



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년09월26일
(11) 등록번호 10-2709606
(24) 등록일자 2024년09월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 C22C 38/42 (2006.01) C21D 8/02 (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 38/42 (2013.01)
 C21D 8/0226 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2022-7012652
 (22) 출원일자(국제) 2019년11월13일
 심사청구일자 2022년04월15일
 (85) 번역문제출일자 2022년04월15일
 (65) 공개번호 10-2022-0063244
 (43) 공개일자 2022년05월17일
 (86) 국제출원번호 PCT/JP2019/044611
 (87) 국제공개번호 WO 2021/095185
 국제공개일자 2021년05월20일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020150029468 A
 (뒷면에 계속)

(73) 특허권자
 닛폰세이테츠 가부시카이가이샤
 일본 도쿄도 지요다꾸 마루노우찌 2쥬메 6방 1고
 (72) 발명자
 이마무라 준코
 일본 도쿄도 지요다꾸 마루노우찌 2쥬메 6방 1고
 닛폰세이테츠 가부시카이가이샤 내
 나가사와 마코토
 일본 도쿄도 지요다꾸 마루노우찌 2쥬메 6방 1고
 닛폰세이테츠 가부시카이가이샤 내
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 (유)한양특허법인

전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 이상훈

(54) 발명의 명칭 **열간 압연 강재**

(57) 요약

모재의 표면의 적어도 일부에 산화 스케일을 가지는 열간 압연 강재로서, 모재의 화학 조성이, 질량%로, C : 0.01~0.10%, Si : 0.04~0.40%, Mn : 0.30~1.50%, Cu : 0.02~0.50%, Sb : 0.01~0.30%, Al : 0.005~0.055%, P : 0.020% 이하, S : 0.0005~0.015%, N : 0.010% 이하, O : 0.0005~0.0035%, Mo : 0~0.50%, W : 0~0.50%, Ni : 0~0.50%, Sn : 0~0.50%, As : 0~0.30%, Co : 0~0.30%, Cr : 0~0.70%, Ti : 0~0.050%, Nb : 0~0.10%, V : 0~0.10%, Zr : 0~0.050%, Ta : 0~0.050%, B : 0~0.010%, Ca : 0~0.010%, Mg : 0~0.010%, REM : 0~0.010%, 잔부 : Fe 및 불순물이고, 모재와 산화 스케일의 계면에 Si, Cu 및 Sb의 농화층을 가지는, 열간 압연 강재.

(52) CPC특허분류

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)

(72) 발명자

고다마 마사유키

일본 도쿄도 지요다꾸 마루노우찌 2쵸메 6방 1고
닛폰세이테츠 가부시키키가이샤 내

도요카와 유

일본 도쿄도 지요다꾸 마루노우찌 2쵸메 6방 1고
닛폰세이테츠 가부시키키가이샤 내

(56) 선행기술조사문헌

KR1020190062479 A

KR1020150029468 A

KR1020190062479 A

JP2007262558 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

모재의 표면의 적어도 일부에 산화 스케일을 가지는 열간 압연 강재로서,

상기 모재의 화학 조성이, 질량%로,

C : 0.01~0.10%,

Si : 0.04~0.40%,

Mn : 0.30~1.50%,

Cu : 0.02~0.50%,

Sb : 0.01~0.30%,

Al : 0.005~0.055%,

P : 0.020% 이하,

S : 0.0005~0.015%,

N : 0.010% 이하,

O : 0.0005~0.0035%,

Mo : 0~0.50%,

W : 0~0.50%,

Ni : 0~0.50%,

Sn : 0~0.50%,

As : 0~0.30%,

Co : 0~0.30%,

Cr : 0~0.70%,

Ti : 0~0.050%,

Nb : 0~0.10%,

V : 0~0.10%,

Zr : 0~0.050%,

Ta : 0~0.050%,

B : 0~0.010%,

Ca : 0~0.010%,

Mg : 0~0.010%,

REM : 0~0.010%,

잔부 : Fe 및 불순물이고,

또한, 하기 조건 1~3 중 1 이상을 만족하는 것이며,

상기 모재와 상기 산화 스케일의 계면에 Si, Cu 및 Sb의 농화층을 가지는, 열간 압연 강재.

조건 1) Mo : 0.01% 이상, W : 0.01% 이상, Sn : 0.001% 이상, 및 As : 0.01% 이상으로 이루어지는 균으로부터 선

택되는 1종 이상을 함유.

조건 2) Cr : 0.01% 이상, Ti : 0.001% 이상, Nb : 0.001% 이상, V : 0.001% 이상, Zr : 0.001% 이상, Ta : 0.001% 이상, 및 B : 0.0003% 이상으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 이상을 함유.

조건 3) Ca : 0.00005% 이상, Mg : 0.0001% 이상, 및 REM : 0.0001% 이상으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 이상을 함유.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 화학 조성이, 질량%로,

Mn : 0.50~1.50%,

Cu : 0.05~0.50%,

Al : 0.005~0.050%,

Mo 및 W 중 한쪽 또는 양쪽의 합계 : 0.01~0.30%를 함유하고,

Si 함유량과 Al 함유량의 질량비 Si/Al이 6.0~16.0이며,

하기 (i)식으로 정의되는 AI가 0.06~0.21이고,

하기 (ii)식으로 정의되는 EI가 2.5~6.0이거나, Cu 및 Sb의 합계 함유량이, 질량%로 0.10~0.25%이거나 중 적어도 어느 한쪽을 만족하며,

하기 (iii)식으로 정의되는 Ceq가 0.180~0.330인, 열간 압연 강재.

$$AI = ((Mo/96) + (W/184)) / (C/12) \dots (i)$$

$$EI = (Cu/64) / ((Sb/122) + (Sn/119)) \dots (ii)$$

$$Ceq = C + Mn/6 + (Cu + Ni)/5 + (Cr + Mo + V)/15 \dots (iii)$$

단, 상기 식 중의 원소 기호는, 강제 중에 포함되는 각 원소의 함유량(질량%)을 나타내고, 함유되지 않는 경우는 0을 대입하는 것으로 한다.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 화학 조성이, 질량%로,

Sn : 0.001~0.50%를 함유하는, 열간 압연 강재.

청구항 4

청구항 2 또는 청구항 3에 있어서,

상기 화학 조성이, 질량%로,

Ca : 0.00005~0.010%를 함유하고,

하기 (iv)식으로 정의되는 XI가 5.0~16.0인, 열간 압연 강재.

$$XI = (Si/28) / ((Al/27) + (Ca/40)) \dots (iv)$$

단, 상기 식 중의 원소 기호는, 강제 중에 포함되는 각 원소의 함유량(질량%)을 나타내고, 함유되지 않는 경우는 0을 대입하는 것으로 한다.

청구항 5

청구항 2 또는 청구항 3에 있어서,

상기 화학 조성이, 질량%로,

Ca : 0.00005~0.010%를 함유하고,

Ca 함유량과 O 함유량의 질량비 Ca/O가 1.00 이하인, 열간 압연 강재.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 화학 조성이, 질량%로,

Cu : 0.05~0.50%,

Sb : 0.03~0.30%,

Ni : 0.01~0.50%,

Cr : 0.02~0.50%,

N : 0.002~0.010%를 함유하고,

Si 함유량과 Al 함유량의 질량비 Si/Al이 7.0~15.0이며,

하기 (v)식으로 정의되는 BI가 0.55~30.0이고,

하기 (ii)식으로 정의되는 EI가 1.0~6.0이며,

하기 (iii)식으로 정의되는 Ceq가 0.150~0.400인, 열간 압연 강재.

$$BI = (Cr/52)/(N/14) \cdots (v)$$

$$EI = (Cu/64)/((Sb/122)+(Sn/119)) \cdots (ii)$$

$$Ceq = C + Mn/6 + (Cu + Ni)/5 + (Cr + Mo + V)/15 \cdots (iii)$$

단, 상기 식 중의 원소 기호는, 강제 중에 포함되는 각 원소의 함유량(질량%)을 나타내고, 함유되지 않는 경우는 0을 대입하는 것으로 한다.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은, 열간 압연 강재에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 보일러의 화로 및 폐기물 소각 시설의 소각로 등에서는, 수증기, 황 산화물, 염화수소 등을 포함하는 배기 가스가 발생한다. 이 배기 가스는, 배기 가스 굴뚝 등에 있어서 냉각되면, 응축되어 황산 및 염산이 되어, 황산 노점 부식 및 염산 노점 부식으로서 알려져 있는 바와 같이, 배기 가스 유로를 구성하는 강재에 대해, 현저한 부식을 일으킨다.

[0003] 이와 같은 문제에 대해, 내(耐)황산·염산 노점 부식강 및 고(高)내식 스테인리스 강이 제안되고 있다. 예를 들면, 특허문헌 1~4에서는, Cu, Sb, Co, Cr 등을 첨가한 내황산 노점 부식성이 우수한 강재가 제안되고 있다. 또, 특허문헌 5에서는, Cr 및 Ni 등을 첨가한 고내식 스테인리스 강이 제안되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0004] (특허문헌 0001) 일본 특허공개 2001-164335호 공보
- (특허문헌 0002) 일본 특허공개 2003-213367호 공보
- (특허문헌 0003) 일본 특허공개 2007-239094호 공보

(특허문헌 0004) 일본 특허공개 2012-57221호 공보

(특허문헌 0005) 일본 특허공개 평7-316745호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] Cu, Sb, Cr 등을 함유하는 강재는, 배기 가스 굴뚝과 같은 황산 부식 환경에 있어서, 우수한 내식성을 발휘한다. 그러나, 보일러 및 소각 설비를 장수명화하기 위해, 내식성의 향상이 한층 더 기대되고 있다.
- [0006] 이들 강재는, 배기 가스 굴뚝에 더하여, 가스화 용융로, 열교환기, 가스-가스 히터, 탈황 장치, 전기 집진기 등의 소각로 연도(煙道)에도 사용된다.
- [0007] 본 발명은, 상기의 문제를 해결하고, 황산 부식 환경 및 염산 부식 환경에 있어서 우수한 내식성을 가지는 열간 압연 강재를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명은, 상기 과제를 해결하기 위해 이루어진 것이며, 하기의 열간 압연 강재를 요지로 한다.

