



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년03월22일
(11) 등록번호 10-1120764
(24) 등록일자 2012년02월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/40 (2006.01) C22C 38/50 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-7000667(분할)
(22) 출원일자(국제) 2007년05월08일
심사청구일자 2011년01월11일
(85) 번역문제출일자 2011년01월11일
(65) 공개번호 10-2011-0009268
(43) 공개일자 2011년01월27일
(62) 원출원 특허 10-2008-7027083
원출원일자(국제) 2007년05월08일
심사청구일자 2008년11월05일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2007/059501
(87) 국제공개번호 WO 2007/129703
국제공개일자 2007년11월15일
(30) 우선권주장
JP-P-2006-130172 2006년05월09일 일본(JP)
(뒷면에 계속)
(56) 선행기술조사문헌
JP2006052337 A
JP2006063323 A
JP2004277663 A
전체 청구항 수 : 총 3 항

(73) 특허권자
닛폰 스틸 앤드 스미킨 스테인레스 스틸 코포레이션
일본국 도쿄도 치요다쿠 오테마치 2쵸메 6반 1고
(72) 발명자
히라이데 노부히코
일본 1000004 도쿄도 치요다쿠 오테마치 2쵸메 6반 1고 닛폰 스틸 앤드 스미킨 스테인레스 스틸 코포레이션 내
가지무라 하루히코
일본 1000004 도쿄도 치요다쿠 오테마치 2쵸메 6반 1고 닛폰 스틸 앤드 스미킨 스테인레스 스틸 코포레이션 내
기무라 겐
일본 1008071 도쿄도 치요다쿠 오오테마치 2쵸메 6-3 신닛뽀세이테쯔 카부시카이샤 내
(74) 대리인
성재동, 장수길

심사관 : 배근태

(54) 발명의 명칭 내식성이 우수한 스테인리스 강

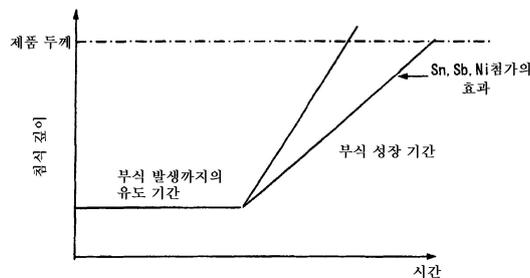
(57) 요약

제1 형태의 스테인리스 강은, C : 0.001 내지 0.02 % , N : 0.001 내지 0.02 % , Si : 0.01 내지 0.5 % , Mn : 0.05 내지 0.5 % , P : 0.04 % 이하, S : 0.01 % 이하, Ni : 3 % 초과 내지 5 % , Cr : 11 내지 26 %를 포함하고, Ti : 0.01 내지 0.5 % 및 Nb : 0.02 내지 0.6 % 중 1종 또는 2종을 더 포함하고, 잔량부 Fe 및 불가피 불순물로 이루어진다.

제2 형태의 페라이트계 스테인리스 강은, 제1, 제3 형태와는 별개의 합금 조성을 만족하고, 또한 수학적A인 $Cr + 3Mo + 6Ni \geq 23$ 및 수학적B인 $Al/Nb \geq 10$ 을 만족하고, 잔량부 Fe 및 불가피 불순물로 이루어진다.

제3 형태의 페라이트계 스테인리스 강은, 제1, 제2 형태와는 별개의 합금 조성을 만족하고, 또한 Sn, Sb의 1종 또는 2종을 Sn : 0.005 내지 2 % , Sb : 0.005 내지 1 %의 범위에서 포함하고, 잔량부 Fe 및 불가피 불순물로 이루어진다.

대표도 - 도6



(30) 우선권주장

JP-P-2006-212115 2006년08월03일 일본(JP)

JP-P-2006-215737 2006년08월08일 일본(JP)

JP-P-2007-026328 2007년02월06일 일본(JP)

특허청구의 범위

청구항 1

질량 %로, C : 0.001 내지 0.02 %, N : 0.001 내지 0.02 %, Si : 0.01 내지 0.5 %, Mn : 0.05 내지 0.5 %, P : 0.04 % 이하, S : 0.01 % 이하, Ni : 3 % 초과 내지 5 %, Cr : 11 내지 26 %를 포함하고, Ti : 0.01 내지 0.5 % 및 Nb : 0.02 내지 0.6 % 중 1종 또는 2종을 더 포함하고, 잔량부가 Fe 및 불가피 불순물로 이루어지고,

오스테나이트 상과 마텐자이트 상을 합한 비율이 15 면적% 이하이고, 잔량부가 페라이트 상으로 이루어지고, 또한 페라이트 상의 결정입도 번호가 No.4 이상인 것을 특징으로 하는 내식성이 우수한 스테인리스 강.

청구항 2

제1항에 있어서, Mo : 3.0 % 이하, Cu : 1.0 % 이하, V : 3.0 % 이하, W : 5.0 % 이하, Zr : 0.5 % 이하의 범위에서, Mo, Cu, V, W, Zr 중 1종 또는 2종 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 내식성이 우수한 스테인리스 강.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, Al : 1 % 이하, Ca : 0.002 % 이하, Mg : 0.002 % 이하, B : 0.005 % 이하의 어느 1종 또는 2종 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 내식성이 우수한 스테인리스 강.

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명의 제1 형태는, 우수한 내식성이 요구되는 염해 환경에서 사용되는 스테인리스 강에 관한 것으로, 예를 들어 비래(飛來) 염분이 많은 해변 환경에 있어서의 견재나 옥외 기기류, 혹은 겨울철에 융설염(融雪鹽)을 살포하는 한랭지를 주행하는 자동차나 이륜차의 연료 탱크, 연료 파이프 등의 부재에 사용되는 스테인리스 강에 관한 것이다.

[0002] 본 발명의 제2 형태는, 자동차, 이륜차의 배기계, 연료계나 급탕 설비 등 구조상 간극부가 존재하는 기기, 배관 등에 있어서, 우수한 내간극 부식성과 성형성이 필요해지는 부재에 사용되는 페라이트계 스테인리스 강에 관한 것이다.

[0003] 본 발명의 제3 형태는, 자동차 부품, 급수, 급탕 설비, 건축 설비 등 구조상 간극부가 존재하고, 염화물 환경에서 사용되는 기기, 배관 등에 있어서, 우수한 내간극 부식성이 필요해지는 부재에 사용되는 페라이트계 스테인리스 강에 관한 것이다.

[0004] 본원은, 2006년 5월 9일에 출원된 일본 특허 출원 제2006-130172호, 2006년 8월 3일에 출원된 일본 특허 출원 제2006-212115호, 2006년 8월 8일에 출원된 일본 특허 출원 제2006-215737호 및 2007년 2월 6일에 출원된 일본 특허 출원 제2007-26328호에 대해 우선권을 주장하고, 그 내용을 본원에 원용한다.

배경 기술

[0005] 최근, 스테인리스 강의 우수한 내식성을 이용하여 다양한 용도로 사용되도록 되고 있다. 스테인리스 강제의 기기나 배관 등의 부재의 내식성에 있어서 특히 중요한 것은, 공식(孔蝕, pitting corrosion), 간극 부식, 응력 부식 균열과 같은 국부 부식이며, 이들을 기인으로 한 구멍 형성에 의해 내부 유체 등이 누설되는 것이 문제로

된다.

- [0006] 해변 환경에서는 해수 성분을 많이 포함하는 비래 염분이, 한랭지에서는 겨울철에 살포하는 용설염의 염화물이 부식 인자로 된다. 해수 중에 포함되는 염화물로서는 염화나트륨, 염화마그네슘이 있고, 비래 염분으로서 부착되어 습윤 상태로 되면 농후 염화물 용액을 형성하기 쉽다. 한편, 용설염은 염화칼슘, 염화나트륨으로 구성되지만 통상 고체의 상태로 살포되므로, 역시 용이하게 농후 염화물 용액이 형성된다. 염화물의 종류 중에서는, 염화나트륨은 상대 습도 75 % 이하에서 건조되지만, 염화마그네슘 및 염화칼슘은 상대 습도 40 % 이하로 되지 않으면 건조되지 않으므로, 보다 넓은 습도 범위에서 농후 염화물 용액을 형성한다. 이것은 조해성(潮解性)의 대소도 나타내고 있고, 염화마그네슘 및 염화칼슘은 염화나트륨에 비해 낮은 습도에서 흡습하여 농후 염화물 용액을 형성하는 것을 나타내고 있다. 대기 환경에 있어서는 상대 습도 40 내지 75 %의 범위는 일반적으로 존재하기 때문에, 농후 염화마그네슘 혹은 농후 염화칼슘 중에서 우수한 내식성을 갖는 것은 중요하다.
- [0007] 특허 문헌 1에 내간극 부식성을 개선한 페라이트계 스테인리스 강이 개시되어 있다. 16 % 이상의 Cr과 1 % 정도의 Ni를 복합 첨가시킴으로써, 다량의 Cr, Mo 첨가를 필요로 하는 일 없이 우수한 내간극 부식성이 얻어지는 것을 특징으로 하고 있다. 특허 문헌 1에서는, 염화나트륨 환경에 있어서의 건습 반복 시험에 의해 평가되어 있다. 건습 반복 시험을 이용함으로써 농후 염화나트륨 용액에서의 부식 특성을 파악할 수 있지만, 농후 염화마그네슘 혹은 농후 염화칼슘 용액에서의 부식 특성은 고려되어 있지 않다.
- [0008] 특허 문헌 2에는 Cr, Mo를 많이 포함하고 또한 적량의 Co를 첨가함으로써 해양 환경에서 사용 가능한 페라이트계 스테인리스 강이 개시되어 있다. Co, Mo는 고가인 동시에, Cr, Mo, Co를 다량으로 포함하므로 제조성이 떨어진다. 또한, 특허 문헌 3에는 P 첨가에 의해 내식성을 개선함으로써 다량의 Cr, Mo를 필수로 하지 않고, C, Mn, Mo, Ni, Ti, Nb, Cu, N을 적정화함으로써 제조성을 확보한 페라이트계 스테인리스 강이 개시되어 있다. 그러나 P는 용접성을 열화시키므로, 용접 구조물을 제조할 때의 저해 요인으로 된다. 또한, 특허 문헌 3에 기재된 것 중에서 가장 가혹한 내식성 시험은 CASS 시험(식염수 분무)이며, 농후 염화마그네슘 혹은 농후 염화칼슘 환경에 관한 고려는 이루어져 있지 않다. 또한, 특허 문헌 4에는 역시 P 첨가에 의해 내식성을 높이고, Ca 및 Al을 적정량 첨가함으로써 청정도 향상 및 개재물 형태 등의 제어를 겨냥한 페라이트계 스테인리스 강이 개시되어 있고, Mo, Cu, Ni, Co 등의 선택 첨가가 아울러 기재되어 있다. 여기에서의 가장 가혹한 부식 시험은 10 % 염화제2철 - 3 % 식염수 중에 있어서의 간극 부식 발생 시험이며, 농후 염화마그네슘 혹은 농후 염화칼슘 환경에 관한 고려는 이루어져 있지 않다.
- [0009] 한편, SUS304, SUS316L로 대표되는 오스테나이트계 스테인리스 강은, 공식이나 간극 부식을 기점으로 한 내공식성(pitting corrosion resistance)은 양호하지만, 내응력 부식 균열성이 우려된다. 그래서 고Cr, 고Ni, 고Mo를 함유시켜, 응력 부식 균열의 기점이 되는 공식이나 간극 부식의 발생을 억제하는, 이른바 슈퍼 오스테나이트 스테인리스 강을 적용하거나, Si, Cu를 복합 첨가하여 응력 부식 균열성을 향상시킨 SUS315J1, 315J2계의 강의 적용이 고려되지만 모두 고가이다.
- [0010] 또한, 최근 페라이트계 스테인리스 강이 갖는 내식성, 가공성, 코스트 퍼포먼스를 이용하여 다양한 용도로 사용되도록 되고 있다. 스테인리스 강체의 기기나 배관 부재의 내구성에 있어서 특히 중요한 것은, 공식, 간극 부식, 응력 부식 균열 과 같은 국부 부식이며, 페라이트계 스테인리스 강에 있어서는 공식, 간극 부식이 중요하다. 용접부, 플랜지 결합부 등 구조상 간극이 존재하는 부재에 있어서는 특히 간극 부식이 중요하고, 간극 부식에 기인하는 구멍 형성에 의해 내부 유체가 누설되는 것이 문제로 된다. 예를 들어, 자동차의 경우, 연료 탱크, 연료 급유관 등의 중요한 부품에 관하여 10년 내지 15년으로 보증 기간을 연장하는 움직임에 있어, 장기간에 걸쳐 신뢰성을 담보할 필요가 발생하고 있다.
- [0011] 또한, 염화물 환경에서 사용되는 스테인리스 강체의 기기나 배관 부재의 내구성에 있어서도 상기 국부 부식이 중요하다.
- [0012] 이러한 간극 부식에 의해 구멍 형성이나, 간극 부식을 기점으로 한 응력 부식 균열에 의한 손상을 방지하기 위해, 특허 문헌 5 및 특허 문헌 6에는 도장(塗裝)이나 희생 방식(犧牲防蝕)에 의한 대책이 제시되어 있다.
- [0013] 도장의 경우에는, 그 전처리 공정에서 용제 등을 사용하므로 환경 대응에의 부하가 크고, 또한 희생 방식의 경우에는 유지 보수 비용이 든다고 하는 문제점이 있었다. 그로 인해, 도장이나 희생 방식에 의존하지 않고 무거운 재료로 내간극 부식을 담보하는 것이 바람직하다. 그 하나로서, Cr, Mo를 다량으로 첨가함으로써 내식성을 향상시킨 페라이트계 스테인리스 강의 적용이 고려되지만, 고Cr, 고Mo를 함유하는 강 종류는 성형성이 열화되는 문제가 있는 동시에 고가이다. 그로 인해, Mo와 같이 고가의 원소를 다량으로 첨가하는 일 없이 내식성과 성형

