식성을 얻는 것은 곤란하다. 그러나, 저렴한 대체 원소를 사용한 개량 강의 개발은 가능하다고 생각된다.

[0005] Sn을 함유하는 2상 스테인리스강에 대해서는, 종래보다 다양한 제안이 이루어져 있다. 예를 들어, 25% 이상의 Cr을 함유하고, 또한 Sn을 선택 원소로서 0.01 내지 0.1% 함유하는 2상 스테인리스강이 개시되어 있다(하기 특허문헌 1, 2 참조). 또한, 1% 이하 또는 0.1%의 Sn을 함유하는 합금 절약형 2상 스테인리스강이 개시되어 있다(하기 특허문헌 3, 4 참조). 이들 특허문헌에서는, Sn 함유에 의한 내식성 개선을 목적으로 하고 있지만, 강재의 열간 제조성과 Sn 함유량과의 관계는 검토되고 있지 않았다.

[0006] 또한, 상기 특허문헌에서는, N의 함유량이 0.2% 이하인 강을 대상으로 하고 있다. N은, 스테인리스강의 열간 가공성을 저하시키는 원소이다. N을 0.2% 이상 함유시킨 2상 스테인리스강의 열간 가공성을 원하는 수준으로 확보하는 것은, N을 0.2% 미만 함유하는 2상 스테인리스강의 열간 가공성을 원하는 수준으로 확보하는 경우보다도 곤란하다. 0.20% 이상의 N을 함유하고, 또한 Sn 및 Cu를 복합하여 함유하는 2상 스테인리스강의 열간 가공성에 대하여 개시한 기술 문헌은 발견되지 않았다.

[0007] 본 발명자 등은, 합금 절약형 2상 스테인리스강에 있어서는, Sn에 의한 내산성 및 내공식성의 개선의 가능성에 착안하였다. 그리고 Sn의 함유량과 내식성 및 열간 제조성의 관계를 조사하였다. 그 결과, 0.01 내지 0.2%의 Sn을 함유함으로써, 내식성 개선의 가능성을 발견하였다. 그러나, Sn을 다량으로 함유시킨 이들 2상 스테인리스강에 있어서 열간 제조성이 저하하는 것을 파악하였다. 이로 인해, 강재의 수율이 저하하는 빈도가 증가하여, 현저한 비용 상승이 예상된다.

[0008] 또한, 본 발명자들은, 범용형 2상 스테인리스강에 있어서는, Sn 및 Cu에 의한 내산성 및 내공식성의 개선의 가능성에 착안하였다. 그리고 Mo, Ni 함유량이 절감되고, 또한 0.20% 이상의 N을 함유하는 2상 스테인리스강에 있어서, Sn 및 Cu의 함유량과 내식성 및 열간 제조성의 관계를 조사하였다. 그 결과, 0.01 내지 0.2%의 Sn과 0.2 내지 3.0%의 Cu를 함유함으로써, 내식성 개선의 가능성을 발견하였다. 그러나, Sn과 Cu를 다량으로 함유시킨 이들 2상 스테인리스강에 있어서 열간 제조성이 저하하는 것을 파악하였다. 이로 인해, 강재의 수율이 저하하는 빈도가 증가하여, 현저한 비용 상승이 예상된다.

[0009] 본 발명자들은, 특허문헌 1 내지 4를 비롯한 종래의 Sn 함유 2상 스테인리스 열간 압연 강재의 제조 기술에 관한 종래의 지식에 대하여 검토하였다. 그 결과, 2상 스테인리스강에 포함되는 Sn에 의한 열간 취성 발생의 온도 영역이나 Sn 함유량과의 관계성, 그 밖의 원소의 함유량과의 관계성에 관한 지식이 부족한 것을 발견하였다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0010] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 평3-158437호 공보
- (특허문헌 0002) 일본 특허 공개 평4-072013호 공보
- (특허문헌 0003) 일본 특허 공개 제2010-222593호 공보
- (특허문헌 0004) 국제 공개 W02009-119895호 공보
- (특허문헌 0005) 일본 특허 공개 제2002-69592호 공보
- (특허문헌 0006) 일본 특허 공개 평7-118805호 공보

비특허문헌

- [0011] (비특허문헌 0001) "Effect of Cu and Ni on Hot Workability of Hot-rolled Mild Steel" ISIJ, Vol.37, p.217-223(1997)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명은 합금 절약형 2상 스테인리스강에 있어서, Sn 함유량과 열간 제조성과의 관련을 밝히고, 상기 문제점을 해결하는 대책을 발견한다. 또한 본 발명은 범용형 2상 스테인리스강에 있어서, Sn, Cu 함유량과 열간 제조성과의 관련을 밝히고, 상기 문제점을 해결하는 대책을 발견한다. 이에 의해, 본 발명은 열간 제조성이 양호하여 저렴한 Sn 함유 2상 스테인리스강, 2상 스테인리스강 주조편 및 2상 스테인리스강 강재를 제공하는 것을 과제로 한다. 이러한 2상 스테인리스강은, 내식성과 비용의 밸런스가 우수하다고 예상된다. 이로 인해, 각 분야에 있어서 널리 사용될 가능성이 높아진다고 생각된다.
- [0013] 특허, 제2 형태(제2 실시 형태)에서는, N 및 Mn의 함유량을 증량하는 것 및 Cu, Sn을 복합하여 첨가함으로써, 고가의 원소인 Ni와 Mo의 함유량을 절감한 저렴한 범용형 2상 스테인리스강을 개발하는 것을 발명의 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0014] 본 발명자들은 상기 과제를 해결하기 위해서, 본 발명의 대상으로 하는 합금 절약형 2상 스테인리스강에 대해서, Sn 함유량과, Ca, B, 희토류 원소(REM) 등의 함유량을 변경한 용해재를 제작하여, 이하의 실험을 행하였다. 또한, Ca, B, 희토류 원소(REM) 등의 함유량은, 열간 제조성을 개선한다고 말해진다.
- [0015] 용해재를 주조한 주조편으로부터, 인장 시험편을 채취하였다. 인장 시험편에 대하여 1200 내지 700℃에서 고온 인장을 행하여, 단면 수축률(과단면의 단면 감소율)을 측정하여 고온 연성을 평가하였다. 또한, 열간 단조와 열간 압연에 의해 판 두께 12mm의 열간 압연 강판을 얻고, 가장자리 균열성을 평가하였다. 일부의 강에 대하여 열간 압연의 가열 온도, 압연 온도를 변경하여 가장자리 균열성을 평가하고, 열간 압연의 가열 온도, 압연 온도와, 고온 연성과의 상관을 구하였다.
- [0016] 상기한 특허문헌 5나 특허문헌 6에 기재되어 있듯이, 일반적으로 2상 스테인리스강에 있어서, 고온 인장에 의해 평가된 주조편의 단면 수축률이 60%를 하회하면, 대부분의 경우, 그 주조편의 열간 압연에서 현저한 가장자리 균열을 발생시키는 것이 알려져 있다. 이로 인해, 이 분야의 기술자는, 주조편의 고온에서의 단면 수축률을 적어도 60% 이상으로 하는 것을 목표로 하여, 강의 정련, 주조 및 열간 가공을 행하는 경우가 종종 있다. 그런데, 본 발명자들이 0.1% 전후의 Sn을 함유하는 합금 절약형 2상 스테인리스강(베이스 조성:21%Cr-2%Ni-3%Mn-0.18%N) 주조편의 고온 연성을 평가한 바, 모두 단면 수축률이 60%를 하회하는 것이 수회의 용제 실험에 의해 명확해졌다. 고온 연성의 평가는, 이하와 같이 행하였다. 우선 8mmφ의 환봉의 평행부를, 고주파를 사용해서

1200℃로 가열하였다. 계속해서, 파단 시험을 행하는 온도까지 온도를 낮추고, 그 온도에서 20mm/초의 속도로 인장 파단시켰다. 그리고, 단면의 수축률을 구하였다. 그 데이터의 일례를 도 1에 도시하였다. 이 결과로부터, Sn을 첨가한 저렴한 합금 절약형 2상 스테인리스강을 실용적으로 얻는 것은 거의 가망이 없다고 생각되었다.

[0017] 본 발명자들은, 진공 용해와 주조에 의해 얻어진 합금 절약형 Sn 함유 2상 스테인리스강의 주조편을 열간 압연하고, 그 때 발생한 가장자리 균열 길이를 관찰하였다. 그 결과, 드물게 가장자리 균열이 적은 Sn 함유 2상 스테인리스강 강재가 존재하는 것을 발견하였다. 열간 압연 실험은, 이하와 같이 행하였다. 우선 90 내지 44mm 두께의 주조편을 1200℃로 가열하였다. 계속해서, 복수의 압연 패스를 통해서 12 내지 6mm의 두께까지 두께를 감소시켰다. 마무리 압연 온도는 900℃ 정도로 제어하였다. 가장자리 균열은 좌우로 발생하는데, 각각 최대 길이를 합산하여 가장자리 균열 길이를 구하였다. 그 강재의 가장자리 균열 길이를 주조편의 고온 연성의 단면 수축률의 극소값(도 1에서는 약 900℃에서 극소값이 얻어지고 있음)으로 정리해도, 깔끔한 상관이 얻어지지 않았다. 그러나, 도 2에 도시한 바와 같이(1000℃의 단면 수축률로 정리한 바, Sn을 함유하고 있는지 여부에 상관없이, 좋은 상관을 나타내는 것이 명확해졌다. 또한, 도 2에 있어서, ○(흰 동그라미) 플롯의 점은, 도 1의 Sn-A, Sn-B의 결과에 대응하고 있고, ◆(검은 마름모형) 플롯의 점은, 그 밖의 실험 결과(Sn을 함유하고 있는지 여부에 상관없이 검토한 실험 결과)이다.

[0018] 본 발명자들은, 상기 가장자리 균열이 적은 강재가 확실하게 얻어지는 조건을 발견하기 위해서, 더욱 다양한 원소 함유량을 변화시켜서 용제·주조·압연 실험을 행하였다. 그리고, 주조편의 고온 연성의 평가, 열간 압연 후의 강재 가장자리 균열의 평가를 정력적으로 행하였다. 이상의 실험을 통해서, 얻어진 지식을 바탕으로 하여, 저렴한 Sn 함유 합금 절약형 2상 스테인리스강에 대하여 명시한 본 발명의 제1 형태의 완성에 이르렀다.

[0019] 본 발명의 2상 스테인리스강의 제1 형태의 요건을 이하에 나타낸다.

