(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0025434
(43) 공개일자 2025년02월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/58 (2006.01) *C21D 8/00* (2006.01)
C21D 9/46 (2006.01) *C22C 38/00* (2006.01)
C22C 38/42 (2006.01) *C22C 38/44* (2006.01)
C22C 38/46 (2006.01) *C22C 38/48* (2006.01)
C22C 38/50 (2006.01) *C22C 38/52* (2006.01)
C22C 38/54 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22C 38/58 (2013.01)
C22C 38/001 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2025-7001466
(22) 출원일자(국제) 2023년09월21일
심사청구일자 2025년01월15일
(85) 번역문제출일자 2025년01월15일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2023/034357
(87) 국제공개번호 WO 2024/106010
국제공개일자 2024년05월23일
(30) 우선권주장
JP-P-2022-182027 2022년11월14일 일본(JP)
JP-P-2023-034876 2023년03월07일 일본(JP)

(71) 출원인
닛테츠 스테인레스 가부시키가이샤
일본국 1000005 도쿄토 치요다쿠 마루노우치 1쵸메 8방 2고
(72) 발명자
히라카와 나오키
일본국 도쿄토 치요다쿠 마루노우치 1쵸메 8방 2고 닛테츠 스테인레스 가부시키가이샤 내
이시마루 에이이치로
일본국 도쿄토 치요다쿠 마루노우치 1쵸메 8방 2고 닛테츠 스테인레스 가부시키가이샤 내
(74) 대리인
(유)한양특허법인

전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재**

(57) 요 약

질량 기준으로, C : 0.001~0.050%, Si : 0.01~0.50%, Mn : 1.0~4.5%, P : 0.050% 이하, S : 0.030% 이하, Ni : 1.5~3.5%, Cr : 19.6~24.0%, Mo : 0.01~1.00%, Cu : 0.01~1.20%, N : 0.010~0.090%를 포함하고, C+N이 0.130% 미만이며, 잔부가 Fe 및 불순물로 이루어지는 조성을 갖는 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재이다. 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재는, 하기 식 (1)로 표시되는 Md의 값이 50.0~150.0℃이며, 오스테나이트상이 25~49체적%인 금속 조직을 갖는다. 또, 오스테나이트상의 하기 식 (1)로 표시되는 Md의 값이 35.0~100.0℃이다. Md=551-462(C+N)-9.2Si-8.1Mn-29(Ni+Cu)-13.7Cr-18.5Mo ···(1) 식 중, 원소 기호는 각 원소의 함유량(질량%)을 나타낸다.

(52) CPC특허분류
C22C 38/004 (2013.01)
C22C 38/008 (2013.01)
C22C 38/42 (2013.01)
C22C 38/44 (2013.01)
C22C 38/46 (2013.01)
C22C 38/48 (2013.01)
C22C 38/50 (2013.01)
C22C 38/52 (2013.01)
C22C 38/54 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

질량 기준으로, C : 0.001~0.050%, Si : 0.01~0.50%, Mn : 1.0~4.5%, P : 0.050% 이하, S : 0.030% 이하, Ni : 1.5~3.5%, Cr : 19.6~24.0%, Mo : 0.01~1.00%, Cu : 0.01~1.20%, N : 0.010~0.090%를 포함하고, C+N이 0.130% 미만이며, 잔부가 Fe 및 불순물로 이루어지는 조성을 갖고,

하기 식 (1) :

Md=551-462(C+N)-9.2Si-8.1Mn-29(Ni+Cu)-13.7Cr-18.5Mo ···(1)

(식 중, 원소 기호는 각 원소의 함유량(질량%)을 나타낸다)로 표시되는 Md의 값이 50.0~150.0℃이며,

오스테나이트상이 25~49체적%인 금속 조직을 갖고,

상기 오스테나이트상의 상기 식 (1)로 표시되는 Md의 값이 35.0~100.0℃인, 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

질량 기준으로, Nb : 0.010~0.500%, Ti : 0.01~0.50%, V : 0.01~0.50%, W : 0.05~0.50%, Co : 0.01~0.30%, B : 0.0002~0.0050%, Sn : 0.010~0.500%, Al : 0.010~0.050%, Mg : 0.0002~0.0100%, Ca : 0.0002~0.0100%, Ta : 0.050% 이하, Ga : 0.050% 이하, Zr : 0.01~0.50%, REM : 0.0002~0.0100%로부터 선택되는 1종 이상을 더 포함하는, 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재.

청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

질량 기준으로, C : 0.001~0.040%, N : 0.010~0.080%, C+N이 0.120% 미만이며, 상기 오스테나이트상이 25~40체적%인, 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재.

청구항 4

청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 한 항에 있어서,

상기 오스테나이트상의 상기 Md의 값이 50.0~90.0℃인, 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재.

청구항 5

청구항 1 내지 청구항 4 중 어느 한 항에 있어서,

페라이트상의 평균 입자경이 7.0㎛ 이상인, 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재.

청구항 6

청구항 1 내지 청구항 5 중 어느 한 항에 있어서,

하기 식 (2) :

DF=7.2(Cr+0.88Mo+0.78Si)-8.9(Ni+0.03Mn+0.72Cu+22C+21N)-44.9 ···(2)

(식 중, 원소 기호는 각 원소의 함유량(질량%)을 나타낸다)로 표시되는 DF의 값이 50.0~80.0인, 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 DF의 값이 60.0~80.0인, 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재.

청구항 8

청구항 1 내지 청구항 7 중 어느 한 항에 있어서,

인장 강도가 800MPa 이하인, 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재.

청구항 9

청구항 1 내지 청구항 8 중 어느 한 항에 있어서,

균일 신장률이 30.0% 이상인, 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재.

청구항 10

청구항 1 내지 청구항 9 중 어느 한 항에 있어서,

3.3×10^{-4}~8.3×10^{-3} s^{-1}의 변형 속도로 인장 시험을 행했을 때에, 20~25%의 변형 영역의 n값에 대한 15~20%의 변형 영역의 n값의 n값비가 0.80 이하인, 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은, 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재는, 내식성이 우수하고, 고강도인 점에서, 건재(建材)나 구조 재료 등으로서 사용되고 있다. 한편, 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재는, SUS304 등의 범용 오스테나이트계 스테인리스 강재에 비해 연성이 낮기 때문에, 가공성이 요구되는 용도로의 적용이 제한되고 있다. 또, 비용을 억제하는 관점에서, 합금 원소의 절감을 꾀한 린(lean)(합금 절약)형 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재에 대한 니즈도 있다. 그 때문에, 연성이 우수한 린형 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재의 개발이 진행되고 있다.

[0003] 예를 들면, 특허문헌 1에는, 질량%로, C : 0.05% 이하, Si : 1% 이하, Mn : 2~8%, P : 0.1% 이하, S : 0.02% 이하, Cr : 15~23%, Mo : 4% 이하, Ni : 3.0% 이하, Cu : 2% 이하, N : 0.05~0.3%, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지고, Cr 당량 및 Ni 당량이 소정의 관계를 만족하는 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재가 제안되고 있다. 이 2상 스테인리스 강재는, Cr 당량 및 Ni 당량을 최적화함으로써, 연성을 향상시킬 수 있다고 기재되어 있다.

[0004] 또, 특허문헌 2에는, 질량%로, C : 0.08% 이하, Si : 0.7~1.1%, Mn : 2.4~3.5%, Cr : 17.9~20.7%, Ni : 0.05~1.15%, N : 0.18~0.3%, Cu : 0.4~2.8%를 포함하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지며, 소정의 식에 의해 예측되는 공식 전위가 360~440mV인 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재가 제안되고 있다. 이 2상 스테인리스 강재는, Ni, Si, Mn, Cu 등의 합금 성분의 함유량을 최적화함으로써, 연성을 향상시킬 수 있다고 기재되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 일본국 특허공개 2012-126992호 공보

(특허문헌 0002) 일본국 특허공표 2019-501286호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 특허문헌 1 및 2에 기재된 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재는 모두, Ni의 함유량을 저감하면서 Mn이나 N의 함유량을 증가시킴으로써 강도를 높이고 있다. 그러나, N의 함유량을 증가시키면, 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재가 과도하게 고강도화되어 버려, 연성이 저하되는 경우가 있다.

[0007] 따라서, 본 발명은, 종래의 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재에 비해 연질 또한 고연성인 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명자들은, 상기와 같은 문제를 해결하기 위해 린형 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재에 대해서 예의 연구를 계속한 결과, 이하의 (1)~(3)의 지견을 얻었다.

[0009] (1) C 및 N의 함유량을 저감함으로써, 2상 스테인리스 강재의 내식성을 확보하면서 오스테나이트상을 연질화할 수 있다.

[0010] (2) 2상 스테인리스 강재 및 오스테나이트상의 Md를 소정의 범위로 제어함으로써, 오스테나이트상의 안정화도를 높이고, TRIP(변태 유기 소성) 효과에 의해 고연성화할 수 있다.

[0011] (3) 오스테나이트 생성 원소(C, N, Ni 등)의 함유량을 저감함으로써, 합금 절약화하면서, 과도한 TRIP 효과를 억제하여 연질화할 수 있다.

[0012] 그리고, 본 발명자들은, 상기의 지견에 의거하여, 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재의 조성 및 Md와 함께, 오스테나이트상의 비율 및 Md를 제어함으로써, 상기의 문제를 해결할 수 있는 것을 발견하여, 본 발명을 완성하기에 이르렀다.

[0013] 즉, 본 발명은, 질량 기준으로, C : 0.001~0.050%, Si : 0.01~0.50%, Mn : 1.0~4.5%, P : 0.050% 이하, S : 0.030% 이하, Ni : 1.5~3.5%, Cr : 19.6~24.0%, Mo : 0.01~1.00%, Cu : 0.01~1.20%, N : 0.010~0.090%를 포함하고, C+N이 0.130% 미만이며, 잔부가 Fe 및 불순물로 이루어지는 조성을 갖고,

[0014] 하기 식 (1) :

[0015] $Md=551-462(C+N)-9.2Si-8.1Mn-29(Ni+Cu)-13.7Cr-18.5Mo$ ···(1)

[0016] (식 중, 원소 기호는 각 원소의 함유량(질량%)을 나타낸다)로 표시되는 Md의 값이 50.0~150.0℃이며,

[0017] 오스테나이트상이 25~49체적%인 금속 조직을 갖고,

[0018] 상기 오스테나이트상의 상기 식 (1)로 표시되는 Md의 값이 35.0~100.0℃인, 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재에 관한 것이다.

