



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2017-0137164  
(43) 공개일자 2017년12월12일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 C22C 38/60 (2006.01) B21B 1/26 (2006.01)  
 C21D 8/02 (2006.01) C21D 9/46 (2006.01)  
 C22C 38/02 (2006.01) C22C 38/04 (2006.01)  
 C22C 38/06 (2006.01) C22C 38/34 (2006.01)  
 C22C 38/38 (2006.01) C22C 38/58 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
 C22C 38/60 (2013.01)  
 B21B 1/26 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-7032623
- (22) 출원일자(국제) 2016년04월14일  
 심사청구일자 2017년11월10일
- (85) 번역문제출일자 2017년11월10일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2016/061991
- (87) 국제공개번호 WO 2016/167313  
 국제공개일자 2016년10월20일
- (30) 우선권주장  
 JP-P-2015-083603 2015년04월15일 일본(JP)  
 JP-P-2015-083604 2015년04월15일 일본(JP)

- (71) 출원인  
 신닛테츠스미킨 카부시카이사  
 일본 도쿄도 지요다꾸 마루노우찌 2쵸메 6방 1코
- (72) 발명자  
 다나카 야스아키  
 일본 도쿄도 지요다꾸 마루노우찌 2쵸메 6방 1코  
 신닛테츠스미킨 카부시카이사 내  
 사카키바라 무쓰미  
 일본 도쿄도 지요다꾸 마루노우찌 2쵸메 6방 1코  
 신닛테츠스미킨 카부시카이사 내  
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
 한양특허법인

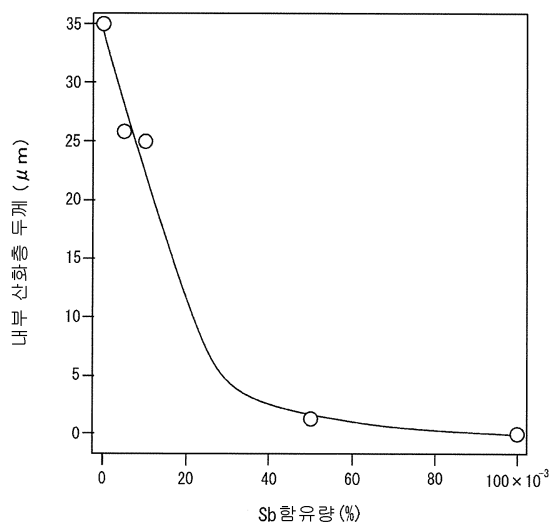
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 열연강판 및 그 제조 방법

(57) 요약

내부 산화층의 형성이 억제되고, 또한, 가공성이 뛰어난 열연강판을 제공한다. 본 실시 형태에 의한 열연강판은, 질량%로, C:0.07~0.30%, Si:1.0 초과~2.8%, Mn:2.0~3.5%, P:0.030% 이하, S:0.010% 이하, Al:0.01~1.0% 미만, N:0.01% 이하, O:0.01% 이하, Sb:0.03~0.30% 함유하고, 잔부는 Fe 및 불순물로 이루어지고, 식 (1)을 만족하는 화학 조성을 갖는다.  $Si + Mn \geq 3.20$  (1) 여기서, 식 (1) 중의 원소 기호에는, 대응하는 원소의 함유량(질량%)이 대입된다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

- C21D 8/0226* (2013.01)
- C21D 8/0263* (2013.01)
- C21D 9/46* (2013.01)
- C22C 38/02* (2013.01)
- C22C 38/04* (2013.01)
- C22C 38/06* (2013.01)
- C22C 38/34* (2013.01)
- C22C 38/38* (2013.01)
- C22C 38/58* (2013.01)

(72) 발명자

**요코야마 다카후미**

일본 도쿄도 지요다꾸 마루노우찌 2쵸메 6방 1고  
신닛테츠스미킨 카부시키카이사 내

**가와타 히로유키**

일본 도쿄도 지요다꾸 마루노우찌 2쵸메 6방 1고  
신닛테츠스미킨 카부시키카이사 내

**스기우라 나쓰코**

일본 도쿄도 지요다꾸 마루노우찌 2쵸메 6방 1고  
신닛테츠스미킨 카부시키카이사 내

**곤도 야스미쓰**

일본 도쿄도 지요다꾸 마루노우찌 2쵸메 6방 1고  
신닛테츠스미킨 카부시키카이사 내

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

질량%로,

C:0.07~0.30%,

Si:1.0 초과~2.8%,

Mn:2.0~3.5%,

P:0.030% 이하,

S:0.010% 이하,

Al:0.01~1.0% 미만,

N:0.01% 이하,

O:0.01% 이하,

Sb:0.03~0.30%,

Ti:0~0.15%,

V:0~0.30%,

Nb:0~0.15%,

Cr:0~1.0%,

Ni:0~1.0%,

Mo:0~1.0%,

W:0~1.0%,

B:0~0.010%,

Cu:0~0.50%,

Sn:0~0.30%,

Bi:0~0.30%,

Se:0~0.30%,

Te:0~0.30%,

Ge:0~0.30%,

As:0~0.30%,

Ca:0~0.50%,

Mg:0~0.50%,

Zr:0~0.50%,

Hf:0~0.50%, 및,

희토류 원소:0~0.50%를 함유하고, 잔부는 Fe 및 불순물로 이루어지고, 식 (1)을 만족하는 화학 조성을 갖는, 열연강판.

Si + Mn ≥ 3.20 (1)

여기서, 식 (1) 중의 원소 기호에는, 대응하는 원소의 함유량(질량%)이 대입된다.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

질량%로,

Ti: 0.005~0.15%,

V: 0.001~0.30%, 및,

Nb: 0.005~0.15%로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상을 함유하는, 열연강판.

#### 청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

질량%로,

Cr: 0.10~1.0%,

Ni: 0.10~1.0%,

Mo: 0.01~1.0%,

W: 0.01~1.0%, 및,

B: 0.0001~0.010%로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상을 함유하는, 열연강판.

#### 청구항 4

청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 한 항에 있어서,

질량%로,

Cu: 0.10~0.50%를 함유하는, 열연강판.

#### 청구항 5

청구항 1 내지 청구항 4 중 어느 한 항에 있어서,

질량%로,

Sn, Bi, Se, Te, Ge 및 As로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상을 합계로 0.0001~0.30% 함유하는, 열연강판.

#### 청구항 6

청구항 1 내지 청구항 5 중 어느 한 항에 있어서,

질량%로,

Ca, Mg, Zr, Hf 및 희토류 원소로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상을 합계로 0.0001~0.50% 함유하는, 열연강판.

#### 청구항 7

청구항 1 내지 청구항 6 중 어느 한 항에 있어서,

표면과 스케일의 사이에 0.5 $\mu$ m 이상의 두께를 갖는 Sb 농화층을 구비하는, 열연강판.

#### 청구항 8

청구항 1 내지 청구항 7 중 어느 한 항에 있어서,

상기 열연강판의 조직에서는, 페라이트 및 펄라이트의 총면적률이 75% 이상이며,  
상기 열연강판의 인장 강도가 800MPa 이하인, 열연강판.

**청구항 9**

청구항 1 내지 청구항 7 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 열연강판의 조직에서는, 베이나이트 및 마텐자이트의 총면적률이 75% 이상이며,  
상기 열연강판의 인장 강도가 900MPa 이상인, 열연강판.

**청구항 10**

청구항 1 내지 청구항 7 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 열연강판의 조직은, 베이나이트 및 마텐자이트의 총면적률이 75% 이상이며,  
상기 열연강판의 인장 강도가 800MPa 이하인, 열연강판.

**청구항 11**

청구항 1 내지 청구항 10 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 열연강판의 내부 산화층의 두께가 5 $\mu$ m 이하인, 열연강판.

**청구항 12**

청구항 8에 있어서,  
상기 열연강판의 표면의 스케일 두께가 10 $\mu$ m 이하인, 열연강판.

**청구항 13**

청구항 8에 있어서,  
상기 열연강판의 표층의 탈탄층 두께가 20 $\mu$ m 이하인, 열연강판.

**청구항 14**

청구항 9 또는 청구항 10에 있어서,  
상기 열연강판의 표면의 스케일 두께가 7 $\mu$ m 이하인, 열연강판.

**청구항 15**

청구항 8에 기재된 열연강판의 제조 방법으로서,  
청구항 8에 기재된 화학 조성을 갖는 강재를 준비하는 공정과,  
상기 강재를 1100~1350℃로 가열한 후, 열간 압연하여 강판으로 만드는 공정과,  
상기 강판을, 600~750℃에서 권취하는 공정을 구비하는, 열연강판의 제조 방법.

**청구항 16**

청구항 9에 기재된 열연강판의 제조 방법으로서,  
청구항 9에 기재된 화학 조성을 갖는 강재를 준비하는 준비 공정과,  
상기 강재를 1100~1350℃로 가열한 후, 열간 압연하여 강판으로 만들고, 권취 온도까지 상기 강판을 냉각하는 열간 압연 공정과,  
상기 냉각 후의 상기 강판을, 150~600℃에서 권취하는 공정을 구비하는, 열연강판의 제조 방법.

**청구항 17**

청구항 10에 기재된 열연강관의 제조 방법으로서,  
 청구항 10에 기재된 화학 조성을 갖는 강재를 준비하는 공정과,  
 상기 강재를 1100~1350℃로 가열한 후, 열간 압연하여 강관으로 만드는 공정과,  
 상기 강관을, 150~600℃에서 권취하는 공정과,  
 권취 후의 상기 강관을 550℃ 이상에서 뜨임하는 공정을 구비하는, 열연강관의 제조 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은, 열연강관 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 자동차의 경량화 및 충돌 안전성을 양립시키기 위해, 자동차에의 고강도 강관의 적용이 진행되고 있다. 고강도 강관은, 고강도화를 위해서 많은 합금 원소를 함유한다. 특히, 980MPa 이상의 인장 강도를 갖는 고강도 강관은, Si 및 Mn을 많이 함유한다.

[0003] 고강도 강관은 통상, 다음의 방법으로 제조된다. 처음에, 슬래브를 열간 압연하여 열연강관을 제조하고, 코일 형상으로 권취한다. 다음에, 열연강관을 산세, 냉간압연 및 소둔한다.

[0004] 열연강관의 냉간 가공성을 높이기 위해서, 코일 형상으로 권취할 때의 온도(이하, 권취 온도라고 한다)를 높이는 경우가 있다. 권취 온도가 높으면, 열연강관의 표층 근방에 내부 산화층이 형성된다. 내부 산화층은 열연강관의 모재 표면으로부터 판두께 중앙을 향해 수십 $\mu$ m의 두께로 형성된다. 내부 산화층은, 냉간압연 후의 강관(냉연강관)의 표면 성상, 성형성 및 용접성을 저하시킨다. 그 때문에, 내부 산화층은, 열연강관에 대해서 산세 처리를 실시함으로써, 냉간압연 전에 제거된다.

[0005] 또, 열연강관의 제조에 있어서, 열연강관의 표면에 산화 피막(스케일)이 형성된다. 스케일은, 강관의 표면 성상, 성형성 및 용접성을 저하시킨다. 그 때문에, 스케일도 내부 산화층과 마찬가지로, 열연강관에 대해서 산세 처리를 실시함으로써 제거된다.

[0006] 그러나, 내부 산화층이나 스케일이 두꺼우면, 열연강관에 대한 산세 처리에 과도한 작업 부하가 걸린다. 또한, 내부 산화층, 스케일이 잔존하면, 상술한 바와 같이, 냉연강관의 표면 성상, 성형성 및 용접성이 저하한다. 또한, 냉연강관의 성형시에 내부 산화층이나 스케일이 박리하여, 압흔 등의 표면 흠의 원인이 된다.

[0007] 내부 산화층은, 모재 중의 합금 원소가 선택적으로 산화됨으로써 형성된다. Si 및 Mn은 산화되기 쉽다. 따라서, Si 및 Mn 함유량이 높은 열연강관에서는, 내부 산화층이 발생하기 쉽다. 스케일도 마찬가지로, Si 및 Mn 함유량이 높은 열연강관에서 두꺼워지기 쉽다.

[0008] 내부 산화층 및 스케일은 또한, 강관 온도가 높은 시간이 계속 길어질수록, 두꺼워진다. 상술한 바와 같이, 열연강관의 냉간 가공성을 높이기 위해서 권취 온도를 높이면, 내부 산화층이 더 발생하기 쉽고, 두꺼워지기 쉽다. 스케일도 마찬가지이다.

[0009] 이러한 내부 산화층 및 스케일의 형성을 억제하는 기술이, 일본국 특허공개 소62-13520호 공보(특허문헌 1), 일본국 특허공표 2010-535946호 공보(특허문헌 2), 일본국 특허공개 2013-253301호 공보(특허문헌 3), 일본국 특허공개 2011-184741호 공보(특허문헌 4), 일본국 특허공개 2011-231391호 공보(특허문헌 5), 일본국 특허공개 2012-036483호 공보(특허문헌 6), 일본국 특허공개 2013-216961호 공보(특허문헌 7), 일본국 특허공개 2013-103235호 공보(특허문헌 8), 일본국 특허공표 2010-503769호 공보(특허문헌 9), 일본국 특허공표 2011-523441호 공보(특허문헌 10), 일본국 특허공개 2015-113505호 공보(특허문헌 11), 일본국 특허공개 2004-332099호 공보(특허문헌 12), 일본국 특허공개 2013-060657호 공보(특허문헌 13) 및 일본국 특허공표 2011-523443호 공보(특허문헌 14)에 제안되어 있다.