[0009] (1) 모재의 표면의 적어도 일부에 산화 스케일을 가지는 열간 압연 강재로서,

[0010] 상기 모재의 화학 조성이, 질량%로,

[0011] C : 0.01~0.10%,

[0012] Si : 0.04~0.40%,

[0013] Mn : 0.30~1.50%,

[0014] Cu : 0.02~0.50%,

[0015] Sb : 0.01~0.30%,

[0016] Al : 0.005~0.055%,

[0017] P : 0.020% 이하,

[0018] S : 0.0005~0.015%,

[0019] N : 0.010% 이하,

[0020] O : 0.0005~0.0035%,

[0021] Mo : 0~0.50%,

[0022] W : 0~0.50%,

[0023] Ni : 0~0.50%,

[0024] Sn : 0~0.50%,

[0025] As : 0~0.30%,

[0026] Co : 0~0.30%,

[0027] Cr : 0~0.70%,

[0028] Ti : 0~0.050%,

[0029] Nb : 0~0.10%,

[0030] V : 0~0.10%,

[0031] Zr : 0~0.050%,

- [0032] Ta : 0~0.050%,
- [0033] B : 0~0.010%,
- [0034] Ca : 0~0.010%,
- [0035] Mg : 0~0.010%,
- [0036] REM : 0~0.010%,
- [0037] 잔부 : Fe 및 불순물이고,
- [0038] 상기 모재와 상기 산화 스케일의 계면에 Si, Cu 및 Sb의 농화층을 가지는, 열간 압연 강재.
- [0039] (2) 상기 화학 조성이, 질량%로,
- [0040] Mn : 0.50~1.50%,
- [0041] Cu : 0.05~0.50%,
- [0042] Al : 0.005~0.050%,
- [0043] Mo 및 W 중 한쪽 또는 양쪽의 합계 : 0.01~0.30%,
- [0044] N : 0.005% 이하,
- [0045] Ni : 0~0.30%를 함유하고,
- [0046] Si 함유량과 Al 함유량의 질량비 Si/Al이 6.0~16.0이며,
- [0047] 하기 (i)식으로 정의되는 AI가 0.06~0.21이고,
- [0048] 하기 (ii)식으로 정의되는 EI가 2.5~6.0이거나, Cu 및 Sb의 합계 함유량이, 질량%로 0.10~0.25%이거나 중 적어도 어느 한쪽을 만족하며,
- [0049] 하기 (iii)식으로 정의되는 Ceq가 0.180~0.330인,
- [0050] 상기 (1)에 기재된 열간 압연 강재.
- [0051] $AI = ((Mo/96) + (W/184)) / (C/12) \dots (i)$
- [0052] $EI = (Cu/64) / ((Sb/122) + (Sn/119)) \dots (ii)$
- [0053] $Ceq = C + Mn/6 + (Cu + Ni)/5 + (Cr + Mo + V)/15 \dots (iii)$
- [0054] 단, 상기 식 중의 원소 기호는, 강제 중에 포함되는 각 원소의 함유량(질량%)을 나타내고, 함유되지 않는 경우는 0을 대입하는 것으로 한다.
- [0055] (3) 상기 화학 조성이, 질량%로,
- [0056] Sn : 0.001~0.50%를 함유하는,
- [0057] 상기 (2)에 기재된 열간 압연 강재.
- [0058] (4) 상기 화학 조성이, 질량%로,
- [0059] Ca : 0.00005~0.010%를 함유하고,
- [0060] 하기 (iv)식으로 정의되는 XI가 5.0~16.0인,
- [0061] 상기 (2) 또는 (3)에 기재된 열간 압연 강재.
- [0062] $XI = (Si/28) / ((Al/27) + (Ca/40)) \dots (iv)$
- [0063] 단, 상기 식 중의 원소 기호는, 강제 중에 포함되는 각 원소의 함유량(질량%)을 나타내고, 함유되지 않는 경우는 0을 대입하는 것으로 한다.
- [0064] (5) 상기 화학 조성이, 질량%로,

- [0065] Ca : 0.00005~0.010%를 함유하고,
- [0066] Ca 함유량과 O 함유량의 질량비 Ca/O가 1.00 이하인,
- [0067] 상기 (2) 또는 (3)에 기재된 열간 압연 강재.
- [0068] (6) 상기 화학 조성이, 질량%로,
- [0069] Cu : 0.05~0.50%,
- [0070] Sb : 0.03~0.30%,
- [0071] Ni : 0.01~0.50%,
- [0072] Cr : 0.02~0.50%,
- [0073] N : 0.002~0.010%,
- [0074] Sn : 0~0.30%를 함유하고,
- [0075] Si 함유량과 Al 함유량의 질량비 Si/Al이 7.0~15.0이며,
- [0076] 하기 (v)식으로 정의되는 BI가 0.55~30.0이고,
- [0077] 하기 (ii)식으로 정의되는 EI가 1.0~6.0이며,
- [0078] 하기 (iii)식으로 정의되는 Ceq가 0.150~0.400인,
- [0079] 상기 (1)에 기재된 열간 압연 강재.
- [0080] $BI = (Cr/52)/(N/14) \cdots (v)$
- [0081] $EI = (Cu/64)/((Sb/122)+(Sn/119)) \cdots (ii)$
- [0082] $Ceq = C + Mn/6 + (Cu + Ni)/5 + (Cr + Mo + V)/15 \cdots (iii)$
- [0083] 단, 상기 식 중의 원소 기호는, 강제 중에 포함되는 각 원소의 함유량(질량%)을 나타내고, 함유되지 않는 경우는 0을 대입하는 것으로 한다.

발명의 효과

- [0084] 본 발명에 의하면, 산 부식 환경에 있어서 양호한 내식성을 가지는 열간 압연 강재를 제공하는 것이 가능해진다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0085] 본 발명자들은 상기한 과제를 해결하기 위해, 강재의 내식성을 상세하게 조사한 결과, 이하의 지건을 얻기에 이르렀다.
- [0086] 본 발명자들은, 다양한 조건으로 열간 압연을 실시함으로써 제조한 열간 압연 강재를 이용하여, 산 부식 환경에 있어서 강재의 내식성을 향상시키는 방법에 대해서 검토를 행했다.
- [0087] Cu 및 Sb를 동시에 함유시킴과 함께, 열간 압연 조건을 적절히 제어함으로써, 강제 모재의 표면에 생성하는 산화 스케일과 모재의 사이에, Si, Cu 및 Sb의 농화층이 형성되는 것을 발견했다. 그리고, 이와 같은 농화층을 형성함으로써, 황산 및 염산에 대한 배리어 효과가 발휘되어, 산 부식 환경에 있어서의 내식성이 더 향상되는 것을 알 수 있었다.
- [0088] 본 발명은, 상기 지건에 의거하여 이루어진 것이다. 이하, 본 발명의 각 요건에 대해서 상세하게 설명한다.
- [0089] (A) 화학 조성
- [0090] 각 원소의 한정 이유는 하기와 같다. 또한, 이하의 설명에 있어서 함유량에 대한 「%」는, 「질량%」를 의미한다.
- [0091] C : 0.01~0.10%
- [0092] C는, 강재의 강도를 향상시키는 원소이다. 그러나, C가 과잉하게 함유된 경우, 탄화물이 증가하여, 내식성이

열화된다. 그 때문에, C 함유량은 0.01~0.10%로 한다. C 함유량은 0.03% 이상인 것이 바람직하고, 0.05% 이상인 것이 보다 바람직하다. 또, C 함유량은 0.09% 이하인 것이 바람직하고, 0.08% 이하인 것이 보다 바람직하다.

[0093] Si : 0.04~0.40%

[0094] Si는, 탈산 및 강도의 향상에 기여하여, 산화물의 형태를 제어하는 원소이다. 그러나, Si가 과잉하게 함유된 경우, 산화물이 증가하여, 내식성을 해친다. 그 때문에, Si 함유량은 0.04~0.40%로 한다. Si 함유량은 0.05% 이상인 것이 바람직하고, 0.10% 이상인 것이 보다 바람직하다. 또, Si 함유량은 0.30% 이하인 것이 바람직하다.

[0095] Mn : 0.30~1.50%

[0096] Mn은, 강도 및 인성을 향상시키는 원소이다. 그러나, Mn이 과잉하게 함유된 경우, 조대(粗大)한 MnS가 생성되어, 내식성 및 기계 특성이 열화된다. 그 때문에, Mn 함유량은 0.30~1.50%로 한다. Mn 함유량은 0.50% 이상인 것이 바람직하고, 0.60% 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.80% 이상인 것이 더 바람직하다. 또, Mn 함유량은 1.20% 이하인 것이 바람직하고, 1.00% 이하인 것이 보다 바람직하다.

[0097] Cu : 0.02~0.50%

[0098] Cu는, Sb와 동시에 함유시키면, 황산 및 염산에 대한 내식성을 현저하게 발현시키는 원소이다. 그러나, Cu가 과잉하게 함유된 경우, 열간 가공성이 저하되어, 생산성을 해친다. 그 때문에, Cu 함유량은 0.02~0.50%로 한다. Cu 함유량은 0.05% 이상인 것이 바람직하고, 0.10% 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.20% 이상인 것이 더 바람직하다. 또, Cu 함유량은 0.40% 이하인 것이 바람직하고, 0.30% 이하인 것이 보다 바람직하다.

[0099] Sb : 0.01~0.30%

[0100] Sb는, Cu와 동시에 함유시키면, 황산 및 염산에 대한 내식성을 현저하게 발현시키는 원소이다. 그러나, Sb가 과잉하게 함유된 경우, 열간 가공성이 저하되어, 생산성을 해친다. 그 때문에, Sb 함유량은 0.01~0.30%로 한다. Sb 함유량은 0.03% 이상인 것이 바람직하고, 0.06% 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.10% 이상인 것이 더 바람직하다. 또, Sb 함유량은 0.20% 이하인 것이 바람직하고, 0.15% 이하인 것이 보다 바람직하다.

[0101] 또한, 본 발명에 있어서는, Cu 및 Sb를 복합적으로 함유시키지만, 그 합계 함유량은 0.05% 이상, 0.055% 이상, 0.057% 이상, 0.06% 이상 또는 0.10% 이상인 것이 바람직하다. 한편, 열간 가공성을 중시하는 경우에 있어서는, Cu 및 Sb의 합계 함유량은 0.50% 이하, 0.40% 이하, 0.30% 이하, 0.25% 이하, 0.22% 이하 또는 0.20% 이하인 것이 바람직하다.

[0102] Al : 0.005~0.055%

[0103] Al는, 탈산제로서 첨가된다. 그러나, Al이 과잉하게 함유된 경우, 개재물의 증가에 의해 내식성을 해친다. 그 때문에, Al 함유량은 0.005~0.055%로 한다. Al 함유량은 0.010% 이상인 것이 바람직하고, 0.020% 이상인 것이 보다 바람직하다. 또, Al 함유량은 0.050% 이하인 것이 바람직하고, 0.045% 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.040% 이하인 것이 더 바람직하다.

[0104] P : 0.020% 이하

[0105] P는, 불순물이며, 강재의 기계 특성 및 생산성을 저하시킨다. 그 때문에, P 함유량에 상한을 설정하여 0.020% 이하로 한다. P 함유량은 0.015% 이하인 것이 바람직하고, 0.010% 이하인 것이 보다 바람직하다. 또한, P 함유량은 가능한 한 저감하는 것이 바람직하고, 즉 함유량이 0%이어도 되지만, 극도의 저감은 제강 비용의 증대를 초래한다. 그 때문에, P 함유량은 0.001% 이상으로 해도 된다.

[0106] S : 0.0005~0.015%

[0107] S는, 일반적으로 불순물이며, 강재의 기계 특성 및 생산성을 저하시킨다. 그러나, 본 발명에 있어서, S는, Cu 및 Sb와 동시에 함유시킴으로써, 산 부식 환경에서의 내식성을 향상시키는 효과를 가진다. 그 때문에, S 함유량은 0.0005~0.015%로 한다. S 함유량은 0.0010% 이상, 0.0050% 이상, 또는 0.010% 이상인 것이 바람직하다. 또, S 함유량은 0.013% 이하인 것이 바람직하고, 0.011% 이하인 것이 보다 바람직하다.