발명의 효과

[0019] 본 발명에 의하면, 종래의 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재에 비해 연질 또한 고연성인 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재를 제공할 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하, 본 발명의 실시 형태에 대해서 구체적으로 설명한다. 본 발명은 이하의 실시 형태로 한정되는 것이 아니라, 본 발명의 취지를 일탈하지 않는 범위에서, 당업자의 통상의 지식에 의거하여, 이하의 실시 형태에 대해 변경, 개량 등이 적절히 가해진 것도 본 발명의 범위에 들어가는 것이 이해되어야 할 것이다.

[0021] 또한, 본 명세서에 있어서 성분에 관한 「%」 표시는, 특별히 언급하지 않는 한 「질량%」를 의미한다.

[0022] 본 발명의 실시 형태에 따른 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재(이하, 간단히 「2상 스테인리스 강재」로 약칭한다)는, C : 0.001~0.050%, Si : 0.01~0.50%, Mn : 1.0~4.5%, P : 0.050% 이하, S : 0.030% 이하, Ni : 1.5~3.5%, Cr : 19.6~24.0%, Mo : 0.01~1.00%, Cu : 0.01~1.20%, N : 0.010~0.090%를 포함하고, C+N이 0.130% 미만이며, 잔부가 Fe 및 불순물로 이루어지는 조성을 갖는다.

[0023] 여기서, 본 명세서에 있어서 「스테인리스 강재」란, 스테인리스 강으로 형성된 재료를 의미하고, 그 재형은 특

별히 한정되지 않는다. 재형의 예로서는, 판 형상(띠 형상을 포함한다), 막대 형상, 관 형상 등을 들 수 있다. 또, 단면 형상이 T형, I형 등의 각종 형강이어도 된다.

[0024] 또, 본 명세서에 있어서 「페라이트·오스테나이트계」란, 상온에서 금속 조직이 주로 페라이트상 및 오스테나이트상의 2상인 것을 의미한다. 따라서, 「페라이트·오스테나이트계」에는 페라이트상 및 오스테나이트상 이외의 상(예를 들면, 마르텐사이트상 등)이 약간 포함되는 것도 포함된다.

[0025] 또한, 본 명세서에 있어서 「불순물」이란, 스테인리스 강재를 공업적으로 제조할 때에, 광석, 스크랩 등의 원료, 제조 공정의 여러 가지 요인에 의해 혼입되는 성분으로서, 본 발명에 악영향을 주지 않는 범위에서 허용되는 것을 의미한다. 예를 들면, 불순물에는, 불가피적 불순물도 포함된다. 불순물로서는, 예를 들면 O를 들 수 있다. O의 함유량은, 예를 들면 0.0001~0.0070%이다.

[0026] 또한, 각 원소의 함유량에 관하여, 「xx% 이하」를 포함한다는 것은, xx% 이하이지만, 0% 초과(특히, 불순물 레벨 초과)의 양을 포함하는 것을 의미한다.

[0027] 본 발명의 실시 형태에 따른 2상 스테인리스 강재는, 필요에 따라, Nb : 0.010~0.500%, Ti : 0.01~0.50%, V : 0.01~0.50%, W : 0.05~0.50%, Co : 0.01~0.30%, B : 0.0002~0.0050%, Sn : 0.010~0.500%, Al : 0.010~0.050%, Mg : 0.0002~0.0100%, Ca : 0.0002~0.0100%, Ta : 0.050% 이하, Ga : 0.050% 이하, Zr : 0.01~0.50%, REM : 0.0002~0.0100%로부터 선택되는 1종 이상을 더 포함할 수 있다.

[0028] 이하, 각 성분에 대해서 상세하게 설명한다.

[0029] <C : 0.001~0.050%>

[0030] C는, 오스테나이트상의 안정도에 큰 영향을 미치는 원소이다. C의 함유량이 너무 많으면, 연성(가공성)이 저하되거나, Cr 탄화물의 석출이 촉진되어 입계 부식이 발생하는 경우가 있다. 그 때문에, C의 함유량을 0.050% 이하, 바람직하게는 0.045% 이하, 보다 바람직하게는 0.040% 이하, 더 바람직하게는 0.35% 이하, 특히 바람직하게는 0.030% 이하로 한다. 또, 내식성의 관점에서, C의 함유량은 낮은 편이 좋지만, C의 함유량을 너무 저하시키면 비용의 증가를 초래한다. 그 때문에, C의 함유량을 0.001% 이상, 바람직하게는 0.002% 이상, 보다 바람직하게는 0.005% 이상으로 한다.

[0031] <Si : 0.01~0.50%>

[0032] Si는, 탈산 원소로서 첨가되고, 내산화성의 향상에도 유용한 원소이다. 단, Si의 함유량이 너무 많으면, 경질화되어 연성이 저하된다. 그 때문에, Si의 함유량을 0.50% 이하, 바람직하게는 0.50% 미만, 보다 바람직하게는 0.45% 이하, 더 바람직하게는 0.40% 이하로 한다. 또, Si를 과도하게 저감하면 제련 시의 비용이 증가한다. 그 때문에, Si의 함유량을 0.01% 이상, 바람직하게는 0.02% 이상, 보다 바람직하게는 0.05% 이상으로 한다.

[0033] <Mn : 1.0~4.5%>

[0034] Mn은, 오스테나이트상에 농화되어 오스테나이트상을 안정화시키는데 중요한 역할을 갖는 원소이다. 단, Mn의 함유량이 너무 많으면, 연성에 더하여, 내식성이나 열간 가공성도 저하된다. 따라서, Mn의 함유량을 4.5% 이하, 바람직하게는 4.0% 이하, 보다 바람직하게는 3.5% 이하로 한다. 또, Mn을 과도하게 저감하면 제련 시의 비용이 증가한다. 그 때문에, Mn의 함유량을 1.0% 이상, 바람직하게는 1.1% 이상, 보다 바람직하게는 1.2% 이상으로 한다.

[0035] <P : 0.050% 이하>

[0036] P는, Cr 등의 원료에 함유되는 원소이다. P의 함유량이 많으면, 성형성이 저하되기 때문에, P의 함유량을 0.050% 이하, 바람직하게는 0.045% 이하, 보다 바람직하게는 0.040% 이하로 한다. 한편, P의 함유량은 낮은 편이 바람직하지만, P의 함유량을 저감하는 것에는 한계가 있다. P의 함유량의 하한값은, 일반적으로 0.001%, 바람직하게는 0.002%, 보다 바람직하게는 0.003%이다.

[0037] <S : 0.030% 이하>

[0038] S는, 다양한 원료에 함유되는 원소이다. S는, Mn과 결합하여 개재물을 만들고, 발청의 기점이 되는 경우가 있기 때문에, S의 함유량이 낮을수록 내식성이 향상된다. 따라서, S의 함유량을 0.030% 이하, 바람직하게는 0.025% 이하, 보다 바람직하게는 0.020% 이하로 한다. 한편, S의 함유량을 저감하는 것에는 한계가 있다. S의 함유량의 하한값은, 일반적으로 0.0001%, 바람직하게는 0.0005%이다.

[0039] <Ni : 1.5~3.5%>

[0040] Ni는, 오스테나이트 생성 원소이며, 오스테나이트상의 안정도를 조정하기 위해 중요한 원소이다. 또, Ni는 질화물의 석출을 억제하고, 내식성을 향상시키는 효과도 갖는다. 이들 효과를 발휘시키기 위해, Ni의 함유량을 1.5% 이상, 바람직하게는 1.6% 이상, 보다 바람직하게는 1.7% 이상, 더 바람직하게는 1.8% 이상으로 한다. 한편, Ni의 함유량이 너무 많으면, 원료 비용의 상승을 초래하는 것 이외에, 오스테나이트상의 비율이 높아짐으로써 응력 부식 균열 등의 문제가 발생할 가능성도 있다. 그 때문에, Ni의 함유량을 3.5% 이하, 바람직하게는 3.4% 이하, 보다 바람직하게는 3.0% 이하로 한다.

[0041] <Cr : 19.6~24.0%>

[0042] Cr은, 내식성을 확보하는데 필요한 원소이다. 이 효과를 발휘시키기 위해, Cr의 함유량을 19.6% 이상, 바람직하게는 20.0% 이상, 보다 바람직하게는 20.4% 이상으로 한다. 한편, Cr의 함유량이 너무 많으면, 열간 가공 균열을 초래하거나, 정련 공정의 비용 증가로 이어진다. 그 때문에, Cr의 함유량을 24.0% 이하, 바람직하게는 23.5% 이하, 보다 바람직하게는 23.0% 이하로 한다.

[0043] <Mo : 0.01~1.00%>

[0044] Mo는, 내식성을 향상시키는 원소이다. 이 효과를 발휘시키기 위해, Mo의 함유량을 0.01% 이상, 바람직하게는 0.03% 이상, 보다 바람직하게는 0.05% 이상으로 한다. 한편, Mo의 함유량이 너무 많으면, 원료 비용이 상승되어 버린다. 그 때문에, Mo의 함유량을 1.00% 이하, 바람직하게는 0.80% 이하, 보다 바람직하게는 0.50% 이하로 한다.

[0045] <Cu : 0.01~1.20%>

[0046] Cu는, Mn 및 Ni와 마찬가지로 오스테나이트 생성 원소이며, 질화물의 석출을 억제하여 내식성을 향상시키는 효과를 갖는다. 이들 효과를 발휘시키기 위해, Cu의 함유량을 0.01% 이상, 바람직하게는 0.05% 이상, 보다 바람직하게는 0.10% 이상으로 한다. 한편, Cu의 함유량이 너무 많으면, 원료 비용의 상승을 초래하는 것 이외에, 열간 가공성도 저하된다. 그 때문에, Cu의 함유량을 1.20% 이하, 바람직하게는 1.00% 이하, 보다 바람직하게는 0.80% 이하로 한다.

[0047] <N : 0.010~0.090%>

[0048] N은, C와 마찬가지로, 오스테나이트상의 안정도에 큰 영향을 미치는 원소이다. 또, N은 고용되어 내식성을 높이는 원소이기도 하다. 이들 효과를 발휘시키기 위해, N의 함유량을 0.010% 이상, 바람직하게는 0.020% 이상으로 한다. 한편, N의 함유량이 너무 많으면, 연성이 저하됨과 더불어, Cr 질화물의 석출에 의해 내식성도 저하된다. 그 때문에, N의 함유량을 0.090% 이하, 바람직하게는 0.080% 이하, 보다 바람직하게는 0.075% 이하로 한다.