[0010] 특허문헌 1에서는, 강관 표면에 산화 방지제를 도포한다. 이로 인해, 내부 산화층 및 스케일의 생성이 억제된다고 특허문헌 1에는 기재되어 있다.

[0011] 특허문헌 2에서는, 열연강관을 비교적 저온인 530~580℃에서 권취한다. 이로 인해, 산화층의 생성이 억제된다

고 특허문헌 2에는 기재되어 있다.

- [0012] 특허문헌 3에서는, 압연 후의 열연강판을 750℃~600℃에서 권취하여 코일로 한다. 권취 후, 코일을 10~30분 유지한 후, 코일을 풀면서, 열연강판의 냉각을 실시한다. 그리고, 열연강판의 온도가 550℃ 이하로 되었을 때에, 열연강판을 재차 권취하여 코일로 한다. 이 경우, 산화층을 얇게 할 수 있다고 특허문헌 3에는 기재되어 있다.
- [0013] 특허문헌 4~6에서는, 열간 압연 후 또는 권취 후의 강판에 대해서, 산소 농도를 저감한 분위기 중에서 열처리 또는 냉각 처리를 실시한다. 산소 농도를 저감한 분위기 중에서의 열처리 또는 냉각 처리에 의해, 스케일 및 내부 산화층이 저감 한다고 이들 문헌에는 기재되어 있다.
- [0014] 특허문헌 7에서는, 열간 압연 후의 열연강판에 대해서, 권취 전에 디스케일링을 실시하여, 표면의 산화 스케일을 제거한다. 산화 스케일을 제거함으로써, 코일 냉각 중에 있어서의 내부 산화층의 생성에 이용되는 산소 공급원이 저하한다. 그 때문에, 스케일뿐만 아니라, 내부 산화층이 저감한다고 특허문헌 7에는 기재되어 있다.
- [0015] 특허문헌 8에서는, 열연강판의 내부 산화량을, 그 길이 방향, 폭 방향에 걸쳐 적정 범위로 균일화시키기 위한 냉각 방법이 제안되어 있다.
- [0016] 한편, 특허문헌 9~14에서는, 상술의 특허문헌과는 다른 기술을 제안한다. 특허문헌 9에서는, 강의 합금 성분과 열연강판의 열처리 조건을 적절히 제어하여, 내부 산화를 억제한다. 구체적으로는, 특허문헌 9에서는, 강에 Sb를 0.001~0.1% 함유시키고, 1100~1250℃로 재가열하여 열간 압연하고, 450~750℃에서 권취한다. 그 후, 열연강판을 산세 및 냉간압연하고, 700~850℃에서 소둔한다. 이로 인해, 내부 산화층의 형성을 억제한다.
- [0017] 특허문헌 10에서는, 합금 성분을 적절히 제어하여 산화물의 생성을 억제하고, 도금성을 개선하는 기술을 제안한다. 특허문헌 10에서는, Sb를 0.005~0.1% 함유하고, Ni, Mn, Al 및 Ti의 함유량의 관계를 조정하여 강슬래브를 이용한다. 이 강슬래브를 열간가공하고, 500~700℃에서 열연권취한다. 또한, 산세, 냉간압연 및 소둔한다. 이로 인해, 내부 산화를 억제한다.
- [0018] 특허문헌 11에서는, Sb를 0.02~0.10% 함유하는 슬래브를 열간 압연, 산세, 냉간압연, 소둔 및 냉각한다. 여기서, 열간 압연에 있어서의 마무리 압연 온도를 800~1000℃, 냉간압연에 있어서의 압하율을 20% 이상으로 한다. 또한, 소둔을, 노점:-35℃ 이하의 분위기 중에서, 750~900℃의 온도역에서 60초 이상 유지하는 조건으로 행한다. 소둔 후, 30℃/초 이상의 평균 냉각 속도로 300℃ 이하까지 냉각한 후, 뜨임한다. 이로 인해, 내부 산화를 억제한다.
- [0019] 특허문헌 12~14에는, Si의 함유량, 슬래브의 가열 온도, 마무리 압연의 온도 및 권취 온도 등을 적절히 조정함으로써 스케일을 억제하는 것에 대해 기재되어 있다.
- [0020] 그러나, 특허문헌 1~14의 기술을 실시해도, 내부 산화층이 깊게 형성되거나, 스케일이 두껍게 형성되거나 하는 경우가 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0021] (특허문헌 0001) 일본국 특허공개 소62-13520호 공보
- (특허문헌 0002) 일본국 특허공표 2010-535946호 공보
- (특허문헌 0003) 일본국 특허공개 2013-253301호 공보
- (특허문헌 0004) 일본국 특허공개 2011-184741호 공보
- (특허문헌 0005) 일본국 특허공개 2011-231391호 공보
- (특허문헌 0006) 일본국 특허공개 2012-036483호 공보
- (특허문헌 0007) 일본국 특허공개 2013-216961호 공보
- (특허문헌 0008) 일본국 특허공개 2013-103235호 공보
- (특허문헌 0009) 일본국 특허공표 2010-503769호 공보
- (특허문헌 0010) 일본국 특허공표 2011-523441호 공보

- (특허문헌 0011) 일본국 특허공개 2015-113505호 공보
- (특허문헌 0012) 일본국 특허공개 2004-332099호 공보
- (특허문헌 0013) 일본국 특허공개 2013-060657호 공보
- (특허문헌 0014) 일본국 특허공표 2011-523443호 공보

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0022] 본 발명의 목적은, 내부 산화층 또는 스케일의 형성이 억제되는 열연강판을 제공하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0023] 본 실시 형태에 의한 열연강판은, 질량%로, C:0.07~0.30%, Si:1.0 초과~2.8%, Mn:2.0~3.5%, P:0.030% 이하, S:0.010% 이하, Al:0.01~1.0% 미만, N:0.01% 이하, O:0.01% 이하, Sb:0.03~0.30%, Ti:0~0.15%, V:0~0.30%, Nb:0~0.15%, Cr:0~1.0%, Ni:0~1.0%, Mo:0~1.0%, W:0~1.0%, B:0~0.010%, Cu:0~0.50%, Sn:0~0.30%, Bi:0~0.30%, Se:0~0.30%, Te:0~0.30%, Ge:0~0.30%, As:0~0.30%, Ca:0~0.50%, Mg:0~0.50%, Zr:0~0.50%, Hf:0~0.50%, 및, 희토류 원소:0~0.50%를 함유하고, 잔부는 Fe 및 불순물로 이루어지고, 식 (1)을 만족하는 화학 조성을 갖는다.

[0024]  $Si + Mn \geq 3.20$  (1)

[0025] 여기서, 식 (1) 중의 원소 기호에는, 대응하는 원소의 함유량(질량%)이 대입된다.

**발명의 효과**

[0026] 본 실시 형태의 열연강판에서는, 내부 산화층 또는 스케일의 형성이 억제된다.

**도면의 간단한 설명**

[0027] 도 1은, Sb 미함유의 고Si·고Mn 함유강(Sb 미함유강)과, 고Si·고Mn 함유강에 Sb를 0.1% 함유한 Sb 함유강에 있어서의, 나이탈 부식된 단면의 SEM 화상과, SEM 화상 영역에 있어서의 EPMA에서의 산소 맵핑 화상과, Sb 맵핑 화상을 나타내는 일람도이다.

도 2는, 고Si·고Mn 함유강에 함유되는 Sb량을 변화시켜, 열연강판을 제조한 경우의, Sb 함유량( $\times 10^{-3}\%$ )과 내부 산화층의 두께( $\mu m$ )의 관계를 나타내는 도면이다.

도 3은, 상술의 Sb 미함유강 및 Sb 함유강에서의, 표층 근방의 SEM 화상이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0028] 본 발명자들은, 고Si·고Mn 함유강에 있어서의 내부 산화층 및 스케일에 대해 조사 및 검토를 행하고, 다음의 지견을 얻었다.

[0029] 권취 후의 열연강판의 표층에는, 모재(지금(地金)) 내부에 형성되는 내부 산화층과, 표면에 인접하는 스케일이 형성된다.

[0030] 내부 산화층 및 스케일은 다음의 메커니즘으로 형성된다고 생각된다. 열연강판의 표면 및 열연강판의 표층부의 입계를 통해, 산소 이온이 열연강판 내부에 침입한다. 열연강판 내부에 침입한 산소 이온이 모재의 철을 산화함으로써 내부 산화층이 형성된다. 한편, 입계를 통해 모재 중의 철 이온이 열연강판의 표면으로 이동한다. 표면으로 이동한 Fe가 산화됨으로써 스케일이 형성된다.

[0031] 내부 산화층 및 스케일을 억제하기 위해서는, 산소 이온 및 철 이온의 이동 경로(입계 및 표면)를 차단하는 것이 유효하다. 입계 및 표면에 편석하기 쉬운 원소(이하, 편석원소라고 한다)를 열연강판에 함유시키면, 편석원소는, 열연강판의 표면 및 입계에 편석하여 산소 이온 및 철 이온의 이동을 억제한다. 그 때문에, 산소 이온이 열연강판 내부에 침입하는 것을 억제할 수 있다. 또한, 철 이온이 열연강판 표면으로 이동하는 것을 억제할 수 있다. 이 결과, 내부 산화층 및 스케일의 형성을 억제할 수 있다.

- [0032] 편석원소는 예를 들면, P, B, Sb이다. 그러나, P 및 B는 입계에 편석하고, 산소 이온 및 철 이온의 이동 경로를 차단하지만, 열연강관의 기계적 성질도 저하시킨다.
- [0033] 한편, Sb는 열연강관의 표면에 편석한다. 그래서 본 발명자들은, 고Si·고Mn 함유강에 Sb를 더 함유시켜 열연강관을 제조하고, 스케일 및 내부 산화층의 두께를 조사했다.
- [0034] 도 1은, 종래의 고Si·고Mn 함유강(이하, Sb 미함유강이라고 한다)과, 종래의 고Si·고Mn 함유강에 Sb를 0.10% 함유한 Sb 함유강에 있어서의, 표면 근방의 단면의 SEM 화상과, SEM 화상 영역에 있어서의 EPMA에서의 산소 맵핑 화상과, Sb 맵핑 화상을 나타낸다. Sb 미함유강은, 질량%로, C:0.185%, Si:1.8%, Mn:2.6%, P:0.01%, S:0.002%, Al:0.03% 미만, N:0.003%, O:0.0009%, 및, Ti:0.005%를 함유하고, 잔부는 Fe 및 불순물이었다. Sb 함유강은, Sb 미함유강의 화학 조성에, 0.10%의 Sb를 함유한 강이었다. 어느 강에 있어서도, 종래와 같은 열간 압연에 의해 열연강관으로 했다. 제조된 열연강관에 대해서, 상술의 조직 관찰, 및, EPMA 맵핑을 실시했다.
- [0035] 도 1의 SEM 화상을 참조하여, Sb 미함유강에서는, 강관 표면에 스케일(10)이 형성되고, 모재에 내부 산화층(20)이 형성되었다. 한편, Sb 함유강에서는, 스케일(10)이 형성되었지만, 그 두께는 Sb 미함유강보다 얇았다. 또, Sb 함유강에서는, 내부 산화층(20)이 관찰되지 않았다. EPMA에서의 산소 맵핑을 실시한 결과, Sb 미함유강에서는, 스케일(10) 및 내부 산화층(20)에 있어서, 산소가 관찰되었다(도면 중 백색 영역 및 회색 영역). 한편, Sb 함유강에서는, 스케일(10)이 형성된 영역에만, 산소가 관찰되었다(도면 중 백색 영역).
- [0036] 또한, EPMA에서의 Sb 맵핑을 실시했다. 그 결과, Sb 함유강에서는, 스케일(10)과 모재의 계면에, Sb를 함유하는 층(30)(도면 중의 백색 영역, 이하 Sb 농화층이라고 한다)이 관찰되었다.
- [0037] 이상과 같이, 고Si·고Mn 함유강에 Sb를 함유한 경우, Sb 농화층이 형성된다. 이로부터, 다음의 사항이 고려된다. 고Si·고Mn 함유강에 Sb를 적당량 함유한 경우, 열간 압연 공정에 있어서, 스케일과 모재의 계면(열연강관의 표면)에 Sb 농화층이 형성된다. Sb 농화층은, 산소 이온의 모재로의 침입을 차단한다. 그 때문에, 모재 중의 철이 산화되지 않고, 내부 산화층이 형성되기 어렵다. Sb 농화층은 또한, 모재 중의 철 이온이 스케일로 이동하는 것을 억제한다. 그 때문에, 스케일의 성장이 억제되고, 스케일의 두께가 얇아진다.
- [0038] 이와 같이, Sb 농화층은 산소 이온 및 철 이온의 이동을 차단하는, 이른바 배리어층으로서 기능한다. 그 때문에, Sb 농화층의 형성에 의해, 열연강관의 권취 후에 스케일로부터 모재에 산소 이온이 침입하는 것을 억제할 수 있다. 또한, 모재로부터 스케일에의 철 이온의 이동도 억제할 수 있다. 그 때문에, 내부 산화층 및 스케일의 생성이 억제된다.
- [0039] 입계에 편석하는 원소인 P 및 B를 고Si·고Mn 함유강에 함유해도, Sb 농화층과 같은 배리어층은 형성되지 않는다. 따라서, 스케일 및 내부 산화층의 억제에는 Sb가 적합하다.
- [0040] 도 2는, 고Si·고Mn 함유강에 함유하는 Sb량을 변화시켜, 열연강관을 제조한 경우(권취 온도는 750℃)의, Sb 함유량( $\times 10^{-3}\%$ )과 내부 산화층의 두께( $\mu\text{m}$ )의 관계를 나타내는 도면이다. 도 2를 참조하여, Sb 함유량이 증가함에 따라, 내부 산화층의 두께는 현저하게 저하한다. 그리고, Sb 함유량이 0.03% 이상이 된 경우, Sb 함유량의 증가에 따라, 내부 산화층의 두께는 저하하지만, Sb 함유량이 0.03% 미만인 경우일수록 저하분은 커지지 않는다. 즉, 내부 산화층의 두께와 Sb 함유량의 관계에는, Sb 함유량=0.03% 부근에서 변곡점이 존재한다.
- [0041] 본 실시 형태에서는 또한, Sb 농화층이 산소 이온 및 철 이온의 이동뿐만 아니라, 모재 중의 탄소의 이동도 억제한다. 그 결과, 판두께 방향으로 균일한 조직을 유지하기 쉽고, 냉간압연 및 소둔 후의 냉연강관의 강도가 얻기 쉬워진다.
- [0042] 도 3은, 상술의 Sb 미함유강 및 Sb 함유강에서의, 표층 근방의 SEM 화상이다. 도 3을 참조하여, Sb 미함유강에서는, 표층에 탈탄층(40)이 형성되어 있다. 한편, Sb 농화층이 모재와 스케일의 계면에 형성되는 Sb 함유강에서는, 탈탄층이 형성되어 있지 않다. 따라서, Sb 농화층은, 산소 이온 및 철 이온의 이동을 억제할뿐만 아니라, 모재 중의 탄소의 이동도 억제할 수 있다.
- [0043] 이상의 지견에 기초하여 완성한 본 실시 형태에 의한 열연강관은, 질량%로, C:0.07~0.30%, Si:1.0 초과~2.8%, Mn:2.0~3.5%, P:0.030% 이하, S:0.010% 이하, Al:0.01~1.0% 미만, N:0.01% 이하, O:0.01% 이하, Sb:0.03~0.30%, Ti:0~0.15%, V:0~0.30%, Nb:0~0.15%, Cr:0~1.0%, Ni:0~1.0%, Mo:0~1.0%, W:0~1.0%, B:0~0.010%, Cu:0~0.50%, Sn:0~0.30%, Bi:0~0.30%, Se:0~0.30%, Te:0~0.30%, Ge:0~0.30%, As:0~0.30%, Ca:0~0.50%, Mg:0~0.50%, Zr:0~0.50%, Hf:0~0.50%, 및, 희토류 원소:0~0.50%를 함유하고, 잔부는 Fe 및 불순물