성을 양립할 수 있는 재료가 요망되고 있었다.

- [0014] 특허 문헌 7에는 P 첨가에 의해 내식성을 높이고, Ca 및 Al을 적정량 첨가함으로써 청정도 향상 및 개재물 형태 등의 제어를 겨냥한 페라이트계 스테인리스 강이 개시되어 있고, Mo, Cu, Ni, Co 등의 선택 첨가가 아울러 기재되어 있다. 그러나 P는 용접성을 열화시키므로 용접 구조물을 제조할 때의 저해 요인으로 되는 동시에, 제조성을 저하시키므로 비용이 상승한다. 또한, P에 의한 가공성 저하를 보충하기 위해 적량의 Ca 및 Al을 첨가하고 있지만, 적정 범위가 좁고 제강 비용이 증대되므로 오히려 고가의 재료로 되어 페라이트계 스테인리스 강을 사용하는 장점이 줄어든다.
- [0015] 또한 전술한 특허 문헌 1에는, Ni 첨가에 의해 내간극 부식성을 향상시킨 페라이트계 스테인리스 강이 개시되어 있고, 내간극 부식성을 더욱 향상시키는 것을 목적으로 한 Mo, Cu의 선택 첨가가 아울러 기재되어 있다. Ni는 성형성을 저하시키므로, 자동차의 배기계, 연료계 부품 등 고도의 성형성이 요구되는 부재에 대해서는 성형이 곤란해지는 문제가 있었다.
- [0016] Sn, Sb를 포함하는 페라이트계 스테인리스 강에 대해서는, 특허 문헌 8에 고온 강도가 우수한 페라이트계 스테인리스 강판이 개시되고, 특허 문헌 9 및 특허 문헌 10에 표면 특성 및 내식성이 우수한 페라이트계 스테인리스 강 및 그 제조 방법이 개시되어 있다. 전자인 특허 문헌 8에서는, Sn의 효과로서 고온 강도의 개선, 특히 장시간 시효 후의 고온 강도 저하 방지를 언급하고 있고, Sb도 Sn과 마찬가지로 기재되어 있다. 본 발명에서의 효과는 내간극 부식성에 대한 효과이며, 특허 문헌 8에 있어서의 Sn, Sb의 효과와는 상이하다. 한편, 후자인 특허 문헌 9 및 특허 문헌 10은 Mg와 Ca를 기본으로 하여, 이것에 Ti, C, N, P, S, O를 첨가하고, 이들 원소의 함량을 컨트롤하여 리징(ridging) 특성과 내식성을 개선시킨 것을 특징으로 하고 있고, Sn은 선택 첨가 원소로서 기재되어 있다. Sn의 효과로서 내식성 개선을 언급하고 있고, 실시예에서는 공식 전위로 내식성을 평가하고 있다. 공식 전위는 공식의 발생에 대한 저항성을 전기 화학적으로 평가하는 것이지만, 그에 대해 본 발명에서는 간극 부식을 대상으로 하고 있다. 후술하지만, 본 발명의 일 형태에서는 Sn의 효과를 간극 부식 발생 후의 성장 억제 효과로서 발견하고 있고, 특허 문헌 9 및 특허 문헌 10에 기재되어 있는 공식 발생에 대한 저항성 향상 효과와는 상이하다.
- [0017] 특허 문헌 1 : 일본 특허 출원 공개 제2005-89828호 공보
- [0018] 특허 문헌 2 : 일본 특허 출원 공개 소55-138058호 공보
- [0019] 특허 문헌 3 : 일본 특허 출원 공개 평6-172935호 공보
- [0020] 특허 문헌 4 : 일본 특허 출원 공개 평7-34205호 공보
- [0021] 특허 문헌 5 : 일본 특허 출원 공개 제2003-277992호 공보
- [0022] 특허 문헌 6 : 일본 특허 제3545759호 공보
- [0023] 특허 문헌 7 : 일본 특허 제2880906호 공보
- [0024] 특허 문헌 8 : 일본 특허 출원 공개 제2000-169943호 공보
- [0025] 특허 문헌 9 : 일본 특허 출원 공개 제2001-288543호 공보
- [0026] 특허 문헌 10 : 일본 특허 출원 공개 제2001-288544호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0027] 본 발명의 제1 목적은 고가의 Ni, Mo를 다량으로 첨가하는 일 없이 해변 환경이나 용설염을 살포하는 한랭지 도로 환경 등의 염해 환경, 그 중에서도 선행 문헌이 기술 과제로 하는 염화나트륨에 의한 부식 환경보다 한층 더 가혹한 환경인 농후 염화마그네슘 혹은 농후 염화칼슘으로 대표되는 염해 환경에 있어서도 간극 부식이나 공식에 의한 내공식성이 우수한 동시에, 응력 부식 균열성(내응력 부식 균열)도 우수한 스테인리스 강을 얻는 것이다.
- [0028] 본 발명의 제2 목적은, 간극부의 내공식성(내간극 부식성)과 성형성이 우수한 페라이트계 스테인리스 강을 제공하는 것이다.

[0029] 본 발명의 제3 목적은, 내간극 부식성, 특히 간극부의 내공식성이 우수한 페라이트계 스테인리스 강을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0030] 본 발명의 제1 형태의 내식성이 우수한 스테인리스 강은, 질량 %로, C : 0.001 내지 0.02 %, N : 0.001 내지 0.02 %, Si : 0.01 내지 0.5 %, Mn : 0.05 내지 0.5 %, P : 0.04 % 이하, S : 0.01 % 이하, Ni : 3 % 초과 내지 5 %, Cr : 11 내지 26 %를 포함하고, Ti : 0.01 내지 0.5 % 및 Nb : 0.02 내지 0.6 % 중 1종 또는 2종을 더 포함하고, 잔량부가 Fe 및 불가피 불순물로 이루어진다.

[0031] Fe의 일부 대신에, Mo : 3.0 % 이하, Cu : 1.0 % 이하, V : 3.0 % 이하, W : 5.0 % 이하, Zr : 0.5 % 이하의 범위에서, Mo, Cu, V, W, Zr 중 1종 또는 2종 이상을 포함해도 좋다.

[0032] Al : 1 % 이하, Ca : 0.002 % 이하, Mg : 0.002 % 이하, B : 0.005 % 이하 중 어느 1종 또는 2종 이상을 포함해도 좋다.

[0033] 또한, 상기를 만족하는 스테인리스 강에 있어서, 오스테나이트 상(相)과 마텐자이트 상을 합한 비율이 15 면적 % 이하이고, 잔량부가 페라이트 상으로 이루어지고, 또한 페라이트 상의 결정입도 번호가 No.4 이상이라도 좋다.

[0034] 본 발명의 제2 형태에서는, Ni에 의해 내간극 부식성을 향상시키면서, Ni에 의해 저하되는 성형성을, Al의 적정량 첨가와 Al/Nb비를 확보함으로써 우수한 간극부의 내공식성(내간극 부식성)과 고도의 성형성을 양립시킨 페라이트계 스테인리스 강을 제공한다.

[0035] 본 발명의 제2 형태의 내간극 부식성, 성형성이 우수한 페라이트계 스테인리스 강은, 질량 %로 C : 0.001 내지 0.02 %, N : 0.001 내지 0.02 %, Si : 0.01 내지 1 %, Mn : 0.05 내지 1 %, P : 0.04 % 이하, S : 0.01 % 이하, Ni : 0.15 내지 3 %, Cr : 11 내지 22 %, Mo : 0.5 내지 3 %, Ti : 0.01 내지 0.5 %, Nb : 0.08 % 미만, Al : 0.1 %를 초과하고 1 % 이하를 포함하고, 또한 Cr, Ni, Mo, Al을 하기 수학적A 및 수학적B를 만족시키는 범위에서 포함하고, 잔량부가 Fe 및 불가피 불순물로 이루어진다.

[0036] [수학적 A]

$$Cr + 3Mo + 6Ni \geq 23$$

[0037]

[0038] [수학적 B]

$$Al / Nb \geq 10$$

[0039]

[0040] Cu : 0.1 내지 1.5 %, V : 0.02 내지 3.0 % 중 1종 또는 2종을 하기 수학적A1을 만족시키는 범위에서 포함해도 좋다.

[0041] [수학적 A1]

$$Cr + 3Mo + 6(Ni + Cu + V) \geq 23$$

[0042]

[0043] Ca : 0.0002 내지 0.002 %, Mg : 0.0002 내지 0.002 %, B : 0.0002 내지 0.005 % 중 어느 1종 또는 2종 이상 포함해도 좋다.

[0044] 본 발명의 제3 형태에서는, Sn, Sb를 적정량 첨가함으로써 내간극 부식성이 향상되고, 간극 부식에 의해 구멍형성에 이를 때까지의 수명이 향상되는 것을 기초로 하여, Sn, Sb의 내간극 부식성에 대한 효과, 특히 간극부의 내공식성에 대한 효과를 바탕으로 내간극 부식성이 우수한 페라이트계 스테인리스 강을 제공한다.