[0108] N : 0.010% 이하

[0109] N은, 불순물이며, 강재의 기계 특성 및 생산성을 저하시킨다. 그 때문에, N 함유량에 상한을 설정하여 0.010%

이하로 한다. N 함유량은 0.008% 이하, 0.006% 이하, 0.005% 이하, 또는 0.004% 이하인 것이 바람직하다. 또한, N 함유량은 0%이어도 되지만, 극도의 저감은 제강 비용의 증대를 초래한다. 그 때문에, N 함유량은 0.001% 이상으로 해도 된다. 또, N은, 미세한 질화물로서 석출됨으로써 기계 특성 등의 향상에 기여하는 효과를 가진다. 그 효과를 얻고 싶은 경우는, N 함유량은 0.002% 이상으로 해도 된다.

[0110] O : 0.0005-0.0035%

[0111] O는, MnS와 결합함으로써, MnS를 무해화하여, 내식성 및 기계 특성의 악화를 방지하는 효과를 가지는 원소이다. 그러나, O가 과잉하게 함유된 경우, 산 부식 환경에 있어서 부식의 기점이 되는 조대한 산화물을 생성한다. 그 때문에, O 함유량은 0.0005~0.0035%로 한다. O 함유량은 0.0010% 이상인 것이 바람직하고, 0.0015% 이상인 것이 보다 바람직하다. 또, O 함유량은 0.0030% 이하인 것이 바람직하고, 0.0025% 이하인 것이 보다 바람직하다.

[0112] 본 발명의 강의 화학 조성에 있어서, 상기의 원소에 더하여, 산 부식 환경에서의 내식성을 향상시키기 위해, 추가로 Mo, W, Ni, Sn, As, Co로부터 선택되는 1종 이상을, 이하에 나타내는 범위에 있어서 함유시켜도 된다. 또한, 이들 원소는, 강재에 있어서 반드시 필수는 아니기 때문에, 함유량의 하한치는 0%이다. 각 원소의 한정 이유에 대해서 설명한다.

[0113] Mo : 0~0.50%

[0114] Mo는, Cu, Sb, Cr과 동시에 함유시킴으로써, 산성 환경에서의 내식성, 특히 염산에 대한 내식성을 향상시키는 원소이기 때문에, 필요에 따라 함유시켜도 된다. 그러나, Mo는 고가의 원소이기 때문에, 과잉한 함유는 경제성의 저하를 초래한다. 그 때문에, Mo 함유량은 0.50% 이하로 한다. Mo 함유량은 0.30% 이하인 것이 바람직하고, 0.10% 이하인 것이 보다 바람직하다. 또한, 상기 효과를 얻고 싶은 경우에는, Mo 함유량은 0.01% 이상으로 하는 것이 바람직하고, 0.05% 이상으로 하는 것이 보다 바람직하고, 0.10% 이상으로 하는 것이 더 바람직하다.

[0115] W : 0~0.50%

[0116] W는, Mo와 마찬가지로 Cu, Sb, Cr과 동시에 함유시킴으로써, 산성 환경에서의 내식성, 특히 염산에 대한 내식성을 향상시키는 원소이기 때문에, 필요에 따라 함유시켜도 된다. 그러나, W도 고가의 원소이기 때문에, 과잉한 함유는 경제성의 저하를 초래한다. 그 때문에, W 함유량은 0.50% 이하로 한다. W 함유량은 0.30% 이하인 것이 바람직하고, 0.10% 이하인 것이 보다 바람직하다. 또한, 상기 효과를 얻고 싶은 경우에는, W 함유량은 0.01% 이상으로 하는 것이 바람직하고, 0.05% 이상으로 하는 것이 보다 바람직하고, 0.10% 이상으로 하는 것이 더 바람직하다.

[0117] Mo 및 W 중 한쪽 또는 양쪽의 합계 : 0.01~0.30%

[0118] 또한, Mo 및 W는, 한쪽을 단독으로 함유시켜도 되고, 양쪽을 동시에 함유시켜도 된다. 이 경우에 있어서, Mo 및 W의 합계 함유량은 0.01~0.30%로 하는 것이 바람직하다. Mo 및 W의 합계 함유량은 0.05% 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.10% 이상인 것이 더 바람직하다. 또, Mo 및 W의 합계 함유량은 0.25% 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.20% 이하인 것이 더 바람직하다.

[0119] Ni : 0~0.50%

[0120] Ni는, 산 부식 환경에서의 내식성을 향상시키는 원소이며, 이에 더하여 Cu를 함유하는 강에 있어서, 제조성을 높이는 효과를 가진다. Cu는, 내식성을 향상시키는 효과가 크지만, 편석되기 쉽고, 단독으로 함유시키면 주조 후의 균열을 조장하는 경우가 있다. 이에 반해, Ni는 Cu의 표면 편석을 경감시키는 작용이 있다. Ni를 함유시킴으로써, Cu의 편석 및 주변 균열의 억제에 더하여, 편석에 기인하는 국부 부식의 발생도 억제되기 때문에, 내식성을 향상시키는 효과가 얻어진다.

[0121] 그 때문에, 필요에 따라 Ni를 함유시켜도 된다. 그러나, Ni는 고가의 원소이며, 다량의 함유는 제강 비용의 증대를 초래한다. 그 때문에, Ni 함유량을 0.50% 이하로 한다. Ni 함유량은 0.30% 이하인 것이 바람직하고, 0.25% 이하인 것이 보다 바람직하다. 또한, 상기의 효과를 얻고 싶은 경우에는, Ni 함유량은 0.01% 이상인 것이 바람직하고, 0.05% 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.10% 이상인 것이 더 바람직하다.

[0122] Sn : 0~0.50%

[0123] Sn은, Cu와 동시에 함유시키면 산 부식 환경에서의 내식성을 향상시키는 원소이기 때문에, 필요에 따라 함유시

켜도 된다. 그러나, Sn이 과잉하게 함유된 경우, 열간 가공성이 저하된다. 그 때문에, Sn 함유량은 0.50% 이하로 한다. Sn 함유량은 0.40% 이하인 것이 바람직하고, 0.30% 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.20% 이하인 것이 더 바람직하다. 또한, 상기의 효과를 얻고 싶은 경우에는, Sn 함유량은 0.001% 이상, 0.005% 이상, 0.01% 이상, 0.02% 이상 또는 0.05% 이상인 것이 바람직하다.

[0124] As : 0~0.30%

[0125] As는, Sb 및 Sn에 비해 현저한 효과는 없지만, 산 부식 환경에 있어서의 내식성의 향상에 유효한 원소이기 때문에, 필요에 따라 함유시켜도 된다. 그러나, As가 과잉하게 함유된 경우, 열간 가공성이 저하된다. 그 때문에, As 함유량은 0.30% 이하로 한다. As 함유량은 0.20% 이하인 것이 바람직하고, 0.10% 이하인 것이 보다 바람직하다. 또한, 상기의 효과를 얻고 싶은 경우에는, As 함유량은 0.01% 이상인 것이 바람직하고, 0.02% 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.05% 이상인 것이 더 바람직하다.

[0126] Co : 0~0.30%

[0127] Co는, Sb 및 Sn에 비해 현저한 효과는 없지만, 산 부식 환경에 있어서의 내식성을 향상시키는 원소이기 때문에, 필요에 따라 함유시켜도 된다. 그러나, Co가 과잉하게 함유된 경우, 경제성이 저하된다. 그 때문에, Co 함유량은 0.30% 이하로 한다. Co 함유량은 0.20% 이하인 것이 바람직하고, 0.10% 이하인 것이 보다 바람직하다. 또한, 상기의 효과를 얻고 싶은 경우에는, Co 함유량은 0.01% 이상인 것이 바람직하고, 0.02% 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.05% 이상인 것이 더 바람직하다.

[0128] 본 발명의 강의 화학 조성에 있어서, 상기의 원소에 더하여, 기계 특성 등을 향상시키기 위해, 추가로 Cr, Ti, Nb, V, Zr, Ta, B로부터 선택되는 1종 이상을, 이하에 나타내는 범위에 있어서 함유시켜도 된다. 또한, 이들 원소는, 강재에 있어서 반드시 필수는 아니기 때문에, 함유량의 하한치는 0%이다. 각 원소의 한정 이유에 대해서 설명한다.

[0129] Cr : 0~0.70%

[0130] Cr은, 담금질성을 높여 강도를 향상시키는 원소이기 때문에, 필요에 따라 함유시켜도 된다. 그러나, Cr은 내후성을 높이는 원소이지만, 산 부식 환경에서의 내식성을 저하시키는 경우가 있다. 그 때문에, Cr 함유량은 0.70% 이하로 한다. Cr 함유량은 0.50% 이하인 것이 바람직하고, 0.30% 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.10% 이하인 것이 더 바람직하다. 또한, 상기의 효과를 얻고 싶은 경우에는, Cr 함유량은 0.01% 이상인 것이 바람직하고, 0.02% 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.05% 이상인 것이 더 바람직하다.

[0131] Ti : 0~0.050%

[0132] Ti는, 질화물을 형성하여, 결정립의 미세화 및 강도의 향상에 기여하는 원소이기 때문에, 필요에 따라 함유시켜도 된다. 그러나, Ti가 과잉하게 함유된 경우, 질화물이 조대해져, 기계 특성이 열화된다. 그 때문에, Ti 함유량은 0.050% 이하로 한다. Ti 함유량은 0.040% 이하인 것이 바람직하고, 0.030% 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.020% 이하인 것이 더 바람직하다. 또한, 상기의 효과를 얻고 싶은 경우에는, Ti 함유량은 0.001% 이상인 것이 바람직하고, 0.002% 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.005% 이상인 것이 더 바람직하다.

[0133] Nb : 0~0.10%

[0134] Nb는, Ti와 마찬가지로, 질화물을 형성하여, 결정립의 미세화 및 강도의 향상에 기여하는 원소이기 때문에, 필요에 따라 함유시켜도 된다. 그러나, Nb가 과잉하게 함유된 경우, 질화물이 조대해져, 기계 특성이 열화된다. 그 때문에, Nb 함유량은 0.10% 이하로 한다. Nb 함유량은 0.050% 이하인 것이 바람직하고, 0.030% 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.020% 이하인 것이 더 바람직하다. 또한, 상기의 효과를 얻고 싶은 경우에는, Nb 함유량은 0.001% 이상인 것이 바람직하고, 0.002% 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.005% 이상인 것이 더 바람직하다.

[0135] V : 0~0.10%

[0136] V는, Ti, Nb와 마찬가지로, 질화물을 형성하여, 결정립의 미세화 및 강도의 향상에 기여하는 원소이기 때문에, 필요에 따라 함유시켜도 된다. 그러나, V가 과잉하게 함유된 경우, 질화물이 조대해져, 기계 특성이 열화된다. 그 때문에, V 함유량은 0.10% 이하로 한다. V 함유량은 0.050% 이하인 것이 바람직하고, 0.030% 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.020% 이하인 것이 더 바람직하다. 또한, 상기의 효과를 얻고 싶은 경우에는, V 함유량은 0.001% 이상인 것이 바람직하고, 0.002% 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.005% 이상인 것이 더 바람직하다.