로 이루어지고, 식 (1)을 만족하는 화학 조성을 갖는다.

- [0044]  $Si + Mn \geq 3.20$  (1)
- [0045] 여기서, 식 (1) 중의 원소 기호에는, 대응하는 원소의 함유량(질량%)이 대입된다.
- [0046] 상기 화학 조성은, Ti:0.005~0.15%, V:0.001~0.30%, 및, Nb:0.005~0.15%로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상을 함유해도 된다.
- [0047] 상기 화학 조성은, Cr:0.10~1.0%, Ni:0.10~1.0%, Mo:0.01~1.0%, W:0.01~1.0%, 및, B:0.0001~0.010%로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상을 함유해도 된다.
- [0048] 상기 화학 조성은, Cu:0.10~0.50%를 함유해도 된다.
- [0049] 상기 화학 조성은, Sn, Bi, Se, Te, Ge 및 As로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상을 합계로 0.0001~0.30% 함유해도 된다.
- [0050] 상기 화학 조성은, Ca, Mg, Zr, Hf 및 희토류 원소로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상을 합계로 0.0001~0.50% 함유해도 된다.
- [0051] 본 실시 형태에 의한 열연강관은, 표면과 스케일의 사이에 0.5 $\mu$ m 이상의 두께를 갖는 Sb 농화층을 구비한다.
- [0052] 상기 열연강관의 조직에서는, 페라이트 및 펄라이트의 총면적률이 75% 이상이며, 열연강관의 인장 강도가 800MPa 이하여도 된다.
- [0053] 상기 열연강관의 조직에서는, 베이나이트 및 마텐자이트의 총면적률이 75% 이상이며, 열연강관의 인장 강도가 900MPa 이상이어도 된다.
- [0054] 상기 열연강관의 조직은, 베이나이트 및 마텐자이트의 총면적률이 75% 이상이며, 열연강관의 인장 강도가 800MPa 이하여도 된다.
- [0055] 바람직하게는, 열연강관의 내부 산화층의 두께는 5 $\mu$ m 이하이다.
- [0056] 바람직하게는, 페라이트 및 펄라이트의 총면적률이 75% 이상인 조직과 800MPa 이하의 인장 강도를 갖는 상기 열연강관에 있어서, 스케일 두께는 10 $\mu$ m 이하이다.
- [0057] 바람직하게는, 페라이트 및 펄라이트의 총면적률이 75% 이상인 조직과 800MPa 이하의 인장 강도를 갖는 상기 열연강관에 있어서, 열연강관의 표층의 탈탄층 두께는 20 $\mu$ m 이하이다.
- [0058] 바람직하게는, 베이나이트 및 마텐자이트의 총면적률이 75% 이상인 조직과, 900MPa 이상의 인장 강도를 갖는 상기 열연강관에 있어서, 스케일 두께는 7 $\mu$ m 이하이다.
- [0059] 바람직하게는, 베이나이트 및 마텐자이트의 총면적률이 75% 이상인 조직과, 800MPa 이하의 인장 강도를 갖는 상기 열연강관에 있어서, 스케일 두께는 7 $\mu$ m 이하이다.
- [0060] 페라이트 및 펄라이트의 총면적률이 75% 이상인 조직과 800MPa 이하의 인장 강도를 갖는 상기 열연강관의 제조 방법은, 상기 화학 조성을 갖는 강재를 준비하는 공정과, 강재를 1100~1350℃로 가열한 후, 열간 압연하여 강판으로 만드는 공정과, 강판을, 600~750℃, 바람직하게는 650~750℃, 보다 바람직하게는 700~750℃에서 권취하는 공정을 구비한다.
- [0061] 베이나이트 및 마텐자이트의 총면적률이 75% 이상인 조직과, 900MPa 이상의 인장 강도를 갖는 상기 열연강관의 제조 방법은, 상기 화학 조성을 갖는 강재를 준비하는 준비 공정과, 강재를 1100~1350℃로 가열한 후, 열간 압연하여 강판으로 만들고, 권취 온도까지 강판을 냉각하는 열간 압연 공정과, 냉각 후의 강판을, 150~600℃, 바람직하게는 350~500℃, 보다 바람직하게는 400~500℃에서 권취하는 공정을 구비한다.
- [0062] 베이나이트 및 마텐자이트의 총면적률이 75% 이상인 조직과, 800MPa 이하의 인장 강도를 갖는 상기 열연강관의 제조 방법은, 상기 화학 조성을 갖는 강재를 준비하는 준비 공정과, 강재를 1100~1350℃로 가열한 후, 열간 압연하여 강판으로 만들고, 권취 온도까지 강판을 냉각하는 열간 압연 공정과, 냉각 후의 강판을, 150~600℃, 바람직하게는 350~500℃, 보다 바람직하게는 400~500℃에서 권취하는 공정과, 권취 후의 강판을 550℃ 이상에서 뜨임하는 공정을 구비한다.
- [0063] 이하, 본 실시 형태에 의한 열연강관에 대해 상세히 서술한다.

- [0064] [제1 실시의 형태]
- [0065] [화학 조성]
- [0066] 본 실시 형태에 의한 열연강판의 화학 조성은, 다음의 원소를 함유한다. 화학 조성에 대해서 「%」는, 특별히 언급이 없는 한 질량%를 의미한다.
- [0067] C:0.07~0.30%
- [0068] 탄소(C)는, 열연강판 중의 잔류 오스테나이트를 형성하고, 강의 강도 및 성형성을 높인다. C 함유량이 너무 낮으면, 상기 효과를 얻을 수 없다. 한편, C 함유량이 너무 높으면, 열연강판의 강도가 너무 높아지고, 냉간압연성이 저하한다. C 함유량이 너무 높으면 또한, 강의 용접성이 저하한다. 따라서, C 함유량은 0.07~0.30%이다. C 함유량의 바람직한 하한은 0.10%이며, 보다 바람직하게는 0.12%이며, 더 바람직하게는 0.15%이다. C 함유량의 바람직한 상한은 0.25%이며, 보다 바람직하게는 0.22%이다.
- [0069] Si:1.0 초과~2.8%
- [0070] 실리콘(Si)은, 철계 탄화물의 생성을 억제하고, 잔류 오스테나이트를 형성하기 쉽게 한다. 잔류 오스테나이트의 형성에 의해, 강의 강도 및 성형성이 높아진다. Si 함유량이 너무 낮으면, 이 효과를 얻을 수 없다. 한편, Si 함유량이 너무 높으면, 내부 산화층이 현저하게 성장하여, 열연강판의 표면 성상이 저하한다. Si 함유량이 너무 높으면 또한, 열연강판이 취화하여 연성이 저하한다. 따라서, Si 함유량은 1.0 초과~2.8%이다. Si 함유량의 바람직한 하한은 1.3%이며, 보다 바람직하게는 1.5%이다. Si 함유량의 바람직한 상한은 2.5%이며, 보다 바람직하게는 2.0%이다.
- [0071] Mn:2.0~3.5%
- [0072] 망간(Mn)은, 강판의 강도를 높인다. Mn 함유량이 너무 낮으면, 소둔 후의 냉각 중에 연질인 조직이 다량으로 형성되고, 강도가 낮아진다. 한편, Mn 함유량이 너무 높으면, 판두께의 중앙부에 조대한 Mn 농화부가 발생하고, 강이 취화한다. 그 때문에, 주조한 슬래브가 깨지기 쉬워진다. Mn 함유량이 너무 높으면 또한, 강의 용접성이 저하한다. Mn 함유량이 너무 높으면 또한, 열연강판이 딱딱해지고, 냉간압연성이 저하한다. 따라서, Mn 함유량은 2.0~3.5%이다. Mn 함유량의 바람직한 하한은 2.2%이며, 보다 바람직하게는 2.3%이며, 더 바람직하게는 2.5%이다. Mn 함유량의 바람직한 상한은 3.2%이며, 보다 바람직하게는 3.0%이다.
- [0073] P:0.030% 이하
- [0074] 인(P)은, 강판의 판두께 중앙부에 편석하고, 용접부를 취화한다. 따라서, P 함유량은 0.030% 이하이다. P 함유량은 낮은 쪽이 바람직하다. 그러나, P 함유량을 낮게 하기 위해서는, 제조 비용이 비싸진다. 따라서, 제조 비용을 고려하면, P 함유량의 하한은 예를 들면, 0.0010%이다.
- [0075] S:0.010% 이하
- [0076] 유황(S)은, 강의 용접성을 저하시킨다. S는 또한, 주조시 및 열연시의 제조성을 저하시킨다. S는 또한, Mn과 결합하여 MnS를 형성하고, 강의 연성 및 신장 플랜지성을 저하시킨다. 따라서, S의 함유량은 0.010% 이하이다. S 함유량의 바람직한 상한은, 0.005%이며, 더 바람직하게는 0.0025%이다. S 함유량의 하한은 특별히 제한되지 않는다. 그러나, 제조 비용을 고려하면, S 함유량의 하한은 예를 들면, 0.0001%이다.
- [0077] Al:0.01~1.0% 미만
- [0078] 알루미늄(Al)은, 철계 탄화물의 생성을 억제하고, 잔류 오스테나이트를 형성하기 쉽게 한다. 잔류 오스테나이트의 형성에 의해, 강의 강도 및 성형성이 높아진다. Al은 또한 강을 탈산한다. Al 함유량이 너무 낮으면, 이 효과를 얻을 수 없다. 한편, Al 함유량이 너무 높으면, 강의 용접성이 저하한다. 따라서, Al 함유량은 0.01~1.0% 미만이다. Al 함유량의 바람직한 하한은 0.02%이다. Al 함유량의 바람직한 상한은, 0.8%이며, 보다 바람직하게는 0.5%이다. 본 명세서에 있어서, Al 함유량은 so1.Al(산 가용 Al)을 의미한다.
- [0079] N:0.01% 이하
- [0080] 질소(N)는 조대한 질화물을 형성하고, 강의 연성 및 신장 플랜지성을 저하시킨다. N은 또한, 용접시의 블로 발생의 요인이 된다. 따라서, N 함유량은 낮은 쪽이 바람직하다. N 함유량은 0.01% 이하이다. N 함유량의 바람직한 상한은 0.005%이다. N 함유량의 하한은 특별히 제한되지 않는다. 그러나, 제조 비용을 고려하면, N 함유량의 하한은 예를 들면, 0.0001%이다.