[0020] (1) 질량%이며, C:0.03% 이하, Si:0.05 내지 1.0%, Mn:0.1 내지 7.0%, P:0.05% 이하, S:0.0001 내지 0.0010%, Ni:0.5 내지 5.0%, Cr:18.0 내지 25.0%, N:0.10 내지 0.30%, Al:0.05% 이하, Ca:0.0010 내지 0.0040% 및 Sn:0.01 내지 0.2%를 함유하고, 잔량부가 Fe 및 불가피적 불순물을 포함하고, Ca와 O의 함유량의 비율 Ca/O가 0.3 내지 1.0이고, 수학적 식 1로 나타내는 공식 지수 PI가 30 미만인 것을 특징으로 하는 2상 스테인리스강.

수학적 식 1

[0021]
$$PI = Cr + 3.3Mo + 16N$$

[0022] (수학적 식 1 중 원소 기호는, 그 원소의 함유량을 나타냄)

[0023] (2) Mo:1.5% 이하, Cu:2.0% 이하, W:1.0% 이하 및 Co:2.0% 이하로부터 선택되는 1종 이상을 더 함유하는 것을 특징으로 하는 (1)에 기재된 2상 스테인리스강.

[0024] (3) V:0.05 내지 0.5%, Nb:0.01 내지 0.20% 및 Ti:0.003 내지 0.05%로부터 선택되는 1종 이상을 더 함유하는 것을 특징으로 하는 (1) 또는 (2)에 기재된 2상 스테인리스강.

[0025] (4) B:0.0050% 이하, Mg:0.0030% 이하 및 REM:0.10% 이하로부터 선택되는 1종 이상을 더 함유하는 것을 특징으로 하는 (1) 내지 (3) 중 어느 하나에 기재된 2상 스테인리스강.

[0026] 또한, 본 발명자들은 상기 과제를 해결하기 위해서, 본 발명의 대상으로 하는 범용형 2상 스테인리스강에 대해서, Sn 함유량과, Ca, B, 희토류 원소(REM) 등의 함유량과, Ni 함유량을 변경함과 함께, Co를 더 첨가한 용해제를 제작하고, 이하의 실험을 행하였다. 또한, Ca, B, 희토류 원소(REM) 등을 함유하면, 열간 제조성이 개선된다고 말해진다.

[0027] 용해제를 주조한 주조편으로부터, 인장 시험편을 채취하였다. 인장 시험편에 대하여 1200 내지 700℃에서 고온 인장을 행하여, 단면 수축률(파단면의 단면 감소율)을 측정하여 고온 연성을 평가하였다. 또한, 열간 단조와 열간 압연에 의해 판 두께 12mm의 열간 압연 강판을 얻고, 가장자리 균열성을 평가하였다. 일부의 강에 대하여 열간 압연의 가열 온도, 압연 온도를 변경하여 가장자리 균열성을 평가하고, 열간 압연의 가열 온도, 압연 온도와, 고온 연성의 상관을 구하였다.

- [0028] 상기한 특허문헌 5나 특허문헌 6에 기재되어 있듯이, 일반적으로 2상 스테인리스강에 있어서, 고온 인장에 의해 평가된 주조편의 단면 수축률이 60%를 하회하면, 대부분의 경우, 그 주조편의 열간 압연에서 현저한 가장자리 균열을 발생하는 것이 알려져 있다. 이로 인해, 이 분야의 기술자는, 주조편의 고온에서의 단면 수축률을 적어도 60% 이상으로 하는 것을 목표로 하여, 강의 정련, 주조 및 열간 가공을 행하는 경우가 종종 있다. 그런데, 본 발명자들이 0.1% 전후의 Sn을 함유하는 범용형 2상 스테인리스강(베이스 조성:25%Cr-4%Ni-1.2%Mo-1.5%Cu-0.25%N) 주조편의 고온 연성을 평가한 바, 모두 단면 수축률의 극소값이 60%를 하회하는 것이 수회의 용제 실험에 의해 명확해졌다. 고온 연성의 평가는, 이하와 같이 행하였다. 우선 8mmφ의 환봉의 평행부를, 고주파를 사용해서 1200℃로 가열하였다. 계속해서, 파단 시험을 행하는 온도까지 온도를 낮추고, 그 온도에서 20mm/초의 속도로 인장 파단시켰다. 그리고 단면의 수축률을 구하였다. 그 데이터의 일례를 도 3에 도시하였다. 이 결과로부터, Sn을 첨가한 저렴한 범용형 2상 스테인리스강을 실용적으로 얻는 것은 거의 가망이 없다고 생각되었다.
- [0029] 본 발명자들은, 진공 용해와 주조에 의해 얻어진 범용형 2상 스테인리스강의 주조편을 열간 압연하고, 그 때 발생한 가장자리 균열 길이를 관찰하였다. 그 결과, 드물게 가장자리 균열이 적은 Sn 함유 2상 스테인리스강 강재가 존재하는 것을 발견하였다. 열간 압연 실험은, 이하와 같이 행하였다. 우선 90 내지 44mm 두께의 주조편을 1200℃로 가열하였다. 계속해서, 복수의 압연 패스를 통해서 12 내지 6mm의 두께까지 두께를 감소시켰다. 마무리 압연 온도는 900℃ 정도로 제어하였다. 가장자리 균열은 좌우로 발생하는데, 각각 최대 길이를 합산하여 가장자리 균열 길이를 구하였다. 그 강재의 가장자리 균열 길이를 주조편의 고온 연성의 단면 수축률의 극소값(도 3에서는 약 900℃에서 극소값이 얻어지고 있음)으로 정리하더라도, 깔끔한 상관이 얻어지지 않았다. 그러나, 도 4에 도시한 바와 같이 1000℃의 단면 수축률로 정리한 바, Sn을 함유하고 있는지 여부에 상관없이, 좋은 상관을 나타내는 것이 명확해졌다. 또한, 도 4에 있어서, ○(흰 동그라미) 플롯의 점은, 도 3의 Sn-A, Sn-B의 결과에 대응하고 있고, ◆(검은 마름모형) 플롯의 점은, 그 밖의 실험 결과(Sn을 함유하고 있는지 여부에 상관없이 검토한 실험 결과)이다.
- [0030] 본 발명자들은 상기 가장자리 균열이 적은 강재가 확실하게 얻어지는 조건을 발견하기 위해서, 더욱 다양한 원소 함유량을 변화시킨 용제·주조·압연 실험을 행하였다. 그리고, 주조편의 고온 연성 평가, 열간 압연 후의 강재 가장자리 균열 평가를 정력적으로 행하였다. 이상의 실험을 통해서, 얻어진 지식을 바탕으로 하여, 저렴한 Sn 함유 2상 스테인리스강에 대하여 명시한 본 발명의 제2 형태의 완성에 이르렀다.
- [0031] 본 발명의 2상 스테인리스강의 제2 형태의 요건을 이하에 나타낸다.
- [0032] (5) 질량%이며, C:0.03% 이하, Si:0.05 내지 1.0%, Mn:0.1 내지 4.0%, P:0.05% 이하, S:0.0001 내지 0.0010%, Cr:23.0 내지 28.0%, Ni:2.0 내지 6.0%, Co:0 내지 1.0%, Cu:0.2 내지 3.0%, Sn:0.01 내지 0.2%, N:0.20 내지 0.30%, Al:0.05% 이하 및 Ca:0.0010 내지 0.0040%를 함유하고, 잔량부가 Fe 및 불가피적 불순물을 포함하고, Ni+Co가 2.5% 이상이며, Ca와 O의 함유량의 비율 Ca/O가 0.3 내지 1.0이고, 수학적 식 1로 나타내는 PI가 30 이상, 40 미만인 것을 특징으로 하는 2상 스테인리스강.
- [0033] [수학적 식 1]
- [0034]
$$PI = Cr + 3.3Mo + 16N$$
- [0035] (수학적 식 1 중 원소 기호는, 그 원소의 함유량을 나타냄)
- [0036] (6) Mo:2.0% 이하 및 W:1.0% 이하 중, 어느 한쪽 또는 양쪽을 더 함유하는 것을 특징으로 하는 (5)에 기재된 2상 스테인리스강.
- [0037] (7) V:0.05 내지 0.5%, Nb:0.01 내지 0.15% 및 Ti:0.003 내지 0.05%로부터 선택되는 1종 이상을 더 함유하는 것을 특징으로 하는 (5) 또는 (6)에 기재된 2상 스테인리스강.
- [0038] (8) B:0.0050% 이하, Mg:0.0030% 이하 및 REM:0.10% 이하로부터 선택되는 1종 이상을 더 함유하는 것을 특징으로 하는 (5) 내지 (7) 중 어느 하나에 기재된 2상 스테인리스강.
- [0039] 본 발명의 2상 스테인리스강 주조편 및 2상 스테인리스강 강재의 일 형태의 요건을 이하에 나타낸다.
- [0040] (9) (1) 내지 (8) 중 어느 하나에 기재된 조성을 갖고, 1000℃에서의 파단 단면 수축률이 70% 이상인 것을 특징으로 하는 2상 스테인리스강 주조편.

[0041] (10) (9)에 기재된 2상 스테인리스강 주조편을 열간 가공하여 제조된 것을 특징으로 하는 2상 스테인리스강 강재.

발명의 효과

[0042] 본 발명의 형태에 의해, 해수 담수화 기기, 수송선의 탱크류, 각종 용기 등의 재료로서 종래 사용되고 있던 강보다도 개선된 내식성을 가지며, 비용과의 밸런스가 우수한 2상 스테인리스강, 2상 스테인리스강 주조편 및 2상 스테인리스강 강재를 제공할 수 있다. 이로 인해, 본 발명의 형태는, 산업의 발전에 기여하는 바는 매우 크다.

도면의 간단한 설명

[0043] 도 1은 2상 스테인리스강의 제1 형태(합금 절약형 2상 스테인리스강)와 관련하여, Sn 함유 및 Sn 무첨가의 2상 스테인리스강의 고온 연성을 예시하는 도면.

도 2는 2상 스테인리스강의 제1 형태(합금 절약형 2상 스테인리스강)와 관련하여, 열연 후의 가장자리 균열 길이와 1000℃에서의 단면 수축률의 관계를 도시하는 도면.

도 3은 2상 스테인리스강의 제2 형태(범용형 2상 스테인리스강)와 관련하여, Sn 함유 및 Sn 무첨가의 2상 스테인리스강 주조편의 고온 연성을 예시하는 도면.

도 4는 2상 스테인리스강의 제2 형태(범용형 2상 스테인리스강)와 관련하여, 열연 후의 가장자리 균열 길이와 1000℃에서의 단면 수축률의 관계를 도시하는 도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0044] (제1 실시 형태)

[0045] 이하에, 본 발명의 2상 스테인리스강의 제1 형태(합금 절약형 2상 스테인리스강)의 한정 이유에 대하여 설명한다. 또한, 각 성분의 함유량은 질량%를 나타낸다.