[0045] 본 발명의 제3 형태의 내간극 부식성이 우수한 페라이트계 스테인리스 강은, 질량 %로, C : 0.001 내지 0.02 %, N : 0.001 내지 0.02 %, Si : 0.01 내지 0.5 %, Mn : 0.05 내지 1 %, P : 0.04 % 이하, S : 0.01 % 이하, Cr : 12 내지 25 %를 함유하고, Ti, Nb 중 1종 또는 2종을 Ti : 0.02 내지 0.5 %, Nb : 0.02 내지 1 %의 범위에서 포함하고, 또한 Sn, Sb 중 1종 또는 2종을 Sn : 0.005 내지 2 %, Sb : 0.005 내지 1 %의 범위에서 포함하고, 잔량부가 Fe 및 불가피 불순물로 이루어진다.

- [0046] Ni : 5 % 이하, Mo : 3 % 이하의 1종 또는 2종을 포함해도 좋다.
- [0047] Cu : 1.5 % 이하, V : 3 % 이하, W : 5 % 이하의 1종 또는 2종 이상을 포함해도 좋다.
- [0048] Al : 1 % 이하, Ca : 0.002 % 이하, Mg : 0.002 % 이하, B : 0.005 % 이하의 1종 또는 2종 이상을 포함해도 좋다.

발명의 효과

- [0049] 본 발명의 제1 형태는, 염해 환경에 있어서 간극 부식이나 공식에 의한 내공식성이 우수한 동시에, 내응력 부식 균열성도 우수하므로 비례 염분이 많은 해변 환경에 있어서의 견제, 옥외 기기류 혹은 겨울철에 용설염을 살포하는 한랭지를 주행하는 자동차나 이륜차의 연료 탱크, 연료 파이프 등의 부품의 수명 연장에 유효하다.
- [0050] 본 발명의 제2 형태에 따르면, 우수한 간극부의 내공식성(내간극 부식성)과 고도의 성형성을 양립시킨 페라이트계 스테인리스 강을 제공할 수 있다. 이로 인해, 자동차, 이륜차의 배기계, 연료계나 급탕 설비 등 구조상 간극부가 존재하여 간극 부식이 문제로 되는 부재에 대해, 본 발명의 제2 형태의 내간극 부식성이 우수한 페라이트계 스테인리스 강을 적용함으로써 내공식성이 향상되므로 부재의 수명 연장에 유효하다.
- [0051] 특히, 자동차의 연료 탱크, 연료 급유관 등의 긴 수명이 요구되는 중요 부품의 소재로서 적합하다. 또한, 성형성도 양호하기 때문에 부재에의 가공이 용이한 동시에, 제품이 강관인 경우의 소재로서도 적합하다.
- [0052] 본 발명의 제3 형태에 따르면, 내간극 부식성, 특히 간극부의 내공식성이 우수한 페라이트계 스테인리스 강을 제공할 수 있다. 이로 인해, 자동차 부품, 급수, 급탕 설비, 건축 설비에 사용되는 부재 중, 구조상 간극부가 존재하고, 염화물 환경에서 사용되고, 우수한 내간극 부식성이 필요해지는 부재에 대해 본 발명의 제3 형태의 내간극 부식성이 우수한 페라이트계 스테인리스 강을 적용함으로써 간극부의 내공식성이 향상된다. 이로 인해, 부재의 수명 연장에 유효하다. 여기서, 자동차 부품으로서는 배기계 부재, 연료계 부재가 있고, 배기관, 사일런서, 연료 탱크, 탱크 고정용 밴드, 급유관 등이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0053] 도1은 시험편 형상을 나타낸 도면이다.
- 도2는 제1 실시예의 견습 반복 시험 조건을 나타낸 도면이다.
- 도3은 제2 실시예의 견습 반복 시험 조건을 나타낸 도면이다.
- 도4는 수학적식A와 최대 침식 깊이의 관계를 나타낸 도면이다.
- 도5는 성형성과 내리징성의 평가 결과를 나타낸 도면이다.
- 도6은 Sn, Sb의 효과를 나타낸 모식도이다.
- 도7은 제3 실시예의 견습 반복 시험 조건을 나타낸 도면이다.
- 도8은 견습 반복 시험 결과를 나타낸 도면이다.
- 도9는 부동태화 전류 밀도와 견습 반복 시험에 있어서의 간극부의 최대 침식(侵蝕) 깊이의 관계를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0054] (제1 실시 형태)
- [0055] 간극 부식이나 공식과 같은 국부 부식을 발생하고 있는 부위에서는 활성 용해에 의해 부식이 진행되어 가지만, 오스테나이트계 스테인리스 강은 그 용해 속도가 작으므로 부식된 부위의 용해에 의해 구멍 형성에 이를 때까지는 많은 시간을 필요로 하지만, 용해를 정지시키는 부동태화라고 하는 의미에서는 페라이트계 스테인리스 강이 열화되므로, 느린 속도로 활성 용해가 지속되어 응력 부식 균열 감수성이 높아진다. 한편, 페라이트계 스테인리스 강은, 간극 부식이나 공식을 발생한 부위에서의 활성 용해 속도가 크기 때문에, 부식된 부위의 용해에 의해 구멍 형성에 이를 때까지의 시간이 짧은 반면, 응력 부식 균열 감수성이 낮다.
- [0056] 염화마그네슘, 염화칼슘은 염화나트륨에 비해 상기 배경 기술에 있어서 서술한 바와 같이 보다 낮은 상대 습도에서도 수용액으로서 존재하는 것이 가능하고, 또한 포화 농도가 높다. 그로 인해, 보다 넓은 습도 범위에서

보다 고농도의 염화물 용액으로서 존재하기 때문에, 염화나트륨보다도 부식성이 강해지므로 간극 부식이나 공식을 발생한 부위에서의 활성 용해 속도를 높이는 동시에, 응력 부식 균열도 촉진하게 된다.

- [0057] 그래서 간극 부식이나 공식이 발생한 부위에서의 활성 용해 속도를 낮추고, 또한 응력 부식 균열 감수성을 개선하기 위해 부동태화를 촉진하는 유효한 합금 원소에 대해 페라이트 스테인리스 강을 기초로 예의 연구를 진행하였다. 그 결과, 부동태화를 열화시키지 않고, 활성 상태에서의 용해 속도를 낮추는 가장 효과적인 원소가 Ni이고, 또한 농후 염화마그네슘 혹은 농후 염화칼슘으로 대표되는 염해 환경에 있어서 오스테나이트계 스테인리스 강과 비슷한 정도의 용해 속도로 하기 위해서는 3 %를 초과하는 Ni량이 필요한 것이 판명되었다. 또한, Ni량 증가와 함께, 제2 상으로서 마텐자이트 상이나 오스테나이트 상이 발생하여 부동태화능이 열화되고, 또한 제2 상 비율이 많으면 고강도, 저연성으로 되어 가공성의 열화가 현저해지지만, Ni 함유량이 5 %까지는 활성 용해 속도의 감소를 누리면서 부동태화능의 열화 및 가공성의 열화를 허용할 수 있는 것을 발견하여, 본 발명에 이르렀다.
- [0058] 본 발명의 제1 실시 형태는, 이러한 지견을 기초로 하여 이루어진 것이다. 이하에 본 발명에서 규정되는 화학 조성에 대해 더욱 상세하게 설명한다.
- [0059] C : 내입계 부식성, 가공성을 저하시키므로, 그 함유량을 낮게 억제할 필요가 있다. 그러나 과도하게 낮추는 것은 정련 비용을 상승시키므로, 0.001 내지 0.02 %로 하였다. 바람직하게는 0.002 내지 0.015 %, 보다 바람직하게는 0.002 내지 0.01 %이다.
- [0060] N : 내공식성, 내간극 부식성에 유용한 원소이지만, 내입계 부식성, 가공성을 저하시킨다. 또한, 과도하게 낮추는 것은 정련 비용을 상승시킨다. 그로 인해, 0.001 내지 0.02 %로 하였다. 바람직하게는 0.002 내지 0.015 %, 보다 바람직하게는 0.002 내지 0.01 %이다.
- [0061] Si : 탈산 원소로서 유용한 동시에 내식성이 유효한 원소이지만, 가공성을 저하시키므로 그 함유량을 0.01 내지 0.5 %로 하였다. 바람직하게는 0.03 내지 0.3 %이다.
- [0062] Mn : 탈산 원소로서 유용하지만, 과잉으로 함유시키면 MnS를 형성하여 내식성을 열화시키므로 0.05 내지 0.5 %로 하였다.
- [0063] P : 용접성, 가공성을 저하시키므로, 그 함유량을 낮게 억제할 필요가 있다. 그로 인해, P의 함유량은 0.04 % 이하로 하였다.
- [0064] S : S가, CaS, MnS와 같은 용해되기 쉬운 황화물로서 존재하면, 공식 혹은 간극 부식의 기점으로 되어 내공식성, 내간극 부식성을 열화시킨다. 그로 인해, 0.01 % 이하로 하였다. 바람직하게는 0.002 % 이하이다.
- [0065] Cr : 스테인리스 강에 있어서 가장 중요한 내식성을 확보하는 면에서 기본이 되는 원소인 동시에 페라이트 조직을 안정되게 하므로, 적어도 11 % 이상 필요하다. 증가시킬수록 내식성은 향상되지만, 가공성, 제조성을 저하시키므로 상한을 26 %로 하였다. 바람직하게는 16 내지 25 %이다.
- [0066] Ni : 염화칼슘이나 염화마그네슘과 같은 염화나트륨보다도 엄격한 부식 환경에 있어서, 간극 부식이나 공식을 발생한 부위에서의 활성 용해 속도를 억제하는 동시에, 부동태화에 대해 가장 효과적인 원소이며, 본 발명에서 가장 중요한 원소이다. 그 효과를 발현시키기 위해서는 적어도 3 %를 초과하는 Ni량이 필요하다. 과잉으로 함유시키면, 가공성을 저하시키는 동시에 비용 상승 요인으로도 되므로 상한을 5 %로 하였다. 바람직하게는, 3 %를 초과하고 4 % 이하, 보다 바람직하게는 3 %를 초과하고 3.5 % 이하이다.
- [0067] Ti와 Nb는 모두 C, N을 고정하고, 가공성이나 용접부의 내입계 부식성을 향상시키는 면에서 유용한 원소이며, 본 발명에서는 Ti와 Nb 중 1종 또는 2종을 함유한다.
- [0068] Ti : C, N을 고정하고, 가공성이나 용접부의 내입계 부식성을 향상시키는 면에서 유용한 원소이며, 적어도 0.01 % 이상 필요하다. 여기서, Ti는 (C+N)의 합의 4배 이상 함유시키는 것이 바람직하다. 그러나 과잉의 첨가는, 제조시의 표면 흠집의 원인이 되어 제조성을 열화시키므로 상한을 0.5 %로 하였다. 바람직하게는 0.03 내지 0.3 %이다.
- [0069] Nb : C, N을 고정하고, 가공성이나 용접부의 내입계 부식성을 향상시키는 면에서 유용한 원소이며, 적어도 0.02 % 이상 필요하다. 여기서, Nb는 (C+N)의 합의 8배 이상 함유시키는 것이 바람직하다. Ti와 Nb 중 2종 모두 함유시키는 경우에는, (Ti+Nb)/(C+N)을 6배 이상으로 하는 것이 바람직하다. 그러나 Nb의 과잉 첨가는 가공성

을 저하시키므로, 상한을 0.6 %로 하였다. 바람직하게는 0.05 내지 0.5 %이다.