- [0081] 0:0.01% 이하
- [0082] 산소(O)는 산화물을 형성하고, 강의 인성 및 신장 플랜지성을 저하시킨다. 따라서, O 함유량은 낮은 것이 바람직하다. O 함유량은 0.01% 이하이다. O 함유량의 바람직한 상한은 0.008%이며, 더 바람직하게는 0.006%이다. O 함유량의 하한은 특별히 제한되지 않는다. 그러나, 제조 비용을 고려하면, O 함유량의 바람직한 하한은 예를 들면, 0.0001%이다.
- [0083] Sb:0.03~0.30%
- [0084] 안티몬(Sb)은, 상술한 바와 같이 강의 표면에 편석하기 쉬운 원소이다. Sb는, 열간 압연 중에 열연강관의 표면(스케일과 모재의 계면)에 Sb 농화층을 형성한다. Sb 농화층은, 열연강관의 표면에 노출된 입계로부터, 산소 이온이 열연강관의 내부에 침입하는 것을 억제한다. Sb 농화층은 또한, 모재 중의 철 이온이 스케일로 이동하는 것을 억제한다. 그 때문에, 열연강관의 내부 산화층의 형성 및 스케일의 성장이 억제된다. Sb는 또한, C의 이동을 제한하여, 탈탄층의 형성도 억제한다.
- [0085] Sb 함유량이 너무 낮으면, Sb 농화층이 형성되기 어려워지고, 상술의 효과를 얻을 수 없다. 한편, Sb 함유량이 너무 높으면, 강관의 가공성이 저하한다. Sb 함유량이 너무 높으면 또한, 열연강관의 기계적 성질이 저하한다. 따라서, Sb 함유량은 0.03~0.30%이다. Sb 함유량의 바람직한 하한은 0.05%이며, 보다 바람직하게는 0.07%이며, 더 바람직하게는 0.10%이며, 더 바람직하게는 0.11%이다. Sb 함유량의 바람직한 상한은 0.25%이며, 보다 바람직하게는 0.20%이다.
- [0086] 상기 열연강관의 화학 조성은 또한, 식 (1)을 만족한다.
- [0087]  $Si + Mn \geq 3.20$  (1)
- [0088] 여기서, 식 (1) 중의 원소 기호에는, 대응하는 원소의 함유량(질량%)이 대입된다.
- [0089] Si 및 Mn의 합계 함유량이 3.20% 미만이면, 냉간압연 후에 실시하는 소둔에 있어서 잔류 오스테나이트가 안정되지 않는다. 이 경우, 소둔 후의 강관의 강도 또는 연성이 낮을 가능성이 있다. 따라서, Si 및 Mn의 합계 함유량의 하한은 3.20%이다. 이 경우, 냉간압연 및 소둔 후라도, 강관의 강도 및 연성은 높다. Si 및 Mn의 합계 함유량의 하한은 바람직하게는 3.50%이다. 한편, Si 및 Mn의 합계 함유량이 5.0% 이하이면, 소둔시에 상변태의 지연을 억제할 수 있다. 그 때문에, 미변태 오스테나이트에 탄소(C)가 충분히 농축하고, 잔류 오스테나이트가 보다 안정화된다. 따라서, 바람직하게는, Si 및 Mn의 합계 함유량의 상한은 5.0%이며, 보다 바람직하게는 4.5%이다.
- [0090] 본 실시 형태에 의한 열연강관의 화학 조성의 잔부는, Fe 및 불순물로 이루어진다. 여기서, 불순물이란, 열연강관을 공업적으로 제조할 때에, 원료로서의 광석, 스크랩 또는 제조 환경 등으로부터 혼입되는 것으로서, 본 실시 형태에 의한 열연강관에 악영향을 주지 않는 범위에서 허용되는 것을 의미한다.
- [0091] [임의 원소]
- [0092] 상기 열연강관의 화학 조성은, 상기 필수 원소에 더하여, 이하에 설명하는 임의 원소를 함유해도 된다. 임의 원소는 함유되지 않아도 된다.
- [0093] 상기 화학 조성은, Fe의 일부를 대신하여, Ti, V 및 Nb로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상을 함유해도 된다. Ti, V 및 Nb는 모두 임의 원소이며, 강의 강도를 높인다.
- [0094] Ti:0~0.15%
- [0095] 티탄(Ti)은 임의 원소이며, 함유되지 않아도 된다. 함유되는 경우, Ti는, 탄질화물을 형성하여 강의 강도를 높인다. Ti는 또한, 페라이트 결정립의 성장을 억제하여 강을 세립 강화한다. Ti는 또한, 재결정을 억제하여 강을 전위강화한다. 그러나, Ti 함유량이 너무 높으면, 탄질화물이 과잉으로 생성되어 강의 성형성이 저하한다. 따라서, Ti 함유량은 0~0.15%이다. Ti 함유량의 바람직한 상한은 0.10%이며, 보다 바람직하게는 0.07%이다. Ti 함유량의 바람직한 하한은 0.005%이며, 보다 바람직하게는 0.010%이며, 더 바람직하게는 0.015%이다.
- [0096] V:0~0.30%
- [0097] 바나듐은 임의 원소이며, 함유되지 않아도 된다. 함유되는 경우, V는 Ti와 마찬가지로, 강을 석출물 강화, 세립 강화 및 전위 강화하여, 강의 강도를 높인다. 그러나, V 함유량이 너무 높으면, 탄질화물이 과잉으로 석출하여 강의 성형성이 저하한다. 따라서, V 함유량은 0~0.30%이다. V 함유량의 바람직한 상한은 0.20%이며, 보

다 바람직하게는 0.15%이다. V 함유량의 바람직한 하한은 0.001%이며, 보다 바람직하게는 0.005%이다.

- [0098] Nb:0~0.15%
- [0099] 니오브(Nb)는 임의 원소이며, 함유되지 않아도 된다. 함유되는 경우, Nb는, Ti 및 V와 마찬가지로, 강을 석출물 강화, 세립 강화 및 전위 강화하여, 강의 강도를 높인다. 그러나, Nb 함유량이 너무 높으면, 탄질화물이 과잉으로 석출하여 강의 성형성이 저하한다. 따라서, Nb 함유량은 0~0.15%이다. Nb 함유량의 바람직한 상한은 0.10%이며, 더 바람직하게는 0.06%이다. Nb 함유량의 바람직한 하한은 0.005%이며, 보다 바람직하게는 0.010%이며, 더 바람직하게는 0.015%이다.
- [0100] 상기 화학 조성은, Fe의 일부를 대신하여, Cr, Ni, Mo, W 및 B로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상을 함유해도 된다. Cr, Ni, Mo, W 및 B는 모두 임의 원소이며, 강의 강도를 높인다.
- [0101] Cr:0~1.0%
- [0102] 크롬(Cr)은 임의 원소이며, 함유되지 않아도 된다. 함유되는 경우, Cr은 고온에서의 상변태를 억제하고, 강의 강도를 높인다. 그러나, Cr 함유량이 너무 높으면, 강의 가공성이 저하하여, 생산성이 저하한다. 따라서, Cr 함유량은 0~1.0%이다. Cr 함유량의 바람직한 하한은 0.10%이다.
- [0103] Ni:0~1.0%
- [0104] 니켈(Ni)은 임의 원소이며, 함유되지 않아도 된다. 함유되는 경우, Ni는 고온에서의 상변태를 억제하고, 강의 강도를 높인다. 그러나, Ni 함유량이 너무 높으면, 강의 용접성이 저하한다. 따라서, Ni 함유량은 0~1.0%이다. Ni 함유량의 바람직한 하한은 0.10%이다.
- [0105] Mo:0~1.0%
- [0106] 몰리브덴(Mo)은 임의 원소이며, 함유되지 않아도 된다. 함유되는 경우, Mo는 고온에서의 상변태를 억제하고, 강의 강도를 높인다. 그러나, Mo 함유량이 너무 높으면, 강의 열간 가공성이 저하하여 생산성이 저하한다. 따라서, Mo 함유량은 0~1.0%이다. Mo 함유량의 바람직한 하한은 0.01%이다.
- [0107] W:0~1.0%
- [0108] 텅스텐(W)은 임의 원소이며, 함유되지 않아도 된다. 함유되는 경우, W는 고온에서의 상변태를 억제하고, 강의 강도를 높인다. 그러나, W 함유량이 너무 높으면, 강의 열간 가공성이 저하하여 생산성이 저하한다. 따라서, W 함유량은 0~1.0%이다. W 함유량의 바람직한 하한은 0.01%이다.
- [0109] B:0~0.010%
- [0110] 붕소(B)는 임의 원소이며, 함유되지 않아도 된다. 함유되는 경우, B는 고온에서의 상변태를 억제하고, 강의 강도를 높인다. 그러나, B 함유량이 너무 높으면, 강의 열간 가공성이 저하하여 생산성이 저하한다. 따라서, B 함유량은 0~0.010%이다. B 함유량의 바람직한 상한은 0.005%이며, 보다 바람직하게는 0.003%이다. B 함유량의 바람직한 하한은 0.0001%이며, 보다 바람직하게는 0.0003%이며, 더 바람직하게는 0.0005%이다.
- [0111] 상기 화학 조성은, Fe의 일부를 대신하여, Cu를 함유해도 된다.
- [0112] Cu:0~0.50%
- [0113] 구리(Cu)는 임의 원소이며, 함유되지 않아도 된다. 함유되는 경우, Cu는 미세한 입자로서 강 중에 석출되고, 강의 강도를 높인다. 그러나, Cu 함유량이 너무 높으면, 강의 용접성이 저하한다. 따라서, Cu 함유량은 0~0.50%이다. Cu 함유량의 바람직한 하한은 0.10%이다.
- [0114] 상기 화학 조성은, Fe의 일부를 대신하여, Sn, Bi, Se, Te, Ge 및 As로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상을 함유해도 된다. 이들 원소는 임의 원소이며, 내부 산화층의 형성을 억제한다.
- [0115] Sn:0~0.30%
- [0116] Bi:0~0.30%
- [0117] Se:0~0.30%
- [0118] Te:0~0.30%

- [0119] Ge:0~0.30%
- [0120] As:0~0.30%
- [0121] 주석(Sn), 비스무트(Bi), 셀레늄(Se), 텔루륨(Te), 게르마늄(Ge) 및 비소(As)는 임의 원소이며, 함유되지 않아도 된다. 함유되는 경우, 이들 원소는, Mn 및 Si의 편석을 억제하여 내부 산화층의 형성을 억제한다. 그러나, 이들 원소의 함유량이 너무 높으면, 강의 성형성이 저하한다. 따라서, Sn 함유량은 0~0.30%이며, Bi 함유량은 0~0.30%이며, Se 함유량은 0~0.30%이며, Te 함유량은 0~0.30%이며, Ge 함유량은 0~0.30%이며, As 함유량은 0~0.30%이다. Sn 함유량의 바람직한 상한은 0.25%이며, 더 바람직하게는 0.20%이다. Bi 함유량의 바람직한 상한은 0.25%이며, 더 바람직하게는 0.20%이다. Se 함유량의 바람직한 상한은 0.25%이며, 더 바람직하게는 0.20%이다. Te 함유량의 바람직한 상한은 0.25%이며, 더 바람직하게는 0.20%이다. Ge 함유량의 바람직한 상한은 0.25%이며, 더 바람직하게는 0.20%이다. As 함유량의 바람직한 상한은 0.25%이며, 더 바람직하게는 0.20%이다. Sn 함유량의 바람직한 하한은 0.0001%이다. Bi 함유량의 바람직한 하한은 0.0001%이다. Se 함유량의 바람직한 하한은 0.0001%이다. Te 함유량의 바람직한 하한은 0.0001%이다. Ge 함유량의 바람직한 하한은 0.0001%이다. As 함유량의 바람직한 하한은 0.0001%이다. 또한, Sn, Bi, Se, Te, Ge 및 As로 이루어지는 군으로부터 선택되는 2종 이상을 함유시키는 경우, 합계로 0.0001~0.30%로 하는 것이 바람직하다.
- [0122] 상기 화학 조성은, Fe의 일부를 대신하여, Ca, Mg, Zr, Hf 및 희토류 원소(REM)로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상을 함유해도 된다. 이들 원소는 임의 원소이며, 강의 성형성을 높인다.
- [0123] Ca:0~0.50%
- [0124] Mg:0~0.50%
- [0125] Zr:0~0.50%
- [0126] Hf:0~0.50%
- [0127] 희토류 원소(REM):0~0.50%
- [0128] 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 지르코늄(Zr), hafnium(Hf) 및 희토류 원소(REM)는 모두 임의 원소이며, 함유되지 않아도 된다. 함유되는 경우, 이들 원소는, 강의 성형성을 높인다. 그러나, 이들 원소의 함유량이 너무 높으면, 강의 연성이 저하한다. 따라서, Ca 함유량은 0~0.50%이며, Mg 함유량은 0~0.50%이며, Zr 함유량은 0~0.50%이며, Hf 함유량은 0~0.50%이며, 희토류 원소(REM) 함유량은 0~0.50%이다. Ca 함유량의 바람직한 하한은 0.0001%이며, 보다 바람직하게는 0.0005%이며, 더 바람직하게는 0.001%이다. Mg 함유량의 바람직한 하한은 0.0001%이며, 보다 바람직하게는 0.0005%이며, 더 바람직하게는 0.001%이다. Zr 함유량의 바람직한 하한은 0.0001%이며, 보다 바람직하게는 0.0005%이며, 더 바람직하게는 0.001%이다. Hf 함유량의 바람직한 하한은 0.0001%이며, 보다 바람직하게는 0.0005%이며, 더 바람직하게는 0.001%이다. 희토류 원소(REM) 함유량의 바람직한 하한은 0.0001%이며, 보다 바람직하게는 0.0005%이며, 더 바람직하게는 0.001%이다. 또한, Ca, Mg, Zr, Hf 및 희토류 원소(REM)로 이루어지는 군으로부터 선택되는 2종 이상을 함유시키는 경우, 합계로 0.0001~0.50%로 하는 것이 바람직하다.
- [0129] 본 명세서에 있어서의 REM는, Sc, Y, 및 란타노이드(원자 번호 57번의 La~71번의 Lu)로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상이다. REM 함유량은 이들 원소의 합계 함유량을 의미한다.
- [0130] [조직]
- [0131] 본 실시 형태의 열연강판의 조직은, 특별히 한정되지 않는다. 본 실시 형태의 열연강판의 조직은 예를 들면, 주로 페라이트 및 펄라이트로 이루어진다. 구체적으로는, 조직에 있어서, 페라이트 및 펄라이트를 합한 면적률이 75% 이상이다. 조직에 있어서, 페라이트 및 펄라이트 이외의 영역(잔부)은, 베이나이트(뜨임 베이나이트를 포함한다), 마텐자이트(뜨임 마텐자이트를 포함한다), 및, 잔류 오스테나이트로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상이다.
- [0132] 조직에 있어서의 페라이트 및 펄라이트의 총면적률이 75% 이상이면, 열연강판의 강도를 억제할 수 있다. 이 경우, 냉간 가공성이 높아진다.
- [0133] 각 상의 면적률은, 다음의 방법으로 구할 수 있다.
- [0134] [페라이트 및 펄라이트의 면적률]