[0046] 또한, 본 실시 형태에 있어서, 스테인리스강 주조편이란, 주조 후, 열간 가공이나 단조 등의 가공을 실시하기 전의 상태의 강을 의미하고, 스테인리스강 강재란, 상기 주조편을 여러가지 방법에 의해 가공한 후의 강편, 열간 압연 강판, 냉간 압연 강판, 강선, 강관 등을 의미한다. 또한, 스테인리스강이란 주조편이나 강재등 강으로서의 형태 전반을 의미한다. 상기 가공은 열간 및 냉간의 가공을 포함한다.

[0047] 스테인리스강의 내식성을 확보하기 위해서, C양을 0.03% 이하로 제한한다. 0.03%를 초과하여 C를 함유시키면, 열간 압연 시에 Cr 탄화물이 생성되고, 내식성, 인성이 열화된다.

[0048] Si는 탈산을 위해 0.05% 이상 첨가한다. 그러나, 1.0%를 초과하여 Si를 첨가하면, 인성이 열화된다. 그로 인해, Si양의 상한을 1.0%로 한정한다. Si양의 바람직한 범위는, 0.2 내지 0.7%이다.

[0049] Mn은 오스테나이트상을 증가시켜 인성을 개선하는 효과를 갖는다. 또한 Mn은 질화물 석출 온도 TN을 저하시키는 효과를 갖기 때문에, 본 실시 형태의 강재에서는, 적극적으로 Mn을 첨가하는 것이 바람직하다. 모재 및 용접부의 인성을 위해 0.1% 이상의 Mn을 첨가한다. 그러나, 7.0%를 초과하여 Mn을 첨가하면, 내식성 및 인성이 열화된다. 그로 인해, Mn양의 상한을 7.0%로 한정한다. 바람직한 Mn 함유량은 1.0 내지 6.0%이며, 더욱 바람직하게는 2.0 내지 5.0%이다.

[0050] P는 원료로부터 불가피하게 혼입되는 원소이며, 열간 가공성 및 인성을 열화시키기 때문에, P양을 0.05% 이하로 한정한다. P양은 바람직하게는 0.03% 이하이다.

[0051] S는 원료로부터 불가피하게 혼입되는 원소이며, 열간 가공성, 인성 및 내식성도 열화시키기 때문에, S양을 0.0010% 이하로 한정한다. 또한, S양을 0.0001% 미만으로 저감하는 것은 탈황 정련을 위한 비용이 비싸진다. 이로 인해 S양을 0.0001 내지 0.0010%로 정하였다. S양은 바람직하게는 0.0002 내지 0.0006%이다.

[0052] Ni는 오스테나이트 조성을 안정시키고, 각종 산에 대한 내식성, 인성을 더 개선하기 위해서 0.5% 이상의 Ni를 함유시킨다. Ni 함유량을 증가시키므로써, 질화물의 석출 온도를 저하시키는 것이 가능해진다. 한편, Ni는 고가의 합금이며, 합금 절약형 2상 스테인리스강을 대상으로 한 본 실시 형태의 강에서는, 비용의 관점에서, Ni양을 5.0% 이하로 제한한다. Ni 함유량은, 바람직하게는 1.0 내지 4.0%이며, 더욱 바람직하게는 1.5 내지 3%

이다.

- [0053] 기본적인 내식성을 확보하기 위해서, 18.0% 이상의 Cr을 함유시킨다. 한편 25.0%를 초과하여 Cr을 함유시키면, 페라이트상 분율이 증가하여, 인성 및 용접부의 내식성을 저해한다. 이로 인해 Cr의 함유량을 18.0% 이상 25.0% 이하로 하였다. 바람직한 Cr의 함유량은 19.0 내지 23.0%이다.
- [0054] N은, 오스테나이트상에 고용하여 강도, 내식성을 높이는 유효한 원소이다. 이로 인해 0.10% 이상의 N을 함유시킨다. 한편, 고용 한도는 Cr, Mn 함유량에 따라서 높아지지만, 본 실시 형태의 강에 있어서는 0.30%를 초과하여 N을 함유시키면, Cr 질화물을 석출하여 인성 및 내식성을 저해하게 됨과 함께 열간 제조성을 저해하게 된다. 이로 인해 N 함유량의 상한을 0.30%로 하였다. 바람직한 N 함유량은 0.10 내지 0.25%이다.
- [0055] Al은, 강의 탈산 원소이며, 필요에 따라서 강 중의 산소를 저감한다. 이로 인해 0.05% 이상의 Si와 아울러서 Al을 함유시킨다. Sn 함유강에 있어서, 산소량의 저감은, 열간 제조성을 확보하기 위해 필수적이며, 이로 인해 필요에 따라서 0.003% 이상의 Al의 함유가 필요하다. 한편 Al은 N와의 친화력이 비교적 큰 원소이며, 과잉으로 첨가하면 AlN을 발생하여 스테인리스강의 인성을 저해한다. 그 정도는 N 함유량에도 의존하는데, Al이 0.05%를 초과하면, 인성 저하가 현저해진다. 이로 인해 Al 함유량의 상한을 0.05%로 정하였다. Al양은, 바람직하게는 0.04% 이하이다.
- [0056] Ca는, 강의 열간 제조성을 위한 중요한 원소이며, 강 중의 O와 S를 개재물로서 고정하여, 열간 제조성을 개선하기 위해서, Ca를 함유시킬 필요가 있다. 본 실시 형태의 강에서는, 그 목적을 위해 0.0010% 이상의 Ca를 함유시킨다. 또한 과잉의 첨가는 내공식성을 저하시킨다. 그로 인해 Ca의 함유량의 상한을 0.0040%로 하였다.
- [0057] Sn은, 본 실시 형태의 강의 내식성을 개선하기 위해 함유시킨다. 그로 인해 최저 0.01%의 Sn의 함유가 필요하다. 나아가서는 0.02% 이상의 Sn을 함유시키는 것이 바람직하다. 한편 Sn은 강의 열간 제조성을 저해하는 원소이며, 본 실시 형태가 대상으로 하는 합금 원소형 절감형 2상 스테인리스강에 있어서, 특히 900℃ 이하에서의 페라이트상과 오스테나이트상의 계면의 열간 강도를 저하한다. 그 저하의 정도는 S, Ca, O의 함유량에도 의존하는데, 본 실시 형태 중 그 외의 제한을 가하더라도 0.2%를 초과하여 Sn을 함유시키면, 열간 제조성의 저하를 방지할 수 없게 되기 때문에, Sn 함유량의 상한을 0.2%로 정하였다.
- [0058] O와 Ca의 함유량의 비율 Ca/O는, 본 실시 형태의 강의 열간 제조성 및 내식성을 개선하기 위한 중요한 성분 지표이다. Sn 함유강의 열간 제조성의 개선을 위해 Ca/O의 하한이 제한된다. Sn 함유강의 고온 연성은, 특히 900℃ 이하의 온도에서 저하된다. Ca/O의 값이 0.3 미만이면 1000℃의 고온 연성도 저하되어, 열간 제조성이 크게 손상된다. 이로 인해 본 실시 형태의 강에 있어서, Ca/O를 0.3 이상으로 제한한다. 한편, Ca를 과잉으로 첨가하여, Ca/O가 1.0을 초과하게 되면, 내공식성이 손상되게 된다. 또한 Ca가 더 과잉이 되면, 1000 내지 1100℃에서의 고온 연성도 손상되게 된다. 이로 인해 Ca/O의 상한을 1.0으로 정하였다. Ca/O는, 바람직하게는 0.4 내지 0.8이다.
- [0059] O는, 불가피적 불순물이며, 그 상한을 특별히 정하지 않았지만, 비금속 개재물의 대표인 산화물을 구성하는 중요한 원소이다. 그 산화물의 조성 제어는, 열간 제조성의 개선에 있어서 매우 중요하다. 또한 조대한 클러스터 형상 산화물이 생성되면, 표면 흠집의 원인으로 된다. 이로 인해, O의 함유량은 낮게 제한할 필요가 있다. 본 실시 형태에서는, 상술한 바와 같이, Ca 함유량과 O 함유량의 비율을 0.3 이상으로 함으로써, O의 함유량을 제한하였다. O 함유량의 상한은 0.005% 이하가 바람직하다.
- [0060] 내식성을 부가적으로 높이기 위해서, 필요에 따라, Mo:1.5% 이하, Cu:2.0% 이하, W:1.0% 이하 및 Co:2.0% 이하로부터 선택되는 1종 이상을 함유해도 된다. 그 한정 이유에 대하여 설명한다.
- [0061] Mo은, 스테인리스강의 내식성을 부가적으로 높이는 매우 유효한 원소이며, 필요에 따라서 함유시킬 수 있다. 내식성 개선을 위해서는 0.2% 이상의 Mo를 함유시키는 것이 바람직하다. 한편 Mo은, 금속간 화합물 석출을 촉진하는 원소이며, 본 실시 형태의 강에서는 열간 압연 시의 석출을 억제하는 관점에서, Mo의 함유량의 상한을 1.5%로 한다.
- [0062] Cu는, 스테인리스강의 산에 대한 내식성을 부가적으로 높이는 원소이며, 또한 인성을 개선하는 작용을 갖기 때문에, 필요에 따라서 0.3% 이상 함유시키는 것이 권장된다. 2.0%를 초과하여 Cu를 함유시키면, 열간 압연 시에 고용도를 초과하여 εCu가 석출되어 취화를 발생한다. 이로 인해, Cu양의 상한을 2.0%로 하였다. Cu를 함유시키는 경우의 바람직한 함유량은 0.3 내지 1.5%이다.
- [0063] W은, Mo과 마찬가지로 스테인리스강의 내식성을 부가적으로 향상시키는 원소이며, 필요에 따라서 첨가할 수 있

다. 본 실시 형태의 강에 있어서 내식성을 높이기 위한 목적으로, W양의 상한을 1.0%로 한다. 바람직한 W의 함유량은 0.05 내지 0.5%이다.