- [0070] Mo : 내식성을 확보하는 면에서, 필요에 따라서 함유시킬 수 있다. Mo는 Ni와의 조합에 의해 간극 부식이나 공식을 발생한 부위에서의 활성 용해 속도를 억제하는 동시에, 부동태화에 대한 효과를 높여 내식성을 향상시킨다. 또한, Cr과 마찬가지로 페라이트 상의 안정화에 기여한다. 그로 인해, 함유시키는 경우에는 0.5 % 이상 함유시키는 것이 바람직하다. 그러나 과잉의 첨가는 가공성을 열화시키는 동시에 고가이므로, 비용 상승으로 연결된다. 따라서, 함유시키는 경우에는 0.5 내지 3.0 %로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 0.5 내지 2.5 %이다.
- [0071] V, W, Zr : 내식성을 확보하는 면에서, 필요에 따라서 함유시킬 수 있다. 모두, Ni와의 조합에 의해 간극 부식이나 공식을 발생한 부위에서의 활성 용해 속도를 억제하는 동시에, 부동태화에 대한 효과를 높여 내식성을 향상시킨다. 또한, 페라이트 상의 안정화에 기여한다. 그로 인해, 함유시키는 경우에는 V는 0.02 % 이상, W는 0.5 % 이상, Zr은 0.02 % 이상의 첨가가 바람직하지만, 과잉의 첨가는 가공성을 저하시키고 비용 상승 요인으로 되므로, 상한을 V는 3.0 %, W는 5.0 %, Zr은 0.5 %로 하였다.
- [0072] Cu : 내식성을 확보하는 면에서, 필요에 따라서 함유시킬 수 있다. Ni와의 조합에 의해 간극 부식이나 공식을 발생한 부위에서의 활성 용해 속도를 억제하는 동시에, 부동태화에 대한 효과를 높여 내식성을 향상시킨다. 그로 인해, 함유시키는 경우에는 0.1 % 이상 함유시키는 것이 바람직하다. 그러나 과잉의 첨가는 가공성을 열화시킨다. 또한, 오스테나이트 형성 원소이므로, 페라이트 조직을 안정되게 하기 위해 Cr이나 Mo 함유량을 증가시킬 필요가 있고, 비용 상승으로 연결된다. 따라서, 함유시키는 경우에는 0.1 내지 1.0 %로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 0.2 내지 0.6 %이다.
- [0073] Al, Ca, Mg : Al, Ca, Mg는 탈산 효과 등을 갖고 정련상 유용한 원소이며, 필요에 따라서 함유시킬 수 있다. 또한, 조직을 미세화하여 성형성, 인성(靱性)의 향상에도 유용하므로, Al, Ca, Mg 중 1종 혹은 2종 이상을 Al : 1 % 이하, Ca : 0.002 % 이하, Mg : 0.002 % 이하의 범위에서 함유시키는 것이 바람직하다. 이 중, Al은 페라이트 생성 원소로, 고온에서의 오스테나이트 상의 생성을 억제하는 효과를 갖는다. 그 결과, 성형성에 유리한 페라이트 상의 집합 조직을 형성함으로써 성형성 향상에 기여하고 있다고 고려된다. 또한, Al을 함유시키는 경우에는, 0.002 % 이상 0.5 % 이하로 하는 것이 바람직하고, 또한 Ca, Mg를 함유시키는 경우에는 각각 0.0002 % 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- [0074] B : B는 2차 가공성을 향상시키는 데 유용한 원소로, 필요에 따라서 0.0002 % 이상 함유시키는 것이 바람직하다. 그러나 과잉으로 함유시키면, 1차 가공성을 저하시키므로 상한을 0.005 %로 하였다.
- [0075] 오스테나이트 상과 마텐자이트 상을 합한 비율이 15 면적% 이하이고, 잔량부가 페라이트 상으로 이루어지고, 또한 페라이트 상의 결정입도 번호가 No.4 이상 : Ni량 증가와 함께 페라이트 상에 부가하여, 오스테나이트 상이나 마텐자이트 상과 같은 제2 상이 존재하기 쉬워진다. 본 발명의 경우에는 다량의 Cr, Ni, Mo를 첨가하고 있지 않으므로 어느 쪽인가 하면 마텐자이트 상을 생성하기 쉽다. 이러한 제2 상이 존재하면 상온 연신이 저하되므로 상한을 15%로 하는 것이 바람직하다. 또한, 제2 상의 생성을 억제하기 위해 마무리 어닐링 온도를 고온화하면 페라이트 상이 조대화되어 결정입도 번호가 No.4 미만으로 되면 상온 연신의 저하가 현저해지므로, No.4 이상으로 하는 것이 바람직하다. 제2 상의 비율을 15 % 이하 또한 페라이트 상의 결정입도 번호가 No.4 이상인 것은, 본원 발명의 Ni 함유량이 3 % 초과 내지 5 %의 범위에 있어서, Cr, Mo 등의 페라이트 형성 원소의 첨가량과의 균형을 맞추는 동시에, 최종 어닐링 온도를 설정하는 것이나, 예를 들어 실시예에 나타낸 방법에 의해 달성된다.
- [0076] (제2 실시 형태)
- [0077] 자동차, 이륜차의 배기계, 연료계나 급탕 설비 등 구조상 간극부가 존재하는 기기, 배관에 있어서는, 간극 부식에 기인하는 구멍 형성이 그 부재의 수명을 결정하는 중요한 인자가 된다. 본 발명자들은 간극 부식에 의해 구멍 형성에 이르기까지의 과정을, 간극 부식이 발생할 때까지의 유도 기간과, 간극 부식 발생 후의 성장의 기간의 2가지로 나누어 예의 연구를 진행하였다.
- [0078] 그 결과, 페라이트계 스테인리스 강은 특히 후자의 부식 성장의 기간이 짧은 것이, 구멍 형성까지의 기간을 짧게 하는 큰 요인이며, 간극 부식의 성장 속도를 억제하는 것이 내공식 수명을 향상시키는 중요한 인자인 것이 판명되었다.
- [0079] 그 중에서, 다양한 합금 원소의 영향을 평가한 바, Ni가 간극 부식의 성장 속도 억제에 가장 유효하고, Cr +

3Mo + 6Ni의 값을 23 이상으로 함으로써 내간극 부식성이 향상되는 것을 발견하였다.

- [0080] 도1에 나타내는 대소 2매의 시험편을 겹쳐 2점(도1 중에서 ○으로 나타내는 부위)에서 스폿 용접한 시험편을 이용하고, 도3에 나타내는 시험 조건에서 시험을 행하여 간극부의 최대 침식 깊이를 구하였다. 결과를 도4에 나타내지만, Cr + 3Mo + 6Ni의 값을 23 이상으로 함으로써 최대 간극 부식 깊이가 명확하게 저하되어 있는 것을 알 수 있다.
- [0081] 한편, 다양한 페라이트계 스테인리스 강을 용제하여, 성형성에 미치는 성분의 영향을 검토하였다. 그 결과, Al을 적량 첨가한 경우에 성형성이 양호한 경우가 있고, 또한 Al과 Nb의 비가 임의의 값을 만족할 때에 성형성과 내리징성(ridging resistance) 양쪽이 우수한 특성을 나타내는 것이 판명되었다.
- [0082] (16 내지 19 %)Cr-(0.8 내지 2.8 %)Ni-1.0 %Mo-0.2 %Ti강을 기본 성분으로 하여 Al 및 Nb량을 변화시킨 강 종류를 열연, 어닐링, 냉연, 어닐링에 의해 0.8 mm 두께의 강판을 제작하고, 성형성 및 내리징성을 평가한 결과를 도5에 나타낸다. 또한, 성형성은 후술하는 원통 딥드로잉 성형 시험에 있어서의 성형 가부에 의해 양호 불량을 판단하였다. 내리징성은 원통 딥드로잉 후의 종벽부에 요철 5 μm 이상의 요철이 존재하는지 여부로 양호 불량을 판단하였다.
- [0083] 도면으로부터 굵은 실선으로 둘러싼 영역, 즉 Al량이 0.1 % 내지 1.0 %이고, 또한 Al/Nb의 값이 10 이상인 경우에 양호한 성형성 및 내리징성이 얻어지는 것을 알 수 있다. 이와 같이 성형성 및 내리징성의 점으로부터, Al량은 최적의 범위가 있어, 지나치게 많아도 지나치게 적어도 양 특성의 어느 쪽인가가 불량으로 되는 것, 또한 지금까지 착안된 경우가 없었던 Nb와 Al의 비가 중요한 지표인 것을 비로소 명확하게 하였다.
- [0084] Al 적량 첨가에 의한 성형성 향상 효과의 메카니즘은 명확하지 않지만, Al은 페라이트 생성 원소이므로, 고온에서의 오스테나이트 상의 생성을 억제하고, 그 결과 성형성에 유리한 페라이트 상의 집합 조직을 형성하기 때문이라 고려된다. 또한, Al/Nb를 제어함으로써 성형성 및 내리징성이 양호해지는 원인에 대해서도 명확하지 않지만, Nb와 Al의 고용 강화력, 탄질화물 생성 능력, 재결정 속도 등의 영향 등의 차이가 관여하고 있다고 고려된다.
- [0085] 본 발명의 제2 실시 형태는, 이러한 지견을 기초로 하여 이루어진 것이다. 이하에 본 발명에서 규정되는 화학 조성에 대해 더욱 상세하게 설명한다.
- [0086] C : 내입계 부식성, 가공성을 저하시키므로, 그 함유량을 낮게 억제할 필요가 있다. 그러나 과도하게 낮추는 것은 정련 비용을 상승시키므로, 0.001 내지 0.02 %로 하였다.
- [0087] N : 내공식성에 유용한 원소이지만, 내입계 부식성, 가공성을 저하시키므로 그 함유량을 낮게 억제할 필요가 있다. 그러나 과도하게 낮추는 것은 정련 비용을 상승시키므로, 0.001 내지 0.02 %로 하였다.
- [0088] Si : 탈산 원소로서 유용한 동시에, 내식성에 유효한 원소이지만, 가공성을 저하시키므로 그 함유량을 0.01 내지 1 %로 하였다. 바람직하게는 0.03 내지 0.3 %이다.
- [0089] Mn : 탈산 원소로서 유용하지만, 과잉으로 함유시키면 내식성을 열화시키므로 0.05 내지 1 %로 하였다. 바람직하게는 0.05 내지 0.5 %이다.
- [0090] P : 용접성, 가공성을 저하시키므로, 그 함유량을 낮게 억제할 필요가 있다. 그러나 과도하게 낮추는 것은 원료 비용, 정련 비용을 높인다. 그로 인해, P의 함유량은 0.001 내지 0.04 %가 바람직하다.
- [0091] S : S는 CaS, MnS와 같은 용해되기 쉬운 황화물로서 존재하면, 공식 혹은 간극 부식의 기점으로 될 수 있다. 그로 인해, 0.01 % 이하로 하였다.
- [0092] Cr : 내간극 부식성을 확보하는 면에서 기본이 되는 원소이며, 적어도 11 % 이상 필요하다. 함유량을 증가시킬수록 내간극 부식성은 향상되지만, 본 발명에서 특히 필요로 하고 있는 내공식성에 있어서, 간극 부식 발생 후의 진전 속도를 저감시키는 효과가 크지 않다. 또한, 가공성, 제조성을 저하시키므로 상한을 22 %로 하였다. 바람직하게는 15 내지 22 %이다.
- [0093] Ni : 간극부의 내공식성(내간극 부식성)에 있어서, 간극 부식 발생 후의 진전 속도를 저감시키는 면에서 가장 효과적인 원소이다. 그 효과를 발현시키기 위해서는 적어도 0.15 % 필요하다. 특히 Mo와 복합시키면 더욱 그 효과가 높아진다. 함유량을 증가시킬수록 그 효과는 높아지지만, 과잉으로 함유시키면 응력 부식 균열의 감수성이 증가하는 동시에, 성형성을 저하시킨다. 또한, 비용 상승 요인도 되므로 상한을 3 %로 하였다. 바람직하게는 0.4 내지 3 %이다.