- [0135] 열연강판을 압연 방향과 수직인 면에서 절단한다. 절단면을 경면 연마한다. 경면 연마된 절단면 중, 표면으로부터 관두께의 1/4 위치 $\pm 5\text{mm}$ 의 범위이며, 또한, 열연강판의 폭 중앙부(폭 방향 중심으로부터 폭 방향으로  $\pm 10\text{mm}$ 의 범위)를 관찰 영역으로 정의한다. 관찰 영역을 나이탈 부식액으로 부식한다. 부식 후, 주사형 전자현미경(SEM)을 이용하여, 관찰 영역 중, 임의의  $200\mu\text{m}\times 150\mu\text{m}$ 의 범위를 촬영한다. 촬영된 영역(이하, 촬영 영역이라고 한다)의 화상을 이용하여, 페라이트 및 펄라이트를 특정한다. 특정된 페라이트 및 펄라이트의 면적의 총계를 구하고, 촬영 영역 전체의 면적의 총계로 나누어, 페라이트 및 펄라이트의 총면적률(%)을 구한다. 페라이트 및 펄라이트의 면적은, 메쉬법 또는 화상 처리 소프트웨어(상품명:이미지 프로)를 이용하여 측정한다.
- [0136] [베이나이트 및 마텐자이트의 면적률]
- [0137] 베이나이트 및 마텐자이트의 면적률의 측정 방법은 다음과 같다. 상술의 페라이트 및 펄라이트의 면적률의 측정 방법과 같은 촬영 영역( $200\mu\text{m}\times 150\mu\text{m}$ )에 있어서, 전자 후방 산란 회절상법(EBSD법)을 이용하여 촬영하여 사진 화상을 생성한다.
- [0138] 사진 화상으로부터 펄라이트 및 잔류 오스테나이트를 제외한 부분을, 화상 처리에 의해 추출한다. 남은 영역의 저온 변태상에 대해서, 15도를 인접 결정립과의 방위차의 역치로서 정의하고, 결정립을 특정한다. 특정된 각 결정립에 있어서, 입내 평균의 키쿠치 회절 패턴의 선명도(Grain Average Image Quality:GAIQ)를 수치화한다. 수치화된 GAIQ에 대한 면적률의 히스토그램을 작성한다. 작성된 히스토그램이 2개의 피크를 갖는 경우, GAIQ가 높은 측의 분포를 베이나이트 유래, GAIQ가 낮은 측의 분포를 마텐자이트 유래로 한다. 베이나이트 유래로 특정된 GAIQ를 갖는 결정립의 총면적률을, 베이나이트 면적률로 정의한다. 히스토그램 중에 있어서, 2개의 피크가 겹쳐 있는 경우, 분포가 서로 겹치는 경계까지의 GAIQ로 특정된 결정립을 베이나이트로 정의하여, 베이나이트의 면적률을 구한다.
- [0139] 상술의 페라이트 면적률, 펄라이트 면적률 및 베이나이트 면적률 및 후술의 잔류 오스테나이트 면적률의 총합(%)을 100(%)에서 뺀 값(%)을, 마텐자이트의 면적률로 정의한다.
- [0140] [잔류 오스테나이트의 면적률]
- [0141] 잔류 오스테나이트의 면적률은, X선 회절법에 의해 결정된다. 구체적으로는, 상술의 페라이트 및 펄라이트의 면적률의 측정 방법과 같은 촬영 영역( $200\mu\text{m}\times 150\mu\text{m}$ )에 있어서, 오스테나이트와 페라이트 사이의 반사면 강도가 상위하다는 성질을 이용하여, 잔류 오스테나이트의 비율을 X선 회절법에 따라 실험적으로 구한다. Mo의 K $\alpha$  선을 이용한 X선 회절법에 의해 얻어지는 상으로부터, 다음 식을 이용하여 잔류 오스테나이트 면적률( $V\gamma$ )을 구한다.
- [0142] 
$$V\gamma = (2/3) \{100 / (0.7 \times \alpha(211) / \gamma(220) + 1)\} + (1/3) \{100 / (0.78 \times \alpha(211) / \gamma(311) + 1)\}$$
- [0143] 여기서,  $\alpha(211)$ 은 페라이트의 (211)면에 있어서의 반사면 강도,  $\gamma(220)$ 은 오스테나이트의 (220)면에 있어서의 반사면 강도,  $\gamma(311)$ 은 오스테나이트의 (311)면에 있어서의 반사면 강도이다.
- [0144] [인장 강도]
- [0145] 본 실시 형태의 열연강판의 바람직한 인장 강도는 800MPa 이하이며, 더 바람직하게는 700MPa 이하이다. 인장 강도가 낮기 때문에, 냉간 가공성이 높아진다. 인장 강도의 하한은 특별히 한정되지 않지만, 예를 들면 400MPa이다. 인장 강도는 JIS Z2241(2011)에 준거한 금속재료 인장 시험 방법에 의해 구할 수 있다.
- [0146] [Sb 농화층에 대해서]
- [0147] 상술한 바와 같이, Sb 농화층은, 열연강판의 모재 표면과 스케일의 계면에 형성된다. Sb 농화층의 유무는, 전자 미소 분석법(EPMA)으로 관찰할 수 있다. 구체적으로는, 열연강판을 압연 방향과 수직인 면에서 절단하고, 절단면 중, 표면을 포함하는 폭 중앙부(폭 방향 중심으로부터 폭 방향으로  $\pm 10\text{mm}$ 의 범위) 중, 열연강판의 폭 방향으로  $50\mu\text{m}\times$  깊이 방향으로  $45\mu\text{m}$ 의 임의의 영역을 관찰 영역으로 정의한다. 관찰 영역을 포함하는 샘플을 채취한다. 관찰 영역에 대해서 EPMA를 이용한 맵핑 분석을 실시한다. Sb 농도가 영역 평균의 1.5배 이상인 부분을 Sb 농화층으로서 특정한다. 관찰 영역의 폭( $50\mu\text{m}$ )에 대해서 90% 이상으로 Sb 농화층이 확인된 경우, Sb 농화층이 형성되어 있다고 인정한다.
- [0148] 특정된 Sb 농화층의 두께를, 관찰 영역의 폭방향  $5\mu\text{m}$  피치로 측정하고, 그 평균치를 Sb 농화층의 두께로 정의한다. Sb 농화층의 바람직한 두께는  $0.5\mu\text{m}$  이상이며, 더 바람직하게는  $1.0\mu\text{m}$  이상이며, 더 바람직하게는  $1.5\mu\text{m}$  이상이다.

- [0149] Sb는 고온에 있어서 강의 입계 및 표면에 편석하고, 특히, 표면에 편석하여 농화하는 경향이 강하다. 스케일이 모재를 덮고 있는 경우라도, Sb는 모재 표면에 강하게 편석한다. Sb의 편석을 충분히 발생시키고, Sb 농화층의 형성을 촉진하기 위해, 열연강판을 고온역에 장시간 체류시키는 것이 바람직하다. Sb 농화층은 열간 압연시에 있어서도 형성되고, 압연에 의해 연장된다. 그 때문에, 마무리 압연 온도는, 후술하는 바와 같이, 고온인 편이 바람직하다.
- [0150] [내부 산화층의 두께]
- [0151] 본 실시 형태의 열연강판에서는, Sb 농화층이 형성되기 때문에, 내부 산화층의 두께가 억제된다. 내부 산화층의 바람직한 두께는 5 $\mu$ m 이하이다.
- [0152] 내부 산화층은 다음의 방법으로 측정된다. 열연강판의 폭 중앙부(폭 방향 중심으로부터 폭방향으로  $\pm 10$ mm의 범위) 내의 임의의 위치로부터, 열연강판의 표면을 포함하는 소편을 잘라낸다. 소편의 표면 중, 압연 방향과 수직인 단면(이하, 관찰면이라고 한다)을 경면 연마한다. 관찰면에 대해서 C 증착을 실시한다. C 증착 후, 관찰면의 표면 근방 부분을 전계 방출형 주사 전자현미경(FE-SEM)을 이용하여 임의의 시야를 1000배로 촬영하고, 화상을 얻는다(각 시야는 200 $\mu$ m $\times$ 180 $\mu$ m). 얻어진 화상에 기초하여, 내부 산화층의 두께( $\mu$ m)를 구한다. 내부 산화층에서는, Si 및 Mn의 산화물이 모재 중에 발생되어 있다. 그 때문에, 일반적인 SEM에 표준적으로 탑재되어 있는 반사 전자상에 의해, 스케일과, 내부 산화층과, 모재를 용이하게 구별할 수 있다.
- [0153] 얻어진 화상에 있어서, 스케일과 모재의 계면으로부터 내부 산화층의 최하단까지의 거리를, 압연 방향으로 10 $\mu$ m마다 구한다. 이 측정을 임의의 3시야에서 실시하고, 얻어진 거리의 평균치를, 내부 산화층 두께( $\mu$ m)로 정의한다.
- [0154] [스케일 두께]
- [0155] 본 실시 형태의 열연강판에서는, Sb 농화층이 형성되기 때문에, 스케일의 생성도 억제된다. 스케일의 바람직한 두께는 10 $\mu$ m 이하이다.
- [0156] 스케일 두께는, 다음의 방법으로 측정한다. 내부 산화층의 두께의 측정시와 마찬가지로, FE-SEM을 이용하여 화상을 얻는다. 얻어진 화상(내부 산화층을 측정한 것과 같은 화상을 사용하면 충분하다)에 있어서, 스케일을 특정하고, 스케일의 최상단과 계면 사이의 거리를, 압연 방향으로 10 $\mu$ m마다 구한다. 이 측정을 임의의 3시야에서 실시하여 얻어진 거리의 평균치를 스케일 두께( $\mu$ m)로 정의한다.
- [0157] [탈탄층의 두께]
- [0158] 본 실시 형태의 열연강판에서는 또한, Sb 농화층이 형성되기 때문에, 탈탄상의 두께도 억제된다. 탈탄층의 바람직한 두께는 20 $\mu$ m 이하이다.
- [0159] 탈탄층은 다음의 방법으로 측정한다. 열연강판의 폭 중앙부(폭 방향 중심으로부터 폭 방향으로  $\pm 10$ mm의 범위) 내의 임의의 위치로부터, 열연강판의 표면을 포함하는 소편을 잘라낸다. 소편의 표면에 대해서, EPMA에 의한 CK $\alpha$ 선의 선분석을 실시하고, 강판의 표면으로부터 깊이 방향으로 C 강도(선분석 결과)를 얻는다. 얻어진 선분석 결과 중, 강판 중의 최소의 C 강도 위치로부터, C 강도가, 강판의 평균 C 강도(모재의 C 강도)와 강판 중의 최소의 C 강도의 차의 98%가 되는 깊이 위치까지의 거리를, 탈탄층의 두께( $\mu$ m)로 정의한다.
- [0160] 이상, 본 실시 형태의 열연강판에서는, Sb 농화층이 내부 산화층의 생성을 억제한다. Sb 농화층은 또한, 스케일의 생성을 억제한다. Sb 농화층은 또한, 탈탄층의 생성도 억제한다. 본 실시 형태의 열연강판에서는 또한, 조직에 있어서, 페라이트 및 펄라이트의 총면적률이 75% 이상이다. 그 때문에, 인장 강도가 800MPa 이하, 바람직하게는 700MPa 이하로 억제되고, 뛰어난 냉간 가공성을 갖는다.
- [0161] 본 실시 형태의 열연강판에서는 또한, 후술의 디스케일링을 실시해도 된다. 이 경우, 철감람석에 기인하여 표면에 형성되는 섬 형상 스케일의 표면에 있어서의 면적률이 낮아진다. 그 때문에, 산세성이 더 높아진다.
- [0162] [제조 방법]
- [0163] 상술의 열연강판의 제조 방법의 일례를 설명한다. 제조 방법은, 준비 공정과, 열간 압연 공정과, 권취 공정을 구비한다.
- [0164] [준비 공정]
- [0165] 준비 공정에서는, 상기 화학 조성을 갖는 강재를 준비한다. 구체적으로는, 상기 화학 조성을 갖는 용강을 제조

한다. 용강을 이용하여, 강제인 슬래브를 제조한다. 슬래브는, 연속 주조법에 의해 제조되어도 된다. 또는, 용강을 이용하여 잉곳을 제조하고, 잉곳을 분괴압연하여 슬래브를 제조해도 된다.