- [0064] Co는, 강의 인성과 내식성을 높이기 위해 유효한 원소이며, 선택적으로 첨가된다. Co의 함유량은 0.03% 이상이 바람직하다. 2.0%를 초과하여 Co를 함유시키면, 고가의 원소이기 때문에 비용에 걸맞는 효과가 발휘되지 않게 된다. 이로 인해, Co양의 상한을 2.0%로 정하였다. 첨가하는 경우의 바람직한 Co 함유량은 0.03 내지 1.0%이다.
- [0065] V:0.05 내지 0.5%, Nb:0.01 내지 0.20% 및 Ti:0.003 내지 0.05%로부터 선택되는 1종 이상을 더 함유해도 된다. 이들은, Cr보다도 질화물의 생성 경향이 큰 원소이다. V, Nb, Ti는 모두 필요에 따라서 첨가할 수 있으며, 미량으로 함유시킨 경우에는 내식성이 향상되는 경향을 갖는다.
- [0066] V이 형성하는 질화물, 탄화물은, 열간 가공 및 강재의 냉각 과정에서 생성되어, 내식성을 높이는 작용을 갖는다. 이 이유로서 충분한 확인은 이루어져 있지 않지만, 700℃ 이하에서의 크롬 질화물의 생성 속도를 억제할 가능성이 생각된다. 이 내식성의 개선을 위해서 0.05% 이상의 V를 함유시킨다. 0.5%를 초과하여 V를 함유시키면, 조대한 V계 탄질화물이 생성되어, 인성이 열화된다. 그로 인해, V양의 상한을 0.5%로 한정한다. 첨가하는 경우의 바람직한 V 함유량은 0.1 내지 0.3%의 범위이다.
- [0067] Nb이 형성하는 질화물, 탄화물은, 열간 가공 및 강재의 냉각 과정에서 생성되어, 내식성을 높이는 작용을 갖는다. 이 이유로서 충분한 확인은 이루어져 있지 않지만, 700℃ 이하에서의 크롬 질화물의 생성 속도를 억제할 가능성이 생각된다. 이 내식성의 개선을 위해서 0.01% 이상의 Nb를 함유시킨다. 한편, 과잉의 첨가는 열간 압연 전의 가열 시에 미고용 석출물로서 석출하게 되어 인성을 저해하게 된다. 이로 인해, Nb의 함유량의 상한을 0.20%로 정하였다. 첨가하는 경우의 바람직한 Nb 함유량의 범위는, 0.03% 내지 0.10%이다.
- [0068] Ti는, 극미량으로 산화물, 질화물, 황화물을 형성하여 강의 응고 및 고온 가열 조직의 결정립을 미세화하는 원소이다. 또한 V, Nb와 마찬가지로, Ti는, 크롬 질화물의 크롬의 일부로 치환하는 성질도 갖는다. 0.003% 이상의 Ti의 함유에 의해, Ti의 석출물이 형성되게 된다. 한편 0.05%를 초과해서 2상 스테인리스강에 Ti를 함유시키면, 조대한 TiN이 생성되어 강의 인성을 저해하게 된다. 이로 인해 Ti의 함유량의 상한을 0.05%로 정하였다. Ti의 적합한 함유량은 0.005 내지 0.020%이다.
- [0069] B:0.0050% 이하, Mg:0.0030% 이하 및 REM:0.10% 이하로부터 선택되는 1종 이상을 더 함유해도 된다. 열간 가공성의 향상을 더욱 도모하기 위해서, 필요에 따라서 함유시키는 B, Mg, REM을 하기와 같이 한정한다.
- [0070] B, Mg, REM은, 모두 강의 열간 가공성을 개선하는 원소이며, 그 목적으로 1종 이상 첨가된다. B, Mg, REM 모두, 과잉의 첨가는 반대로 열간 가공성 및 인성을 저하시킨다. 이로 인해, 그 함유량의 상한을 다음과 같이 정하였다. B양의 상한은 0.0050%이다. Mg양의 상한은 0.0030%이다. REM양의 상한은 0.10%이다. 바람직한 함유량은 각각 B:0.0005 내지 0.0030%, Mg:0.0001 내지 0.0015%, REM:0.005 내지 0.05%이다. 여기서 REM은, La나 Ce 등의 란타노이드계 희토류 원소의 함유량의 총합으로 한다.
- [0071] 이상, 설명한 본 실시 형태의 2상 스테인리스강의 특징을 가짐으로써, Sn을 함유한 합금 절약 2상 스테인리스강의 열간 제조성을 현저하게 개선할 수 있다.
- [0072] 주조편의 단계에서는, 1000℃에서의 파단 단면 수축률이 70% 이상으로 된다. 또한, 이 주조편에 열간 가공을 포함하는 가공을 실시함으로써, 수율 좋게 또한 표면 흠집이 적은 2상 스테인리스강 강재를 얻는 것이 가능해진다.
- [0073] (제2 실시 형태)
- [0074] 이하에, 본 발명의 2상 스테인리스강의 제2 형태(범용형 2상 스테인리스강)의 한정 이유에 대하여 설명한다. 또한, 각 성분의 함유량은 질량%를 나타낸다.
- [0075] 또한, 본 실시 형태에 있어서, 스테인리스강 주조편이란, 주조 후, 열간 가공이나 단조 등의 가공을 실시하기 전의 상태의 강을 의미하고, 스테인리스강 강재란, 상기 주조편을 여러가지 방법에 의해 가공한 후의 강편, 열간 압연 강판, 냉간 압연 강판, 강선, 강관 등을 의미한다. 또한, 스테인리스강이란 주조편이나 강재등 강으로서의 형태 전반을 의미한다. 상기 가공은 열간 및 냉간의 가공을 포함한다.
- [0076] 스테인리스강의 내식성을 확보하기 위해서, C양을 0.03% 이하로 제한한다. 0.03%를 초과하여 C를 함유시키면, 열간 압연 시에 Cr 탄화물이 생성되어, 내식성, 인성이 열화된다.

- [0077] Si는, 탈산을 위해 0.05% 이상 첨가한다. 그러나, 1.0%를 초과하여 Si를 첨가하면, 인성이 열화된다. 그로 인해, Si양의 상한을 1.0%로 한정한다. Si양의 바람직한 범위는, 0.2 내지 0.7%이다.
- [0078] Mn은 오스테나이트상을 증가시켜 인성을 개선하는 효과를 갖는다. 또한 Mn은 질화물의 석출을 억제하는 효과를 갖기 때문에, 본 실시 형태의 강재에서는, 적극적으로 Mn을 첨가하는 것이 바람직하다. 모재 및 용접부의 인성을 위해 0.1% 이상의 Mn을 첨가한다. 그러나, 4.0%를 초과하여 Mn을 첨가하면, 내식성 및 인성이 열화된다. 그로 인해, Mn양의 상한을 4.0%로 한정한다. 바람직한 Mn 함유량은 1.0 내지 3.5%이며, 더욱 바람직하게는 2.0 내지 3.0%이다.
- [0079] P는 원료로부터 불가피하게 혼입되는 원소이며, 열간 가공성 및 인성을 열화시키기 때문에, P양을 0.05% 이하로 한정한다. P양은, 바람직하게는 0.03% 이하이다.
- [0080] S는 원료로부터 불가피하게 혼입되는 원소이며, 열간 가공성, 인성 및 내식성도 열화시키기 때문에, S양을 0.0010% 이하로 한정한다. 또한, S양을 0.0001% 미만으로 저감하는 것은 탈황 정련을 위한 비용이 비싸진다. 이로 인해 S양을 0.0001 내지 0.0010%로 정하였다. S양은, 바람직하게는 0.0002 내지 0.0006%이다.
- [0081] Cr은, 기본적인 내식성을 확보하기 위해서 23.0% 이상 함유시킨다. 한편 28.0%를 초과하여 Cr을 함유시키면, 페라이트상 분율이 증가하여, 인성 및 용접부의 내식성을 저해한다. 이로 인해 Cr의 함유량을 23.0% 이상 28.0% 이하로 하였다. 바람직한 Cr 함유량은 24.0 내지 27.5%이다.
- [0082] Ni는, 오스테나이트 조직을 안정시켜, 각종 산에 대한 내식성, 인성을 개선한다. 또한 Sn과 Cu 첨가에 의한 열간 가공성의 저하를 억제한다. 이로 인해 2.0% 이상의 Ni를 함유시킨다. Ni 함유량을 증가시킴으로써, 질화물의 석출 온도를 저하시키는 것이 가능해진다. 한편, Ni는 고가의 합금이기 때문에, Ni양을 6.0% 이하로 제한한다. Ni 함유량은, 바람직하게는 2.5 내지 5.5%이며, 더욱 바람직하게는 3.0 내지 5.0%이다.
- [0083] Co는, 강의 인성과 내식성을 높이기 위해 유효한 원소이며, 또한 Sn과 Cu 첨가에 의한 열간 가공성의 저하를 억제하는 원소이며, Ni와 함께 함유시키는 것이 바람직하다. 또한, 첨가하는 경우에는 Co를 0.1% 이상 함유시키는 것이 바람직하다. 1.0%를 초과하여 Co를 함유시키면, Co가 고가의 원소이기 때문에 비용에 걸맞는 효과가 발휘되지 않게 된다. 이로 인해 Co양의 상한을 1.0%로 정하였다. 첨가하는 경우의 바람직한 Co 함유량은 0.1 내지 0.5%이다.
- [0084] Ni는, Cu의 고용도를 높이고, Cu와 Sn 첨가에 의한 용점이 낮은 액상의 발생을 억제하는 작용을 갖는 것이, 비특허문헌 1에서 알려져 있다. 또한 Co는, Ni의 동족의 원소이다. 이로 인해 Ni와 Co의 함유량의 합을 높게 함으로써, Cu와 Sn에 의한 열간 가공성의 저하를 억제한다고 생각된다. 본 발명자들이 본 실시 형태에서 대상으로 하는 강의 열간 가공성을 Ni와 Co의 함유량의 합으로 정리한 바, Ni와 Co의 합계량이 2.5%에 미치지 않은 경우에, 강재의 가장자리 균열성이 향상되는 것을 파악하였다. 이로 인해, Ni+Co의 범위를 2.5% 이상으로 정하였다.
- [0085] Cu는, 스테인리스강의 산에 대한 내식성을 높이는 원소이며, 또한 인성을 개선하는 작용을 갖는다. 본 실시 형태에서는, 내식성을 높이기 위해서, 0.01% 이상의 Sn과 함께 0.2% 이상의 Cu를 함유시킨다. 3.0%를 초과하여 Cu를 함유시키면, 열간 압연 시에 고용도를 초과하여 ϵ Cu가 석출하여, 취화를 발생한다. 이로 인해, Cu양의 상한을 3.0%로 하였다. Cu를 함유시키는 경우의 바람직한 함유량은 0.5 내지 2.0%이다.
- [0086] Sn은, 본 실시 형태의 강의 내식성을 개선하기 위해 함유시킨다. 그로 인해 최저 0.01%의 Sn의 함유가 필요하다. 나아가서는 0.02% 이상의 Sn을 함유하는 것이 바람직하다. 한편, Sn은 강의 열간 제조성을 저해하는 원소이며, 본 실시 형태가 대상으로 하는 합금 원소형 절감형 2상 스테인리스강에 있어서, 특히 900℃ 이하에서의 페라이트상과 오스테나이트상의 계면의 열간 강도를 저하시킨다. 그 저하의 정도는 S, Ca, O 함유량에도 의존하는데, 본 실시 형태 중 그 외의 제한을 가하더라도, 0.2%를 초과하여 Sn을 함유시키면, 열간 제조성의 저하를 방지할 수 없게 되기 때문에, Sn 함유량의 상한을 0.2%로 정하였다.
- [0087] N은, 오스테나이트상에 고용하여 강도, 내식성을 높이는 유효한 원소이다. 이로 인해 0.20% 이상의 N을 함유시킨다. N을 증량함으로써, Ni의 절감이 가능하게 되기 때문에, N은 적극적으로 첨가하려고 하는 원소이다. 한편, N의 함유량의 상한은, N의 고용 한도 이내로 제한할 필요가 있다. N의 고용 한도는 Cr, Mn의 함유량에 따라서 높아진다. 본 실시 형태의 강에 있어서는, 0.30%를 초과하여 N을 함유시키면, Cr 질화물을 석출하여 인성 및 내식성을 저해하게 됨과 함께 열간 제조성을 저해하게 된다. 이로 인해, N 함유량의 상한을 0.30%로 하였다. 바람직한 N 함유량은 0.20 내지 0.28%이다.