- [0094] Mo : Mo는 특히 간극 부식의 발생에 대해 효과적인 것, Ni와의 조합에 의해 간극 부식 발생 후의 진전 속도 억제 효과가 보다 커지는 것으로, 간극부의 내공식성(내간극 부식성)을 향상시킬 수 있다. 그로 인해, 0.5 % 이상 함유시키는 것이 필요해진다. 그러나 과잉의 첨가는, 가공성을 열화시키는 동시에 고가이므로 비용 상승으로 연결된다. 따라서, 0.5 내지 3 %로 하였다. 바람직하게는 0.5 내지 2.5 %이다.
- [0095] Ti : C, N을 고정하고, 용접부의 내입계 부식성, 가공성을 향상시키는 면에서 유용한 원소이며, 적어도 0.01 % 이상 필요하다. 여기서, Ti는 (C+N)의 합이 4배 이상 함유시키는 것이 바람직하다. 그러나 과잉의 첨가는, 제조시의 표면 흠집의 원인이 되어 제조성을 열화시키므로, 상한을 0.5 %로 하였다. 바람직하게는 0.03 내지 0.3 %이다.
- [0096] Nb : 통상은 C, N을 고정하는 원소로서 Ti와 마찬가지로 취급되는 경우가 많다. 본 발명에 있어서는 다량의 첨가는 성형성 및 내리징성을 열화시킨다. 또한, 후술하는 바와 같이 Al/Nb의 비를 규정하는 것이 매우 중요하고, 다량의 Nb를 첨가하는 것은 Al 첨가량의 증가를 초래하므로 상한을 0.08 %로 하였다. 원료 비용의 대폭적인 증가를 초래하지 않고 제조하기 위해서는 0.01 % 이하로 하는 것이 바람직하다. 또한, 통상의 대량 생산 제조 공정에 있어서는 불가피 불순물로서 0.001 내지 0.005 % 정도 포함되는 경우가 많다.
- [0097] Al : Al은 탈산 효과 등을 갖고 정련상 유용한 원소인 것은 알려져 있고, 수십 ppm 정도 함유시키는 경우가 있다. 본 발명에 있어서는, Al 첨가량을 더 증가시켰을 때에 냉연 강판의 성형성이 현저하게 향상되고, 0.1 %를 초과하여 함유시킨 경우에 그 효과가 확인되었다. 그러나 과잉의 첨가는, 반대로 성형성을 저하시키는 동시에 인성을 저하시키므로 1 % 이하로 하였다. 바람직하게는 0.1 %를 초과하고 0.5 % 이하이다. Al 첨가에 의한 성형성 향상 효과의 메카니즘은 명확하지 않지만, Al은 페라이트 생성 원소이므로 고온에서의 오스테나이트 상의 생성을 억제하고, 그 결과 성형성에 유리한 페라이트 상의 집합 조직을 형성하기 위함이라 고려된다.
- [0098] Al/Nb : 본 발명자에 의해 비로소 명확해진 지표로, 이 값이 10 이상인 경우에 양호한 성형성 및 내리징성이 얻어진다. 이 값은 Nb 무첨가의 경우에 매우 커지므로, 상한은 특별히 규정하지 않는다. Al/Nb를 제어함으로써 성형성 및 내리징성이 양호해지는 원인에 대해서는 명확하지 않지만, Nb와 Al의 고용 강화력, 탄질화물 생성 능력, 재결정 속도에의 영향 등의 차이가 관여하고 있다고 고려된다.
- [0099] Cu : 내간극 부식성을 확보하는 면에서, 필요에 따라서 함유시킬 수 있다. Cu는 Ni와의 조합에 의해 간극 부식 발생 후의 진전 속도 억제 효과가 보다 커짐으로써, 간극부의 내공식성(내간극 부식성)을 향상시킬 수 있다. 그로 인해, 함유시키는 경우에는 0.1 % 이상 함유시키는 것이 바람직하다. 그러나 과잉의 첨가는 가공성을 열화시키는 동시에, 고가이므로 비용 상승으로 연결된다. 따라서, 함유시키는 경우에는 0.1 내지 1.5 %로 하는 것이 바람직하다.
- [0100] V : 내간극 부식성을 더욱 향상시키는 목적에서, 필요에 따라서 함유시킬 수 있다. V는 Mo와 마찬가지로 특히 간극 부식의 발생에 대해 효과적이지만, 과잉의 첨가는 비용 상승 요인이 되므로 0.02 내지 3.0 %로 하였다.
- [0101] 또한, 내간극 부식성을 더욱 향상시키기 위해서는, Cu, V 중 1종 또는 2종을 하기 수학적식A1을 만족시키는 범위에서 포함하는 것이 바람직하다.
- [0102] [수학적식 A1]
- $$Cr+3Mo+6(Ni+Cu+V)\geq 23$$
- [0103]
- [0104] Ca : Ca는 Al과 마찬가지로 탈산 효과 등을 갖고 정련상 유용한 원소이며, 필요에 따라서 0.0002 내지 0.002 %의 범위에서 함유시키는 것이 바람직하다.
- [0105] Mg : Al, Ca와 마찬가지로 탈산 효과 등을 갖고 정련상 유용한 원소이며, 또한 조직을 미세화하고, 가공성, 인성의 향상에도 유용한 것으로부터 필요에 따라서 Mg : 0.0002 내지 0.002 %의 범위에서 함유시키는 것이 바람직하다.
- [0106] B : B는 2차 가공성을 향상시키는 데 유용한 원소이며, 필요에 따라서 함유시킬 수 있다. 그러나 과잉으로 함유시키면, 1차 가공성을 저하시키므로 0.0002 내지 0.005 %로 하였다.
- [0107] (제3 실시 형태)
- [0108] 자동차 부품, 급수, 급탕 설비, 건축 설비 등 구조상 간극부가 존재하고, 염화물 환경에서 사용되는 기기, 배관

등에 있어서는 간극 부식에 기인하는 구멍 형성이 그 부재의 수명을 결정하는 중요한 인자가 된다. 본 발명자들은 간극 부식에 의해 구멍 형성에 이르기까지의 과정을, 간극 부식이 발생할 때까지의 유도 기간과, 간극 부식 발생 후의 성장의 기간의 2가지로 나누어 예의 연구를 진행하였다.

- [0109] 그 결과, 페라이트계 스테인리스 강은, 특히 후자의 부식 성장의 기간이 짧은 것이 구멍 형성까지의 기간을 짧게 하는 큰 요인이며, 간극 부식의 성장 속도를 억제하는 것이 내공식 수명을 향상시키는 중요한 인자인 것이 판명되었다.
- [0110] 그 중에서, 다양한 합금 원소의 영향을 평가한 바, 본 발명자들이 일본 특허 출원 공개 제2006-257544호 공보에서 개시한 Ni와 마찬가지로, Sn, Sb는 간극 부식의 성장 속도 억제에 대해 유효하고, Ni나 Mo를 복합한 경우에 더욱 효과가 높아져, 간극부의 내공식성이 향상되는 것을 발견하였다. 도6에 모식도를 나타내는 바와 같이, 부식 발생까지의 유도 기간을 경과한 후의 부식 성장 기간에 있어서의 침식 깊이의 성장 속도는 Sn, Sb, Ni를 첨가한 경우에 현저하게 저감된다.
- [0111] 0.005C-0.1Si-0.1Mn-0.025P-0.001S-18Cr-0.15Ti-0.01N을 베이스 성분으로 하여, Sn, Sb, Mo, Ni, Nb, Cu를 단독 또는 복합 첨가한 냉연 강판을 제작하였다. 또한, 이 중 Mo 이외의 원소의 첨가량은 모두 0.4 %로 하였다. 이들을 소재로 하여, 도1에 나타내는 스폿 용접 시험편을 이용하고, 도7에 나타내는 조건에서 건습 반복 시험을 행하여 스폿 용접 간극의 최대 침식 깊이를 실시예와 동일한 방법으로 평가하였다. 결과를 도8에 나타낸다.
- [0112] 최대 침식 깊이의 저감에 대해, Sn, Sb 첨가는 Ni 첨가와 동일한 효과가 있고, 복합 첨가하면 더욱 효과가 높아진다. 또한, Mo와 복합 첨가한 경우라도 Ni와 동일한 효과가 있고, Sn, Sb는 간극부의 내공식성 향상에 유효하고, Ni나 Mo를 복합한 경우에 더욱 효과가 향상되는 것을 알 수 있다.
- [0113] 다음에, 건습 반복 시험 결과와 간극 부식 성장 거동의 관계를 전기 화학적으로 검토하였다. 건습 반복 시험에 이용한 재료 중 1Mo계의 재료를 이용하여, pH1.5의 20 % NaCl 용액 중에서 애노드 분극 곡선을 측정하였다. 이 용액은 간극 부식 발생 후의 간극 내 모의 용액으로 설정한 것이다. 애노드 분극 곡선으로부터 구해지는 부동태화 전류 밀도(활성태의 피크 전류 밀도)와, 건습 반복 시험에 있어서의 간극부의 최대 침식 깊이의 관계를 도9에 나타낸다.
- [0114] 양자에는 좋은 대응 관계가 확인되고, 이것으로부터 Sn, Sb 첨가는 Ni 첨가와 마찬가지로 간극 부식의 성장 속도를 억제하는 면에서 효과가 있는 것을 지견하였다.
- [0115] 본 발명의 제3 실시 형태는 이러한 지견을 기초로 하여 이루어진 것이다. 이하에 본 발명에서 규정되는 화학 조성에 대해 더욱 상세하게 설명한다.
- [0116] C : 내입계 부식성, 가공성을 저하시키므로 그 함유량을 낮게 억제할 필요가 있다. 그러나 과도하게 낮추는 것은 정련 비용을 상승시키므로, 0.001 내지 0.02 %로 하였다,
- [0117] N : 내공식성에 유용한 원소이지만, 내입계 부식성, 가공성을 저하시키므로 그 함유량을 낮게 억제할 필요가 있다. 그러나 과도하게 낮추는 것은 정련 비용을 상승시키므로, 0.001 내지 0.02 %로 하였다.
- [0118] Si : 탈산 원소로서 유용한 동시에 내식성에 유효한 원소이지만, 가공성을 저하시키므로 그 함유량을 0.01 내지 0.5 %로 하였다. 바람직하게는 0.05 내지 0.4 %이다.
- [0119] Mn : 탈산 원소로서 유용하지만, 과잉으로 함유시키면 내식성을 열화시키므로 0.05 내지 1 %로 하였다. 바람직하게는 0.05 내지 0.5 %이다.
- [0120] P : 용접성, 가공성을 저하시키므로, 그 함유량을 낮게 억제할 필요가 있다. 그러나 과도하게 낮추는 것은 원료 비용, 정련 비용을 높인다. 그로 인해, P의 함유량은 0.04 % 이하로 하였다.
- [0121] S : S는 CaS, MnS와 같은 용해되기 쉬운 황화물로서 존재하면, 공식 혹은 간극 부식의 기점이 될 수 있다. 그로 인해, 0.01 % 이하로 하였다.
- [0122] Cr : 내간극 부식성을 확보하는 면에서 기본이 되는 원소이며, 적어도 12 % 이상 필요하다. 함유량을 증가시킬수록 내간극 부식성은 향상되지만, 본 발명에서 특히 필요로 하고 있는 내공식성에 있어서, 간극 부식 발생 후의 진전 속도를 저감시키는 효과가 크지 않다. 또한, 가공성, 제조성을 저하시키므로 상한을 25 %로 하였다. 바람직하게는 15 내지 22 %이다.
- [0123] Ti, Nb : C, N을 고정하고, 용접부의 내입계 부식성, 가공성을 향상시키는 면에서 유용한 원소이며, Ti, Nb 중

1종 또는 2종을, Ti, Nb 모두 적어도 0.02 % 이상 함유시킬 필요가 있다. 여기서, Ti와 Nb 중 1종만 함유시키는 경우에는, Ti는 (C+N)의 합이 4배 이상, Nb는 (C+N)의 합이 8배 이상 함유시키는 것이 바람직하다. Ti와 Nb를 복합하여 함유시키는 경우에는 (Ti+Nb)/(C+N)을 6배 이상으로 하는 것이 바람직하다. 그러나 Ti를 과잉으로 첨가하면, 제조시의 표면 흠집의 원인이 되어 제조성을 열화시킨다. 한편, Nb를 과잉으로 첨가하면 성형성을 열화시킨다. 그로 인해, Ti의 상한을 0.5 %, Nb의 상한을 1 %로 하였다. 바람직하게는, Ti는 0.03 내지 0.3 %, Nb는 0.05 내지 0.6 %이다.