[0137] Zr : 0~0.050%

- [0138] Zr은, Ti, Nb, V와 마찬가지로, 질화물을 형성하여, 결정립의 미세화 및 강도의 향상에 기여하는 원소이기 때문에, 필요에 따라 함유시켜도 된다. 그러나, Zr은 고가의 원소이며, 다량의 함유는 제강 비용의 증대를 초래한다. 이에 더하여, Zr이 과잉하게 함유된 경우, 질화물이 조대해져, 기계 특성이 열화된다. 그 때문에, Zr 함유량은 0.050% 이하로 한다. Zr 함유량은 0.040% 이하인 것이 바람직하고, 0.030% 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.020% 이하인 것이 더 바람직하다. 또한, 상기의 효과를 얻고 싶은 경우에는, Zr 함유량은 0.001% 이상인 것이 바람직하고, 0.002% 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.005% 이상인 것이 더 바람직하다.
- [0139] Ta : 0~0.050%
- [0140] Ta는, 강도의 향상에 기여하는 원소이며, 또, 메카니즘은 반드시 분명하지 않지만, 내식성의 향상에도 기여하기 때문에, 필요에 따라 함유시켜도 된다. 그러나, Ta는 고가의 원소이며, 다량의 함유는 제강 비용의 증대를 초래한다. 그 때문에, Ta 함유량은 0.050% 이하로 한다. Ta 함유량은 0.040% 이하인 것이 바람직하고, 0.030% 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.020% 이하인 것이 더 바람직하다. 또한, 상기의 효과를 얻고 싶은 경우에는, Ta 함유량은 0.001% 이상인 것이 바람직하고, 0.005% 이상인 것이 보다 바람직하다.
- [0141] B : 0~0.010%
- [0142] B는 담금질성을 향상시켜, 강도를 높이는 원소이기 때문에, 필요에 따라 함유시켜도 된다. 그러나, B를 과잉하게 함유시켜도 효과가 포화되어, 모재 및 HAZ의 인성이 저하되는 경우가 있다. 그 때문에, B 함유량은 0.010% 이하로 한다. B 함유량은 0.0050% 이하인 것이 바람직하고, 0.0030% 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.0020% 이하인 것이 더 바람직하다. 또한, 상기의 효과를 얻고 싶은 경우에는, B 함유량은 0.0003% 이상인 것이 바람직하고, 0.0005% 이상인 것이 보다 바람직하다.
- [0143] 본 발명의 강의 화학 조성에 있어서, 상기의 원소에 더하여, 탈산 및 개재물의 제어를 목적으로 하여, Ca, Mg, REM으로부터 선택되는 1종 이상을, 이하에 나타내는 범위에 있어서 함유시켜도 된다. 또한, 이들 원소는, 강재에 있어서 반드시 필수는 아니기 때문에, 함유량의 하한치는 0%이다. 각 원소의 한정 이유에 대해서 설명한다.
- [0144] Ca : 0~0.010%
- [0145] Ca는, 주로 황화물의 형태의 제어에 이용되는 원소이며, 또, 미세한 산화물을 형성시키기 위해, 필요에 따라 함유시켜도 된다. 그러나, Ca가 과잉하게 함유된 경우, 기계 특성이 손상되는 경우가 있다. 그 때문에, Ca 함유량은 0.010% 이하로 한다. Ca 함유량은 0.005% 이하인 것이 바람직하다. 또한, 상기의 효과를 얻고 싶은 경우에는, Ca 함유량은 0.00005% 이상, 0.0001% 이상 또는 0.0005% 이상인 것이 바람직하고, 0.001% 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.002% 이상인 것이 더 바람직하다.
- [0146] Mg : 0~0.010%
- [0147] Mg는, 미세한 산화물을 형성시키기 위해, 필요에 따라 함유시켜도 된다. 그러나, Mg를 과잉하게 첨가하는 것은 제강 비용의 증대를 초래한다. 그 때문에, Mg 함유량은 0.010% 이하로 한다. Mg 함유량은 0.005% 이하인 것이 바람직하고, 0.003% 이하인 것이 보다 바람직하다. 또한, 상기의 효과를 얻고 싶은 경우에는, Mg 함유량은 0.0001% 이상인 것이 바람직하고, 0.0003% 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.0005% 이상인 것이 더 바람직하다.
- [0148] REM : 0~0.010%
- [0149] REM(희토류 원소)은, 주로 탈산에 이용되는 원소이며, 미세한 산화물을 형성시키기 위해, 필요에 따라 함유시켜도 된다. 그러나, REM을 과잉하게 첨가하는 것은 제강 비용의 증대를 초래한다. 그 때문에, REM 함유량은 0.010% 이하로 한다. REM 함유량은 0.005% 이하인 것이 바람직하고, 0.003% 이하인 것이 보다 바람직하다. 또한, 상기의 효과를 얻고 싶은 경우에는, REM 함유량은 0.0001% 이상인 것이 바람직하고, 0.0003% 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.0005% 이상인 것이 더 바람직하다.
- [0150] 여기서, REM은, Sc, Y 및 란타노이드의 합계 17원소의 총칭이며, REM의 함유량은 상기 원소의 합계량을 의미한다. 또한, 란타노이드는, 공업적으로는, 미수 메탈의 형태로 첨가된다.
- [0151] 본 발명의 열간 압연 강재의 화학 조성에 있어서, 잔부는 Fe 및 불순물이다. 여기서 불순물이란, 강재를 공업적으로 제조할 때에, 광석, 스크랩 등의 원료 그 외의 요인에 의해 혼입되는 성분이며, 본 발명에 따른 강재에 악영향을 주지 않는 범위에서 허용되는 것을 의미한다.

- [0152] 또, 본 발명의 일 실시 형태에 따른 열간 압연 강재에서는,
- [0153] 화학 조성이, 질량%로,
- [0154] C : 0.01~0.10%,
- [0155] Si : 0.04~0.40%,
- [0156] Mn : 0.50~1.50%,
- [0157] Cu : 0.05~0.50%,
- [0158] Sb : 0.01~0.30%,
- [0159] Al : 0.005~0.050%,
- [0160] Mo 및 W 중 한쪽 또는 양쪽의 합계 : 0.01~0.30%,
- [0161] P : 0.020% 이하,
- [0162] S : 0.0005~0.015%,
- [0163] N : 0.005% 이하,
- [0164] O : 0.0005~0.0035%,
- [0165] Ni : 0~0.30%,
- [0166] Sn : 0~0.50%,
- [0167] As : 0~0.30%,
- [0168] Co : 0~0.30%,
- [0169] Cr : 0~0.70%,
- [0170] Ti : 0~0.050%,
- [0171] Nb : 0~0.10%,
- [0172] V : 0~0.10%,
- [0173] Zr : 0~0.050%,
- [0174] Ta : 0~0.050%,
- [0175] B : 0~0.010%,
- [0176] Ca : 0~0.010%,
- [0177] Mg : 0~0.010%,
- [0178] REM : 0~0.010%,
- [0179] 잔부 : Fe 및 불순물이고,
- [0180] Si 함유량과 Al 함유량의 질량비 Si/Al이 6.0~16.0이며,
- [0181] 하기 (i)식으로 정의되는 Al이 0.06~0.21이고,
- [0182] 하기 (ii)식으로 정의되는 EI가 2.5~6.0이거나, Cu 및 Sb의 합계 함유량이, 질량%로 0.10~0.25%이거나 중 적어도 어느 한쪽을 만족하며,
- [0183] 하기 (iii)식으로 정의되는 Ceq가 0.180~0.330이다.
- [0184] Si/Al : 6.0~16.0
- [0185] Si/Al비(질량비)는, 강재 표면에서 부식 기점이 되기 쉬운 산화물을 억제하기 위해 중요한 지표이다. 산화물의 생성을 억제하려면, Al에 비해 산화력이 약한 Si를 활용하는 것이 유효하며, Si/Al를 6.0 이상으로 함으로써 내식성이 현저하게 향상된다. 한편, Si/Al비가 16.0을 초과해도 효과가 포화되고, 또, Al량의 감소에 따라 탈산

이 불충분해져, 산화물에 의해 내식성이 저하되는 경우가 있다. 따라서, Si/Al비는 6.0~16.0으로 하는 것이 바람직하다. Si/Al비는, 6.7 이상, 8.0 이상, 8.5 이상 또는 9.0 이상인 것이 바람직하다. 또, Si/Al비는, 14.0 이하, 13.5 이하, 13.0 이하 또는 12.0 이하인 것이 바람직하다.

[0186] AI : 0.06~0.21

[0187] 내산성 부식 지수 AI는, 강재 표면에서 부식 기점이 되기 쉬운 탄화물을 억제하기 위해 도출된 지표이다. Mo 및 W는, 내식성의 향상에 유효하지만, 그들의 함유량이 과잉하면 부식의 기점이 되는 탄화물을 형성하기 쉬워진다. 산 부식 환경에서의 내식성을 현저하게 향상시키려면, 내산성 부식 지수 AI는 0.06~0.21로 하는 것이 바람직하다. 내산성 부식 지수 AI는, 0.08 이상인 것이 바람직하고, 0.10 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.12 이상인 것이 더 바람직하다. 또, 내산성 부식 지수 AI는, 0.20 이하인 것이 바람직하고, 0.19 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.18 이하인 것이 더 바람직하다.

[0188] 내산성 부식 지수 AI는, 하기 (i)식으로 정의되는 바와 같이, Mo 원자 및 W 원자의 수의 합계와, 탄소 원자의 수의 비이다. 즉, Mo/96, W/184, C/12는, 각각, Mo, W, C의 함유량을 각 원소의 질량수로 나눈 항이다.

[0189] $AI = ((Mo/96) + (W/184)) / (C/12) \cdot \cdot \cdot (i)$

[0190] EI : 2.5~6.0

[0191] 가공성 지수 EI는, Cu에 의한 열간 가공성의 저하를 조장하는 Sb 및 Sn의 영향을 고려한 지표이다. Cu의 함유량에 대해 Sb 및 Sn의 함유량이 과도하게 많으면 열간 가공성이 저하되는 경우가 있다. 한편, 가공성 지수 EI를 크게 하는 것이, 열간 가공성을 확보하기 위해서는 바람직하지만, 그 값이 과잉해도 효과가 포화된다. 또, Sb 및 Sn이 부족하면, 산 부식 환경에서의 내식성의 향상의 효과가 불충분해지는 경우가 있다. 열간 가공성 및 내식성을 양립시키는 관점에서, 가공성 지수 EI는 2.5~6.0으로 하는 것이 바람직하다. 가공성 지수 EI는, 2.55 이상인 것이 바람직하고, 2.6 이상인 것이 보다 바람직하다. 또, 가공성 지수 EI는, 6.0 이하인 것이 바람직하고, 5.7 이하인 것이 보다 바람직하다.

[0192] 가공성 지수 EI는, 하기 (ii)식으로 정의되는 바와 같이, Cu 원자의 수와, Sb 원자의 수 및 Sn 원자의 수의 비이다. 즉, Cu/64, Sb/122, Sn/119는, 각각, Cu, Sb, Sn의 함유량을 각 원소의 질량수로 나눈 항이다.

[0193] $EI = (Cu/64) / ((Sb/122) + (Sn/119)) \cdot \cdot \cdot (ii)$

[0194] Cu+Sb : 0.10~0.25%

[0195] Cu 및 Sb를 복합적으로 함유시킴으로써, 강의 내산성이 향상된다. 이 효과를 얻기 위해서는, 그 합계 함유량은 0.10% 이상, 0.12% 이상, 0.14% 이상 또는 0.16% 이상인 것이 바람직하다. 한편, Cu와 Sb의 합계량이 과도하게 많으면 열간 가공성이 저하되는 경우가 있기 때문에, Cu 및 Sb의 합계 함유량은 0.25% 이하, 0.22% 이하 또는 0.20% 이하인 것이 바람직하다.