- [0088] Al은, 강의 탈산 원소이며, 필요에 따라서 강 중의 산소를 저감하기 위해서 0.05% 이상의 Si와 아울러서 Al을 함유시킨다. Sn 함유강에 있어서, 산소량의 저감은, 열간 제조성을 확보하기 위해 필수적이며, 이로 인해 필요에 따라서 0.003% 이상의 Al의 함유가 필요하다. 한편 Al은 N와의 친화력이 비교적 큰 원소이며, 과잉으로 첨가하면 AlN을 발생하여 스테인리스강의 인성을 저해한다. 그 정도는 N 함유량에도 의존하는데, Al이 0.05%를 초과하면, 인성 저하가 현저해진다. 이로 인해, Al의 함유량의 상한을 0.05%로 정하였다. Al양은, 바람직하게는 0.04% 이하이다.
- [0089] Ca는, 강의 열간 제조성을 위한 중요한 원소이며, 강 중의 O와 S를 개재물로서 고정하여, 열간 제조성을 개선하기 위해서, Ca를 함유시킬 필요가 있다. 본 실시 형태의 강에서는, 그 목적을 위해 0.0010% 이상의 Ca를 함유시킨다. 또한 과잉의 첨가는 내공식성을 저하시킨다. 그로 인해 Ca의 함유량의 상한을 0.0040%로 하였다.
- [0090] O와 Ca의 함유량의 비율 Ca/O는, 본 실시 형태의 강의 열간 제조성 및 내식성을 개선하기 위한 중요한 성분 지표이다. Sn 함유강의 열간 제조성의 개선을 위해 Ca/O의 하한이 제한된다. Sn 함유강의 고온 연성은, 특히 900℃ 이하의 온도에서 저하한다. Ca/O의 값이 0.3 미만이면 1000℃의 고온 연성도 저하하여, 열간 제조성이 크게 손상된다. 이로 인해 본 실시 형태의 강에 있어서, Ca/O를 0.3 이상으로 제한한다. 한편, Ca를 과잉으로 첨가하여, Ca/O가 1.0을 초과하게 되면, 내공식성이 손상되게 된다. 또한 Ca가 과잉이 되면, 1000 내지 1100℃에서의 고온 연성도 손상되게 된다. 이로 인해 Ca/O의 상한을 1.0으로 정하였다. Ca/O는, 바람직하게는 0.4 내지 0.8이다.
- [0091] O는, 불가피적 불순물이며, 그 상한을 특별히 정하지 않았지만, 비금속 개재물의 대표인 산화물을 구성하는 중요한 원소이다. 그 산화물의 조성 제어는, 열간 제조성의 개선에 있어서 매우 중요하다. 또한 조대한 클러스터 형상 산화물이 생성되면, 표면 흠집의 원인으로 된다. 이로 인해, O의 함유량은 낮게 제한할 필요가 있다. 본 실시 형태에서는 상술한 바와 같이, Ca 함유량과 O 함유량의 비율을 0.3 이상으로 함으로써 O의 함유량을 제한하였다. O 함유량의 상한은 0.005% 이하가 바람직하다.
- [0092] Mo:2.0% 이하 및 W:1.0% 이하 중, 어느 한쪽 또는 양쪽을 더 함유해도 된다. 이들은, 내식성을 부가적으로 높이는 원소이다. 그 한정 이유에 대하여 설명한다.
- [0093] Mo은 스테인리스강의 내식성을 부가적으로 높이는 매우 유효한 원소이며, 필요에 따라서 함유시킬 수 있다. 내식성 개선을 위해서는 0.2% 이상의 Mo를 함유시키는 것이 바람직하다. 한편 Mo은, 고가의 원소이며, 본 실시 형태의 강에서는, 합금 비용을 억제하는 관점에서, Mo의 함유량의 상한을 2.0%로 한다.
- [0094] W은 Mo과 마찬가지로 스테인리스강의 내식성을 부가적으로 향상시키는 원소이며, 필요에 따라서 첨가할 수 있다. 본 실시 형태의 강에 있어서, 내식성을 높이기 위한 목적으로, W 함유량의 상한을 1.0%로 한다. 바람직한 W 함유량은 0.1 내지 0.8%이다.
- [0095] V:0.05 내지 0.5%, Nb:0.01 내지 0.15% 및 Ti:0.003 내지 0.05%로부터 선택되는 1종 이상을 더 함유해도 된다. 이들은, Cr보다도 질화물의 생성 경향이 큰 원소이다. V, Nb, Ti는 모두 필요에 따라서 첨가할 수 있으며, 미량으로 함유시킨 경우에는 내식성이 향상되는 경향을 갖는다.
- [0096] V이 형성하는 질화물, 탄화물은 열간 가공 및 강재의 냉각 과정에서 생성되어, 내식성을 높이는 작용을 갖는다. 이 이유로서 충분한 확인은 이루어져 있지 않지만, 700℃ 이하에서의 크롬 질화물의 생성 속도를 억제할 가능성이 생각된다. 이 내식성의 개선을 위해서 0.05% 이상의 V을 함유시키는 것이 바람직하다. 0.5%를 초과하여 V을 함유시키면, 조대한 V계 탄질화물이 생성되어, 인성이 열화된다. 그로 인해, V양의 상한을 0.5%로 한정한다. 첨가하는 경우의 바람직한 V 함유량은 0.1 내지 0.3%의 범위이다.
- [0097] Nb이 형성하는 질화물, 탄화물은, 열간 가공 및 강재의 냉각 과정에서 생성되어, 내식성을 높이는 작용을 갖는다. 이 이유로서 충분한 확인은 이루어져 있지 않지만, 700℃ 이하에서의 크롬 질화물의 생성 속도를 억제할 가능성이 생각된다. 이 내식성의 개선을 위해서 0.01% 이상의 Nb을 함유시키는 것이 바람직하다. 한편, 과잉의 첨가는 열간 압연 전의 가열 시에 미고용 석출물로서 석출하게 되어 인성을 저해하게 된다. 이로 인해, Nb의 함유량의 상한을 0.15%로 정하였다. 첨가하는 경우의 바람직한 Nb 함유량의 범위는, 0.03% 내지 0.10%이다.
- [0098] Ti는, 극미량으로 산화물, 질화물, 황화물을 형성하여 강의 응고 및 고온 가열 조직의 결정립을 미세화하는 원소이다. 또한 V, Nb와 마찬가지로, Ti는, 크롬 질화물의 크롬의 일부로 치환하는 성질도 갖는다. 0.003% 이상의 Ti의 함유에 의해, Ti의 석출물이 형성되게 된다. 한편 0.05%를 초과해서 2상 스테인리스강에 Ti를 함유

시키면, 조대한 TiN이 생성되어 강의 인성을 저해하게 된다. 이로 인해 Ti의 함유량의 상한을 0.05%로 정하였다. Ti의 적합한 함유량은 0.005 내지 0.020%이다.

[0099] B:0.0050% 이하, Mg:0.0030% 이하 및 REM:0.10% 이하로부터 선택되는 1종 이상을 더 함유해도 된다. 열간 가공성의 향상을 더욱 도모하기 위해서, 필요에 따라서 함유시키는 B, Mg, REM을 하기와 같이 한정한다.

[0100] B, Mg, REM은, 모두 강의 열간 가공성을 개선하는 원소이며, 그 목적으로 1종 이상 첨가되는 것이 바람직하다. B, Mg, REM 모두, 과잉의 첨가는 반대로 열간 가공성 및 인성을 저하한다. 이로 인해, 그 함유량의 상한을 다음과 같이 정하였다. B양의 상한은 0.0050%이다. Mg양의 상한은 0.0030%이다. REM양의 상한은 0.10%이다. 바람직한 함유량은 각각 B:0.0005 내지 0.0030%, Mg:0.0001 내지 0.0015%, REM:0.005 내지 0.05%이다. 여기서 REM은, La나 Ce 등의 란타노이드계 희토류 원소의 함유량의 총합으로 한다.

[0101] 이상, 설명한 본 실시 형태의 2상 스테인리스강의 특징을 가짐으로써, Sn을 함유한 범용 2상 스테인리스강의 열간 제조성을 현저하게 개선할 수 있다.

[0102] 주조편의 단계에서는, 1000℃에서의 과단 단면 수축률이 70% 이상으로 된다. 또한, 이 주조편에 열간 가공을 포함하는 가공을 실시함으로써, 수율 좋게 또한 표면 흠집이 적은 2상 스테인리스강 강재를 얻는 것이 가능해진다.

[0103] 실시예

[0104] (실시예 1)

[0105] 이하에 합금 절약형 2상 스테인리스강의 실시예에 대하여 기재한다. 표 1 내지 표 4에 공시(供試) 강의 화학 조성을 나타낸다. 또한, 표 1에 기재되어 있는 성분 이외의 잔량부는, Fe 및 불가피적 불순물 원소이다. 또한, 표 1 내지 표 4에 나타난 성분에 대해서, 함유량이 기재되어 있지 않은 부분은 불순물 레벨인 것을 나타낸다. REM은, 란타노이드계 희토류 원소를 의미하고, REM의 함유량은 이들 원소의 합계를 나타내고 있다. 표 중 밑줄친 수치는, 제1 실시 형태에서 규정된 범위 밖인 것을 나타낸다.