[0124] Sn, Sb : 내간극 부식성, 특히 간극부의 내공식성에 있어서, 간극 부식 발생 후의 진전 속도를 저감시키는 면에서 매우 유효한 원소이다. 특히, Ni와의 복합, 또는 Mo와 복합시켜 함유시킴으로써 그 효과가 높아진다. 그 효과를 발현시키기 위해서는 적어도 각각 0.005 % 필요하다. 함유량을 증가시킬수록 그 효과는 높아지지만, 과잉으로 함유시키면 성형성, 열간 가공성을 저하시킨다. 따라서, Sn은 0.005 내지 2 %, Sb는 0.005 내지 1 %로 하였다. 바람직하게는 Sn이 0.01 내지 1 %, Sb가 0.005 내지 0.5 %이다.

[0125] Ni : 내간극 부식성을 향상시키는 면에서, 필요에 따라서 함유시킬 수 있다. 간극부의 내공식성(내간극 부식성)에 있어서, 간극 부식 발생 후의 진전 속도를 저감시키는 면에서 매우 유효한 원소이다. 단독으로도 Sn, Sb와 동일한 효과가 있고, Sn, Sb와 복합 첨가하면 더욱 효과가 높아진다. 그 효과는 0.2 %로부터 안정적이고 함유량의 증가에 따라서 그 효과는 높아지지만, 과잉으로 함유시키면 응력 부식 균열의 감수성이 증가하는 동시에 성형성을 저하시킨다. 또한, 비용 상승 요인으로도 된다. 따라서, 0.2 내지 5 %의 범위에서 함유시키는 것이 바람직하다.

[0126] Mo : 내간극 부식성을 향상시키는 면에서, 필요에 따라서 함유시킬 수 있다. Mo는 특히 간극 부식의 발생에 대해 효과적인 것에 부가하여, Sn, Sb의 복합, 또는 Ni와 복합시킴으로써 간극 부식 발생 후의 진전 속도 억제 효과가 보다 커져 간극부의 내공식성(내간극 부식성)을 향상시킬 수 있다. 그 효과는 0.3 %로부터 안정적이고 함유량의 증가에 따라서 그 효과는 높아지지만, 과잉의 첨가는 가공성을 열화시키는 동시에 고가이므로 비용 상승으로 연결된다. 따라서, 0.3 내지 3 %의 범위에서 함유시키는 것이 바람직하다.

[0127] Cu : 내간극 부식성을 확보하는 면에서, 필요에 따라서 함유시킬 수 있다. 간극 부식 발생 후의 진전 속도를 저감시키는 면에서 유효하고, 0.1 % 이상 함유시키는 것이 바람직하다. 그러나 과잉의 첨가는 가공성을 열화시킨다. 따라서, 0.1 내지 1.5 %의 범위에서 함유시키는 것이 바람직하다.

[0128] V : 내간극 부식성을 더욱 향상시키는 목적에서, 필요에 따라서 함유시킬 수 있다. V는 Mo와 마찬가지로 특히 간극 부식의 발생 및 간극 부식 발생 후의 진전 속도를 저감시키는 면에서 유효하다. 그 효과는 0.02 %로부터 안정적이고 함유량의 증가에 따라서 그 효과는 높아지지만, 과잉의 첨가는 비용 상승 요인이 된다. 따라서, 0.02 내지 3.0 %의 범위에서 함유시키는 것이 바람직하다.

[0129] W : 내간극 부식성을 더욱 향상시키는 목적에서, 필요에 따라서 함유시킬 수 있다. W는 Mo, V와 마찬가지로 특히 간극 부식의 발생 및 간극 부식 발생 후의 진전 속도를 저감시키는 면에서 유효하다. 그 효과는 0.3 %로부터 안정적이고 함유량의 증가에 따라서 그 효과는 높아지지만, 과잉의 첨가는 비용 상승 요인이 된다. 따라서, 0.3 내지 5 %의 범위에서 함유시키는 것이 바람직하다.

[0130] Al : Al은 탈산 효과 등을 갖고 정련상 유용한 원소이며, 성형성을 향상시키는 효과가 있어 0.003 내지 1 %의 범위에서 함유시키는 것이 바람직하다.

[0131] Ca : Ca는 Al과 마찬가지로 탈산 효과 등을 갖고 정련상 유용한 원소이며, 0.0002 내지 0.002 %의 범위에서 함유시키는 것이 바람직하다.

[0132] Mg : Al, Ca와 마찬가지로 탈산 효과 등을 갖고 정련상 유용한 원소이며, 또한 조직을 미세화하고, 가공성, 인성의 향상에도 유용한 것으로부터 Mg : 0.0002 내지 0.002 %의 범위에서 함유시키는 것이 바람직하다.

[0133] B : B는 2차 가공성을 향상시키는 데 유용한 원소이며, 0.0002 내지 0.005 %의 범위에서 함유시키는 것이 바람직하다.

[0134] (제1 실시예)

[0135] 표1 및 표2에 나타내는 화학 조성을 갖는 강을 용제하고, 열연, 열연판 어닐링, 냉연, 마무리 어닐링 공정을 거쳐서 판 두께 1.0 mm의 강판을 제조하였다. 이 냉연 강판을 이용하여 내식성과 상온 연성을 평가하였다.

1 1

No.	공시강의 화학 조성 (질량%)													파루리 이닐링 (°C)
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Ti	Nb	N	기타			
A1	0005	024	012	0025	0001	20.12	3.04	0.19	0.011	0.006	-	-	1050	
A2	0006	022	020	0028	0001	20.34	3.02	0.004	0.25	0.007	-	-	1050	
A3	0007	014	015	0026	0002	19.66	3.11	0.17	0.008	0.009	1.23Mo, 0.023Al, 0.005B		1025	
A4	0006	027	018	0022	0001	21.12	3.45	0.18	0.26	0.007	0.89Mo		1000	
A5	0005	014	017	0021	0001	19.84	3.22	0.20	0.29	0.006	1.12Mo, 0.29Nb, 0.41V, 0.0005Me, 0.0004B		1050	
A6	0004	022	016	0022	0001	22.44	4.12	0.19	0.009	0.007	0.99Mo, 0.25Cu		1050	
A7	0004	013	012	0023	0001	18.22	3.32	0.16	0.012	0.007	1.00Mo, 0.88W, 0.32Zr		1050	
A8	0015	008	035	0018	0007	16.51	3.15	0.001	0.25	0.003	0.15V, 0.99Al, 0.0034B		1060	
A9	0003	042	006	0038	0006	24.01	4.87	0.41	0.001	0.018	2.1Mo, 0.34W, 0.0011Ca, 0.0018Me		1010	

표 2

(주) 하선부는, 본 발명의 범위 밖인 것을 나타낸다.

No.	공시강의 화학 조성(질량%)													기타	마무리 어닐링 (°C)
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Ti	Nb	N					
A10	0.017	0.12	0.13	0.018	0.003	19.00	3.93	0.13	0.21	0.006	0.51Cu, 2.21W, 0.10Zr, 0.34Al, 0.0037B	1030			
A11	0.011	0.23	0.07	0.031	0.005	12.30	3.05	0.35	0.22	0.014	0.51Mo, 1.98V, 0.79Al, 0.0018Ca, 0.0002Mg	1020			
A12	0.004	0.11	0.13	0.024	0.001	18.31	3.01	0.19	0.001	0.006	1.09Mo, 0.46Al, 0.0004E	980			
A13	0.011	0.35	0.47	0.002	0.008	23.15	4.44	0.002	0.45	0.013	0.20V, 0.25Al	1020			
A14	0.004	0.21	0.16	0.024	0.002	19.26	2.23	0.16	0.015	0.008	-	1000			
A15	0.006	0.32	0.16	0.024	0.001	20.26	5.45	0.12	0.004	0.006	-	1000			
A16	0.005	0.12	0.13	0.025	0.001	18.22	3.12	0.17	0.006	0.008	-	1150			
A17	0.04	0.45	0.89	0.024	0.004	18.12	8.22	0.005	0.007	0.04	(SUS304)	1050			
A18	0.016	1.92	0.61	0.019	0.001	18.14	10.15	0.008	0.008	0.05	(SUS315J1)	1050			

[0137]

[0138] (내간극 부식성)

[0139] 냉연 강관으로부터, 폭 60 mm, 길이 130 mm와 폭 30 mm, 길이 60 mm의 시험편을 잘라낸 후, 사포로 #320까지 습식 연마를 실시하였다. 그 후, 이들 대소 2매의 시험편을 겹쳐 도1에 나타내는 2점{도1 중에서 ○로 나타내는 부위[스폿 용접부(1)]}에서 스폿 용접을 실시하고, 폭 60 mm, 길이 130 mm의 단부면과 이면을 밀봉 테이프에 의해 피복하였다.

[0140] 이 시험편을 이용하여, 도2에 나타내는 조건으로 건습 반복 시험을 행하였다. 분무 용액은 5 % 염화칼슘 수용액으로 하였다. 시험 사이클 중에서, 농후염화칼슘 환경으로 되는 것은, 분무로부터 건조 과정으로 전환되었을 때에 간극 내부가 완전히 건조될 때까지의 시간이다. 또한, 사이클의 진행에 따라서 간극 내에 염화물 이온이 축적되는 것으로도 농후 염화칼슘 환경으로 될 수 있다. 300사이클 완료 후, 대소 시험편을 분리하였다. 그 후, 부식 생성물을 제거하여 스폿 용접 간극부의 침식 깊이를 초점 심도법에 의해 측정하였다. 또한, 여기에 정한 조건 이외에 대해서는 일본 자동차 기술자 협회 규격의 자동차용 재료 부식 시험법인 JASO M609-91에 규정되는 조건에 준하였다.

[0141] 10점 이상 측정된 침식 깊이 중으로부터 최대값을 구하고, 그 최대값이 400 μm를 하회하는 것을 양호(Good), 400 μm를 초과하는 것을 불량(bad)으로 하였다. 본 발명에서 대상으로 하고 있는 염해(鹽害) 환경에서 사용되

는 스테인리스 강의 판 두께는 0.8 내지 2 mm가 주체이고, 가장 얇은 판 두께의 절반으로서 400 μm를 기준으로 하였다.