[0196] Ceq : 0.180~0.330

[0197] Ceq는, 경도의 상승에 의한 용접성의 열화를 나타내는 지표이다. Ceq가 과잉하면 용접성을 확보할 수 없게 되는 경우가 있다. 한편, Ceq가 과도하게 낮으면 기계 특성이 불충분해질 우려가 있다. 그 때문에, Ceq는 0.180~0.330으로 하는 것이 바람직하다. Ceq는 0.200 이상인 것이 바람직하고, 0.220 이상인 것이 보다 바람직하다. 또, Ceq는 0.330 이하인 것이 바람직하고, 0.300 이하인 것이 보다 바람직하다. Ceq는, 하기 (iii)식으로 정의된다.

[0198] $Ceq = C + Mn/6 + (Cu + Ni)/5 + (Cr + Mo + V)/15 \cdot \cdot \cdot (iii)$

[0199] 또한, Ca : 0.00005~0.010%를 함유하는 경우에 있어서는, 하기 (iv)식으로 정의되는 XI가 5.0~16.0이거나, 또는 Ca 함유량과 O 함유량의 질량비 Ca/O가 1.00 이하인 것이 바람직하다.

[0200] XI : 5.0~16.0

[0201] Ca는 Al과 마찬가지로 산화물을 형성하는 원소이다. 그 때문에, Ca를 0.00005% 이상 포함하는 경우에 있어서, 산화물의 생성을 억제하려면, Al 및 Si에 더하여 또한 Ca도 고려하여, 구체적으로는 하기 (iv)식으로 정의되는 XI를 5.0~16.0으로 하는 것이 바람직하다. XI는 6.0 이상인 것이 보다 바람직하고, 7.0 이상인 것이 더 바람직하다. 또, XI는 15.0 이하인 것이 보다 바람직하고, 14.0 이하인 것이 더 바람직하다.

- [0202] $XI = (Si/28) / ((Al/27) + (Ca/40)) \dots (iv)$
- [0203] Ca/O : 1.00 이하
- [0204] Ca/O비(질량비)는, 강제 표면에서 부식 기점이 되기 쉬운 산화물을 억제하기 위한 지표이다. Ca는 내식성에 영향을 미치지 않는 미세한 산화물을 형성함으로써 강의 청정도를 높이지만, 강 중의 O의 양에 대해 Ca를 과잉하게 함유시키면 조대한 산화물이 과잉하게 생성되어, 내식성을 저하시킨다. 특히 Ca를 0.00005% 이상 포함하는 경우에 있어서, 과잉한 조대 산화물의 생성을 억제하려면, Ca/O비를 1.00 이하로 하는 것이 바람직하다. Ca/O비는, 0.90 이하, 0.85 이하 또는 0.83 이하인 것이 보다 바람직하다. Ca/O비의 하한치는 특별히 한정되지 않지만, Ca/O비가 과도하게 낮으면 Ca 이외의 산화물이 생성되어, 내식성을 저하시키기 때문에, Ca/O비는, 0.005 이상, 0.010 이상 또는 0.015 이상인 것이 바람직하다.
- [0205] 또, 본 발명의 다른 실시 형태에 따른 열간 압연 강제에서는,
- [0206] 화학 조성이, 질량%로,
- [0207] C : 0.01~0.10%,
- [0208] Si : 0.04~0.40%,
- [0209] Mn : 0.30~1.50%,
- [0210] Cu : 0.05~0.50%,
- [0211] Sb : 0.03~0.30%,
- [0212] Ni : 0.01~0.50%,
- [0213] Cr : 0.02~0.50%,
- [0214] Al : 0.005~0.055%,
- [0215] N : 0.002~0.010%,
- [0216] P : 0.020% 이하,
- [0217] S : 0.0005~0.015%,
- [0218] O : 0.0005~0.0035%,
- [0219] Mo : 0~0.50%,
- [0220] W : 0~0.50%,
- [0221] Sn : 0~0.30%,
- [0222] As : 0~0.30%,
- [0223] Co : 0~0.30%,
- [0224] Ti : 0~0.050%,
- [0225] Nb : 0~0.10%,
- [0226] V : 0~0.10%,
- [0227] Zr : 0~0.050%,
- [0228] Ta : 0~0.050%,
- [0229] B : 0~0.010%,
- [0230] Ca : 0~0.010%,
- [0231] Mg : 0~0.010%,
- [0232] REM : 0~0.010%,

- [0233] 잔부 : Fe 및 불순물이고,
- [0234] Si 함유량과 Al 함유량의 질량비 Si/Al이 7.0~15.0이며,
- [0235] 하기 (v)식으로 정의되는 BI가 0.55~30.0이고,
- [0236] 하기 (ii)식으로 정의되는 EI가 1.0~6.0이며,
- [0237] 하기 (iii)식으로 정의되는 Ceq가 0.150~0.400이다.
- [0238] Si/Al : 7.0~15.0
- [0239] Si/Al비(질량비)는, 강제 표면에서 부식 기점이 되기 쉬운 산화물을 억제하기 위해 중요한 지표이다. 산화물의 생성을 억제하려면, Al에 비해 산화력이 약한 Si를 활용하는 것이 유효하며, Si/Al를 7.0 이상으로 함으로써 내식성이 현저하게 향상된다. 한편, Si/Al비가 15.0을 초과해도 효과가 포화되고, 또, Al량의 감소에 따라 탈산이 불충분해져, 산화물에 의해 내식성이 저하되는 경우가 있다. 따라서, Si/Al비는 7.0~15.0으로 하는 것이 바람직하다. Si/Al비는, 8.0 이상 또는 9.0 이상인 것이 바람직하다. 또, Si/Al비는, 14.0 이하 또는 13.0 이하인 것이 바람직하다.
- [0240] BI : 0.55~30.0
- [0241] 내산성 부식 지수 BI는, 강제 표면에서 부식 기점이 되기 쉬운 질화물을 억제하기 위해 도출된 지표이다. Cr은, 내식성의 향상에 유효하지만, 함유량이 과잉하면 부식의 기점이 되는 질화물을 형성하기 쉬워진다. 산 부식 환경에서의 내식성을 현저하게 향상시키려면, 내산성 부식 지수 BI는 0.55~30.0으로 하는 것이 바람직하다. 내산성 부식 지수 BI는, 0.60 이상인 것이 바람직하고, 0.70 이상인 것이 보다 바람직하다. 또, 내산성 부식 지수 BI는, 15.0 이하인 것이 바람직하고, 10.0 이하인 것이 보다 바람직하고, 5.00 이하인 것이 더 바람직하다.
- [0242] 내산성 부식 지수 BI는, 하기 (v)식으로 정의되는 바와 같이, Cr 원자의 수와, N 원자의 수의 비이다. 즉, Cr/52, N/14는, 각각, Cr, N의 함유량을 각 원소의 질량수로 나눈 항이다.
- [0243] $BI = (Cr/52)/(N/14) \cdots (v)$
- [0244] EI : 1.0~6.0
- [0245] 가공성 지수 EI는, Cu에 의한 열간 가공성의 저하를 조장하는 Sb 및 Sn의 영향을 고려한 지표이다. Cu의 함유량에 대해 Sb 및 Sn의 함유량이 과도하게 많으면 열간 가공성이 저하되는 경우가 있다. 한편, 가공성 지수 EI를 크게 하는 것이, 열간 가공성을 확보하기 위해서는 바람직하지만, 그 값이 과잉해도 효과가 포화된다. 또, Sb 및 Sn이 부족하면, 산 부식 환경에서의 내식성의 향상의 효과가 불충분해지는 경우가 있다. 열간 가공성 및 내식성을 양립하는 관점에서, 가공성 지수 EI는 1.0~6.0으로 하는 것이 바람직하다. 가공성 지수 EI는, 2.0 이상인 것이 바람직하고, 3.0 이상인 것이 보다 바람직하다. 또, 가공성 지수 EI는, 5.9 이하인 것이 바람직하고, 5.8 이하인 것이 보다 바람직하다.
- [0246] 가공성 지수 EI는, 하기 (ii)식으로 정의되는 바와 같이, Cu 원자의 수와, Sb 원자의 수 및 Sn 원자의 수의 비이다. 즉, Cu/64, Sb/122, Sn/119는, 각각, Cu, Sb, Sn의 함유량을 각 원소의 질량수로 나눈 항이다.
- [0247] $EI = (Cu/64)/((Sb/122)+(Sn/119)) \cdots (ii)$
- [0248] Ceq : 0.150~0.400
- [0249] Ceq는, 경도의 상승에 의한 용접성의 열화를 나타내는 지표이다. Ceq가 과잉하면 용접성을 확보할 수 없게 된다. 한편, Ceq가 과도하게 낮으면 기계 특성이 불충분해진다. 그 때문에, Ceq는 0.150~0.400으로 한다. Ceq는 0.180 이상인 것이 바람직하고, 0.200 이상인 것이 보다 바람직하다. 또, Ceq는 0.350 이하인 것이 바람직하고, 0.330 이하인 것이 보다 바람직하다. Ceq는, 하기 (iii)식으로 정의된다.
- [0250] $Ceq = C + Mn/6 + (Cu + Ni)/5 + (Cr + Mo + V)/15 \cdots (iii)$
- [0251] 또한, 상기 (i)~(v)식 중의 원소 기호는, 강제 중에 포함되는 각 원소의 함유량(질량%)을 나타내고, 함유되지 않는 경우는 0을 대입하는 것으로 한다.
- [0252] (B) 산화 스케일