[0166] [열간 압연 공정]

[0167] 준비된 강제(슬래브)를 가열한다. 가열 온도는, 1100~1350℃이다. 가열 시간은, 30분 이상으로 하는 것이 바람직하다. 가열된 슬래브를, 조(粗)압연기 및 마무리 압연기를 이용하여 열간 압연하여, 강판으로 만든다. 조압연기는 일렬로 늘어선 복수의 압연 스탠드를 구비하고, 각 압연 스탠드는 롤쌍을 갖는다. 조압연기는 리버스 식이어도 된다. 마무리 압연기는, 일렬로 늘어선 복수의 압연 스탠드를 구비하고, 각 압연 스탠드는 롤쌍을 구비한다.

[0168] [디스케일링]

[0169] 열간 압연에서는, 복수의 압연 스탠드(조압연기 또는 마무리 압연기)의 사이에 설치된 1 또는 복수의 고수압 디스케일링 장치에 의해, 압연 중의 강판에 대해서 디스케일링을 행해도 된다. 디스케일링은, 1050℃ 이상의 강판에 실시하는 것이 바람직하다. 이 경우, 본 실시 형태의 화학 조성의 강판과 같이, 고Si·고Mn 함유강의 표면에 발생하는 Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>(철감람석)를 효과적으로 제거할 수 있다. 철감람석이 잔존하면, 열연강판의 표면에 심형상 스케일이 형성된다. 심형상 스케일이 열연강판의 표면에 잔존하면, 산세시에 스케일이 제거되기 어려워진다. 철감람석이 잔존하면 또한, 냉간압연시에 압입흔(押入痕)이 발생하여, 냉연강판의 외관을 해치는 경우가 있다. 디스케일링을 실시하면, 철감람석을 제거할 수 있다.

[0170] 마무리 압연시에 있어서 마무리 압연 스탠드간에 1 또는 복수의 고수압 디스케일링 장치를 배치하는 경우, 마무리 압연기의 선두의 압연 스탠드의 입측 근방에 배치된 가열 장치에 의해, 조압연 후라도 마무리 압연 전의 강판(조(粗) 바)을 1050℃ 이상으로 가열하는 것이 바람직하다. 조 바를 가열하는 방법은 특별히 한정되지 않는다. 예를 들면, 유도 가열 장치, 리플로우로 등에 의해, 조 바를 가열한다.

[0171] [마무리 압연 온도(FT)]

[0172] 열간 압연에 있어서, 마무리 압연기의 최종 스탠드의 출측에서의 강판의 표면 온도를, 마무리 압연 온도(FT)(℃)로 정의한다. 바람직한 마무리 압연 온도(FT)(℃)는, A<sub>3</sub> 변태 온도+50℃ 이상이다. 마무리 압연 온도(FT)가 A<sub>3</sub> 변태 온도+50℃ 미만이면, 강판의 압연 저항이 증가하여 생산성이 저하한다. 또한, 페라이트 및 오스테나이트의 2상역에서 강판이 압연된다. 이 경우, 강판의 조직이 층상 조직을 형성하여, 기계적 성질이 저하한다. 따라서, 마무리 압연 온도(FT)는 A<sub>3</sub> 변태 온도+50℃ 이상이다. 바람직한 마무리 압연 온도(FT)는 920℃ 초과이며, 더 바람직하게는 950℃ 이상이다.

[0173] 마무리 압연 완료 후, 권취 온도까지 강판을 냉각한다. 냉각 방법은 특별히 한정되지 않는다. 냉각 방법은 예를 들면, 수냉, 강제 공냉 및 방랭이다.

[0174] [권취 공정]

[0175] 열간 압연 공정에서 제조된 열연강판을 권취하여, 코일로 한다. 코일 권취 개시시의 열연강판의 표면 온도(이하, 권취 온도라고 한다)(CT)는, 바람직하게는 600℃~750℃이다.

[0176] 권취 온도(CT)가 너무 높으면, 열연강판에서의 내부 산화층의 생성이 촉진된다. 한편, 권취 온도(CT)가 너무 낮으면, 본 실시 형태의 열연강판과 같이, Si를 다량으로 함유하는 강에서는, 열연강판의 강도가 너무 높아지고, 냉간압연성이 저하한다.

[0177] 권취 온도(CT)를 600℃~750℃로 하면, 열연강판의 강도의 상승을 억제할 수 있고, 또한, 본 실시 형태에 규정하는 강 조성에 있어서는 내부 산화층의 생성이 억제된다. 권취 온도(CT)는, 바람직하게는 650℃~750℃이며, 보다 바람직하게는 700℃~750℃이다.

[0178] 이상의 공정에 의해, 본 실시 형태의 열연강판을 제조할 수 있다. 또한, 상술의 제조 방법은, 페라이트 및 펄라이트의 총면적률이 75% 이상이 되는 열연강판의 제조 방법의 일례이며, 본 실시 형태의 열연강판의 제조 방법은 이것으로 한정되지 않는다.

[0179] [제2 실시의 형태]

[0180] 열연강판의 조직은, 주로 베이나이트 및 마텐자이트로 이루어지는 조직이어도 된다. 구체적으로는, 베이나이트

및 마텐자이트를 합한 면적률이 75% 이상이어도 된다.

- [0181] [조직]
- [0182] 본 실시 형태(제2 실시의 형태)에 의한 열연강관의 화학 조성은, 제1 실시의 형태의 열연강관과 같고, 식 (1)을 만족한다. 식 (1)을 만족하지 않으면, 냉연강관의 연성이 저하하는 경우가 있다. 식 (1)을 만족하면, 소둔 후의 냉연강관에 있어서도, 뛰어난 연성을 얻을 수 있다.
- [0183] 한편, 본 실시 형태의 열연강관의 조직은, 제1 실시의 형태와 다르다. 본 실시 형태의 열연강관의 조직은, 베이나이트 및 마텐자이트를 합한 면적률이 75% 이상이다.
- [0184] 베이나이트 및 마텐자이트 이외의 영역(잔부)은, 페라이트, 펄라이트, 및, 잔류 오스테나이트로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상이다. 본 실시 형태에서는, 바람직하게는 권취 후의 열연강관에 뜨임 처리를 실시한다. 이로 인해, 강관의 강도를 어느 정도 저하시킬 수 있고, 어느 정도의 강도를 유지하면서 냉간 가공성을 높일 수 있다. 뜨임을 행한 경우에 있어서의 베이나이트는 주로 뜨임 베이나이트이며, 마텐자이트는 주로 뜨임 마텐자이트이다. 조직 중의 각 상의 면적률의 측정 방법은, 제1 실시의 형태와 같다.
- [0185] [인장 강도]
- [0186] 본 실시 형태의 열연강관은, 상기 화학 조성 및 조직을 갖는다. 권취 후에 뜨임을 실시하지 않는 경우, 본 실시 형태의 열연강관의 인장 강도는 900MPa 이상이다.
- [0187] 한편, 권취 후에 뜨임을 실시한 경우, 열연강관의 인장 강도는 800MPa 이하이다. 이 경우, 냉간 가공성을 높일 수 있고, 냉간압연시에 제조 설비에 걸리는 부하를 저감할 수 있다. 인장 강도의 하한은 특별히 한정되지 않지만, 예를 들면 400MPa이다. 인장 강도는 JIS Z2241(2011)에 준거한 방법으로 구한다.
- [0188] [제조 방법]
- [0189] 본 실시 형태에 의한 열연강관의 제조 방법의 일례를 설명한다. 제조 방법은, 준비 공정과, 열간 압연 공정과, 권취 공정을 구비한다. 제1 실시 형태의 제조 방법과 비교하여, 권취 공정에서의 권취 온도(CT)가 다르다. 바람직하게는 또한, 권취 공정 후, 뜨임 공정을 실시한다. 그 외의 공정은 제1 실시 형태와 같다.
- [0190] [권취 공정]
- [0191] 열간 압연 공정에서 제조된 강관을 권취하여, 코일로 한다. 코일 권취 개시시의 강관의 표면 온도(권취 온도)가 너무 낮으면, 강관의 강도가 상승하고, 권취 장치에 걸리는 부하가 커진다. 따라서, 코일 권취 개시시의 강관의 표면 온도(권취 온도)(CT)는, 150~600℃이며, 바람직하게는 350~500℃이며, 보다 바람직하게는 400℃~500℃이다.
- [0192] [뜨임 공정]
- [0193] 본 실시 형태의 열연강관은 권취 온도(CT)가 600℃ 이하, 바람직하게는 500℃ 이하이기 때문에, 경도가 높다. 그래서, 강도를 내려 냉간압연성을 높이기 위해서 뜨임을 실시해도 된다. 뜨임 공정에서는, 권취 후의 강관을 550℃ 이상(Ac1 변태 온도 이하)에서 뜨임한다. 뜨임 시간이 너무 짧으면, 상기 효과를 얻기 어렵다. 한편, 뜨임 시간이 너무 길면, 그 효과가 포화한다. 따라서, 바람직한 뜨임 시간은, 550℃ 이상의 온도역에 있어서, 0.5~8 시간이다.
- [0194] 이상의 공정에 의해, 제2 실시 형태의 열연강관을 제조할 수 있다.
- [0195] 또한, 뜨임 처리는 실시하지 않아도 된다. 뜨임을 실시하지 않는 경우도, 열연강관의 조직은, 베이나이트 및 마텐자이트를 합한 면적률이 75% 이상이며, 잔부가 페라이트, 펄라이트, 및, 잔류 오스테나이트로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상이다. 단, 뜨임을 실시하지 않는 경우의 베이나이트 조직 및 마텐자이트 조직은, 뜨임 베이나이트 및 뜨임 마텐자이트를 주체로 한 조직이 아니라, 권취 공정에 있어서 형성되는 뜨임 베이나이트, 뜨임 마텐자이트를 일부 포함하는, 베이나이트 및 마텐자이트 주체의 조직이 된다.
- [0196] 뜨임 처리를 실시하지 않는 경우, 열연강관의 인장 강도는 900MPa 이상이다. 뜨임을 실시하지 않는 열연강관은, 열연강관으로서 높은 인장 강도가 필요하게 되는 경우 등에 특히 유용하다.
- [0197] 또한, 상술의 제조 방법은, 베이나이트 및 마텐자이트의 총면적률이 75% 이상이 되는 열연강관의 제조 방법의 일례이며, 본 실시 형태의 열연강관의 제조 방법은 이것으로 한정되지 않는다.

- [0198] [그 외의 실시 형태]
- [0199] 상술의 제1 및 제2 실시 형태에서는, 조직이 규정되어 있다. 그러나, 본 실시 형태의 열연강판의 조직은 특별히 한정되지 않는다. 상기 화학 조성 및 식 (1)을 만족하면, 필요한 가공성, 강도를 유지하면서, Sb 농화층을 형성할 수 있고, 내부 산화층 및/또는 스케일의 생성을 억제할 수 있다.
- [0200] 상기 제조 방법은 일례에 지나지 않는다. 따라서, 다른 제조 방법에 의해서도 제1 및 제2 실시 형태의 열연강판을 제조할 수 있는 경우가 있다.
- [0201] 또한, 열간 압연 공정의 마무리 압연에 있어서, 최종의 디스케일링을 실시했을 때의 강판의 온도로부터, 마무리 압연 후의 냉각에 의해 강판의 온도가 800℃가 될 때까지의 평균 냉각 속도(이하, ADFT라고 한다)는 10℃/초 이상으로 하는 것이 바람직하다. 이 경우, 열연강판 표면의 스케일의 생성을 더 억제할 수 있다.
- [0202] 실시예
- [0203] 본 발명의 열연강판의 실시예에 대해 설명한다. 실시예에서의 조건은, 본 발명의 실시 가능성 및 효과를 확인하기 위해서 채용한 한 조건예이다. 따라서, 본 발명은, 이 한 조건예로 한정되는 것은 아니다. 본 발명은, 본 발명의 요지를 일탈하지 않고, 본 발명의 목적을 달성하는 한에 있어서, 여러 가지의 조건을 채용할 수 있다.
- [0204] [실시예 1]
- [0205] 표 1에 나타내는 화학 조성을 갖는 용강을 제조했다.