[0049] <C+N : 0.130% 미만>

[0050] C 및 N의 합계 함유량이 많아지면, 예민화에 의해 내식성이 저하되거나, 고강도화에 의해 연성이 저하된다. 그 때문에, C 및 N의 합계 함유량을 0.130% 미만, 바람직하게는 0.120% 미만, 보다 바람직하게는 0.110% 이하로 한다. 또한, C 및 N의 합계 함유량의 하한값은, 특별히 한정되지 않지만, 바람직하게는 0.010%, 바람직하게는 0.020%, 보다 바람직하게는 0.030%이다.

[0051] <Nb : 0.010~0.500%>

[0052] Nb는, 질화물(NbN)이나 탄화물(NbC)을 형성하고, 가공성을 향상시키는 효과를 갖는다. 이 효과를 발휘시키기 위해, Nb의 함유량을 0.010% 이상, 바람직하게는 0.015% 이상, 보다 바람직하게는 0.020% 이상으로 한다. 한편, Nb의 함유량이 너무 많으면, 연성이 저하된다. 그 때문에, Nb의 함유량을 0.500% 이하, 바람직하게는 0.300% 이하, 보다 바람직하게는 0.200% 이하로 한다.

[0053] <Ti : 0.01~0.50%>

[0054] Ti도, Nb와 마찬가지로, 질화물(TiN)이나 탄화물(TiC)을 형성하고, 가공성을 향상시키는 효과를 갖는다. 이 효과를 발휘시키기 위해, Ti의 함유량을 0.01% 이상, 바람직하게는 0.015% 이상, 보다 바람직하게는 0.02% 이상으로 한다. 한편, Ti의 함유량이 너무 많으면, 연성이 저하된다. 그 때문에, Ti의 함유량을 0.50% 이하, 바람직하게는 0.30% 이하, 보다 바람직하게는 0.20% 이하로 한다.

[0055] <V : 0.01~0.50%>

[0056] V는, 질화물을 형성하고, 가공성을 향상시키는 효과를 갖는다. 이 효과를 발휘시키기 위해, V의 함유량을 0.01% 이상, 바람직하게는 0.03% 이상, 보다 바람직하게는 0.05% 이상으로 한다. 한편, V의 함유량이 너무 많으면 연성 및 열간 가공성이 저하되어 버린다. 그 때문에, V의 함유량을 0.50% 이하, 바람직하게는 0.45% 이하, 보다 바람직하게는 0.40% 이하로 한다.

[0057] <W : 0.05~0.50%>

[0058] W는, 내식성을 향상시키는데 유효한 원소이다. 이 효과를 발휘시키기 위해, W의 함유량을 0.05% 이상, 바람직하게는 0.08% 이상, 보다 바람직하게는 0.10% 이상으로 한다. 한편, W의 함유량이 너무 많으면, 연성이 저하된다. 그 때문에, W의 함유량을 0.50% 이하, 바람직하게는 0.45% 이하, 보다 바람직하게는 0.40% 이하로 한다.

[0059] <Co : 0.01~0.30%>

[0060] Co는, 고온 강도를 높여, 열간 가공성을 향상시키는데 유효한 원소이다. 이들 효과를 발휘시키기 위해, Co의 함유량을 0.01% 이상, 바람직하게는 0.03% 이상, 보다 바람직하게는 0.05% 이상으로 한다. 한편, Co의 함유량이 너무 많으면, 인성이 저하된다. 그 때문에, Co의 함유량을 0.30% 이하, 바람직하게는 0.25% 이하, 보다 바람직하게는 0.20% 이하로 한다.

[0061] <B : 0.0002~0.0050%>

[0062] B는, 입계에 편석하여 열간 가공성을 향상시키는 원소이다. 이 효과를 발휘시키기 위해, B의 함유량을 0.0002% 이상, 바람직하게는 0.0010% 이상, 보다 바람직하게는 0.0015% 이상으로 한다. 한편, B의 함유량이 너무 많으면, 내식성이 현저하게 저하된다. 그 때문에, B의 함유량을 0.0050% 이하, 바람직하게는 0.0040% 이하, 보다 바람직하게는 0.0030% 이하로 한다.

[0063] <Sn : 0.010~0.500%>

[0064] Sn은, 내식성을 향상시키는 원소이다. 이 효과를 발휘시키기 위해, Sn의 함유량을 0.010% 이상, 바람직하게는 0.020% 이상, 보다 바람직하게는 0.030% 이상으로 한다. 한편, Sn의 함유량이 너무 많으면, 열간 가공성이 저하되어 버린다. 그 때문에, Sn의 함유량을 0.500% 이하, 바람직하게는 0.450% 이하, 보다 바람직하게는 0.400% 이하로 한다.

[0065] <Al : 0.010~0.050%>

[0066] Al은, 탈황 및 탈산에 유효한 원소이다. 이들 효과를 발휘시키기 위해, Al의 함유량을 0.010% 이상, 바람직하게는 0.015% 이상, 보다 바람직하게는 0.020% 이상으로 한다. 한편, Al의 함유량이 너무 많으면, 제조 결함의 증가 및 원료 비용의 증가를 초래한다. 그 때문에, Al의 함유량을 0.050% 이하, 바람직하게는 0.045% 이하, 보다 바람직하게는 0.040% 이하로 한다.

[0067] <Mg : 0.0002~0.0100%>

[0068] Mg는, 탈산뿐만 아니라, 응고 조직을 미세화하는 효과를 갖는 원소이다. 이들 효과를 발휘시키기 위해서는, Mg의 함유량을 0.0002% 이상, 바람직하게는 0.0005% 이상, 보다 바람직하게는 0.0010% 이상으로 한다. 한편, Mg의 함유량이 너무 많으면, 원료 비용의 증가로 이어진다. 그 때문에, Mg의 함유량을 0.0100% 이하, 바람직하게는 0.0095% 이하, 보다 바람직하게는 0.0090% 이하로 한다.

[0069] <Ca : 0.0002~0.0100%>

[0070] Ca는, 탈황 및 탈산에 유효한 원소이다. 이들 효과를 발휘시키기 위해, Ca의 함유량을 0.0002% 이상, 바람직하게는 0.0005% 이상, 보다 바람직하게는 0.0010% 이상으로 한다. 한편, Ca의 함유량이 너무 많으면, 열간 가공 균열이 발생하기 쉬워짐과 더불어 내식성도 저하된다. 그 때문에, Ca의 함유량을 0.0100% 이하, 바람직하게는 0.0080% 이하, 보다 바람직하게는 0.0050% 이하로 한다.

[0071] <Ta : 0.050% 이하>

[0072] Ta는, 개재물의 개질에 의해 내식성을 향상시키는 원소이다. 단, Ta의 함유량이 너무 많으면, 상온 연성의 저하나 인성의 저하를 초래한다. 그 때문에, Ta의 함유량은 0.050% 이하, 바람직하게는 0.045% 이하, 보다 바람직하게는 0.040% 이하로 한다. 한편, Ta의 함유량의 하한값은 특별히 한정되지 않지만, Ta에 의한 효과를 발휘

시키기 위해서는, 바람직하게는 0.001%, 보다 바람직하게는 0.003%이다.

[0073] <Ga : 0.050% 이하>

[0074] Ga는, 내식성의 향상이나 수소 취화를 억제하는 원소이다. 단, Ga의 함유량이 너무 많으면, 가공성이 저하된다. 그 때문에, Ga의 함유량은 0.050% 이하, 바람직하게는 0.040% 이하, 보다 바람직하게는 0.030% 이하로 한다. 한편, Ga의 함유량의 하한값은 특별히 한정되지 않지만, Ga에 의한 효과를 발휘시키기 위해서는, 바람직하게는 0.001%, 보다 바람직하게는 0.003%이다.

[0075] <Zr : 0.01~0.50%>

[0076] Zr은, Nb 및 Ti와 유사한 작용이 있음과 더불어, 내산화성을 향상시키는 원소이다. 그들 효과를 발휘시키기 위해, Zr의 함유량을 0.01% 이상, 바람직하게는 0.03% 이상, 보다 바람직하게는 0.05% 이상으로 한다. 한편, Zr의 함유량이 너무 많으면, 연성의 저하에 더하여 원료 비용의 증가를 초래한다. 그 때문에, Zr의 함유량을 0.50% 이하, 바람직하게는 0.40% 이하, 보다 바람직하게는 0.30% 이하로 한다.

[0077] <REM : 0.0002~0.0100%>

[0078] REM(희토류)은, 열간 가공성을 향상시키는데 유효한 원소이다. 이 효과를 발휘시키기 위해, REM의 함유량을 0.0002% 이상, 바람직하게는 0.0005% 이상, 보다 바람직하게는 0.0010% 이상으로 한다. 한편, REM의 함유량이 너무 많으면, 제조성을 저해함과 더불어 비용 증가를 초래한다. 그 때문에, REM의 함유량을 0.0100% 이하, 바람직하게는 0.0090% 이하, 보다 바람직하게는 0.0080% 이하로 한다.

[0079] 또한, REM은, Sc, Y 및 La~Lu까지의 15원소(란타노이드)의 총칭이다. REM으로서, 이들 원소를 단독 또는 2종 이상을 조합하여 이용할 수 있다.

[0080] 본 발명의 실시 형태에 따른 2상 스테인리스 강재는, 하기 식 (1)로 표시되는 Md의 값이 50.0~150.0℃, 바람직하게는 55.0~140.0℃, 보다 바람직하게는 60.0~130.0℃, 더 바람직하게는 70.0~120.0℃이다.

[0081] $Md=551-462(C+N)-9.2Si-8.1Mn-29(Ni+Cu)-13.7Cr-18.5Mo \quad \cdots(1)$

[0082] 식 (1) 중, 원소 기호는 각 원소의 함유량(질량%)을 나타낸다.

[0083] 여기서, Md는, 오스테나이트상의 안정도를 나타내는 지표이다. Md의 값이 클수록(고온일수록) 오스테나이트상이 불안정한 것을 의미한다. Md의 값이 50.0℃ 미만이면, 오스테나이트상의 안정도가 너무 높기 때문에, 오스테나이트상을 가공 유기 마르텐사이트상으로 변태시키기 어려워져, 원하는 강도 및 연성이 얻어지지 않는다. 한편, Md의 값이 150.0℃를 초과하면, 오스테나이트상으로부터 변태하는 가공 유기 마르텐사이트상의 양이 많아지기 때문에, 과도하게 고강도화해 버려, 원하는 연성이 얻어지지 않는다.