- [0253] 본 발명의 열간 압연 강재에 있어서는, 모재의 표면의 적어도 일부에 산화 스케일을 가지고, 모재와 산화 스케일의 계면에 Si, Cu 및 Sb의 농화층을 가진다. 이들 원소의 농화층을 가짐으로써, 황산 및 염산에 대한 배리어 효과가 발휘되어, 산 부식 환경에 있어서의 내식성이 더 향상된다.
- [0254] 여기서, Si, Cu 및 Sb의 농화층이란, 강재 중의 Si, Cu 및 Sb가 열처리에 따라 확산되어, 모재와 산화 스케일의 계면에 농화된 것이다. 구체적으로는, 강재의 표면에 수직이며, 모재와 산화 스케일의 계면을 포함하는 단면에 대해, 전자 프로브 마이크로 애널라이저(EPMA)에 의한 선 분석을 행하여, Si, Cu 및 Sb의 함유량이, 모두 모재 중의 함유량보다 2배 이상 높아지는 영역을 농화층으로 정의한다. 본 발명에 있어서는, 가속 전압 : 15kV, 빔 직경 : ~100nm, 조사 시간 : 20ms, 측정 피치 : 80nm의 조건에서 측정을 행하는 것으로 한다.
- [0255] 또한, 모재 중에 Ni가 포함되는 경우에 있어서는, Si, Cu 및 Sb의 농화층보다 모재측에 있어서, Ni의 농화층이 형성되어 있는 것이 바람직하다. Ni의 농화층을 가짐으로써, 내식성을 더 향상시키는 것이 가능해진다.
- [0256] (C) 개재물
- [0257] MnS는 부식의 기점이 되어 산 부식 환경에서의 내식성을 열화시킬 우려가 있다. 그 때문에, 본 발명에 따른 강재에 있어서는, 강재 중에 포함되는 최대 길이가 2.0 μm 이상인 MnS의 개수 밀도가 50/mm² 미만인 것이 바람직하다. 또한, 최대 길이가 2.0 μm 미만인 MnS는 강재의 내식성에는 거의 영향을 주지 않기 때문에, 본 발명에 있어서는, 최대 길이가 2.0 μm 이상인 개재물을 대상으로 하는 것으로 한다.
- [0258] 한편, Mn 및 S의 함유량의 극단적인 저감은, 본 발명의 강재에 있어서는, 강도, 인성 및 내식성을 향상시키는 관점에서 바람직하지 않다. 그 때문에, MnS와 산소를 결합시켜, MnS 산화물로 하는 것이 바람직하다. MnS 산화물이 되면 무해화되어, 부식의 기점이 되기는 힘들어지기 때문이다.
- [0259] 이것에 의해, 강재 중에 포함되는 최대 길이가 2.0 μm 이상인 MnS의 개수 밀도를 50/mm² 미만으로 제한하기 쉬워진다. 이하의 설명에서는, 최대 길이가 2.0 μm 이상인 MnS를 간단히 MnS라고도 부르며, 최대 길이가 2.0 μm 이상인 MnS 산화물을 간단히 MnS 산화물이라고도 부른다. MnS의 개수 밀도는 40/mm² 이하인 것이 바람직하고, 30/mm² 이하인 것이 보다 바람직하다.
- [0260] 또, MnS를 충분히 무해화하기 위해서는, 최대 길이가 2.0 μm 이상인 MnS의 개수 밀도에 대한, 최대 길이가 2.0 μm 이상인 MnS 산화물의 개수 밀도의 비를 0.10 이상으로 하는 것이 바람직하다. 상기의 비는 0.12 이상인 것이 바람직하고, 0.15 이상인 것이 보다 바람직하다.
- [0261] MnS의 개수 밀도, 및 MnS 산화물의 개수 밀도는, 주사 전자현미경(SEM)이 구비하는 에너지 분산형 X선 분석(EDS)에 의해 측정한다. 측정 배율은 1000배로 하여, 시야 내에 검출되는 MnS 및 MnS 산화물의 최대 길이를 측정한다. 그리고, 각각 최대 길이가 2.0 μm 이상인 개재물의 개수를 세어, 시야 면적으로 나눈으로써, 개수 밀도를 구한다.
- [0262] 개재물의 분류는, EDS에 의해 행하여, Mn과 S의 합계 함유량이 90질량% 이상인 개재물을 MnS로 판단하고, 또한 0의 피크가 검출되고, Mn과 S와 0의 합계 함유량이 90질량% 이상인 개재물을 MnS 산화물로 판단한다.
- [0263] (D) 제조 방법
- [0264] 본 발명의 일 실시 형태에 따른 열간 압연 강재의 제조 방법에 대해서 설명한다. 본 실시 형태에 따른 강재에는, 열간 압연을 실시하여 제조되는 강판, 형강, 강관 등이 포함된다. 바람직하게는 판두께가 3mm 이상, 보다 바람직하게는 6mm 이상인 후강판이다.
- [0265] 본 실시 형태에 따른 강재는, 상법으로 강을 용제하여, 성분의 조정 후, 주조하여 얻어진 강편에 대해 열간 압연을 실시하여 제조된다. 강재 중에 존재하는 MnS 및 MnS 산화물의 개수 밀도의 비를 상술한 범위로 제어하기 위해서는, 열간 압연 전의 가열 온도를 비교적 저온으로 하는 것이 중요하며, 구체적으로는 1000~1130℃로 하는 것이 바람직하다.
- [0266] 열간 압연 전의 가열 온도를 낮게 함으로써, MnS의 성장을 억제함과 함께, 압연 시에 미세화하는 것이 가능해진다. 미세화된 MnS는 상대적으로 표면적이 크기 때문에, 산소와 결합하기 쉬워져, MnS 산화물이 되기 쉬워진다. MnS의 개수 밀도를 30/mm² 미만으로 하고, MnS에 대한 MnS 산화물의 개수 밀도의 비를 0.12 이상으로 하기 위해서는, 열간 압연 전의 가열 온도는 1080℃ 이하로 하는 것이 보다 바람직하다.

- [0267] 열간 압연 후의 열연 강관에 대해서는, 절단 또는 코일 권취 등의 다음 공정이 더해진다. 그 때, 강관은 온도 저하되지만, 열연 완료부터 400℃에 이를 때까지의 시간은 4시간 이상인 것이 바람직하다. 이 온도역에 노출됨으로써 MnS와 산소의 결합이 촉진된다.
- [0268] 그에 더하여, 열연 완료부터 400℃에 이를 때까지 동안에, 모재와 산화 스케일의 계면에 있어서, Si, Cu 및 Sb의 농화가 진행된다. 상술한 Si, Cu 및 Sb의 농화층을 형성하기 위해서도, 열연 완료부터 400℃에 이를 때까지의 시간을 4시간 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- [0269] 얻어진 강관으로부터 강관을 제조하는 경우는, 강관을 관형상으로 성형하여 용접하면 되고, 예를 들면, U0강관, 전봉강관, 단접강관, 스파이럴강관 등으로 할 수 있다.
- [0270] 이하, 실시예에 의해 본 발명을 보다 구체적으로 설명한다. 또한, 이하에 나타내는 실시예에서의 조건은, 본 발명의 실시 가능성 및 효과를 확인하기 위해 채용한 일 조건예이며, 본 발명은, 이 일 조건예에 한정되는 것은 아니다. 또 본 발명은, 본 발명의 요지를 이탈하지 않고, 본 발명의 목적을 달성하는 한에 있어서, 다양한 조건을 채용할 수 있는 것이다.
- [0271] <실시예>
- [0272] 표 1~3에 나타내는 화학 조성을 가지는 강(A1~24, B1~28, C1~13)을 용제하여, 강괴에 대해 표 4~6에 나타내는 조건에서 열간 압연을 행하여, 두께가 20mm인 열간 압연 강관을 제조했다.

표 1

표 1

강 No.	화학 조성 (질량%, 잔부: Fe 및 불순물)														파라미터			
	C	Si	Mn	Cu	Sb	Al	Mo	W	P	S	N	O	그 외의 원소	Si/Al	Al	EI	Ceq	
A1	0.04	0.29	0.90	0.28	0.09	0.028	0.05	-	0.012	0.010	0.003	0.0014	Ni:0.16	10.4	0.16	5.9	0.281	
A2	0.04	0.29	0.90	0.28	0.09	0.031	0.03	0.05	0.012	0.010	0.003	0.0014	Ni:0.16, Cr:0.15	9.4	0.17	5.9	0.290	
A3	0.05	0.30	0.92	0.25	0.08	0.027	0.05	0.06	0.012	0.009	0.004	0.0025	Ni:0.25, Sn:0.05, Cr:0.15	11.1	0.20	3.6	0.317	
A4	0.09	0.21	0.88	0.25	0.10	0.018	-	0.10	0.011	0.009	0.003	0.0015	Ni:0.10, Cr:0.35	11.7	0.07	4.8	0.330	
A5	0.09	0.25	0.90	0.25	0.09	0.022	-	0.15	0.011	0.009	0.003	0.0015	-	11.4	0.11	5.3	0.290	
A6	0.04	0.21	1.09	0.27	0.10	0.023	-	0.10	0.011	0.011	0.003	0.0024	Ni:0.15, Sn:0.05, Cr:0.03, V:0.08, Mg:0.005	9.1	0.16	3.4	0.313	
A7	0.04	0.05	0.90	0.28	0.09	0.005	0.05	-	0.012	0.010	0.003	0.0014	Ni:0.16, Cr:0.02	10.0	0.16	5.9	0.283	
A8	0.04	0.30	0.90	0.30	0.10	0.032	-	0.05	0.012	0.010	0.003	0.0013	Ni:0.16, Cr:0.02, Nb:0.04	9.4	0.08	5.7	0.283	
A9	0.03	0.21	0.95	0.45	0.15	0.023	0.02	-	0.011	0.011	0.003	0.0024	Ni:0.17, Cr:0.03, Zr:0.03	9.1	0.08	5.7	0.316	
A10	0.04	0.29	0.90	0.28	0.09	0.036	0.05	0.01	0.012	0.010	0.003	0.0016	Ni:0.16, Cr:0.02, Ta:0.03	8.1	0.17	5.9	0.283	
A11	0.04	0.29	0.90	0.28	0.09	0.035	0.05	-	0.012	0.010	0.003	0.0014	Ni:0.16, B:0.002	8.3	0.16	5.9	0.281	
A12	0.04	0.29	0.90	0.28	0.09	0.027	0.05	0.03	0.012	0.010	0.003	0.0013	Ni:0.16, As:0.10, Nb:0.05	10.7	0.20	5.9	0.281	
A13	0.08	0.26	0.87	0.29	0.11	0.027	0.03	0.14	0.012	0.010	0.003	0.0020	Ni:0.18, Sn:0.10	9.6	0.16	2.6	0.321	
A14	0.05	0.18	0.74	0.31	0.10	0.027	0.01	0.05	0.012	0.008	0.004	0.0023	Sn:0.05, As:0.14, Cr:0.5	6.7	0.09	3.9	0.269	
A15	0.08	0.26	0.69	0.18	0.09	0.019	0.02	0.05	0.014	0.008	0.003	0.0020	Ni:0.14, Sn:0.02, Cr:0.6	13.7	0.07	3.1	0.300	
A16	0.08	0.14	0.97	0.30	0.10	0.022	0.05	0.05	0.015	0.009	0.002	0.0014	Sn:0.06, Co:0.18, Ti:0.03	6.4	0.12	3.5	0.305	
A17	0.06	0.18	0.92	0.22	0.11	0.027	0.06	0.06	0.013	0.011	0.003	0.0022	Sn:0.04	6.7	0.19	2.8	0.261	
A18	0.07	0.13	0.95	0.28	0.12	0.020	0.02	0.10	0.013	0.010	0.002	0.0018	Ni:0.09, Sn:0.07, Nb:0.07, REM:0.007	6.5	0.13	2.8	0.304	
A19	0.05	0.21	1.20	0.32	0.11	0.024	0.06	0.02	0.013	0.008	0.004	0.0021	Sn:0.03, Co:0.17, Ta:0.03	8.8	0.18	4.3	0.318	
A20	0.06	0.17	0.80	0.33	0.12	0.020	0.03	0.08	0.013	0.011	0.003	0.0025	Sn:0.11, As:0.18, B:0.008	8.5	0.15	2.7	0.261	
A21	0.07	0.21	1.08	0.35	0.12	0.021	-	0.10	0.013	0.010	0.002	0.0022	Sn:0.14, As:0.16, Ta:0.03	10.0	0.09	2.5	0.320	
A22	0.06	0.13	0.87	0.34	0.13	0.009	0.09	-	0.014	0.011	0.003	0.0025	Sn:0.01, Cr:0.5	14.4	0.19	4.6	0.312	
A23	0.07	0.33	0.65	0.45	0.25	0.024	0.02	0.07	0.014	0.008	0.003	0.0020	Ni:0.18, Sn:0.003, B:0.008	13.8	0.10	3.4	0.306	
A24	0.08	0.27	0.77	0.17	0.09	0.026	0.12	-	0.013	0.007	0.002	0.0024	Sn:0.01, Co:0.17, V:0.08	10.4	0.19	3.2	0.256	

[0273]