[표 1]

강종	화학 조성 (단위는 질량%, 잔부는 Fe 및 불순물)																			비고			
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O	Sb	Ti	V	Nb	Cr	Ni	Mo	B	Cu	Sn,Bi,Se, Te,Ce,As	Ca		Mg	REM	SH/Mn
A	0.076	1.10	2.39	0.007	0.0011	0.0420	0.0034	0.0014	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.49	발명예
B	0.120	1.97	2.01	0.011	0.0016	0.0240	0.0022	0.0011	0.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.98	발명예
C	0.182	1.75	2.70	0.009	0.0010	0.0330	0.0034	0.0012	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.45	발명예
D	0.185	1.80	2.60	0.010	0.0020	0.0300	0.0030	0.0009	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.40	발명예
E	0.152	1.20	2.11	0.008	0.0021	0.0310	0.0026	0.0019	0.03	0.062	-	-	0.12	-	-	0.0014	-	-	-	-	-	3.31	발명예
F	0.152	1.10	2.24	0.007	0.0023	0.0400	0.0016	0.0029	0.03	-	-	-	-	0.24	-	-	0.12	-	-	-	-	3.34	발명예
G	0.181	1.20	2.41	0.015	0.0034	0.0380	0.0019	0.0015	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0006	-	-	-	3.61	발명예
H	0.178	1.20	2.42	0.014	0.0036	0.0410	0.0027	0.0018	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ce<0.0013	3.62	발명예
I	0.182	1.10	2.39	0.009	0.0024	0.0190	0.0020	0.0011	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0013	-	3.49	발명예
J	0.179	1.10	2.37	0.013	0.0023	0.0680	0.0028	0.0022	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Nd<0.0007	3.47	발명예
K	0.179	1.10	2.14	0.009	0.0019	0.0350	0.0025	0.0019	0.07	0.083	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.24	발명예
L	0.180	1.10	2.45	0.001	0.0026	0.0980	0.0044	0.0019	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.55	발명예
M	0.200	1.10	2.30	0.010	0.0010	0.0330	0.0030	0.0015	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-	Sn<0.01	-	-	-	3.40	발명예
N	0.175	1.75	2.70	0.009	0.0011	0.0330	0.0022	0.0021	0.05	0.005	-	-	-	-	-	-	-	Se<0.05	-	-	-	4.45	발명예
O	0.190	1.75	2.80	0.010	0.0010	0.0330	0.0022	0.0014	0.11	0.005	-	-	-	-	-	-	-	Ge<0.02 As<0.03	-	-	-	4.55	발명예
P	0.180	2.20	3.10	0.010	0.0010	0.0330	0.0030	0.0015	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	Bi<0.02 Te<0.04	-	-	-	5.30	비교예
Q	0.150	2.00	2.60	0.010	0.0020	0.0300	0.0030	0.0009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.60	비교예
R	0.429	1.10	2.50	0.007	0.0011	0.0270	0.0022	0.0016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.60	비교예
S	0.155	2.88	2.21	0.016	0.0033	0.0240	0.0029	0.0020	-	0.034	-	-	-	-	-	0.0009	-	-	-	-	-	5.09	비교예
T	0.142	1.10	0.70	0.012	0.0038	0.0680	0.0034	0.0026	0.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.80	비교예
U	0.250	1.10	5.61	0.014	0.0030	0.2900	0.0034	0.0019	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.71	비교예

원소치의 밑줄은 본 발명의 범위로부터 벗어나는 것을 나타낸다.

[0207]

[0208]

[0209]

[0210]

표 1을 참조하여, 강종 A~O는 본 실시 형태의 강재의 화학 조성의 범위 내였다. 한편, 강종 P~U의 화학 조성은, 본 실시 형태의 강재의 화학 조성의 범위 외였다.

상기 용강을 이용하여, 조괴법에 의해 강재(잉곳)를 제조했다. 복수의 열간 압연 스탠드로 이루어지는 시험용 열간 압연 밀을 이용하여, 강재를 표 2에 나타내는 열간 압연 조건(가열 온도(℃), 마무리 압연 온도(FT)(℃)으로 열간 압연하여, 열연강판을 제조했다. 또한, 열간 압연 후의 열연강판에 대해서, 표 2에 나타내는 권취 온도(CT)(℃)에서 권취된 코일 상당의 열이력을 N<sub>2</sub> 퍼지된 서랭로에 의해 부여했다.

또한, 마무리 압연기의 입측에 조 바 히터를 모의한 재가열로를 설치하여, 표 2에 나타내는 조건으로 재가열했다. 또, 마무리 압연기의 압연 스탠드 간에 고수압 디스케일링 장치를 배치하여, 마무리 압연 중의 강판에 대해서 디스케일링을 실시했다. 디스케일링 실시 직전의 강판의 표면 온도(디스케일링 온도)는, 표 2에 나타내는 바와 같았다.

[0211] [표 2]

시 험 번 호	강 관	가 열 온 도 (°C)	재 가 열 온 도 (°C)	디 스 케 일 링 온 도 (°C)	FT (°C)	CT (°C)	비 고
1	A	1280	1100	1050	970	655	발명예
2	B	1250	1100	1080	930	655	발명예
3	C	1280	1090	1050	970	655	발명예
4	C	1250	1100	1060	970	700	발명예
5	C	1220	1120	1085	970	720	발명예
6	C	1280	-	980	850	450	발명예
7	D	1250	1170	1100	970	730	발명예
8	D	1280	1010	1050	990	500	발명예
9	E	1200	1110	1070	930	700	발명예
10	F	1200	1140	1100	930	655	발명예
11	G	1200	1080	1050	930	700	발명예
12	H	1200	1090	1080	930	700	발명예
13	I	1250	1060	1050	900	655	발명예
14	J	1220	1080	1060	930	700	발명예
15	K	1250	1100	1080	900	720	발명예
16	L	1220	1110	1100	950	730	발명예
17	M	1280	1120	1080	950	700	발명예
18	N	1230	1080	1050	950	700	발명예
19	O	1280	1090	1060	980	700	발명예
20	P	1200	1080	1060	980	700	비교예
21	Q	1280	1060	1060	950	750	비교예
22	R	1200	1070	1060	930	400	비교예
23	S	1200	-	1000	950	650	비교예
24	T	1250	1100	1050	930	680	비교예
25	U	1200	1080	1050	900	655	비교예

[0212]

[내부 산화층 두께 및 스케일 두께 측정 시험]

[0214]

각 시험 번호의 열연강관의 폭 중앙부(폭 방향 중심으로부터 폭 방향으로 ±10mm의 범위)로부터 소편을 잘라냈다. 소편의 표면 중, 압연 방향과 수직인 단면(이하, 관찰면이라고 한다)을 경면 연마했다. 관찰면에 대해서 C(카본) 증착을 실시했다. C 증착 후, 관찰면의 표면 근방 부분을 전계 방출형 주사 전자현미경(FE-SEM)을 이용하여 촬영하고, 화상을 얻었다. 얻어진 화상을 이용하여, 상술의 방법에 의해, 내부 산화층의 두께(μm) 및 스케일 두께(μm)를 구했다.

[0215]

[탈탄층 측정 시험]

[0216]

각 시험 번호의 열연강관의 폭 중앙부(폭 방향 중심으로부터 폭 방향으로 ±10mm의 범위)로부터 소편을 잘라냈다. 소편의 표면에 대해서, EPMA에 의한 CKα선의 선분석을 실시했다. 얻어진 선분석결과 중, 강관 중의 최소의 C 강도 위치로부터, C 강도가, 강관의 평균 C 강도(모재의 C 강도)와 강관 중의 최소의 C 강도의 차분의 98%가 되는 깊이 위치까지의 거리를, 탈탄층의 두께(μm)로 정의했다.

[0217]

[Sb 농화층 측정 시험]

[0218]

제1 실시의 형태에 기재된 측정 방법에 의해, Sb 농화층의 유무, 및, Sb 농화층의 두께(μm)를 측정했다.

[0219]

[냉간압연성 평가 시험]

[0220]

강관의 폭 중앙부, 또한, 표면으로부터 1/4 두께의 위치로부터, JIS 규격의 5호 인장 시험편을 채취했다. 평행부는 압연 방향으로 평행하게 했다. 인장 시험편을 이용하여, JIS Z2241(2011)에 준거한 인장 시험을, 대기 중, 상온(25°C)에서 실시하고, 인장 강도(MPa)를 얻었다.

[0221]

[산세성 평가 시험]

[0222]

각 시험 번호의 강관의 관폭 중앙부로부터, 강관 표면을 포함하는 시험편을 채취했다. 시험편 중, 강관 표면을 포함하는 영역은, 폭 50mm×길이 70mm였다. 시험편에 대해서 산세 시험을 실시했다. 산세 시험에서는, 85°C로 가열한 8% 염산 수용액 중에 시험편을 침지하여, 시험편의 표면의 스케일을 제거했다. 시험편의 표면 전체의

스케일이 제거된 시간(산세 완료 시간)을 측정했다. 산세 완료 시간이 60초 이내인 경우, 산세성이 뛰어나다고 판단했다.

[0223] [시험 결과]

[0224] 표 3에 시험 결과를 나타낸다.

[0225] [표 3]

시험 번호	조직 (면적%)			인장 강도 TS (MPa)	탈탄층 두께 ( $\mu\text{m}$ )	스케일 두께 ( $\mu\text{m}$ )	Sb 농화층 두께 ( $\mu\text{m}$ )	내부 산화층 두께 ( $\mu\text{m}$ )	산 세 성	비고
	F	P	그 외							
1	89	11	-	621	0.7	5.0	2.3	0.0	○	발명예
2	84	16	-	623	0.7	5.0	2.9	0.0	○	발명예
3	46	54	-	652	0.7	5.0	1.4	0.8	○	발명예
4	46	54	-	617	1.1	5.0	1.4	0.8	○	발명예
5	46	54	-	618	2.0	5.0	1.5	0.8	○	발명예
6	0	0	B:75, M:18, Rg:7	967	0.2	5.0	1.1	0.8	○	발명예
7	53	47	-	593	1.5	5.0	1.9	0.2	○	발명예
8	0	0	B:100	823	0.1	5.0	1.5	0.2	○	발명예
9	78	22	-	650	1.1	7.0	1.1	4.0	○	발명예
10	75	25	-	577	0.7	9.0	0.8	5.0	○	발명예
11	71	29	-	529	1.1	9.0	1.1	4.0	○	발명예
12	71	29	-	523	2.1	6.0	1.1	4.0	○	발명예
13	69	31	-	590	0.7	6.0	0.9	1.8	○	발명예
14	70	30	-	562	1.9	6.0	1.2	0.2	○	발명예
15	70	30	-	639	2.1	5.0	1.8	0.2	○	발명예
16	70	30	-	641	1.9	5.0	1.7	0.2	○	발명예
17	66	34	-	497	1.1	5.0	2.0	0.8	○	발명예
18	47	53	-	570	2.1	5.0	1.3	0.0	○	발명예
19	43	57	-	531	1.1	5.0	2.6	0.0	○	발명예
20	75	25	-	643	1.1	5.0	0.4	20.0	×	비교예
21	71	29	-	596	186.0	75.0	0.0	40.0	×	비교예
22	0	0	B:52, M:31, Rg:17	904	5.0	100.0	0.0	10.0	×	비교예
23	85	15	-	643	65.0	100.0	0.0	30.0	×	비교예
24	77	23	-	-	0.9	3.0	5.3	0.0	○	비교예
25	0	0	M:92, Rg:8	-	69.0	8.0	0.2	8.0	○	비교예

[0226]

[0227] 표 3 중의 「조직」은, 강판의 폭 중앙부(폭 방향 중심으로부터 폭 방향으로±10mm의 범위)의 관두께/4 깊이 위치에 있어서의 조직을 나타낸다. 각 조직 중, 「F」란에는, 각 조직 중의 페라이트의 면적률(%)이 기재되고, 「P」란에는 펄라이트의 면적률이 기재되어 있다. 「그 외」란에는, 페라이트 및 펄라이트 이외의 상의 면적률이 기재되어 있다. 「B」는 베이나이트(뜨임 베이나이트를 포함한다)의 면적률(%)이며, 「M」은 마텐자이트(뜨임 마텐자이트를 포함한다)의 면적률(%)이다. 「Rg」는 잔류 오스테나이트의 면적률(%)이다. 각 상의 면적률은, 상술의 측정 방법에 의해 측정했다.