[0084] 본 발명의 실시 형태에 따른 2상 스테인리스 강재는, 오스테나이트상이 25~49체적%, 바람직하게는 25~47체적%, 보다 바람직하게는 25~40체적%, 더 바람직하게는 26~38체적%, 특히 바람직하게는 28~37체적%인 금속 조직을 갖는다. 오스테나이트상이 25체적% 미만이면, 페라이트상의 비율이 높아지기 때문에, 원하는 연성이 얻어지지 않는다. 한편, 오스테나이트상이 49체적%를 초과하면, 과도하게 고강도화해 버려, 원하는 연성이 얻어지지 않는다. 또, 오스테나이트상을 40체적% 이하로 제어함으로써, 페라이트상의 평균 입자경이 크게 제어하기 쉬워진다.

[0085] 여기서, 본 명세서에 있어서, 2상 스테인리스 강재 중의 오스테나이트상의 비율은, EBSD(후방 산란 전자 회절)를 이용하여 구할 수 있다. 구체적으로는, 2상 스테인리스 강재의 압연 방향으로 평행한 두께 방향 단면을 경면 연마한 시료를 이용하여 EBSD 측정을 행한다. 이 EBSD 측정으로 얻어진 데이터에 대해서, 해석 소프트를 이용하여 비교 맵을 작성하고, 페라이트상과 오스테나이트상을 분리하여, 오스테나이트상의 비율을 구하면 된다.

[0086] 오스테나이트상은, 상기 식 (1)로 표시되는 Md의 값이, 35.0~100.0℃, 바람직하게는 40.0~95.0℃, 보다 바람직하게는 50.0~90.0℃, 더 바람직하게는 52.0~85.0℃, 특히 바람직하게는 53.0~80.0℃이다. 오스테나이트상의 Md의 값이 35.0℃ 미만이면, 오스테나이트상을 가공 유기 마르텐사이트상으로 변태시키기 어려워져, 원하는 강도 및 연성이 얻어지기 어렵다. 한편, 오스테나이트상의 Md의 값이 100.0℃을 초과하면, 오스테나이트상으로부터 변태하는 가공 유기 마르텐사이트상의 양이 많아지기 때문에, 과도하게 고강도화해 버려, 원하는 연성이 얻어지기 어렵다.

[0087] 여기서, 본 명세서에 있어서, 오스테나이트상의 Md의 산출에 이용되는 오스테나이트상 중의 각 원소의

함유량은, EPMA(전자선 프로브 마이크로 애널라이저)에 의해 측정할 수 있다. 구체적으로는, 압연 방향으로 평행한 2상 스테인리스 강재의 두께 방향 단면을 경면 연마한 시료를 이용하고, EPMA에 의해 정성(定性) 분석을 행한다. C 및 N은, 오스테나이트상에 농화되는 특징이 있기 때문에, 단면 전체에 대해서 C 또는 N의 정성 매핑을 행하여 오스테나이트상을 특정한다. 그리고, 페라이트상에 전자 빔이 닿지 않도록 하여 오스테나이트상의 거의 중심부에 있어서, C, N, Si, Mn, Cr, Ni, Cu 및 Mo를 정량 분석한다. 정량 분석은 3점 이상에서 행하고, 그 평균값을 각 원소의 함유량의 결과로 한다.

[0088] 본 발명의 실시 형태에 따른 2상 스테인리스 강재는, 페라이트상의 평균 입자경이, 바람직하게는 7.0㎛ 이상, 보다 바람직하게는 7.1㎛ 이상, 더 바람직하게는 7.2㎛ 이상이다. 페라이트상의 평균 입자경이 7.0㎛ 미만이면, 원하는 연성이 얻어지기 어렵다. 페라이트상의 평균 입자경의 상한은, 특별히 한정되지 않지만, 전형적으로 20.0㎛, 바람직하게는 18.0㎛, 보다 바람직하게는 15.0㎛이다.

[0089] 여기서, 본 명세서에 있어서, 2상 스테인리스 강재 중의 페라이트상의 평균 입자경은, EBSD 측정에 의해 구할 수 있다. 구체적으로는, 2상 스테인리스 강재의 압연 방향으로 평행한 두께 방향 단면을 경면 연마한 시료를 이용하여 EBSD 측정을 행한다. 이 EBSD 측정으로 얻어진 데이터에 대해서, Area fraction법에 따라 페라이트상(BCC)의 결정립의 면적을 구할 수 있다.

[0090] 본 발명의 실시 형태에 따른 2상 스테인리스 강재는, 하기 식 (2)로 표시되는 DF의 값이, 바람직하게는 50.0~80.0, 보다 바람직하게는 54.0~80.0, 더 바람직하게는 60.0~80.0, 특히 바람직하게는 63.0~78.0, 가장 바람직하게는 65.0~75.0이다.

[0091] $$DF=7.2(Cr+0.88Mo+0.78Si)-8.9(Ni+0.03Mn+0.72Cu+22C+21N)-44.9 \quad \cdots(2)$$

[0092] 식 (2) 중, 원소 기호는 각 원소의 함유량(질량%)을 나타낸다.

[0093] 여기서, DF는, 페라이트상의 양을 나타내는 지표이다. 그 때문에, 100-DF는, 오스테나이트상의 양이 된다. 단, DF는 원소의 함유량에 의거하여 결정되는 지표이기 때문에, 실제로 측정되는 오스테나이트상의 양과는 일치하지 않음에 유의해야 한다. DF의 값이 50.0 미만이면, 과도하게 고강도화해 버려, 원하는 연성이 얻어지기 어렵다. 한편, DF의 값이 80.0을 초과하면, 페라이트상의 비율이 높아지기 때문에, 원하는 연성이 얻어지기 어렵다.

[0094] 본 발명의 실시 형태에 따른 2상 스테인리스 강재는, 인장 강도가 800MPa 이하인 것이 바람직하고, 790MPa 이하인 것이 보다 바람직하며, 780MPa 이하인 것이 더 바람직하다. 이러한 범위의 인장 강도이면, 종래의 2상 스테인리스 강재에 비해 연질이라고 할 수 있기 때문에, 원하는 연성을 확보할 수 있다. 또한, 인장 강도의 하한값은, 특별히 한정되지 않지만, 일반적으로 500MPa, 바람직하게는 550MPa이다.

[0095] 여기서, 2상 스테인리스 강재의 인장 강도는, JIS Z2241：2011에 준거하여 측정할 수 있다.

[0096] 본 발명의 실시 형태에 따른 2상 스테인리스 강재는, 균일 신장률이 30.0% 이상인 것이 바람직하고, 31.0% 이상인 것이 보다 바람직하며, 32.0% 이상인 것이 더 바람직하다. 이러한 범위의 균일 신장률이면, 종래의 2상 스테인리스 강재에 비해 연성이 우수하다고 할 수 있다. 또한, 균일 신장률의 상한값은, 특별히 한정되지 않지만, 일반적으로 50.0%, 바람직하게는 48.0%, 보다 바람직하게는 45.0%이다.

[0097] 여기서, 2상 스테인리스 강재의 균일 신장률은, JIS Z2241：2011에 준거하여 측정할 수 있다. 또한, 균일 신장률은, 최대 인장 하중에 대한 영구 신장률로서 구해진다.

[0098] 본 발명의 실시 형태에 따른 2상 스테인리스 강재는, 3.3×10^{-4}~8.3×10^{-3} s^{-1}의 변형 속도로 인장 시험을 행했을 때에, 20~25%의 변형 영역의 n값에 대한 15~20%의 변형 영역의 n값의 n값비가 0.80 이하인 것이 바람직하고, 0.79 이하인 것이 보다 바람직하다. 이 범위의 n값비이면, 일반적인 가공 조건에 있어서 연성이 우수하다고 할 수 있다. 또한, n값비의 하한은, 특별히 한정되지 않지만, 일반적으로 0.01, 바람직하게는 0.10이다. 또, 변형 속도는, 가공 발열에 영향을 주기 때문에, TRIP 효과의 크기를 변동시킨다. 예를 들면, 변형 속도가 크면, 가공 발열이 커지기 때문에, TRIP 효과가 작아져 연성이 저하된다.

[0099] 여기서, 2상 스테인리스 강재의 n값은, JIS Z2241：2011에 준거하여 측정할 수 있다.

[0100] 본 발명의 실시 형태에 따른 2상 스테인리스 강재는, 0.2% 내력이 480MPa 이하인 것이 바람직하고, 470MPa 이하인 것이 보다 바람직하다. 이러한 범위의 0.2% 내력이면, 2상 스테인리스 강재가 연질이라고 할 수 있다. 또한, 0.2% 내력의 하한값은, 특별히 한정되지 않지만, 일반적으로 300MPa, 바람직하게는 350MPa이다.

[0101] 여기서, 2상 스테인리스 강재의 0.2% 내력은, JIS Z2241：2011에 준거하여 측정할 수 있다.

[0102] 본 발명의 실시 형태에 따른 2상 스테인리스 강재는, 열연재여도 되고 냉연재여도 된다. 또, 열연재 또는 냉연재에는 소둔이나 산 세정이 실시되어 있어도 된다.

[0103] 본 발명의 실시 형태에 따른 2상 스테인리스 강재의 두께는, 용도에 따라 적절히 조정하면 되고 특별히 한정되지 않지만, 일반적으로 5.0mm 이하, 바람직하게는 4.0mm 이하, 보다 바람직하게는 3.0mm 이하이다. 또한, 2상 스테인리스 강재가 막대 형상인 경우, 두께는 단면의 원상당경을 의미한다. 또, 2상 스테인리스 강재가 형강인 경우, 두께는 단면의 임의의 개소의 두께를 의미한다.

[0104] 본 발명의 실시 형태에 따른 2상 스테인리스 강재는, 예를 들면, 이하의 2개의 양태 A 및 B로 할 수 있다.

[0105] ＜양태 A＞

[0106] [A1] 질량 기준으로, C：0.001~0.050%, Si：0.01% 이상 0.50% 미만, Mn：1.0~4.5%, P：0.050% 이하, S：0.030% 이하, Ni：1.5~3.5%, Cr：19.6~24.0%, Mo：0.01~1.00%, Cu：0.01~1.20%, N：0.010~0.090%를 포함하고, C+N이 0.130% 미만이며, 잔부가 Fe 및 불순물로 이루어지는 조성을 갖고,

[0107] 하기 식 (1)：

[0108] $Md=551-462(C+N)-9.2Si-8.1Mn-29(Ni+Cu)-13.7Cr-18.5Mo$ ···(1)

[0109] (식 중, 원소 기호는 각 원소의 함유량(질량%)을 나타낸다)로 표시되는 Md의 값이 50.0~150.0℃이며,

[0110] 오스테나이트상이 25~49체적%인 금속 조직을 갖고,

[0111] 상기 오스테나이트상의 상기 식 (1)로 표시되는 Md의 값이 35.0~100.0℃인, 2상 스테인리스 강재.