표 1

경.No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	N	Al	Ca	Sn	그외	O	Pi	Ca/O	
1-1	0.015	0.39	3.21	0.022	0.0005	2.15	20.9	0.173	0.015	0.0013	0.05		0.0038	23.7	0.34	
1-2	0.020	0.34	3.01	0.024	0.0004	2.08	21.0	0.165	0.042	0.0022	0.09		0.0024	23.6	0.92	
1-3	0.018	0.42	4.93	0.021	0.0006	2.13	20.9	0.186	0.025	0.0019	0.06		0.0032	23.9	0.59	
1-4	0.018	0.35	3.02	0.023	0.0007	2.35	20.8	0.178	0.023	0.0022	0.13		Mo:0.32	0.0030	24.7	0.73
1-5	0.018	0.35	3.05	0.023	0.0007	2.35	20.9	0.168	0.013	0.0028	0.02		Cu:1.05	0.0048	23.6	0.58
1-6	0.018	0.35	3.02	0.024	0.0007	2.35	20.8	0.181	0.015	0.0018	0.07		W:0.25	0.0039	23.7	0.46
1-7	0.018	0.35	3.05	0.023	0.0007	2.35	20.9	0.176	0.012	0.0019	0.03		Co:0.23	0.0048	23.7	0.40
1-8	0.021	0.42	2.56	0.031	0.0005	1.53	18.5	0.125	0.043	0.0013	0.05		Mo:1.22, Cu:0.95	0.0026	24.5	0.50
1-9	0.021	0.42	2.54	0.031	0.0005	1.42	18.5	0.132	0.047	0.0012	0.05		Mo:1.38, Cu:1.03, Co:0.02	0.0024	25.2	0.50
1-10	0.021	0.42	2.53	0.031	0.0005	1.44	18.5	0.115	0.049	0.0015	0.05		Mo:0.12, Cu:1.23, W:0.23	0.0028	20.7	0.54
1-11	0.025	0.64	4.89	0.026	0.0006	1.52	21.3	0.215	0.023	0.0023	0.06		V:0.12	0.0034	24.7	0.68
1-12	0.025	0.64	5.12	0.026	0.0006	1.52	21.5	0.205	0.021	0.0015	0.06		Nb:0.052	0.0034	24.8	0.44
1-13	0.025	0.64	4.96	0.026	0.0006	1.51	21.7	0.218	0.015	0.0018	0.06		Ti:0.012	0.0038	25.2	0.47
1-14	0.025	0.64	5.32	0.026	0.0006	1.53	21.5	0.232	0.019	0.0022	0.06		V:0.11, Nb:0.035	0.0036	25.2	0.61
1-15	0.028	0.56	1.74	0.023	0.0006	4.53	23.4	0.106	0.035	0.0023	0.17		Mo:0.34, V:0.35, Ti:0.032	0.0027	26.2	0.85

표 2

항 No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	N	Al	Ca	Sn	그 외	O	Pi	Ca/O
1-16	0.014	0.45	2.95	0.015	0.0003	1.95	20.7	0.175	0.023	0.0013	0.06	Mo:0.35, Cu:1.04, V:0.12, Ti:0.007	0.0026	24.7	0.50
1-17	0.007	0.44	2.98	0.014	0.0003	1.97	20.7	0.175	0.012	0.0036	0.07	W:0.35, Co:0.03, V:0.11, Ti:0.006	0.0046	23.5	0.78
1-18	0.005	0.46	2.96	0.013	0.0003	1.96	20.6	0.173	0.025	0.0021	0.08	Mo:0.28, Cu:1.05, V:0.14, Nb:0.048, Ti:0.011	0.0027	24.3	0.78
1-19	0.022	0.15	4.03	0.033	0.0002	2.03	21.3	0.155	0.023	0.0011	0.10	B:0.0026	0.0033	23.8	0.33
1-20	0.023	0.14	3.26	0.036	0.0010	2.00	21.2	0.165	0.023	0.0031	0.10	Mo:0.0012	0.0032	23.8	0.97
1-21	0.024	0.16	3.33	0.023	0.0009	2.04	20.9	0.166	0.022	0.0023	0.10	REM:0.065	0.0034	23.6	0.68
1-22	0.023	0.13	3.12	0.021	0.0008	2.03	20.0	0.164	0.024	0.0022	0.10	B:0.0032, Mo:0.0006	0.0035	22.6	0.63
1-23	0.021	0.07	2.86	0.019	0.0001	2.05	21.1	0.175	0.021	0.0016	0.10	B:0.0023, REM:0.032, Mo:0.56, Cu:1.45	0.0023	23.9	0.70
1-24	0.022	0.12	2.75	0.016	0.0002	2.01	20.9	0.177	0.023	0.0024	0.05	B:0.0028	0.0036	25.6	0.67

[0107]

표 3

항 No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	N	Al	Ca	Sn	그 외	O	Pi	Ca/O
1-25	0.026	0.76	2.89	0.018	0.0005	2.45	20.8	0.172	0.022	0.0028	0.05	Mg:0.38, Cu:1.06, Co:0.04, V:0.13, Ti:0.006, B:0.0024	0.0032	24.8	0.88
1-26	0.024	0.78	3.01	0.015	0.0003	2.56	21.9	0.179	0.021	0.0023	0.05	Mg:0.35, Cu:1.01, W:0.12, Co:0.03, V:0.16, Nb:0.015, Ti:0.004, B:0.0016, Mn:0.0003	0.0033	25.9	0.70
1-27	0.016	0.43	6.53	0.021	0.0004	0.75	18.3	0.182	0.016	0.0016	0.04	Mg:1.35, Cu:1.23	0.0034	25.7	0.47
1-28	0.024	0.37	2.43	0.023	0.0006	4.58	24.4	0.245	0.023	0.0019	0.06	V:0.13	0.0036	28.3	0.53
1-29	0.013	0.42	3.15	0.022	0.0004	4.13	24.5	0.235	0.016	0.0022	0.07		0.0046	28.3	0.48
1-30	0.025	0.36	0.23	0.012	0.0003	3.02	21.1	0.165	0.005	0.0023	0.04	Co:1.52	0.0047	23.7	0.49
1-31	0.018	0.26	0.85	0.031	0.0002	4.23	21.3	0.201		0.0021	0.08	W:0.75	0.0052	24.5	0.40
1-32	0.023	0.32	2.45	0.024	0.0005	3.24	18.2	0.112	0.003	0.0016	0.12	Mn:1.43	0.0042	24.7	0.38
1-33	0.019	0.39	0.31	0.021	0.0006	1.68	21.3	0.164	0.013	0.0014	0.06	Cu:1.83	0.0038	23.9	0.37

[0108]

표 4

강 No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	N	Al	Ca	Sn	그 외	O	Pi	Cs/10
1-A	0.016	0.38	2.96	0.022	0.0006	1.96	20.9	0.174	0.026	0.0006	0.08		0.0036	23.7	0.17
1-B	0.016	0.38	2.98	0.022	0.0006	1.96	20.9	0.174		0.0012	0.08		0.0052	23.7	0.23
1-C	0.015	0.39	2.96	0.023	0.0006	1.98	21.0	0.172	0.023	0.0016	<0.01		0.0032	23.8	0.50
1-D	0.016	0.38	2.98	0.022	0.0006	1.97	21.0	0.172	0.023	0.0018	0.26		0.0032	23.8	0.56
1-E	0.021	0.42	3.12	0.023	0.0005	2.02	21.1	0.175	0.021	0.0045	0.08		0.0021	23.9	2.14
1-F	0.043	0.54	2.86	0.025	0.0006	2.01	21.0	0.182	0.017	0.0020	0.08		0.0036	23.9	0.56
1-G	0.025	1.54	3.13	0.029	0.0006	2.00	21.0	0.183	0.017	0.0020	0.07		0.0036	23.9	0.63
1-H	0.024	0.39	7.85	0.028	0.0006	2.03	21.0	0.175	0.017	0.0020	0.07		0.0032	23.8	0.63
1-I	0.023	0.46	3.24	0.025	0.0005	2.00	21.0	0.186	0.018	0.0020	0.06		0.0033	24.0	0.61
1-J	0.026	0.48	3.16	0.022	0.0012	1.99	21.0	0.185	0.019	0.0018	0.07		0.0041	23.6	0.44
1-K	0.025	0.42	3.08	0.031	0.0006	0.32	21.0	0.159	0.017	0.0007	0.07		0.0035	23.5	0.20
1-L	0.024	0.41	2.56	0.022	0.0007	2.23	17.2	0.184	0.016	0.0018	0.12		0.0038	20.1	0.47
1-M	0.025	0.43	2.66	0.023	0.0006	1.85	20.9	0.330	0.015	0.0018	0.08		0.0033	26.2	0.55
1-N	0.016	0.44	2.36	0.021	0.0007	1.96	21.0	0.174	0.021	0.0019	0.07		0.0035	23.8	0.54
1-O	0.017	0.42	2.86	0.025	0.0007	1.94	21.0	0.175	0.019	0.0019	0.07		0.0036	23.8	0.53
1-P	0.016	0.38	2.94	0.024	0.0007	1.95	21.0	0.173	0.023	0.0019	0.07		0.0034	23.8	0.53
1-Q	0.018	0.39	3.11	0.024	0.0007	1.93	21.1	0.172	0.022	0.0019	0.07		0.0036	23.9	0.53
1-R	0.015	0.41	3.13	0.023	0.0007	1.92	20.9	0.170	0.021	0.0019	0.07		0.0037	23.6	0.51
1-S	0.015	0.42	3.06	0.022	0.0007	1.94	21.0	0.169	0.020	0.0019	0.30		0.0042	23.7	0.45
1-T	0.023	0.38	2.98	0.024	0.0006	2.15	21.3	0.165	0.072	0.0022	0.05		0.0018	23.9	1.22
1-U	0.023	0.39	2.99	0.023	0.0006	2.18	21.1	0.078	0.024	0.0021	0.06		0.0036	22.3	0.58

[0109]

[0110]

어느쪽 강에 대해서도, 우선 두께가 100mm인 주조편으로 하여, 파단 단면 수축률을 평가하였다. 평가는 이하와 같이 행하였다. 우선 8mm φ의 환봉의 평행부를, 고주파를 사용해서 1200℃로 가열하였다. 계속해서, 파단 시험을 행하는 온도(1000℃)까지 온도를 낮추었다. 그 온도에서 20mm/초의 속도로 인장 파단시켜서, 단면의 수축률을 구하였다. 파단 단면 수축률이 70% 이상인 강을 A(good)라 평가하고, 단면 수축률이 60 내지 70% 미만인 강을 B(fair)라 평가하고, 단면 수축률이 60% 미만인 강을 C(bad)라 평가하여, 결과를 표 5, 표 6에 기재하였다.

[0111]

주조편을 열간 단조해서 60mm 두께의 강편으로 하고, 이것을 열간 압연 소재로 하였다. 열간 압연을 이하와 같이 행하였다. 1150 내지 1250℃의 소정의 온도로 가열하고, 계속하여 실험실의 2단 압연기에 의해, 이하의 조건에서 열간 압연을 실시하였다. 우선 압하를 반복하여, 판 두께를 25mm로 조정하였다. 계속해서, 1000℃로부터 처리 압연을 행하고, 900℃에서 최종 마무리 압연을 실시하여, 최종 판 두께가 12mm, 판 폭이 120mm가 되도록 압연하여 열간 압연 강판을 얻었다. 얻어진 열간 압연 강판의 좌우의 가장자리에 발생한 가장자리 균열의 최대값을 측정하여, 좌우의 가장자리 균열의 최대값의 합을 구하였다. 이 가장자리 균열의 합이 5mm 미만인 강을 A(good)라 평가하고, 가장자리 균열의 합이 5 내지 10mm인 강을 B(fair)라 평가하고, 가장자리 균열의 합이 10mm초과인 강을 C(bad)라 평가하여, 결과를 표 5, 표 6에 나타냈다.