표 2

표 2

강 No.	화학 조성 (중량%, 잔부: Fe 및 불순물)													파라미터							
	C	Si	Mn	Cu	Sb	Al	Mo	W	P	S	N	O	Ca	그 외의 원소	Si/Al	Al	EI	Cu+Sb	Ceq	XI	Ca/O
B1	0.04	0.21	1.09	0.27	0.10	0.023	0.04	-	0.011	0.011	0.003	0.0024	0.0030	-	9.1	0.13	5.1	0.37	0.278	8.09	1.25
B2	0.05	0.21	1.09	0.27	0.10	0.023	0.07	-	0.011	0.011	0.003	0.0024	0.0020	Ni0.17, Cr0.03, Ti0.03	9.1	0.18	5.1	0.37	0.326	8.32	0.83
B3	0.04	0.21	1.09	0.27	0.10	0.023	0.04	-	0.011	0.011	0.003	0.0024	0.0020	Ni0.17, Cr0.01	9.1	0.13	5.1	0.37	0.313	8.32	0.83
B4	0.08	0.26	0.87	0.29	0.11	0.027	0.03	0.14	0.012	0.010	0.003	0.0020	0.0013	Ni0.18, Sn0.10	9.6	0.16	2.6	0.40	0.321	8.99	0.65
B5	0.05	0.18	0.74	0.28	0.10	0.027	0.01	0.05	0.012	0.008	0.004	0.0023	0.0016	Sn0.05, As0.14, Cr0.5	6.7	0.09	3.5	0.38	0.263	6.18	0.70
B6	0.06	0.34	0.66	0.23	0.13	0.034	0.01	0.13	0.013	0.010	0.004	0.0024	0.0051	Sn0.01, Co0.15, Zr0.03	10.0	0.16	3.1	0.36	0.217	8.76	2.13
B7	0.06	0.15	1.09	0.35	0.12	0.017	0.03	0.02	0.012	0.010	0.003	0.0025	0.0002	As0.15, V0.07	8.8	0.08	5.6	0.47	0.318	8.44	0.08
B8	0.06	0.18	0.92	0.22	0.11	0.027	0.06	0.06	0.013	0.011	0.003	0.0022	0.0042	-	6.7	0.19	3.8	0.33	0.261	5.82	1.91
B9	0.07	0.22	0.95	0.28	0.12	0.020	0.02	0.10	0.013	0.010	0.002	0.0018	0.0091	Ni0.09, Sn0.07, Nb0.07, REM0.007	11.0	0.13	2.8	0.40	0.304	8.11	5.06
B10	0.04	0.21	1.20	0.32	0.11	0.024	0.05	0.02	0.013	0.008	0.004	0.0021	0.0035	Sn0.03, Co0.17, Ta0.03	8.8	0.19	4.3	0.43	0.307	7.68	1.67
B11	0.06	0.15	0.95	0.16	0.09	0.019	0.08	-	0.014	0.007	0.004	0.0018	0.0046	Sn0.01, Co0.15	7.9	0.17	3.0	0.25	0.256	6.54	2.56
B12	0.07	0.21	1.08	0.35	0.12	0.021	-	0.10	0.013	0.010	0.002	0.0022	0.0019	Sn0.14, As0.16, Ta0.03	10.0	0.09	2.5	0.47	0.320	9.09	0.86
B13	0.08	0.17	0.87	0.28	0.12	0.023	0.11	-	0.012	0.009	0.004	0.0025	0.0041	Sn0.01, Cr0.5	7.4	0.17	4.1	0.40	0.322	6.36	1.64
B14	0.07	0.33	0.65	0.45	0.25	0.024	0.02	0.07	0.014	0.008	0.003	0.0020	0.0025	-	13.8	0.10	3.4	0.70	0.270	12.39	1.25
B15	0.08	0.16	0.70	0.17	0.09	0.026	0.12	-	0.013	0.007	0.002	0.0024	0.0008	V0.08, Mg0.006	10.4	0.19	3.6	0.26	0.256	9.81	0.33
B16	0.06	0.15	1.09	0.30	0.12	0.017	0.03	0.02	0.012	0.010	0.003	0.0025	0.0080	Sn0.02	8.8	0.08	4.1	0.42	0.304	6.46	3.20
B17	0.07	0.16	0.70	0.45	0.27	0.020	0.05	-	0.012	0.010	0.004	0.0015	0.0070	Ni0.15, Sn0.008, Ti0.03	8.0	0.09	3.1	0.72	0.310	6.24	4.67
B18	0.08	0.26	0.87	0.07	0.11	0.027	0.03	0.14	0.012	0.010	0.003	0.0020	0.0011	Ni0.21, Sn0.13	9.6	0.16	0.5	0.18	0.283	9.04	0.55
B19	0.05	0.18	0.74	0.08	0.10	0.027	0.01	0.05	0.012	0.008	0.004	0.0023	0.0018	Sn0.045, Co0.08, Cr0.07	6.7	0.09	1.0	0.18	0.195	6.15	0.78
B20	0.06	0.25	0.66	0.06	0.13	0.034	0.01	0.13	0.013	0.010	0.004	0.0024	0.0019	Sn0.11, Co0.15, Zr0.008	7.4	0.16	0.5	0.19	0.183	6.83	0.79
B21	0.06	0.15	1.09	0.08	0.11	0.017	0.03	0.02	0.012	0.010	0.003	0.0025	0.0015	Sn0.0017, As0.07, V0.007	8.8	0.08	1.4	0.19	0.260	8.03	0.60
B22	0.06	0.18	0.92	0.15	0.05	0.027	0.06	0.06	0.013	0.011	0.003	0.0022	0.0006	Sn0.035	6.7	0.19	3.3	0.20	0.247	6.33	0.27
B23	0.07	0.13	0.95	0.06	0.16	0.020	0.02	0.10	0.013	0.010	0.002	0.0018	0.0012	Ni0.13, Sn0.065, Nb0.07, REM0.002	6.5	0.13	0.5	0.22	0.268	6.02	0.67
B24	0.06	0.15	0.95	0.06	0.15	0.019	0.08	-	0.014	0.007	0.004	0.0018	0.0012	Sn0.091, Co0.15	7.9	0.17	0.5	0.21	0.236	7.30	0.67
B25	0.07	0.21	1.08	0.08	0.12	0.021	-	0.10	0.013	0.010	0.002	0.0022	0.0009	Sn0.12, As0.07, Ta0.007	10.0	0.09	0.6	0.20	0.266	9.37	0.41
B26	0.06	0.13	0.87	0.09	0.11	0.009	0.09	-	0.014	0.011	0.003	0.0025	0.0015	Sn0.075, Cr0.22	14.4	0.19	0.9	0.20	0.244	12.52	0.60
B27	0.07	0.28	0.65	0.07	0.05	0.024	0.02	0.07	0.014	0.006	0.003	0.0030	0.0024	Ni0.22, Sn0.081, REM0.0016	11.7	0.10	1.0	0.12	0.238	10.54	0.80
B28	0.08	0.27	0.77	0.17	0.05	0.026	0.12	-	0.013	0.007	0.002	0.0024	0.0008	Sn0.0022, Co0.17, V0.012	10.4	0.19	6.2	0.22	0.251	9.81	0.33

표 3

표 3

강 No.	화학 조성 (질량%, 진부: Fe 및 불순물)																	파라미터		
	C	Si	Mn	Cu	Sb	Ni	Cr	Al	N	P	S	O	Mo	W	그 외의 원소	SI/Al	BI	EI	Ceq	
C1	0.03	0.31	0.95	0.28	0.09	0.17	0.02	0.038	0.003	0.014	0.010	0.0025	0.05	-	-	8.2	1.79	5.9	0.283	
C2	0.07	0.29	0.55	0.14	0.05	0.09	0.11	0.031	0.005	0.012	0.015	0.0014	0.05	-	Sn:0.05, Ti:0.01	9.4	5.92	2.6	0.218	
C3	0.05	0.35	1.09	0.25	0.10	0.03	0.08	0.040	0.006	0.011	0.011	0.0024	-	-	Ca:0.002	8.8	3.59	4.8	0.293	
C4	0.06	0.06	0.92	0.28	0.11	0.25	0.04	0.008	0.004	0.012	0.009	0.0025	-	0.06	Nb:0.01	7.5	2.69	4.9	0.322	
C5	0.08	0.21	0.85	0.35	0.15	0.09	0.20	0.015	0.009	0.014	0.009	0.0015	0.05	0.10	-	14.0	5.98	4.4	0.326	
C6	0.03	0.30	0.90	0.28	0.09	0.01	0.03	0.031	0.003	0.012	0.010	0.0014	0.05	-	REM:0.008	9.7	2.69	5.9	0.243	
C7	0.05	0.29	1.42	0.15	0.06	0.14	0.10	0.025	0.005	0.015	0.013	0.0018	0.32	-	Sn:0.05, Ti:0.03	11.6	5.38	2.6	0.373	
C8	0.03	0.29	0.59	0.28	0.09	0.41	0.03	0.028	0.003	0.010	0.008	0.0014	-	-	Sn:0.03, V:0.04	10.4	2.69	4.4	0.271	
C9	0.04	0.28	0.90	0.30	0.10	0.16	0.02	0.026	0.008	0.012	0.010	0.0019	-	0.05	Sn:0.15, Ti:0.03, V:0.04	10.8	0.67	2.3	0.286	
C10	0.09	0.25	0.90	0.25	0.09	0.11	0.05	0.022	0.003	0.011	0.009	0.0015	-	-	-	11.4	4.49	5.3	0.315	
C11	0.04	0.24	1.09	0.20	0.10	0.15	0.03	0.033	0.003	0.011	0.011	0.0024	-	0.10	Sn:0.05, V:0.08, Mg:0.004	7.3	2.69	2.5	0.299	
C12	0.04	0.05	0.90	0.28	0.09	0.16	0.02	0.005	0.004	0.012	0.010	0.0014	0.05	-	-	10.0	1.35	5.9	0.283	
C13	0.04	0.30	0.90	0.30	0.10	0.16	0.02	0.032	0.003	0.012	0.010	0.0013	-	0.05	Nb:0.04	9.4	1.79	5.7	0.283	

[0275]

표 4

표 4

시험 No.	강 No.	두께 (mm)	열연가열 온도 (° C)	권취의 유무	열연완료 후 400° C 도달시간 (h)
1	A1	20	1050	무	5
2	A2	20	1050	무	5
3	A3	20	1070	무	5
4	A4	20	1070	무	5
5	A5	20	1050	무	5
6	A6	20	1050	무	5
7	A7	20	1070	무	5
8	A8	20	1070	무	5
9	A9	20	1050	무	5
10	A10	20	1050	무	5
11	A11	20	1070	무	5
12	A12	20	1070	무	5
13	A13	20	1050	무	5
14	A14	20	1050	무	5
15	A15	20	1070	무	5
16	A16	20	1070	무	5
17	A17	20	1050	무	5
18	A18	20	1050	무	5
19	A19	20	1070	무	5
20	A20	20	1070	무	5
21	A21	20	1050	무	5
22	A22	20	1050	무	5
23	A23	20	1070	무	5
24	A24	20	1070	무	5
25	A1	20	1050	무	1

[0276]