[0112] [A2] 질량 기준으로, Nb：0.010~0.500%, Ti：0.01~0.50%, V：0.01~0.50%, W：0.05~0.50%, Co：0.01~0.30%, B：0.0002~0.0050%, Sn：0.010~0.500%, Al：0.010~0.050%, Mg：0.0002~0.0100%, Ca：0.0002~0.0100%, Ta：0.050% 이하, Ga：0.050% 이하, Zr：0.01~0.50%, REM：0.0002~0.0100%로부터 선택되는 1종 이상을 더 포함하는, [A1]에 기재된 2상 스테인리스 강재.

[0113] [A3] 하기 식 (2)：

[0114] $DF=7.2(Cr+0.88Mo+0.78Si)-8.9(Ni+0.03Mn+0.72Cu+22C+21N)-44.9$ ···(2)

[0115] (식 중, 원소 기호는 각 원소의 함유량(질량%)을 나타낸다)로 표시되는 DF의 값이 50.0~80.0인, [A1] 또는 [A2]에 기재된 2상 스테인리스 강재.

[0116] [A4] 이하의 특성 (a) 및 (b)：

[0117] (a) 인장 강도가 800MPa 이하이다

[0118] (b) 균일 신장률이 30.0% 이상이다

[0119] 중 적어도 1개를 만족하는, [A1]~[A3] 중 어느 하나에 기재된 2상 스테인리스 강재.

[0120] ＜양태 B＞

[0121] [B1] 질량 기준으로, C：0.001~0.040%, Si：0.01~0.50%, Mn：1.0~4.5%, P：0.050% 이하, S：0.030% 이하, Ni：1.5~3.5%, Cr：19.6~24.0%, Mo：0.01~1.00%, Cu：0.01~1.20%, N：0.010~0.080%를 포함하고, C+N이 0.120% 미만이며, 잔부가 Fe 및 불순물로 이루어지는 조성을 갖고,

[0122] 하기 식 (1)：

[0123] $Md=551-462(C+N)-9.2Si-8.1Mn-29(Ni+Cu)-13.7Cr-18.5Mo$ ···(1)

[0124] (식 중, 원소 기호는 각 원소의 함유량(질량%)을 나타낸다)로 표시되는 Md의 값이 50.0~150.0℃이며,

[0125] 오스테나이트상이 25~40체적%인 금속 조직을 갖고,

[0126] 상기 오스테나이트상의 상기 식 (1)로 표시되는 Md의 값이 35.0~100.0℃이며,

[0127] 페라이트상의 평균 입자경이 7.0㎛ 이상인, 2상 스테인리스 강재.

[0128] [B2] 질량 기준으로, Nb : 0.010~0.500%, Ti : 0.01~0.50%, V : 0.01~0.50%, W : 0.05~0.50%, Co : 0.01~0.30%, B : 0.0002~0.0050%, Sn : 0.010~0.500%, Al : 0.010~0.050%, Mg : 0.0002~0.0100%, Ca : 0.0002~0.0100%, Ta : 0.050% 이하, Ga : 0.050% 이하, Zr : 0.01~0.50%, REM : 0.0002~0.0100%로부터 선택되는 1종 이상을 더 포함하는, [B1]에 기재된 2상 스테인리스 강재.

[0129] [B3] 상기 오스테나이트상의 상기 식 (1)로 표시되는 Md의 값이 50.0~90.0℃인, [B1] 또는 [B2]에 기재된 2상 스테인리스 강재.

[0130] [B4] 하기 식 (2) :

[0131] $DF=7.2(Cr+0.88Mo+0.78Si)-8.9(Ni+0.03Mn+0.72Cu+22C+21N)-44.9$ ···(2)

[0132] (식 중, 원소 기호는 각 원소의 함유량(질량%)을 나타낸다)로 표시되는 DF의 값이 60.0~80.0인, [B1]~[B3] 중 어느 하나에 기재된 2상 스테인리스 강재.

[0133] [B5] 3.3×10^{-4}~8.3×10^{-3} s^{-1}의 변형 속도로 인장 시험을 행했을 때에, 20~25%의 변형 영역의 n값에 대한 15~20%의 변형 영역의 n값의 n값비가 0.80 이하인, [B1]~[B4] 중 어느 하나에 기재된 2상 스테인리스 강재.

[0134] 본 발명의 실시 형태에 따른 2상 스테인리스 강재의 제조 방법은, 상기의 특징을 갖는 2상 스테인리스 강재를 제조 가능한 방법이면 특별히 한정되지 않는다.

[0135] 이하, 본 발명의 실시 형태에 따른 2상 스테인리스 강재(특히, 양태 A 및 B의 2상 스테인리스 강재)의 제조 방법의 일례에 대해서 각각 설명한다.

[0136] 양태 A 및 양태 B의 2상 스테인리스 강재는, 상기의 조성을 갖는 스테인리스 강을 진공 용해로 용제하여 강 슬래브로 한 후, 열간 압연하여 소둔하고, 그 다음에 냉간 압연 및 마무리 소둔을 행함으로써 제조할 수 있다. 이 제조 방법에서는, 특히, 열처리의 조건을 제어하는 것이 열쇠가 된다. 각 양태의 구체적인 제조 방법에 대해서 설명한다.

[0137] <양태 A>

[0138] 2상 스테인리스 강재에 있어서, 오스테나이트상의 비율 및 Md를 소정의 범위로 제어하기 위해서는, 열처리(소둔)의 조건(승온 속도, 도달 온도, 유지 시간 및 냉각 속도)을 제어할 필요가 있다. 이들 조건은 모두 탄소 및 질소의 고용 상태에 영향을 준다. 또, 도달 온도는 열역학적인 오스테나이트량의 변동에 영향을 준다. 또한, 도달 온도 및 유지 시간의 제어는, 조직 전체를 충분히 재결정시키는 것도 목적으로 하고 있다.

[0139] 탄소 및 질소의 고용은, 오스테나이트상의 비율(생성량) 및 Md에 영향을 주기 때문에, 탄화물이나 질화물로서 많이 존재하면, 오스테나이트상의 비율 및 Md를 소정의 범위로 제어할 수 없게 된다. 그래서, 열처리(소둔) 공정에 있어서, 승온 및 냉각 중의 탄화물이나 질화물의 석출을 억제하면서, 도달 온도에서의 유지에 의해서 미고용 탄화물이나 질화물을 충분히 용해시킬 필요가 있다. 또, 오스테나이트상의 비율에 따라 오스테나이트상을 구성하는 원소(특히, 탄소 및 질소)의 농도가 변화되고, 그것에서 유래하는 Md가 변동하기 때문에, 도달 온도를 조정하여 오스테나이트상의 비율을 제어할 필요도 있다.

[0140] 열간 압연의 조건은, 특별히 한정되지 않고, 상법에 준하여 행하면 된다.

[0141] 열간 압연 후의 소둔은, 승온 속도를 20℃/초 이상으로 하고, 1050~1150℃의 도달 온도에서 10초 이상 유지한 후, 20℃/초 이상의 냉각 속도로 400℃ 이하까지 냉각한다. 이러한 조건으로 소둔을 행하는 것은, 열간 압연 후의 냉각 중에 석출된 탄화물 및 질화물을 충분히 용해하며, 또한 소둔 후의 냉각 과정에서의 탄화물 및 질화물의 석출을 억제하기 때문이다. 특히, 도달 온도가 1050℃보다 낮으면, 탄화물 및 질화물의 고용이 불충분해지고, 오스테나이트상의 비율도 너무 많아진다. 또, 도달 온도가 1150℃보다 높으면, 탄화물 및 질화물이 충분히 고용되지만, 오스테나이트의 비율이 너무 적어진다. 또한, 페라이트상 중에도 일정량의 탄소나 질소가 고용되고, 고용 한계가 작은 페라이트상에서 냉각 중에 석출물을 형성하여 내식성을 열화시킬 우려도 있다.

[0142] 냉간 압연의 조건은, 특별히 한정되지 않지만, 압연율을 50~90%로 하는 것이 바람직하다. 압연율을 50% 이상으로 하는 것은, 탄화물이나 석출물을 파쇄 또는 신장시켜 표면적을 확대함으로써, 열처리에서의 고용을 촉진할 수 있기 때문이다. 또, 압연율을 90% 이하로 하는 것은, 과도한 압연에 의한 에지 크랙을 억제하기 때문이다. 이 효과를 안정적으로 얻는 관점에서, 압연율은 85% 이하가 보다 바람직하다.

[0143] 냉간 압연을 2회 이상 행하는 경우, 각각의 냉간 압연 사이에서 중간 소둔을 행해도 된다. 중간 소둔을 행하는

경우, 그 조건은, 열간 압연 후의 소둔 조건에 준하여 행하면 된다.

[0144] 마무리 소둔의 조건은, 승온 속도를 20℃/초 이상으로 하고, 1040~1120℃의 도달 온도에서 5초 이상 유지한 후, 30℃/초 이상의 냉각 속도로 850℃ 이하까지 냉각하고, 20℃/초 이상의 냉각 속도로 400℃ 이하까지 냉각한다. 이러한 조건으로 마무리 소둔을 행하는 것은, 승온 중의 탄화물 및 질화물의 석출 억제, 재결정의 완료, 탄화물 및 질화물의 고용, 오스테나이트상의 비율의 제어, 냉각 중의 오스테나이트상의 비율의 변동 억제, 및 탄화물 및 질화물의 재석출 억제를 위해서이다.

[0145] <양태 B>

[0146] 2상 스테인리스 강재에 있어서, 페라이트상의 평균 입자경을 소정의 범위로 제어하기 위해서는, 열간 압연 시의 조건(최종 패스 직후의 온도, 냉각 속도)을 제어할 필요가 있다. 또, 오스테나이트상의 비율 및 Md를 소정의 범위로 제어하기 위해서는, 열처리(소둔)의 조건(승온 속도, 도달 온도, 유지 시간 및 냉각 속도)을 제어할 필요가 있다. 이들 조건은 모두 탄소 및 질소의 고용 상태에 영향을 준다. 또, 도달 온도는 열역학적인 오스테나이트량의 변동에 영향을 준다. 또한, 도달 온도 및 유지 시간의 제어는, 조직 전체를 충분히 재결정시키는 것도 목적으로 하고 있다.