[0112]

또한 이 강판에 용체화 열처리를 이하와 같이 실시하였다. 1000℃로 설정한 열처리 로에 강판을 삽입하여, 5분의 균열 시간을 취하였다. 계속하여 강판을 추출하고, 그 후, 상온까지 수냉하였다.

[0113]

강판의 내식성은, 황산 중의 부식 속도에 의해 평가하였다.

[0114]

황산 중의 부식 속도는, 이하와 같이 측정하였다. 3mm두께×25mm폭×25mm길이의 시험편에 대하여 비등한 5%의 황산 중에 6h의 침지 시험을 실시하였다. 침지 전후의 중량을 측정하여, 중량의 감소 속도를 구하였다. 황산

중의 부식 속도가 0.3g/m²·hr 미만인 강을 A(good)라 평가하고, 황산 중의 부식 속도가 0.3 내지 1g/m²·hr인 강을 B(fair)라 평가하고, 황산 중의 부식 속도가 1g/m²·hr 이상인 강을 C(bad)라 평가하여, 평가 결과를 표 5, 표 6에 나타냈다.

[0115] 폭 방향으로 길게 채취한 샤르피 시험편을 사용하여, 충격 특성을 측정하였다. 풀사이즈로 2mmV 노치를 압연 방향으로 가공하여 시험편을 제작하였다. 각 2개의 시험편을 사용하여 -20℃에서 시험을 실시하고, 얻어진 충격값의 평균값에 의해, 충격 특성을 평가하였다. 충격값이 100J/cm² 초과인 강을 A(good)라 평가하고, 충격값이 50 내지 100J/cm²인 강을 B(fair)라 평가하고, 충격값이 50J/cm² 미만인 강을 C(bad)라 평가하여, 평가 결과를 표 5, 표 6에 기재하였다.

표 5

강 No.	주조편 단면 수축률	강재 가장자리 균열성	강재 내황산성	강재 충격 특성
1-1	A	A	A	A
1-2	A	A	A	A
1-3	A	A	A	A
1-4	A	A	A	A
1-5	A	A	A	A
1-6	A	A	A	A
1-7	A	A	A	A
1-8	A	A	A	A
1-9	A	A	A	A
1-10	A	A	A	A
1-11	A	A	A	A
1-12	A	A	A	A
1-13	A	A	A	A
1-14	A	A	A	A
1-15	A	A	A	A
1-16	A	A	A	A
1-17	A	A	A	A
1-18	A	A	A	A
1-19	A	A	A	A
1-20	A	A	A	A
1-21	A	A	A	A
1-22	A	A	A	A
1-23	A	A	A	A
1-24	A	A	A	A
1-25	A	A	A	A
1-26	A	A	A	A
1-27	A	A	A	A
1-28	A	A	A	A
1-29	A	A	A	A
1-30	A	A	A	A
1-31	A	A	A	A
1-32	A	A	A	A
1-33	A	A	A	A

[0116]

표 6

	강 No.	주조편 단면 수축률	강재 가장자리 균열성	강재 내황산성	강재 충격 특성
비 교 예	1-A	C	C	A	A
	1-B	B	C	A	A
	1-C	A	A	B	A
	1-D	C	C	A	B
	1-E	C	C	A	A
	1-F	B	B	A	B
	1-G	A	A	A	B
	1-H	B	C	B	A
	1-I	C	C	A	B
	1-J	C	C	A	A
	1-K	C	C	C	C
	1-L	C	C	C	A
	1-M	C	C	A	A
	1-N	C	B	A	C
	1-O	B	B	A	C
	1-P	B	B	A	C
	1-Q	B	B	A	C
	1-R	B	B	A	B
	1-S	C	C	A	B
	1-T	B	B	A	C
1-U	A	A	A	C	

[0117]

[0118]

표 5, 표 6에 나타내는 실시예에서, 제1 실시 형태의 조건을 만족하는 강 No.1-1 내지 1-33은, 열간 제조성, 내식성 및 충격 특성이 양호하다. 한편, 제1 실시 형태의 조건을 만족하지 않은 강 No.1-A 내지 1-U는, 열간 제조성, 내식성 및 충격 특성 중 어느 하나가 뒤떨어졌다.

[0119]

이상의 실시예에서 알 수 있듯이, 제1 실시 형태에 의해, Sn 첨가에 의해 내식성이 개선되어, 열간 제조성이 양호하여 저렴한 합금 절약형 2상 스테인리스강이 얻어지는 것이 명확해졌다.

[0120]

(실시예 2)

[0121]

이하에 범용형 2상 스테인리스강의 실시예에 대하여 기재한다. 표 7 내지 표 10에 공시 강의 화학 조성을 나타낸다. 또한 표 7 내지 표 10에 기재되어 있는 성분의 잔량부는, Fe 및 불가피적 불순물 원소이다. 또한 표 7 내지 표 10에 나타낸 성분에 대해서, 함유량이 기재되어 있지 않은 부분은 불순물 레벨인 것을 나타낸다. REM은 란타노이드계 희토류 원소를 의미하고, REM의 함유량은 그들 원소의 합계를 나타내고 있다. 표 중 밑줄친 수치는, 제2 실시 형태에서 규정된 범위 밖인 것을 나타낸다.

표 7

장 No.	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Co	N	Al	Ca	Cu	Sn	그 외	O
2-1	0.015	0.39	2.45	0.022	0.0005	26.5	4.48		0.254	0.015	0.0021	1.43	0.07		0.0038
2-2	0.012	0.35	3.25	0.021	0.0007	27.3	4.83	0.65	0.235	0.023	0.0016	1.52	0.08		0.0032
2-3	0.021	0.42	3.45	0.023	0.0004	25.3	4.05	0.12	0.253	0.018	0.0018	1.03	0.05	Mo: 1.23	0.0034
2-4	0.024	0.22	3.65	0.023	0.0005	23.5	2.35	0.32	0.245	0.025	0.0023	1.53	0.13	Mo: 1.75	0.0028
2-5	0.023	0.53	1.52	0.024	0.0002	26.4	4.52	0.01	0.265	0.003	0.0021	0.52	0.14	W: 0.35	0.0038
2-6	0.016	0.65	2.43	0.025	0.0006	25.1	3.85	0.23	0.245	0.016	0.0015	1.53	0.06	Mo: 1.25, W: 0.24	0.0042
2-7	0.007	0.24	0.25	0.021	0.0005	26.5	4.03	0.53	0.246	0.012	0.0016	1.45	0.07	V: 0.12	0.0043
2-8	0.026	0.74	3.35	0.023	0.0006	26.5	4.53	0.24	0.224	0.017	0.0017	1.23	0.08	Nb: 0.034	0.0038
2-9	0.015	0.44	2.56	0.031	0.0005	26.4	4.52	0.21	0.236	0.021	0.0023	1.52	0.13	Ti: 0.007	0.0032
2-10	0.014	0.42	2.75	0.033	0.0005	26.6	4.51	0.23	0.245	0.022	0.0021	1.48	0.09	V: 0.07, Nb: 0.024	0.0037
2-11	0.023	0.39	3.21	0.015	0.0004	26.4	4.36	0.85	0.234	0.028	0.0013	1.03	0.10	Nb: 0.047, Ti: 0.011	0.0028
2-12	0.022	0.36	2.35	0.034	0.0006	26.3	4.42	0.03	0.253	0.013	0.0024	0.95	0.08	V: 0.13, Nb: 0.015,	0.0034
2-13	0.025	0.35	2.64	0.026	0.0005	23.8	3.85	0.15	0.238	0.024	0.0023	1.05	0.12	Mo: 1.52, V: 0.12	0.0040
2-14	0.018	0.31	2.48	0.024	0.0009	25.6	4.15	0.19	0.247	0.018	0.0019	1.12	0.08	Mo: 0.52, V: 0.07,	0.0042
2-15	0.019	0.28	2.54	0.026	0.0007	26.4	4.62	0.06	0.265	0.023	0.0022	1.33	0.06	Nb: 0.034, B: 0.0023	0.0044
2-16	0.013	0.33	2.53	0.024	0.0006	26.6	4.58	0.14	0.267	0.021	0.0024	1.22	0.07	Mo: 0.0012	0.0031

표 8

항 No.	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Co	N	Al	Ca	Cu	Sn	주요	O
2-17	0.024	0.37	2.54	0.025	0.0005	26.4	4.05	0.51	0.258	0.028	0.0023	1.45	0.06	REM:0.035	0.0034
2-18	0.025	0.45	2.56	0.023	0.0005	26.5	4.45	0.25	0.265		0.0021	1.03	0.07	B:0.0026, Mg:0.0007	0.0048
	0.027	0.51	2.51	0.025	0.0005	24.8	4.01	0.15	0.244	0.016	0.0025	1.49	0.05	Mg:1.23, V:0.12, B:0.0031, Mg:0.0005	0.0036
2-19														Mg:1.36, W:0.75, V:0.06, Ti:0.004, B:0.0026	
2-20	0.022	0.23	2.58	0.024	0.0005	23.3	3.52	0.36	0.228	0.026	0.0017	0.99	0.07	Mg:1.36, W:0.75, V:0.06, Ti:0.004, B:0.0026	0.0035
2-21	본 실험용														
	0.011	0.26	2.48	0.023	0.0004	25.0	4.49	0.13	0.240	0.018	0.0022	1.05	0.06	Mg:1.22, V:0.13, Nb:0.045, Ti:0.004, B:0.0024, Mg:0.0001	0.0034
2-22	0.016	0.12	2.36	0.025	0.0006	25.0	4.00	0.12	0.242	0.024	0.0023	1.48	0.02	Mg:1.35, V:0.12, Nb:0.015, Ti:0.006, B:0.0023, Mg:0.0003	0.0035

[0123]