[0142] (내응력 부식 균열성)

[0143] 냉연 강판으로부터, 폭 15 mm, 길이 75 mm의 시험편을 압연 방향과 평행하게 잘라내어, 8R로 구부리고 평행하게 구속하여 U 밴드 시험편을 제작하였다. U 밴드 시험편 R부 외표면에 인공 해수의 액적 10 μl를 2군데 적하하였다. 시험편 R부가 상부가 되도록 향은 향습 시험기에 넣고, 80 °C, 40 %RH의 조건하에서 672시간 유지하였다. 본 조건하에서는 인공 해수 중에 포함되는 염화나트륨은 완전히 건조되어 있어 농후 염화마그네슘 환경으로 된다. 시험 완료 후, 시험편 R부 외표면 및 단면을 관찰하여 응력 부식 균열의 유무를 판정하였다.

[0144] (미크로 조직, 상온 연성)

[0145] 마텐자이트 상 혹은 오스테나이트 상으로 이루어지는 제2 상 비율은 500배의 단면 미크로 조직 사진을 바탕으로 화상 해석에 의해 구하였다. 또한, 페라이트 상의 결정입도는 JISG0552에 준거하여 측정하였다.

[0146] 상온 연성은 상기한 시험재로부터 압연 방향과 평행으로 JIS13B호 인장 시험편을 채취하여 상온 인장 시험을 행하여, 전체 연신을 측정하였다. 견재, 옥외 기기류 혹은 자동차나 이륜차의 연료 탱크, 연료 파이프 등 본 발명에서 대상으로 하고 있는 부재 성형에 바람직한 전체 연신의 값으로서 20 %를 기준으로 하였다.

[0147] 이들 시험 결과를 표3에 나타낸다.

표 3

No.	내간극 부식성	내응력 부식 균열성	제2상 비율(%)	결정입도 번호	상온 연신 (%)
A1	양호	양호	0	7	27.8
A2	양호	양호	0	7	28.2
A3	양호	양호	0	7.5	25.6
A4	양호	양호	0	6	23.4
A5	양호	양호	0	7	24.6
A6	양호	양호	12	6.5	21.5
A7	양호	양호	0	7	24.2
A8	양호	양호	1	7.5	23.5
A9	양호	양호	0	8.5	24.3
A10	양호	양호	5	9	22.9
A11	양호	양호	0	8	26.3
A12	양호	양호	0	8	29.8
A13	양호	양호	0	7.5	25.3
A14	불량	양호	0	7	28.9
A15	양호	양호	50	9	12.5
A16	양호	양호	0	3.5	18.5
A17	양호	불량	100	8	58.2
A18	양호	불량	100	7	54.2

(주) 하선부는, 제2상의 비율이 15%를 초과하거나 또는 페라이트상의 결정입도 번호가 No.4 미만인 것을 나타낸다.

[0148]

[0149] 본 발명 범위 내에 있는 No.A1 내지 No.A13의 강은 간극부의 최대 침식 깊이가 400 μm 이하이고, 응력 부식 균열 시험에서도 균열 발생이 없어 양호한 내식성을 나타내는 동시에, 상온 연신이 20 % 이상으로 가공성이 양호하다.

[0150] Ni 범위가 본 발명 범위로부터 벗어나는 No.A14의 강은 내응력 부식 균열성, 상온 연신은 양호하지만 내간극 부식성이 떨어진다. Ni 범위와 제2 상 비율이 본 발명 범위로부터 벗어나는 No.A15의 강은 내간극 부식성, 내응력 부식 균열성은 양호하지만, 상온 연신이 20 % 미만으로 가공성이 떨어진다. 결정입도 번호가 No.4 미만인 No.A16의 강은 상온 연신이 20 % 미만으로 가공성이 떨어진다. No.A17, No.A18은 각각 SUS304, SUS315J1 상당 강이지만, 내간극 부식성은 양호하지만 응력 부식 균열 시험에서 균열이 발생하여 내응력 부식 균열성이 떨어

어진다.

[0151] (제2 실시예)

[0152] 표4에 나타내는 화학 조성을 갖는 강을 용제하고, 열연, 냉연, 어닐링 공정을 거쳐서 판 두께 1.0 mm의 강판을 제조하였다. 이 냉연 강판을 이용하여 내간극 부식성, 성형성, 내리징성을 평가하였다.

표 4

No.	성분 (질량%)														기타
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Ti	Nb	Al	N			
B1	0.001	0.12	0.09	0.028	0.0012	0.4	20.8	1.0	0.14	0.014	0.25	0.010			
B2	0.004	0.35	0.21	0.024	0.0004	0.6	17.4	1.5	0.15	0.003	0.34	0.009	0.06V, 0.0003B		
B3	0.013	0.78	0.14	0.034	0.0021	1.0	19.2	1.2	0.35	0.002	0.68	0.010	0.0002Mg, 0.0006B		
B4	0.004	0.05	0.19	0.015	0.0055	2.0	17.9	0.6	0.19	0.002	0.89	0.010	0.0002Ca		
B5	0.002	0.12	0.35	0.015	0.0003	0.3	16.5	2.1	0.17	0.005	0.22	0.013	0.12V		
B6	0.004	0.10	0.11	0.028	0.0011	2.9	18.1	1.0	0.21	0.001	0.12	0.008	0.0005B		
B7	0.018	0.11	0.88	0.033	0.0079	0.4	18.0	1.0	0.42	0.003	0.16	0.011	0.15Cu, 0.0011Ca, 0.0011B		
B8	0.011	0.39	0.68	0.038	0.0014	2.0	19.9	0.5	0.21	0.033	0.42	0.009	0.23Cu, 2.10V		
B9	0.005	0.10	0.12	0.011	0.0025	3.0	18.1	0.7	0.25	0.045	0.68	0.016	0.0041Ca		
B10	0.003	0.23	0.15	0.026	0.0011	2.9	14.5	1.8	0.32	0.004	0.11	0.007			
B11	0.009	0.11	0.77	0.038	0.0022	2.5	21.1	2.6	0.18	0.071	0.89	0.004	0.0039Mg, 0.0048B		
B12	0.001	0.05	0.06	0.019	0.0033	2.2	20.4	0.6	0.25	0.022	0.31	0.008	1.35Cu		
B13	0.002	0.39	0.24	0.025	0.0005	2.8	16.3	0.8	0.07	0.002	0.9	0.004	0.51V		
B14	0.004	0.11	0.10	0.027	0.0007	0.03	17.9	1.0	0.13	0.014	0.21	0.011	0.0034Ca, 0.0028Mg		
B15	0.002	0.53	0.09	0.035	0.0009	0.2	17.5	0.3	0.35	0.002	0.15	0.016	0.32Cu, 0.0003Mg		
B16	0.001	0.25	0.65	0.021	0.0012	1.2	16.5	2.1	0.21	0.055	0.06	0.009	0.005B		
B17	0.009	0.05	0.25	0.019	0.0055	2.1	19.5	1.8	0.29	0.12	0.25	0.016	0.2V		

(주)하선부는, 본 발명의 범위 밖인 것을 나타낸다.

[0153]

[0154] (내간극 부식성)

[0155] 냉연 강판으로부터, 폭 60 mm, 길이 130 mm와 폭 30 mm, 길이 60 mm의 시험편을 잘라낸 후, 사포로 #320까지 습식 연마를 실시하였다. 그 후, 도1에 나타내는 형상으로 스폿 용접을 실시하고, 폭 60 mm, 길이 130 mm의 단부면과 이면을 밀봉 테이프에 의해 피복하였다. 이 시험편을 이용하여, 도3에 나타내는 조건으로 건습 반복 시험을 행하였다. 180 사이클 완료 후, 대소 시험편을 분리하였다. 그 후, 부식 생성물을 제거하고 스폿 용접 간극부의 침식 깊이를 광학 현미경 초점 심도법에 의해 측정하였다. 또한, 여기에 정한 시험 조건 이외에 대해서는, 일본 자동차 기술자 협회 규격의 자동차용 재료 부식시험 방법인 JASO M609-91에 규정되는 조건에 준하였다.

[0156] 10점 이상 측정된 침식 깊이 중으로부터 최대값을 구하고, 그 최대값이 800 μm를 하회하는 것을 양호(Good),

800 μm 이하를 초과하는 것을 불량(Bad)으로 하였다. 본 발명에서 대상으로 하고 있는 스테인리스 강의 판 두께는 0.8 내지 2.0 mm가 주체이고, 가장 얇은 판 두께를 기준으로 하였다.

[0157] (성형성)

[0158] 성형성에 대해서는 원통 딥드로잉 시험으로 평가하였다. 성형 조건은 펀치 직경 : φ50 mm, 펀치 건부 R : 5 mm, 다이스 건부 R : 5 mm, 블랭크 직경 : φ100 mm, 주름 압박력 : 1톤, 마찰 계수 : 0.11 내지 0.13으로 하였다. 또한, 이 마찰 계수는 40 °C에서 동적 점성도 1200 mm²/초의 윤활유를 강관의 표리면에 도포함으로써 얻어지는 레벨이다. 상기 조건에서 성형 한계 드로잉비 : 2.20인 딥드로잉 성형을 할 수 있을지 여부에 따라서 성형성을 평가하였다. 즉, 형성할 수 있으면 양호(Good), 도중에 성형 균열이 발생한 경우에는 불량(Bad)으로 하였다.

[0159] (내리징성)

[0160] 내리징성에 대해서는, 냉연 강관으로부터 압연 방향과 평행 방향으로 인장 시험편을 채취하고, 15 % 인장 후에 압연 방향과 수직 방향의 표면 요철(굴곡)을 2차원 조도계(粗度計)로 측정하였다. 요철의 최대 높이를 들어 리징 높이라 정의하였다. 리징 높이가 15 μm 미만인 경우에는 양호(Good)로 하고, 15 μm 이상인 경우는 불량(Bad)으로 하였다.

[0161] 이들 시험 결과를 표5에 나타낸다.

표 5

No.	수학식A의 값	수학식B의 값	내간극 부식성	성형성	내리징성	비고
B1	26.2	18	양호	양호	양호	발명예
B2	25.9	113	양호	양호	양호	발명예
B3	28.8	340	양호	양호	양호	발명예
B4	31.7	445	양호	양호	양호	발명예
B5	25.3	44	양호	양호	양호	발명예
B6	38.5	120	양호	양호	양호	발명예
B7	24.3	53	양호	양호	양호	발명예
B8	47.4	13	양호	양호	양호	발명예
B9	38.2	15	양호	양호	양호	발명예
B10	37.3	28	양호	양호	양호	발명예
B11	43.9	13	양호	양호	양호	발명예
B12	43.5	14	양호	양호	양호	발명예
B13	38.6	450	양호	양호	양호	발명예
B14	21.1	15	불량	양호	양호	비교예
B15	21.5	75	불량	양호	양호	비교예
B16	30	1	양호	불량	불량	비교예
B17	38.7	2	양호	불량	불량	비교예

(주)하선부는, 본 발명의 범위 밖인 것을 나타낸다.

[0162]

[0163] 본 발명 범위 내에 있는 No.B1 내지 No.B13의 강은 내간극 부식성이 양호한 동시에, 성형성, 내리징성이 양호하다.

[0164] Ni 범위와 수학식A의 값이 본 발명 범위로부터 벗어나는 No.B14 및 Mo 범위와 수학식A의 범위가 본 발명 범위로부터 벗어나는 No.B15는 내간극 부식성이 떨어진다. 또한, Al 범위와 수학식B의 범위가 본 발명으로부터 벗어나는 No.B16은 내리징성이 떨어진다. Nb 범위와 수학식B의 범위가 본 발명으로부터 벗어나는 No.B17은 성형성, 내리징성 모두 떨어진다.

[0165] 이상의 실시예에 의해 본 발명의 효과가 확인되었다.