[0147] 탄소 및 질소의 고용은, 오스테나이트상의 비율(생성량) 및 Md에 영향을 주기 때문에, 탄화물이나 질화물로서 많이 존재하면, 오스테나이트상의 비율 및 Md를 소정의 범위로 제어할 수 없게 된다. 그래서, 열처리(소둔) 공정에 있어서, 승온 및 냉각 중의 탄화물이나 질화물의 석출을 억제하면서, 도달 온도에서의 유지에 의해 미고용 탄화물이나 질화물을 충분히 용해시킬 필요가 있다. 또, 오스테나이트상의 비율에 따라 오스테나이트상을 구성하는 원소(특히, 탄소 및 질소)의 농도가 변화되고, 거기에서 유래하는 Md가 변동하기 때문에, 도달 온도를 조정하여 오스테나이트상의 비율을 제어할 필요도 있다.

[0148] 열간 압연은, 최종 패스 직후의 온도를 1030℃ 이상으로 하고, 그 후, 냉각 속도 20℃/초 이상으로 800℃까지 냉각을 행한다. 이러한 조건으로 열간 압연을 행함으로써, 페라이트상의 결정립을 조대화시켜 소정의 범위로 제어할 수 있다.

[0149] 여기서, 페라이트상의 결정립이 작아지는 이유는 주로 2점 있다. 제1점은, 열간 압연 변형의 축적에 의한 열간 압연 중 또는 그 후의 소둔 시의 재결정이다. 열간 압연의 온도가 낮을수록, 변형이 축적되어 재결정을 유발하고, 페라이트상의 결정립이 미세화되기 쉽다는 점에서, 그것이 일어나기 어려운 최종 패스 직후의 온도까지 높이는 것이 필요하다. 제2점은, 오스테나이트상의 생성에 의한 페라이트상의 결정립의 성장 억제이다. 페라이트상의 결정 입계 중에 오스테나이트상이 석출되면, 페라이트상의 결정 입계의 움직임이 둔해져, 결정립 성장이 억제된다. 오스테나이트상은, 900℃ 부근을 피크로 온도가 높을수록 감소하기 때문에, 고온일수록 페라이트상의 결정립은 성장하기 쉽다. 한편, 열간 압연의 온도를 고온 유지하기 위해서는, 열간 압연 전의 슬래브의 가열 온도를 높이는 것이나, 압연 속도를 증가시켜 방열 시간을 단축하는 것이 유효하지만, 연료 비용 증가나 제조 곤란성이 높아진다. 그래서, 이들 사정을 고려하여, 열간 압연의 최종 패스 온도의 하한을 1030℃로 했다.

[0150] 열간 압연 후의 소둔은, 승온 속도를 20℃/초 이상으로 하고, 1080~1150℃의 도달 온도에서 10초 이상 유지한 후, 20℃/초 이상의 냉각 속도로 400℃ 이하까지 냉각한다. 이러한 조건으로 소둔을 행하는 것은, 열간 압연 후의 냉각 중에 석출된 탄화물 및 질화물을 충분히 고용하며, 또한 소둔 후의 냉각 과정에서의 탄화물 및 질화물의 석출을 억제하기 때문이다. 또, 오스테나이트상의 비율을 비교적 적게 하여, 페라이트상의 결정립 성장의 억제를 경감하고, 페라이트상의 결정립을 조대화시키기 쉽게 한다. 특히, 도달 온도가 1080℃보다 낮으면, 탄화물 및 질화물의 고용이 불충분해지고, 오스테나이트상의 비율도 너무 많아진다. 또, 도달 온도가 1150℃보다 높으면, 탄화물 및 질화물이 충분히 고용되지만, 오스테나이트의 비율이 너무 적어진다. 또한, 페라이트상 중에도 일정량의 탄소나 질소가 고용되고, 고용 한계가 작은 페라이트상에서 냉각 중에 석출물을 형성하여 내식성을 열화시킬 우려도 있다.

[0151] 냉간 압연의 조건은, 특별히 한정되지 않지만, 압연율을 50~80%로 하는 것이 바람직하다. 압연율을 50% 이상으로 하는 것은, 탄화물 등의 석출물을 파쇄 또는 신장시켜 표면적을 확대함으로써, 열처리에서의 고용을 촉진할 수 있기 때문이다. 한편, 압연율을 80% 이하로 하는 것은, 과도한 압연에 의한 에지 크랙를 억제하기때문이다. 또, 압연 변형의 축적에 의해 마무리 소둔재의 조직이 너무 미세해지는 것을 억제하기 때문이기도 하다. 상술한 바와 같이, 변형이 많으면 재결정이 유발되어 결정립이 미세해지기 때문에, 이것을 회피한다. 이들 효과를 안정적으로 얻는 관점에서, 압연율은 75% 이하가 보다 바람직하다.

[0152] 냉간 압연을 2회 이상 행하는 경우, 각각의 냉간 압연 사이에서 중간 소둔을 행해도 된다. 중간 소둔을 행하는

경우, 그 조건은, 열간 압연 후의 소둔 조건에 준하여 행하면 된다.

[0153] 마무리 소둔의 조건은, 승온 속도를 20℃/초 이상으로 하고, 1000~1150℃의 도달 온도에서 5초 이상 유지한 후, 30℃/초 이상의 냉각 속도로 850℃ 이하까지 냉각하고, 20℃/초 이상의 냉각 속도로 400℃ 이하까지 냉각한다. 이러한 조건으로 마무리 소둔을 행하는 것은, 승온 중의 탄화물 및 질화물의 석출 억제, 재결정의 완료, 탄화물 및 질화물의 고용, 오스테나이트상의 비율의 제어, 냉각 중의 오스테나이트상의 비율의 변동 억제, 그리고 탄화물 및 질화물의 재석출 억제를 위해서이다. 또, 냉간 압연까지의 조직 제어에 의해, 마무리 소둔에서는 페라이트상의 결정립이 조대화된 조직이 된다.

[0154] 본 발명의 실시 형태에 따른 2상 스테인리스 강재는, 종래의 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재에 비해 연질 또한 고연성이다. 그 때문에, 이 2상 스테인리스 강재는, 성형 가공 시에 과도한 고강도를 요인으로 하는 스프링 백을 억제할 수 있어, 형상 동결성도 양호하다. 또, 이 2상 스테인리스 강재는, SUS304 등의 범용 오스테나이트계 스테인리스 강재에 비해 고강도이며, 내식성도 우수하다. 따라서, 이 2상 스테인리스 강재는, 이들 특성이 요구되는 다양한 용도로 이용할 수 있다.

[0155] **실시예**

[0156] 이하에, 실시예를 들어 본 발명의 내용을 상세하게 설명하는데, 본 발명은 이들로 한정되어 해석되는 것은 아니다.

[0157] <양태 A의 실시예>

[0158] 2상 스테인리스 강재로서 냉연 소둔판을 제작했다. 구체적으로는, 표 1에 나타내는 강종(鋼種)의 조성(잔부는 Fe 및 불순물이다)을 갖는 스테인리스 강을 진공 용해로 용제하여 강 슬래브로 한 후, 상법에 따라 열간 압연하여 소둔했다. 소둔은, 승온 속도를 30℃/초로 하고, 1100℃의 도달 온도에서 180초 유지한 후, 25℃/초의 냉각 속도로 400℃ 이하까지 냉각했다. 다음에, 소둔 후의 열연판을 압연율 80%로 냉간 압연한 후, 마무리 소둔을 행하여, 두께가 1.0mm인 냉연 소둔판을 얻었다. 마무리 소둔은, 승온 속도를 30℃/초로 하고, 1080℃의 도달 온도에서 30초 유지한 후, 30℃/초의 냉각 속도로 850℃ 이하까지 냉각하고, 25℃/초의 냉각 속도로 400℃ 이하까지 냉각했다. 또한, 표 1에 있어서, Md 및 DF의 값은, 각 원소의 함유량에 의거하여 산출했다. 또, 표 1에 나타내는 강종 중, No.1-M 및 1-N이 기존의 2상 스테인리스 강재이다.

표 1

강종 No.	조성(질량%)												Md [℃]	DF
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	N	그 외	C+N		
1-A	0.030	0.20	2.8	0.031	0.004	2.4	21.3	0.10	0.55	0.061	--	0.091	105.2	67.3
1-B	0.021	0.30	2.9	0.033	0.002	2.6	23.0	0.20	0.45	0.073	--	0.094	74.1	79.1
1-C	0.025	0.02	2.9	0.030	0.001	2.5	21.4	0.05	0.55	0.053	--	0.078	108.7	68.3
1-D	0.040	0.21	3.8	0.019	0.001	2.2	22.1	0.10	0.71	0.055	Ti:0.11, Nb:0.022, V:0.18, Zr:0.12	0.095	85.4	72.8
1-E	0.020	0.01	2.0	0.039	0.002	2.5	21.5	0.01	0.50	0.060	Sn:0.070, Al:0.045 Co:0.18, Ta:0.011	0.080	116.0	68.9
1-F	0.020	0.01	3.0	0.035	0.001	2.3	21.4	0.01	0.20	0.075	Mg:0.0070, Ca:0.0012, REM:0.002	0.095	116.9	68.8
1-G	0.035	0.20	2.8	0.032	0.002	2.5	20.3	0.80	0.50	0.089	W:0.22, B:0.0015, Ga:0.006, REM:0.0090	0.124	89.3	57.8
1-H	0.030	0.10	3.1	0.030	0.001	1.0	21.0	0.05	0.48	0.120	--	0.150	124.1	66.1
1-I	0.024	0.20	3.2	0.038	0.001	2.4	24.1	0.06	0.55	0.040	--	0.064	76.8	92.2
1-J	0.040	0.21	2.8	0.016	0.001	5.4	18.6	0.12	0.30	0.050	B:0.0021, Ca:0.0013, Zr:0.11	0.090	62.5	23.1
1-K	0.026	0.30	1.5	0.029	0.002	1.4	19.5	0.13	0.10	0.075	Nb:0.015, Sn:0.004, Al:0.080	0.101	176.4	65.4
1-L	0.041	0.60	1.8	0.042	0.003	3.1	24.3	0.20	0.03	0.088	Ti:0.004, V:0.11, Mg:0.0050, REM:0.0080	0.129	44.1	82.0
1-M	0.014	0.54	0.8	0.033	0.001	6.8	25.2	3.04	0.21	0.144	W:0.02, Co:0.15, Sn:0.003, REM:0.0020	0.158	-138.2	67.1
1-N	0.019	0.60	5.3	0.030	0.002	1.4	21.7	0.33	0.23	0.236	V:0.17, Ta:0.012, Ga:0.004	0.255	33.2	53.4
1-O	0.023	0.30	4.2	0.030	0.002	3.4	22.1	0.32	0.23	0.056	V:0.17, Ta:0.012, Ga:0.004	0.079	63.8	70.1
밑줄은, 본 발명의 범위 밖인 것을 나타낸다.														