표 5

표 5

시험 No.	강 No.	두께 (mm)	열연가열 온도 (° C)	권취의 유무	열연완료 후 400° C 도달시간 (h)
26	B1	20	1050	무	5
27	B2	20	1050	무	5
28	B3	20	1050	무	5
29	B4	20	1070	무	5
30	B5	20	1070	무	5
31	B6	20	1050	무	5
32	B7	20	1050	무	5
33	B8	20	1070	무	5
34	B9	20	1070	무	5
35	B10	20	1070	무	5
36	B11	20	1050	무	5
37	B12	20	1050	무	5
38	B13	20	1050	무	5
39	B14	20	1070	무	5
40	B15	20	1070	무	5
41	B16	20	1050	무	5
42	B17	20	1050	무	5
43	B18	20	1070	무	5
44	B19	20	1070	무	5
45	B20	20	1050	무	5
46	B21	20	1050	무	5
47	B22	20	1070	무	5
48	B23	20	1070	무	5
49	B24	20	1050	무	5
50	B25	20	1050	무	5
51	B26	20	1050	무	5
52	B27	20	1070	무	5
53	B28	20	1070	무	5
54	B1	20	1050	무	1

[0277]

표 6

표 6

시험 No.	강 No.	두께 (mm)	열연가열 온도 (° C)	권취의 유무	열연완료 후 400° C 도달시간 (h)
55	C1	20	1050	무	5
56	C2	20	1050	무	5
57	C3	20	1050	무	5
58	C4	20	1050	무	5
59	C5	20	1050	무	5
60	C6	20	1050	무	5
61	C7	20	1050	무	5
62	C8	20	1070	무	5
63	C9	20	1070	무	5
64	C10	20	1070	무	5
65	C11	20	1070	무	5
66	C12	20	1070	무	5
67	C13	20	1070	무	5
68	C1	20	1050	무	1

[0278]

[0279]

얻어진 각 강관으로부터, 강관의 표면에 수직이며, 모재와 산화 스케일의 계면을 포함하는 단면이 측정면이 되도록, EPMA 측정용의 시험편을 잘라내어, 측정면을 연마했다. 그리고, EPMA에 의한 선 분석을 행하여, 모재와 산화 스케일의 계면에 있어서, 농화층의 유무를 판정했다. 또한, EPMA에 의한 측정 조건으로서는, 가속 전압 : 15kV, 빔 직경 : ~100nm, 조사 시간 : 20ms, 측정 피치 : 80nm로 했다.

[0280]

또, 각 강관으로부터 SEM 관찰용의 시험편을 잘라내어, SEM이 구비하는 EDS에 의해 개재물의 개수 밀도의 측정을 행했다. 측정 배율은 1000배로 하여, 시야 내에 검출되는 MnS 및 MnS 산화물의 최대 길이를 측정하고, 각각 최대 길이가 2.0 μm 이상인 개재물의 개수를 세어, 시야 면적으로 나눔으로써, 개수 밀도를 구했다.

[0281]

또한, 얻어진 각 강관을 이용하여, 이하에 나타내는 각종의 성능 평가 시험을 행했다.

[0282]

<내황산성, 내염산성>

[0283]

각 강관으로부터 관두께 3mm, 폭 25mm, 길이 25mm의 시험편을 관두께 중앙부로부터 채취하고, 습식 #400 연마로 마무리하여, 내식성 평가용의 시험편으로 했다. 내식성의 평가는 황산 침지 시험 및 염산 침지 시험에 의해 행했다. 황산 침지 시험에서는, 시험편을 70℃의 50% 황산 수용액에 6시간 침지하고, 염산 침지 시험에서는, 시험편을 80℃의 10% 염산 수용액 중에 5시간 침지했다.

[0284]

그 후, 황산 침지 시험 및 염산 침지 시험에 의한 시험편의 부식 감량으로부터, 각각 부식 속도를 산출했다. 본 실시예에 있어서는, 황산 침지 시험에 의한 부식 속도가 20.0mg/cm²/h 이하인 경우에, 내황산성이 우수하다고 판단하고, 염산 침지 시험에 의한 부식 속도가 15.0mg/cm²/h 이하인 경우에, 내염산성이 우수하다고 판단했다.

[0285]

<열간 가공성>

[0286]

상기 조건에서 압연한 열간 압연재의 표면의 외관을 육안으로 보아, 균열이 생긴 것을 ×, 균열이 생기지 않은 것을 0으로 하여, 열간 가공성을 평가했다.

[0287]

<용접 균열>

[0288]

JIS Z 3158 : 2016에 준거하여, y형 용접 균열 시험을 행했다. 두께 20mm의 시험편을 이용하여, 전류 170A로 양면측으로부터 용접 후, 48시간이 경과하고 나서 표면 및 단면의 균열의 유무를 확인했다.

[0289]

<인장 강도>

[0290]

JIS Z 2241 : 2011에 준거하여 두께 12mm의 인장 시험편을 제작하고, 인장 시험을 행하여, 인장 강도를 구했다.

인장 강도가 400MPa 이상인 것을 ○, 400MPa 미만인 것을 ×로 했다.

[0291] 표 7-9에, 개재물의 개수 밀도의 측정 결과, 및 내황산 침지 시험, 내염산 침지 시험, 열간 가공성, 용접 균열 시험 및 인장 시험의 평가 결과를 정리하여 나타낸다.

표 7

표 7

시험 No.	강 No.	농화층의 유무	개수밀도	개수밀도비	내황산성 (mg/cm ² /h)	내염산성 (mg/cm ² /h)	열간가공성	용접균열	인장강도
			MnS (/mm ²)	MnS산화물 /MnS					
1	A1	유	18	0.44	15.9	10.1	○	무	○
2	A2	유	13	0.44	16.3	8.6	○	무	○
3	A3	유	20	0.15	16.6	9.3	○	무	○
4	A4	유	22	0.14	16.0	9.4	○	무	○
5	A5	유	23	0.27	18.9	9.2	○	무	○
6	A6	유	15	0.18	15.8	8.5	○	무	○
7	A7	유	19	0.32	19.6	6.8	○	무	○
8	A8	유	28	0.38	17.9	9.1	○	무	○
9	A9	유	17	0.41	15.8	6.9	○	무	○
10	A10	유	14	0.35	16.1	7.2	○	무	○
11	A11	유	21	0.19	18.8	9.8	○	무	○
12	A12	유	23	0.24	16.9	10.4	○	무	○
13	A13	유	17	0.44	15.9	7.5	○	무	○
14	A14	유	12	0.28	16.0	6.9	○	무	○
15	A15	유	19	0.15	15.9	8.9	○	무	○
16	A16	유	21	0.14	12.3	9.5	○	무	○
17	A17	유	19	0.27	17.4	9.3	○	무	○
18	A18	유	24	0.18	19.6	9.1	○	무	○
19	A19	유	16	0.32	16.4	8.8	○	무	○
20	A20	유	14	0.38	19.9	7.9	○	무	○
21	A21	유	19	0.41	16.6	9.4	○	무	○
22	A22	유	21	0.35	16.3	8.6	○	무	○
23	A23	유	22	0.19	12.5	6.9	○	무	○
24	A24	유	16	0.24	18.9	7.5	○	무	○
25	A1	무	124	0.04	30.0	18.2	○	무	○

[0292]

표 8

표 8

시험 No.	강 No.	농화층의 유무	개수밀도	개수밀도비	내황산성 (mg/cm ² /h)	내염산성 (mg/cm ² /h)	열간가공성	용접균열	인장강도
			MnS (/mm ²)	MnS산화물 /MnS					
26	B1	유	21	0.43	16.1	9.1	○	무	○
27	B2	유	19	0.42	15.9	6.9	○	무	○
28	B3	유	26	0.16	16.3	7.2	○	무	○
29	B4	유	13	0.13	16.6	9.8	○	무	○
30	B5	유	20	0.34	16.0	10.4	○	무	○
31	B6	유	23	0.31	15.8	8.6	○	무	○
32	B7	유	14	0.37	19.6	9.1	○	무	○
33	B8	유	16	0.23	17.9	6.9	○	무	○
34	B9	유	25	0.15	19.4	7.2	○	무	○
35	B10	유	28	0.16	17.2	10.1	○	무	○
36	B11	유	10	0.15	16.9	8.1	○	무	○
37	B12	유	19	0.25	17.7	9.9	○	무	○
38	B13	유	24	0.18	16.8	9.2	○	무	○
39	B14	유	27	0.23	16.2	8.5	○	무	○
40	B15	유	18	0.15	19.4	6.8	○	무	○
41	B16	유	12	0.18	15.9	7.5	○	무	○
42	B17	유	27	0.32	16.0	6.9	○	무	○
43	B18	유	16	0.38	15.9	8.9	○	무	○
44	B19	유	22	0.24	12.3	9.5	○	무	○
45	B20	유	18	0.41	19.6	9.1	○	무	○
46	B21	유	21	0.13	16.4	8.8	○	무	○
47	B22	유	29	0.21	19.9	7.9	○	무	○
48	B23	유	24	0.27	16.4	10.2	○	무	○
49	B24	유	20	0.26	18.9	7.5	○	무	○
50	B25	유	16	0.41	19.6	8.1	○	무	○
51	B26	유	10	0.35	19.4	10.1	○	무	○
52	B27	유	23	0.19	15.8	9.5	○	무	○
53	B28	유	26	0.24	15.8	6.8	○	무	○
54	B1	무	124	0.04	30.0	18.2	○	무	○

[0293]

표 9

표 9

시험 No.	강 No.	농화층의 유무	개수밀도	개수밀도비	내황산성 (mg/cm ² /h)	내염산성 (mg/cm ² /h)	열간가공성	용접균열	인장강도
			MnS (/mm ²)	MnS산화물 /MnS					
55	C1	유	22	0.42	15.8	10.0	○	무	○
56	C2	유	8	0.43	16.2	8.5	○	무	○
57	C3	유	14	0.14	16.5	9.2	○	무	○
58	C4	유	23	0.13	17.2	9.5	○	무	○
59	C5	유	18	0.34	16.2	7.8	○	무	○
60	C6	유	9	0.42	15.5	10.4	○	무	○
61	C7	유	28	0.12	12.4	8.0	○	무	○
62	C8	유	16	0.21	12.1	10.0	○	무	○
63	C9	유	20	0.26	18.8	9.3	○	무	○
64	C10	유	11	0.17	15.7	8.4	○	무	○
65	C11	유	17	0.31	18.3	6.7	○	무	○
66	C12	유	26	0.37	17.8	9.2	○	무	○
67	C13	유	12	0.23	18.4	9.5	○	무	○
68	C1	무	151	0.04	70.0	19.6	○	무	○

[0294]

[0295]

표 7~9에 나타내는 바와 같이, 본 발명의 규정을 모두 만족하는 시험 No.1~24, 26~53 및 55~67에서는, 어느 성능 평가 시험에 있어서도 우수한 결과가 되었다. 이에 반해, 비교예인 시험 No.25, 54 및 68에서는, 내황산성

및 내염산성이 악화되는 결과가 되었다.

[0296] <산업상의 이용 가능성>

[0297] 본 발명의 강재는, 증유, 석탄 등의 화석 연료, 액화 천연 가스 등의 가스 연료, 도시 쓰레기 등의 일반 폐기물, 폐유, 플라스틱, 페타이어 등의 산업 폐기물 및 하수오니 등을 연소시키는 보일러의 배연 설비에 사용할 수 있다. 구체적으로는, 배연 설비의 연도 덕트, 케이싱, 열교환기, 2기의 열교환기(열회수기 및 재가열기)로 구성되는 가스-가스 히터, 탈황 장치, 전기 집진기, 유인 송풍기, 회전 재생식 공기 예열기의 바스켓재 및 전열 엘리먼트판 등에 적합하게 사용할 수 있다.