표 9

강 No.	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Co	N	Al	Ca	Cu	Sn	그 외	O
2-23	0.024	0.46	2.44	0.026	0.0005	25.3	4.23	0.16	0.248	0.023	0.0025	1.46	0.05	Mo: 1.02, W: 0.32, V: 0.10, Nb: 0.021, Ti: 0.005, B: 0.0024, Mg: 0.002	0.0042
2-A	0.016	0.37	2.13	0.022	0.0006	25.6	3.25		0.246	0.023	0.0008	2.85	0.12		0.0042
2-B	0.013	0.41	2.65	0.027	0.0008	25.4	3.24	0.05	0.273	0.021	0.0014	2.23	0.24		0.0035
2-C	0.015	0.40	3.01	0.025	0.0006	25.1	4.00	0.10	0.251	0.016	0.0021	0.05	0.10		0.0037
2-D	0.014	0.40	2.99	0.025	0.0006	25.0	4.02	0.10	0.249	0.017	0.0020	0.50			0.0036
2-E	0.036	0.39	2.98	0.024	0.0005	24.8	3.98	0.10	0.248	0.026	0.0021	0.47	0.04		0.0033
2-F	0.015	1.26	3.02	0.024	0.0007	26.8	3.88	0.10	0.233	0.026	0.0017	0.49	0.06		0.0028
2-G	0.014	0.42	5.12	0.025	0.0005	25.1	3.87	0.11	0.256	0.020	0.0020	0.48	0.05		0.0043
2-H	0.016	0.41	2.97	0.022	0.0005	26.5	3.76	0.09	0.232	0.014	0.0015	0.48	0.08		0.0040
2-I	0.016	0.43	2.98	0.024	0.0013	26.3	4.04	0.12	0.255	0.013	0.0015	0.52	0.07		0.0041
2-J	0.012	0.45	2.42	0.026	0.0006	29.1	4.53	0.08	0.262	0.018	0.0020	0.53	0.09		0.0051
2-K	0.013	0.39	2.89	0.024	0.0007	24.9	1.78	0.35	0.249	0.019	0.0018	0.55	0.06		0.0038
2-L	0.016	0.42	2.51	0.025	0.0008	24.9	3.98	1.35	0.244	0.018	0.0023	1.02	0.08		0.0045
2-M	0.014	0.38	2.47	0.025	0.0006	25.0	3.42	0.06	0.321	0.015	0.0016	0.49	0.05		0.0052
2-N	0.015	0.42	2.42	0.023	0.0007	24.8	4.02	0.07	0.253	0.022	0.0022	0.52	0.06		0.0042
2-O	0.015	0.39	2.52	0.024	0.0007	24.9	4.01	0.09	0.245	0.008	0.0012	0.50	0.06		0.0053
2-P	0.014	0.40	2.46	0.023	0.0006	25.0	3.99	0.10	0.246	0.007	0.0021	3.53	0.11		0.0044

표 10

강 No.	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Co	N	Al	Ca	Cu	Sn	크와	O
2-Q	0.015	0.40	2.50	0.025	0.0007	25.0	4.00	0.09	0.251	0.021	0.0021	0.04		Mo:1.02 Ni:0.52 V:0.06, B:0.0021	0.0038
2-R	0.014	0.39	2.48	0.026	0.0006	24.8	4.02	0.12	0.246	0.019	0.0017	0.03	0.02	Mo:0.48, W:0.12, Ni:0.012, B:0.0023	0.0043
2-S	0.016	0.41	2.52	0.025	0.0005	25.1	2.35	0.01	0.265	0.018	0.0023	1.83	0.16	Mo:0.32 Ti:0.006, B:0.0023	0.0033
2-T	0.014	0.42	2.49	0.026	0.0006	25.1	4.03	0.03	0.262	0.023	0.0048	1.02	0.07	Mo:0.32	0.0032
2-U	0.013	0.48	1.65	0.024	0.0006	22.5	5.83	0.03	0.178	0.013	0.0023	0.05		Mo:3.03	0.0035

[0125]

[0126]

실시에 1과 마찬가지로의 조건에 의해, 주조편의 제조, 주조편의 파단 단면 수축률의 평가, 열간 압연 소재의 제조, 열간 압연 소재에 대한 열간 압연의 실시 및 가장자리 균열의 평가를 행하였다. 얻어진 평가 결과를 표 11, 표 12에 기재하였다.

[0127]

또한 이 강관에 용체화 열처리를 이하와 같이 실시하였다. 1050℃로 설정한 열처리 로에 강관을 삽입하여, 5분의 균열 시간을 취하였다. 계속하여 강관을 추출하고, 그 후, 상온까지 수냉하였다.

[0128]

강관의 내식성은, 황산 중의 부식 속도에 의해 평가하였다.

[0129]

황산 중의 부식 속도는, 이하와 같이 측정하였다. 3mm두께×25mm폭×25mm길이의 시험편에 대하여 2000ppm의 Cl 이온을 포함하여, 농도가 15%, 온도가 40℃인 황산 중에서 6h의 침지 시험을 실시하였다. 침지 전후의 중량을 측정하여, 중량의 감소 속도를 구하였다. 황산 중의 부식 속도가 0.1g/m²·hr 미만인 강을 A(good)라 평가하고, 황산 중의 부식 속도가 0.1 내지 0.3g/m²·hr인 강을 B(fair)라 평가하고, 황산 중의 부식 속도가 0.3g/m²·hr 초과인 강을 C(bad)라 평가하여, 평가 결과를 표 11, 표 12에 나타냈다.

[0130]

실시에 1과 마찬가지로의 조건에 의해, 충격 특성을 측정하였다. 얻어진 평가 결과를 표 11, 표 12에 기재하였다.

표 11

강 No.	Ni+Co	Ca/O	PI	주조편	강재 가장자리	강재	강재 충격
				단면 수축률	균열성	내황산성	특성
2-1	4.48	0.55	30.6	A	A	A	A
2-2	5.48	0.50	31.1	A	A	A	A
2-3	4.17	0.53	33.4	A	A	A	A
2-4	2.67	0.82	33.2	A	A	A	A
2-5	4.53	0.55	30.6	A	A	A	A
2-6	4.08	0.36	33.1	A	A	A	A
2-7	4.56	0.37	30.4	A	A	A	A
2-8	4.77	0.45	30.1	A	A	A	A
2-9	4.73	0.72	30.2	A	A	A	A
2-10	4.74	0.57	30.5	A	A	A	A
2-11	5.21	0.46	30.1	A	A	A	A
2-12	4.45	0.71	30.3	A	A	A	A
2-13	4.00	0.58	32.6	A	A	A	A
2-14	4.34	0.45	31.3	A	A	A	A
2-15	4.68	0.50	30.6	A	A	A	A
2-16	4.72	0.77	30.9	A	A	A	A
2-17	4.56	0.68	30.5	A	A	A	A
2-18	4.70	0.44	30.7	A	A	A	A
2-19	4.16	0.69	32.8	A	A	A	A
2-20	3.88	0.49	31.4	A	A	A	A
2-21	4.62	0.65	32.9	A	A	A	A
2-22	4.12	0.66	33.3	A	A	A	A
2-23	4.39	0.60	32.6	A	A	A	A

[0131]

표 12

강 No.	Ni+Co	Ca/O	PI	주조편	강재 가장자리	강재	강재 충격
				단면 수축률	균열성	내황산성	특성
2-A	3.25	0.19	29.5	C	C	A	A
2-B	3.29	0.40	29.8	C	C	A	A
2-C	4.10	0.57	29.1	A	A	C	A
2-D	4.12	0.56	29.0	A	A	C	A
2-E	4.08	0.64	28.8	A	A	B	B
2-F	3.98	0.61	30.5	A	A	A	C
2-G	3.98	0.47	29.2	A	A	C	A
2-H	3.85	0.38	30.2	A	A	B	B
2-I	4.16	0.37	30.4	C	C	B	A
2-J	4.61	0.39	33.3	A	A	A	C
2-K	2.13	0.47	28.9	C	C	B	C
2-L	5.33	0.51	28.8	A	A	A	A
2-M	3.48	0.31	30.1	C	C	A	B
2-N	4.09	0.52	28.8	A	A	A	C
2-O	4.10	0.23	28.8	C	C	A	B
2-P	4.09	0.48	28.9	C	C	A	B
2-Q	4.09	0.55	32.4	A	A	C	A
2-R	4.14	0.40	30.5	A	A	C	A
2-S	2.36	0.70	30.9	C	C	A	A
2-T	4.06	1.50	30.3	B	B	B	B
2-U	5.83	0.66	35.4	A	A	A	A

[0132]

[0133]

표 11, 표 12에 나타내는 실시예에서, 제2 실시 형태의 조건을 만족하는 범용형 2상 스테인리스강 No.2-1 내지 2-23은, 열간 제조성, 내식성 및 충격 특성이 양호하다. 한편, 제2 실시 형태의 조건을 만족하지 않은 강 No.2-A 내지 2-K 및 2-M 내지 2-T는, 열간 제조성, 내식성 및 충격 특성 중 어느 하나가 뒤떨어졌다. 또한, 비교예 2-L은, 특성을 만족시키지만, Co가 다량으로 함유되어 있기 때문에, 비용면에서 뒤떨어진다. 또한 비교예 2-U는 S31803강이며, 열간 제조성, 내식성 및 제조성이 모두 양호하다. 단, Ni 및 Mo 함유량이 높아, 제2 실시 형태가 목적으로 하는 비용면에서 뒤떨어진 것이다.

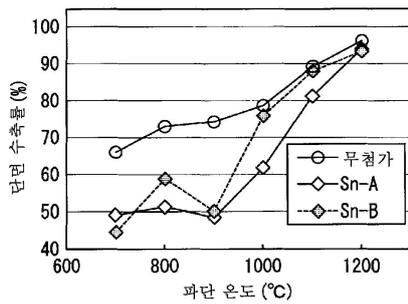
[0134] 이상의 실시예에서 알 수 있듯이 제2 실시 형태에 의해 Sn, Cu 첨가에 의해 내식성이 개선되고, 열간 제조성이 양호하여 저렴한 범용형 2상 스테인리스강이 얻어지는 것이 명확해졌다.

산업상 이용가능성

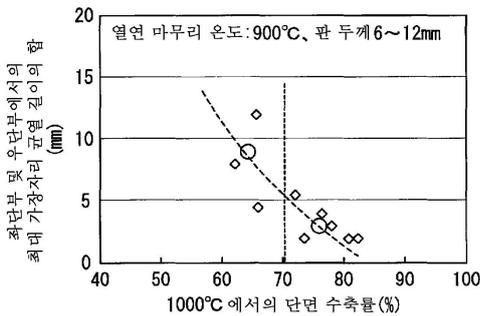
[0135] 제1, 제2 실시 형태에 의해, 내식성이 개선된 저렴한 합금 절약형 2상 스테인리스강재 및 범용형 2상 스테인리스강재를 제공하는 것이 가능해진다. 이 2상 스테인리스강재는, 해수 담수화 기기, 수송선의 탱크류, 각종 용기 등으로서 사용할 수 있는 등 산업상 기여하는 바는 매우 크다.

도면

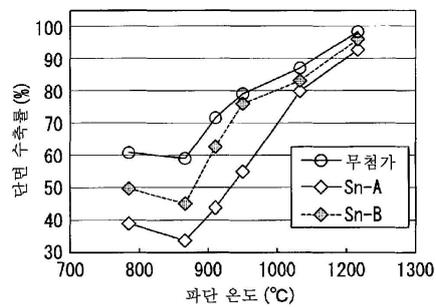
도면1



도면2



도면3



도면4