[0159]

[0160] 상기에서 얻어진 냉연 소둔판에 대해서, 이하의 평가를 행했다.

[0161] <2상 스테인리스 강재 중의 오스테나이트상(γ상)의 비율>

[0162] 냉연 소둔판으로부터 시험편을 잘라낸 후, 압연 방향으로 평행한 두께 방향 단면을 경면 연마하여 EBSD(후방 산란 전자 회절) 측정을 행했다. EBSD 측정은, 주사 전자 현미경으로 측정 소프트 TSL OIM Data Collection7(주식회사 TSL 솔루션즈)를 이용하여, 시험편의 두께 방향 중심부에 있어서 가로 세로 200μm의 영역을 스텝 사이즈 0.3μm로 측정했다. 다음에, EBSD 측정으로 얻어진 데이터에 대해서, 해석 소프트 TSL OIM Analysis7(주식회사 TSL 솔루션즈)를 이용하여 비교 맵을 작성하고, 페라이트상과 오스테나이트상을 분리했다. 그리고, 관찰 영역 전체에서 차지하는 오스테나이트상의 비율을 구했다.

[0163] <오스테나이트상(γ상)의 Md>

[0164] 냉연 소둔판으로부터 시험편을 잘라낸 후, 압연 방향으로 평행한 두께 방향 단면을 경면 연마하여 EPMA(전자선 프로브 마이크로 애널라이저)에 의한 성분 분석을 행했다. 구체적으로는, C 및 N은, 오스테나이트상에 농화되는 특징이 있기 때문에, 단면 전체에 대해서 C 또는 N의 정성 매핑을 행하여 오스테나이트상을 특정했다. 다음에, 페라이트상에 전자 빔이 닿지 않도록 오스테나이트상의 거의 중심부에 있어서, C, N, Si, Mn, Cr, Ni, Cu 및 Mo를 정량 분석했다. 측정 영역은 약 가로 세로 2μm의 영역으로 하고, 각 시험편에 있어서 3점 이상 측정하여, 그 평균값을 각 원소의 함유량의 결과로 했다. 또, EPMA의 측정은, 가속 전압 15kV, 전류 0.2μA, 스텝 사이즈 0.15μm의 조건으로 했다. 이와 같이 하여 얻어진 각 원소의 함유량에 의거하여 오스테나이트상의 Md를 산출했다.

[0165] <인장 강도 및 균일 신장률>

[0166] 냉연 소둔판으로부터 평행부가 압연 방향이 되도록 JIS 13B호 시험편을 잘라내고, 이 시험편을 이용하여 JIS Z2241：2011에 준거하여 인장 시험을 행했다. 인장 시험은, 대기 분위기하, 실온(25℃)에서 인장 속도 3mm/분의 조건으로 행했다. 인장 시험에서는, 최고 도달 강도를 인장 강도로 하고, 또 인장 강도까지의 신장률을 균일 신장률로 했다. 이 평가에 있어서, 인장 강도가 800MPa 이하이면 연질화되어 있다고 할 수 있으며, 또, 균일 신장률이 30.0% 이상이면 연성이 우수하다고 할 수 있다.

[0167] 상기의 평가 결과를 표 2에 나타낸다.

표 2

	강종 No.	γ상		인장 강도 [MPa]	균일 신장률 [%]
		비율 [체적%]	Md [°C]		
실시예 1-1	1-A	37	90.8	697	32.9
실시예 1-2	1-B	26	64.0	551	44.5
실시예 1-3	1-C	36	94.2	694	32.2
실시예 1-4	1-D	29	71.5	613	40.2
실시예 1-5	1-E	32	98.0	695	30.5
실시예 1-6	1-F	31	99.0	694	30.1
실시예 1-7	1-G	47	72.0	740	34.8
비교예 1-1	1-H	34	106.0	845	26.9
비교예 1-2	1-I	3	64.2	429	24.3
비교예 1-3	1-J	96	47.0	923	30.9
비교예 1-4	1-K	41	162.6	848	11.4
비교예 1-5	1-L	18	34.7	477	25.6
비교예 1-6	1-M	35	-148.8	865	16.2
비교예 1-7	1-N	54	18.5	853	19.5
비교예1-8	1-O	29	33.0	575	29.0
밑줄은, 본 발명의 범위 밖인 것을 나타낸다.					

[0168]

[0169] 표 2에 나타나는 바와 같이, 실시예 1-1~1-7은, 냉연 소둔판(2상 스테인리스 강재)의 조성 및 Md와 함께, 오스테나이트상의 비율 및 Md를 소정의 범위로 제어하고 있기 때문에, 인장 강도 및 균일 신장률 둘 다 양호한 결과를 나타냈다.

[0170] 이에 반해 비교예 1-1은, Ni의 함유량이 너무 적음과 더불어, N 및 C+N의 함유량이 너무 많았기 때문에, 과도하게 고강도화해 버려, 연성도 충분하지 않았다.

[0171] 비교예 1-2는, Cr의 함유량이 너무 많아버려, 페라이트상의 비율이 많아졌기 때문에, 연성이 충분하지 않았다.

[0172] 비교예 1-3은, Ni의 함유량이 너무 많은 한편 Cr의 함유량이 너무 적어버려, 오스테나이트상의 비율이 많아졌기 때문에, 가공 경화되기 쉬워져 과도하게 고강도화해 버렸다.

[0173] 비교예 1-4는, Ni, Cr 및 Sn의 함유량이 너무 적은 한편 Al의 함유량이 너무 많음과 더불어, 냉연 소둔판 및 오스테나이트상의 Md의 값이 너무 높았기 때문에, 가공 유기 마르텐사이트상의 양이 많아져 과도하게 고강도화해 버려, 연성도 충분하지 않았다.

[0174] 비교예 1-5는, Si 및 Cr의 함유량이 너무 많고, Ti의 함유량도 적으며, 게다가 냉연 소둔판의 Md의 값이 너무 낮음과 더불어, 페라이트상의 비율이 너무 많았기 때문에, 연성이 충분하지 않았다.

[0175] 비교예 1-6 및 1-7은, 기존의 2상 스테인리스 강재이며, 특히 N의 함유량이 너무 많다. 또, 비교예 1-6 및 1-7은, 냉연 소둔판 및 오스테나이트상의 Md의 값이 너무 낮았기 때문에, 과도하게 고강도화해 버려, 연성도 충분하지 않았다.

[0176] 비교예 1-8은, 오스테나이트상의 Md가 너무 낮았기 때문에, 연성이 충분하지 않았다.

[0177] <양태 B의 실시예>

[0178] 2상 스테인리스 강재로서 냉연 소둔판을 제작했다. 냉연 소둔판은, 열간 압연 공정, 소둔 공정, 냉간 압연 공

정 및 마무리 소둔 공정의 순으로 실시했다. 구체적으로는, 우선, 표 3에 나타내는 강종의 조성(잔부는 Fe 및 불순물이다)을 갖는 스테인리스 강을 진공 용해로 용제하여 강 슬래브로 했다. 다음에, 이 강 슬래브에 대해 열간 압연 공정을 실시하여 두께 5㎜의 열연판을 얻었다. 열간 압연 공정에서는, 최종 패스 직후의 온도를 표 4에 나타내는 온도로 하고, 수랭(냉각 속도 20℃/초 이상)으로 800℃까지 냉각했다. 열간 압연 공정 후의 소둔 공정은, 승온 속도를 25℃/초로 하고, 1100℃의 도달 온도(소둔 온도)에서 30초 유지한 후, 수랭(냉각 속도 20℃/초 이상)으로 400℃ 이하까지 냉각했다. 냉간 압연은, 표 4에 나타내는 압연율로 행하여 표 4에 나타내는 두께를 갖는 냉연판을 얻었다. 마무리 소둔 공정은, 승온 속도를 30℃/초로 하고, 표 4에 나타내는 도달 온도(소둔 온도)로 30초 유지한 후, 수랭(30℃/초 이상의 냉각 속도)으로 400℃ 이하까지 냉각했다. 또한, 표 3에 있어서, Md 및 DF의 값은, 각 원소의 함유량에 의거하여 산출했다.

표 3

강종 No.	조성(질량%)												Md (℃)	DF
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	N	그 외	C+N		
2-A	0.017	0.19	2.9	0.033	0.001	2.3	21.3	0.20	0.21	0.064	--	0.081	119.6	72.7
2-B	0.040	0.21	3.8	0.019	0.001	2.2	22.1	0.10	0.71	0.055	--	0.095	85.4	72.8
2-C	0.020	0.05	2.0	0.039	0.002	2.5	21.5	0.01	0.50	0.060	Nb:0.015, V:0.10 Ta:0.003, Zr:0.01	0.080	115.6	69.1
2-D	0.020	0.08	2.0	0.039	0.002	2.5	21.5	0.01	0.50	0.060	W:0.22, Sn:0.030 Al:0.027	0.080	115.4	69.3
2-E	0.020	0.10	3.0	0.035	0.001	2.3	21.4	0.01	0.20	0.075	Ti:0.11, Co:0.12, B:0.0020 Mg:0.0020, Ca:0.0022 Ga:0.003, REM: 0.0090	0.095	116.0	69.3
2-F	0.019	0.34	3.2	0.024	0.000	2.1	21.2	0.40	0.59	0.172	B:0.0017, Ca:0.0024 Zr:0.01	0.191	58.1	52.4
2-G	0.025	0.20	3.1	0.031	0.000	3.1	23.0	0.20	0.35	0.101	Nb:0.017, Ti:0.02, V:0.11 Sn:0.31, Al:0.021, REM: 0.0080	0.126	47.0	68.7
2-H	0.024	0.20	3.2	0.038	0.001	2.4	23.9	0.06	0.55	0.040	--	0.064	79.6	90.8
2-I	0.040	0.21	2.8	0.016	0.001	5.4	18.6	0.12	0.30	0.050	W:0.13, Co:0.15, Sn:0.028 Mg:0.0050, Ta:0.005 Ga:0.002, REM:0.0020	0.090	62.5	23.1
밑줄은, 본 발명의 범위 밖인 것을 나타낸다.														