[0166] (제3 실시예)

[0167] 표6에 나타내는 화학 조성을 갖는 강을 용제하고, 열연, 냉연, 어닐링 공정을 거쳐서 판 두께 1.0 mm의 강관을 제조하였다. 이 냉연 강관을 이용하여 내간극 부식성을 평가하였다.

표 6

No.	성분(질량%)										
	C	Si	Mn	P	S	N	Cr	Ti	Mo	Sn	Sr
C1	0.005	0.38	0.26	0.027	0.001		16.21	0.25		0.41	
C2	0.008	0.36	0.25	0.025	0.001		15.99	0.23		0.22	0.009
C3	0.005	0.35	0.35	0.026	0.002	0.21	16.62	0.18		0.35	0.008
C4	0.012	0.12	0.25	0.020	0.001		17.28	0.25		0.28	0.015
C5	0.003	0.49	0.65	0.016	0.005	0.36	18.25	0.20	0.49	0.03	0.004
C6	0.008	0.25	0.12	0.032	0.002	0.68	13.96	0.18	0.25	0.22	0.13
C7	0.005	0.18	0.16	0.025	0.001	1.00	18.20	0.19		0.008	0.99
C8	0.007	0.26	0.36	0.029	0.001	1.26	19.46	0.20	0.007	0.009	1.05
C9	0.003	0.21	0.32	0.021	0.001	1.46	17.69	0.16	0.20	0.006	0.008
C10	0.006	0.16	0.22	0.024	0.001	1.76	19.68		0.36	0.01	0.006
C11	0.004	0.13	0.22	0.023	0.008	2.03	20.25		0.32	0.04	0.006
C12	0.006	0.08	0.10	0.022	0.001	4.60	24.56	0.22		0.01	0.005
C13	0.005	0.42	0.75	0.028	0.001	0.25	15.22	0.12	0.26	0.76	0.016
C14	0.004	0.42	0.22	0.025	0.004		14.86	0.26		0.003	0.008
C15	0.007	0.12	0.16	0.021	0.002		15.22		0.36	0.002	0.009
C16	0.006	0.42	0.36	0.028	0.003		10.95	0.20		0.33	0.008

(주) 하신부는, 본 발명의 범위 밖인 것을 나타낸다.

[0168]

[0169]

냉연 강판으로부터, 폭 60 mm, 길이 130 mm와 폭 30 mm, 길이 60 mm의 시험편을 잘라낸 후, 사포로 #320까지 습식 연마를 실시하였다. 그 후, 도1에 나타내는 형상으로 스폿 용접을 실시하고, 폭 60 mm, 길이 130 mm의 단부면과 이면을 시일 테이프에 의해 피복하였다.

[0170]

이 시험편을 이용하여, 도7에 나타내는 조건으로 건습 반복 시험을 행하였다. 120사이클 완료 후, 대소 시험편을 분리하였다. 그 후, 부식 생성물을 제거하고, 스폿 용접 간극부의 침식 깊이를 광학 현미경 초점 심도법에 의해 측정하였다. 깊을 것 같은 부분으로부터 10점 이상 측정할 침식 깊이 중으로부터 최대값을 구하였다. 또한, 여기에 정한 시험 조건 이외에 대해서는 일본 자동차 기술자 협회 규격의 자동차용 재료 부식 시험 방법인 JASO M609-91에 규정되는 조건에 준하였다.

[0171]

시험 결과를 표7에 나타낸다.

표 7

	No.	최대 침식 깊이 (μm)
본 발명 예	C1	516
	C2	534
	C3	487
	C4	402
	C5	376
	C6	397
	C7	213
	C8	205
	C9	188
	C10	168
	C11	336
	C12	138
	C13	356
비 교 예	C14	846
	C15	875
	C16	925

[0172]

[0173]

본 발명 범위 내에 있는 No.C1 내지 No.C13의 강은 최대 침식 깊이가 600 μm 이하로, 내간극 부식성이 양호하다. Sn의 범위가 본 발명으로부터 벗어나는 No.C14, Sb의 범위가 본 발명으로부터 벗어나는 No.C15, Cr의 범위가 본 발명으로부터 벗어나는 No.C16은 최대 침식 깊이가 800 μm 이상으로 내간극 부식성이 떨어진다. 이상의 실시예에 의해 본 발명의 효과가 확인되었다.

산업상 이용가능성

[0174]

본 발명의 제1 형태는, 비례 염분이 많은 해변 환경에 있어서의 건재, 옥외 기기류, 혹은 겨울철에 용설염을 살포하는 한랭지에 있어서 주행하는 자동차 부품, 이륜차 부품 등에 적합하다.

[0175]

본 발명의 제2 형태의 간극부의 내공식성(내간극 부식성)과 성형성이 우수한 페라이트계 스테인리스 강은, 자동차, 이륜차의 배기계, 연료계나, 급탕 설비 등 구조상 간극부가 존재하고 우수한 내간극 부식성과 성형성이 요구되는 부재로서 유용하다. 특히, 자동차용 연료 탱크, 연료 급유관 등의 긴 수명이 요구되는 중요 부품에 적합하다.

[0176]

본 발명의 제3 형태의 내간극 부식성, 특히 간극부의 내공식성이 우수한 페라이트계 스테인리스 강은, 자동차 부품, 급수, 급탕 설비, 건축 설비 등 구조상 간극부가 존재하고, 염화물 환경에서 사용되는 기기, 배관 등에 있어서 우수한 내간극 부식성이 필요해지는 부재에 사용되는 부재로서 유용하다.

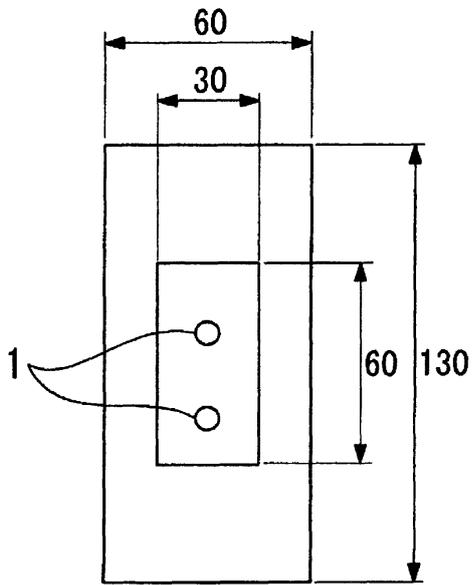
부호의 설명

[0177]

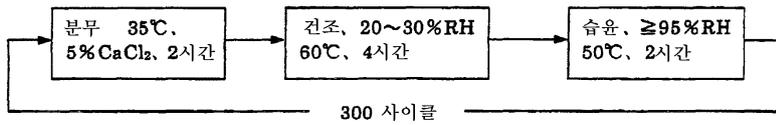
1 : 스폿 용접부

도면

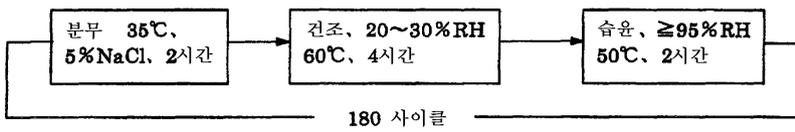
도면1



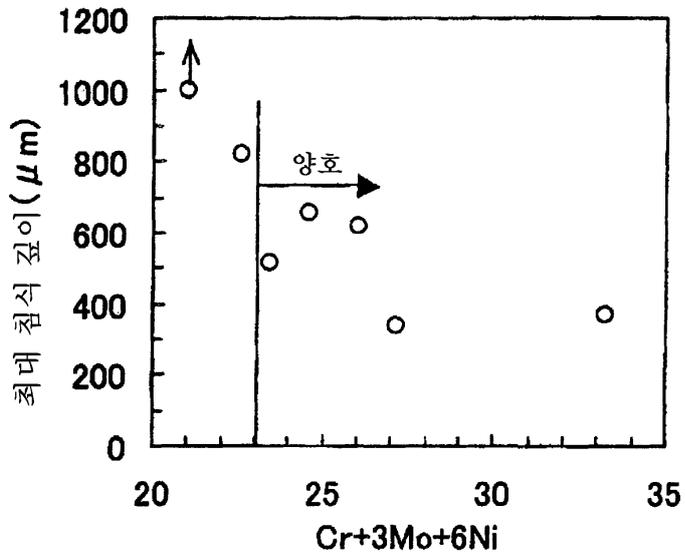
도면2



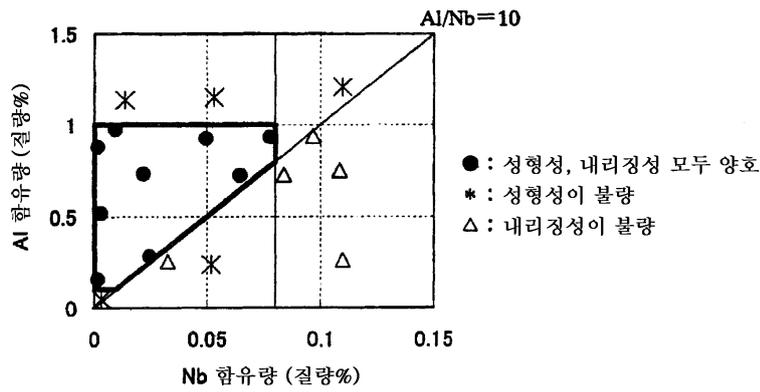
도면3



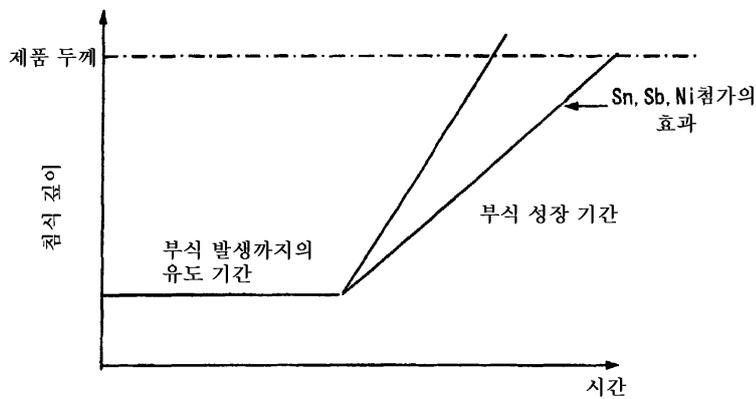
도면4



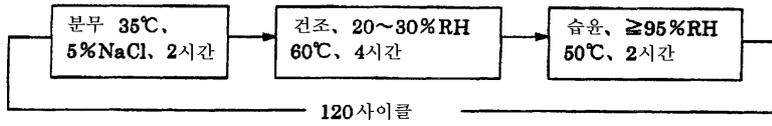
도면5



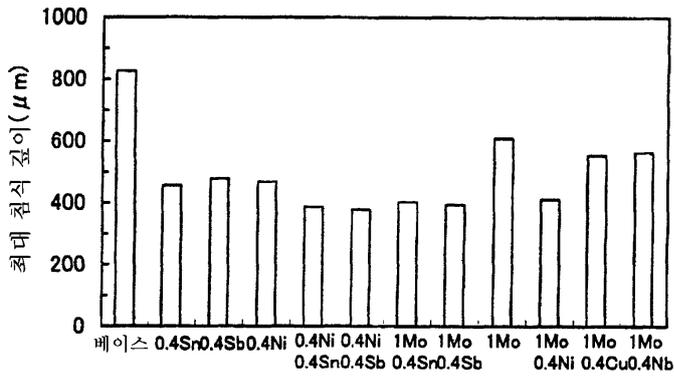
도면6



도면7



도면8



도면9