[0179]

표 4

	강종 No.	열간 압연	냉간 압연		마무리 소둔
		최종 패스 직후의 온도 (℃)	압연율 (%)	두께 (mm)	소둔 온도 (℃)
실시예 2-1	2-A	1040	70	1.50	1080
실시예 2-2	2-A	1045	70	1.50	1080
실시예 2-3	2-A	1056	70	1.50	1080
실시예 2-4	2-B	1032	75	1.25	1040
실시예 2-5	2-C	1055	75	1.25	1080
실시예 2-6	2-D	1041	75	1.25	1080
실시예 2-7	2-E	1038	75	1.25	1080
비교예 2-1	2-A	1033	70	1.50	1180
비교예 2-2	2-A	1045	70	1.50	950
비교예 2-3	2-F	1038	70	1.50	1080
비교예 2-4	2-G	1062	75	1.25	1080
비교예 2-5	2-H	1035	75	1.25	1080
비교예 2-6	2-I	1041	75	1.25	1080
밑줄은, 본 발명의 범위 밖인 것을 나타낸다.					

[0180]

[0181] 상기에서 얻어진 냉연 소둔판에 대해서, 이하의 평가를 행했다.

[0182] <2상 스테인리스 강재 중의 오스테나이트상(γ상)의 비율>

[0183] 양태 A의 실시예와 동일하게 하여 구했다.

[0184] <오스테나이트상(γ상)의 Md>

[0185] 양태 A의 실시예와 동일하게 하여 구했다.

[0186] <2상 스테인리스 강재 중의 페라이트상(α상)의 평균 입자경>

[0187] 냉연 소둔판으로부터 시험편을 잘라낸 후, 압연 방향으로 평행한 두께 방향 단면을 경면 연마하여 EBSD(후방 산란 전자 회절) 측정을 행했다. EBSD 측정은, 주사 전자 현미경으로 측정 소프트 TSL OIM Data Collection7(주식회사 TSL 솔루션즈)을 이용하여, 시험편의 두께 방향 중심부에 있어서 가로 세로 200μm의 영역을 스텝 사이즈 0.3μm로 측정했다. 이 EBSD 측정으로 얻어진 데이터에 대해서, Area fraction법에 따라 페라이트상(BCC)의 결정립의 면적을 구했다.

[0188] <n값비, 0.2% 내력 및 균일 신장률>

[0189] 냉연 소둔판으로부터 평행부가 압연 방향이 되도록 JIS 13B호 시험편을 잘라내고, 이 시험편을 이용하여 JIS Z2241 : 2011에 준거하여 인장 시험을 행했다. 인장 시험은, 대기 분위기하, 실온(25℃)에서 인장 속도 10mm/분의 조건으로 실시했다. 인장 시험에서는, 최고 도달 강도(인장 강도)까지의 신장률을 균일 신장률로 했다.

[0190] n값은, 0.2% 내력으로부터 최대 하중점에 도달할 때까지의 응력 σ과 변형 ε의 관계를 측정하고, 이들 측정값으로부터 진응력과 진변형을 계산하여, 가로축을 변형(lnε), 세로축을 응력(lnσ)으로 한 로그 눈금 상에 플롯했다. 그리고 플롯하여 얻어진 직선의 기울기를 n값으로 했다. 또한, 변형 속도는 표 3에 나타내는 대로 했다.

[0191] 이들 평가에 있어서, n값비가 0.80 이하, 균일 신장률이 30.0% 이상이면 연성이 우수하다고 할 수 있다. 또, 0.2% 내력이 480MPa 이하이면 연질이라고 할 수 있다.

[0192] 상기의 평가 결과를 표 5에 나타낸다.

표 5

	γ상		α상	변형 속도 (S^{-1})	n값비	0.2% 내력 (MPa)	균일 신장률 (%)
	비율 (체적%)	Md (℃)	평균 입자경 (μm)				
실시예 2-1	30	78.1	9.1	3.3×10^{-4}	0.73	440	37.8
실시예 2-2	30	78.1	9.1	3.3×10^{-3}	0.75	421	32.1
실시예 2-3	30	78.1	9.1	8.3×10^{-3}	0.79	409	30.2
실시예 2-4	37	52.9	7.2	3.3×10^{-4}	0.76	451	33.1
실시예 2-5	34	74.6	7.4	3.3×10^{-4}	0.74	458	36.5
실시예 2-6	34	74.6	7.4	3.3×10^{-4}	0.74	466	37.8
실시예 2-7	34	75.4	7.4	3.3×10^{-4}	0.75	421	36.1
비교예 2-1	22	58.5	12.8	3.3×10^{-4}	0.62	409	28.5
비교예 2-2	41	103.5	4.3	3.3×10^{-4}	0.78	491	32.6
비교예 2-3	50	18.8	3.9	3.3×10^{-4}	1.25	512	22.1
비교예 2-4	34	8.1	7.3	3.3×10^{-4}	0.91	477	25.8
비교예 2-5	12	39.5	16.9	3.3×10^{-4}	0.03	364	19.6
비교예 2-6	78	23.0	1.9	3.3×10^{-4}	1.27	485	18.4

밑줄은, 본 발명의 범위 밖인 것을 나타낸다.

[0193]

[0194] 표 5에 나타나는 바와 같이, 실시예 2-1~2-7은, 냉연 소둔판(2상 스테인리스 강재)의 조성 및 Md와 함께, 오스

테나이트상의 비율 및 Md를 소정의 범위로 제어하고 있기 때문에, n값비, 0.2% 내력 및 균일 신장률의 결과가 모두 양호했다.

[0195] 이에 반해 비교예 2-1은, 오스테나이트상의 비율이 너무 적었기 때문에, 연성이 불충분했다.

[0196] 비교예 2-2는, 오스테나이트상의 Md가 너무 높았기 때문에, 페라이트상의 평균 입자경이 작아져, 연질화가 불충분했다.

[0197] 비교예 2-3은, 과잉된 N 함유량 때문에 C+N의 양이 많다. 또, 오스테나이트상의 비율이 많고, 오스테나이트상의 Md가 너무 낮았기 때문에, 연질화 및 연성이 불충분했다.

[0198] 비교예 2-4는, N 함유량이 너무 많음과 더불어, 냉연 소둔판의 Md가 너무 낮았기 때문에, 오스테나이트상의 안정도가 높아, 가공 유기 마르텐사이트상으로 변태시키기 어려워져 버렸다. 또, 오스테나이트상의 Md도 너무 낮았기 때문에, 연성이 불충분했다.

[0199] 비교예 2-5는, 오스테나이트상의 비율이 너무 적었기 때문에, 페라이트상의 비율이 높아져, 연성이 불충분했다.

[0200] 비교예 2-6은, Ni의 함유량이 많고, Cr의 함유량이 적다. 또, 오스테나이트상의 비율이 많기 때문에, 연질화가 불충분했다. 또, 오스테나이트상의 Md도 너무 낮았기 때문에, 연성도 불충분했다.

[0201] 이상의 결과로부터 알 수 있듯이, 본 발명에 의하면, 종래의 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재에 비해 연질 또한 고연성인 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재를 제공할 수 있다. 즉, 본 발명에 의하면, 이하의 [1]~[10]의 구성으로 함으로써, 종래의 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재에 비해 연질 또한 고연성인 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재를 제공할 수 있다.

[0202] [1] 질량 기준으로, C : 0.001~0.050%, Si : 0.01~0.50%, Mn : 1.0~4.5%, P : 0.050% 이하, S : 0.030% 이하, Ni : 1.5~3.5%, Cr : 19.6~24.0%, Mo : 0.01~1.00%, Cu : 0.01~1.20%, N : 0.010~0.090%를 포함하고, C+N이 0.130% 미만이며, 잔부가 Fe 및 불순물로 이루어지는 조성을 갖고,

[0203] 하기 식 (1):

[0204] $Md=551-462(C+N)-9.2Si-8.1Mn-29(Ni+Cu)-13.7Cr-18.5Mo$ ···(1)

[0205] (식 중, 원소 기호는 각 원소의 함유량(질량%)을 나타낸다)로 표시되는 Md의 값이 50.0~150.0℃이며,

[0206] 오스테나이트상이 25~49체적%인 금속 조직을 갖고,

[0207] 상기 오스테나이트상의 상기 식 (1)로 표시되는 Md의 값이 35.0~100.0℃인, 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재.

[0208] [2] 질량 기준으로, Nb : 0.010~0.500%, Ti : 0.01~0.50%, V : 0.01~0.50%, W : 0.05~0.50%, Co : 0.01~0.30%, B : 0.0002~0.0050%, Sn : 0.010~0.500%, Al : 0.010~0.050%, Mg : 0.0002~0.0100%, Ca : 0.0002~0.0100%, Ta : 0.050% 이하, Ga :

[0209] 0.050% 이하, Zr : 0.01~0.50%, REM : 0.0002~0.0100%로부터 선택되는 1종 이상을 더 포함하는, [1]에 기재된 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재.

[0210] [3] 질량 기준으로, C : 0.001~0.040%, N : 0.010~0.080%, C+N이 0.120% 미만이며, 상기 오스테나이트상이 25~40체적%인, [1] 또는 [2]에 기재된 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재.

[0211] [4] 상기 오스테나이트상의 상기 Md의 값이 50.0~90.0℃인, [1]~[3] 중 어느 하나에 기재된 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재.

[0212] [5] 페라이트상의 평균 입자경이 7.0㎛ 이상인, [1]~[4] 중 어느 하나에 기재된 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재.

[0213] [6] 하기 식 (2):

[0214] $DF=7.2(Cr+0.88Mo+0.78Si)-8.9(Ni+0.03Mn+0.72Cu+22C+21N)-44.9$ ···(2)

[0215] (식 중, 원소 기호는 각 원소의 함유량(질량%)을 나타낸다)로 표시되는 DF의 값이 50.0~80.0인, [1]~[5] 중 어느 하나에 기재된 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재.

[0216] [7] 상기 DF의 값이 60.0~80.0인, [6]에 기재된 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재.

[0217] [8] 인장 강도가 800MPa 이하인, [1]~[7] 중 어느 하나에 기재된 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재.

[0218] [9] 균일 신장률이 30.0% 이상인, [1]~[8] 중 어느 하나에 기재된 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재.

[0219] [10] 3.3×10^{-4}~$8.3\times10^{-3}s^{-1}$의 변형 속도로 인장 시험을 행했을 때에, 20~25%의 변형 영역의 n값에 대한 15~20%의 변형 영역의 n값의 n값비가 0.80 이하인, [1]~[9] 중 어느 하나에 기재된 페라이트·오스테나이트계 2상 스테인리스 강재.