[0228] 「인장 강도(TS)」는, 강판의 폭 중앙부의 인장 강도(TS)(MPa)를 나타낸다. 인장 강도가 800MPa 이하인 경우, 냉간압연성이 뛰어나다고 판단했다.

[0229] 표 3 중의 「산세성」란의 「○」표는, 산세 완료 시간이 60초 이내였던 것을 나타낸다. 「×」표는, 산세 완료 시간이 60초를 초과한 것을 의미한다.

[0230] 표 3을 참조하여, 시험 번호 1~19의 화학 조성은 적절하고, 식 (1)도 만족했다. 그 때문에, Sb 농화층이 확인되었다. Sb 농화층의 두께는 모두 0.5 $\mu\text{m}$  이상이였다. 또한, 스케일 두께는 10 $\mu\text{m}$  이하이며, 내부 산화층의 두께는 5 $\mu\text{m}$  이하였다. 따라서, 내부 산화층 및 스케일을 억제할 수 있었다. 그 결과, 산세성이 뛰어났다. 또한, 탈탄층의 두께는 20 $\mu\text{m}$  이하였다.

[0231] 시험 번호 1~5, 시험 번호 7, 및, 시험 번호 9~19에서는 또한, 페라이트 및 펄라이트의 생성에 적절한 제조 조건이었다. 그 때문에, 이러한 시험 번호의 열연강판의 조직에서는 모두, 페라이트 및 펄라이트의 총면적률이 75% 이상이였다. 그 때문에, 인장 강도가 800MPa 이하였다.

[0232] 시험 번호 6 및 시험 번호 8에서는, 권취 온도(CT)가 150~600℃였기 때문에, 조직에 있어서의 베이나이트 및 마

텐자이트의 총면적률이 75% 이상이며, 인장 강도가 900MPa 이상이었다.

- [0233] 한편, 시험 번호 20에서 이용한 강종 P에서는, Sb 함유량이 너무 낮았다. 그 때문에, Sb 농화층의 두께가 0.5  $\mu\text{m}$  미만이며, 내부 산화층의 두께가 5 $\mu\text{m}$ 를 초과했다. 그 때문에, 산세성이 낮았다.
- [0234] 시험 번호 21에서 이용한 강종 Q에서는, Sb가 함유되지 않았다. 그 때문에, Sb 농화층이 확인되지 않았다. 그 결과, 내부 산화층의 두께가 5 $\mu\text{m}$ 를 초과하고, 스케일 두께가 10 $\mu\text{m}$ 를 초과했다. 그 때문에, 산세성이 낮았다. 또한, 탈탄층 두께가 20 $\mu\text{m}$ 를 초과했다.
- [0235] 시험 번호 22에서 이용한 강종 R에서는, C 함유량이 너무 많았다. 또한, Sb가 함유되지 않았다. 또한, 권취 온도(CT)가 너무 낮았다. 그 때문에, 조직이 주로 베이나이트 및 마텐자이트로 이루어지고, 페라이트 및 펄라이트가 존재하지 않았다. 그 때문에, 인장 강도가 800MPa를 초과했다. 또한, Sb 농화층이 존재하지 않았기 때문에, 내부 산화층의 두께가 5 $\mu\text{m}$ 를 초과하고, 스케일 두께가 10 $\mu\text{m}$ 를 초과했다. 그 때문에, 산세성이 낮았다.
- [0236] 시험 번호 23에서 이용한 강종 S에서는, Si 함유량이 너무 높고, 또한, Sb가 함유되지 않았다. 그 결과, Sb 농화층이 생성되지 않고, 내부 산화층의 두께가 5 $\mu\text{m}$ 를 초과하고, 스케일 두께가 10 $\mu\text{m}$ 를 초과했다. 그 때문에, 산세성이 낮았다. 또한, 탈탄층 두께가 20 $\mu\text{m}$ 를 초과했다.
- [0237] 또한, 시험 번호 23에서는, 열간 압연시, 조 바 히터로의 가열을 실시하지 않았다. 그 때문에, 디스케일링 온도가 1050 $^{\circ}\text{C}$  미만이었다. 그 결과, 섬 형상 스케일률이 6%를 초과했다.
- [0238] 시험 번호 24에서 이용한 강종 T에서는, Mn 함유량이 너무 낮고, Al 함유량이 너무 낮고, 또한, Sb 함유량이 너무 높았다. 그 때문에, 강재의 취화가 심하여, 평가 시험을 중지했다. 시험 번호 25에서는, Mn 함유량이 높았다. 그 때문에, 강재의 취화가 심하여, 평가 시험을 중지했다.
- [0239] [실시예 2]
- [0240] 표 4에 나타내는 화학 조성을 갖는 용강을 제조했다.

[0241]

[표 4]

항목	합합 조성(단위는 질량%, 잔부는 Fe 및 불순물)																				비고				
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O	Sb	Ti	V	Nb	Cr	Ni	Mo	B	Cu	Sn	Bi	Te		Ca	Mg	REM	Si+Mn
A	0.155	1.25	2.23	0.009	0.0025	0.0586	0.0042	0.0016	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.48	발명예
B	0.176	1.71	2.49	0.014	0.0014	0.0588	0.0042	0.0023	0.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.20	발명예
C	0.178	1.41	2.13	0.013	0.0031	0.0540	0.0039	0.0028	0.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.55	발명예
D	0.151	1.19	2.24	0.008	0.0033	0.0608	0.0032	0.0028	0.12	0.062	-	-	0.12	-	-	0.0014	-	-	-	-	-	-	-	3.42	발명예
E	0.148	1.65	2.73	0.013	0.0022	0.0770	0.0022	0.0013	0.08	-	-	-	-	0.24	-	-	0.12	-	-	-	-	-	-	4.38	발명예
F	0.168	1.90	2.08	0.013	0.0012	0.0722	0.0020	0.0019	0.22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0008	-	0.0006	-	-	3.98	발명예
G	0.186	1.21	2.83	0.009	0.0024	0.0837	0.0043	0.0029	0.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	-	0.0013	-	4.04	발명예
H	0.118	1.67	2.42	0.008	0.0013	0.0790	0.0041	0.0014	0.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Nd:0.0007	4.09	발명예
I	0.138	1.32	2.68	0.013	0.0029	0.0742	0.0038	0.0019	0.18	-	-	-	-	-	0.14	-	-	-	-	-	-	-	-	4.00	발명예
J	0.159	1.79	2.03	0.012	0.0025	0.0905	0.0038	0.0026	0.11	-	0.083	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.81	발명예
K	0.182	1.74	2.84	0.008	0.0022	0.0859	0.0033	0.0021	-	-	0.053	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.58	비교예
L	0.113	1.40	2.42	0.008	0.0022	0.0232	0.0030	0.0026	0.41	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.82	비교예
M	0.110	1.86	2.68	0.013	0.0011	0.0974	0.0028	0.0011	0.004	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.54	비교예
N	0.131	1.02	2.05	0.012	0.0034	0.0926	0.0026	0.0016	0.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.07	비교예
O	0.172	0.83	2.11	0.008	0.0013	0.0252	0.0021	0.0027	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.04	비교예
P	0.169	1.88	1.55	0.015	0.0028	0.0205	0.0018	0.0012	0.08	-	-	-	-	-	-	0.0046	-	-	-	-	-	-	-	3.43	비교예
Q	0.121	2.86	2.21	0.011	0.0014	0.0320	0.0043	0.0023	0.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.17	비교예
R	0.123	1.70	3.88	0.008	0.0032	0.0321	0.0041	0.0028	0.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.69	비교예
S	0.185	1.75	2.50	0.010	0.0020	0.0350	0.0035	0.0016	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.25	비교예

원소치의 밑줄은 본 발명의 범위로부터 벗어나는 것을 나타낸다.

[0242]

[0243]

상기 용강을 이용하여, 조괴법에 의해 강재(잉곳)를 제조했다. 시험용 열간 압연 밀을 이용하여, 강재를 표 5에 나타내는 열간 압연 조건(가열 온도(°C), 및, 마무리 압연 온도(FT)(°C)에서 열간 압연하여, 강관을 제조했다. 또한, 열간 압연 후의 강관에 대해서, 표 5에 나타내는 권취 온도(CT)(°C)에서의 권취를 모의한 열처리를 실시했다. 구체적으로는, 권취 온도(CT)(°C)로 설정한 노 내에 강관을 적층하여 장입했다. 노 내는 질소 분위기이며, 강관 표면은 대기로부터 차단된 상태였다. 즉, 강관의 표면 상태는 실제조에 의한 코일의 표면 상태와 동등했다. 노 내에서 강관을 권취 온도(CT)(°C)에서 30분 유지한 후, 20°C/시간으로 실온까지 서랭했다.

[0244] [표 5]

시험 번호	강 종	가열 온도 (°C)	FT (°C)	CT (°C)	강 조직	Sb 농도 두께 ( $\mu\text{m}$ )	내부 산화층 두께 ( $\mu\text{m}$ )	TS (MPa)	EL (%)	비고
1	A	1250	950	750	F+P	1.5	1	540	11.9	본 발명에
2	B	1250	950	750	F+P	2.4	0	633	10.7	본 발명에
3	C	1250	950	750	F+P	2.8	0	596	11.1	본 발명에
4	D	1250	950	750	F+P	2.5	0	682	10.0	본 발명에
5	E	1250	950	750	F+P	2.2	0	620	11.1	본 발명에
6	F	1250	950	750	F+P	3.4	0	585	10.1	본 발명에
7	G	1250	950	750	F+P	2.2	0	599	11.6	본 발명에
8	H	1250	950	750	F+P	2.6	0	596	10.9	본 발명에
9	I	1250	950	750	F+P	3.0	0	585	11.7	본 발명에
10	J	1250	950	750	F+P	2.4	0	566	10.0	본 발명에
11	K	1250	950	750	F+P	0	47	648	10.5	비교예
12	L	1250	950	750	F+P	5.3	0	-	-	비교예
13	M	1180	950	750	F+P	0	34	616	10.4	비교예
14	N	1250	950	750	F+P	2.8	0	534	8.8	비교예
15	O	1250	950	750	F+P	1.1	4	548	8.7	비교예
16	P	1250	950	750	F+P	2.0	0	562	6.7	비교예
17	Q	1250	950	750	F+P	2.7	0	682	7.8	비교예
18	R	1250	950	750	B+M	2.3	0	1317	3.2	비교예
19	S	1200	950	750	F+P	0.3	25	640	10.2	비교예

[0245]

[0246] [페라이트 및 펄라이트의 면적률의 측정 시험]

[0247] 실시예 1과 같은 방법에 의해, 열간 압연 후의 강관(열연강관) 중의 페라이트 및 펄라이트의 합계의 면적률을 측정했다. 결과를 표 5에 나타낸다. 표 5의 「강 조직」 중, 「F+P」는, 열연강관의 조직 중, 페라이트 및 펄라이트의 총면적률이 75% 이상이었다는 것을 나타낸다. 표 5의 「강 조직」 중, 「B+M」은, 열연강관의 조직 중 베이나이트 및 마텐자이트의 총면적률이 75% 이상이었다는 것을 나타낸다.

[0248] [내부 산화층의 두께 측정 시험]

[0249] 각 시험 번호의 열간 압연 후의 강관(열연강관)의 내부 산화층의 두께를 실시예 1과 같은 방법으로 측정했다. 구체적으로는, 열연강관의 관폭 중앙부로부터 열연강관의 표면을 포함하는 소편을 잘라냈다. 소편의 표면 중, 압연 방향과 수직인 단면(이하, 관찰면이라고 한다)을 경면 연마했다. 관찰면에 대해서 C(카본) 증착을 실시했다. C 증착 후, 관찰면의 표면 근방 부분을 전계 방출형 주사 전자현미경(FE-SEM)을 이용하여 관찰 배율 1000 배로 촬영하여 화상을 얻었다. 얻어진 화상에 기초하여, 상술의 방법으로 내부 산화층의 두께를 측정했다. 결과를 표 5에 나타낸다.

[0250] 또한, 스케일은 열연강관의 외부에서 철 이온이 산화되어 형성된 층이다. 한편, 내부 산화층은 Si 및 Mn의 산화물을 포함하고, 열연강관 내부에 형성된 층이다. 그 때문에, 일반적인 SEM을 이용함으로써, 스케일, 내부 산화층 및 모재는 용이하게 구별할 수 있었다.

[0251] [인장 시험]

[0252] 각 시험 번호의 열연강관의 인장 강도(TS)를 JIS Z2241(2011)에 준거한 방법으로 측정했다. 결과를 표 2에 나타낸다. 표 5의 「TS(MPa)」 중, 「-」는 열연강관의 끝에 균열이 발생하여 측정 불능이었던 것을 나타낸다.

[0253] [균일 신장 측정 시험]

[0254] 각 시험 번호의 열연강관을 압하율 50%로 냉간압연했다. 냉간압연 후의 강관에 대해서 소둔을 실시했다. 소둔은, 이하의 조건으로 행했다. 강관을 평균 가열 속도 5°C/초로 HC 온도(Ae<sub>3</sub> 온도+10°C)까지 가열하고, 강관에 대해서 이 HC 온도에서 90초의 소둔을 실시했다. 그 후, 강관을 AC 온도(HC 온도-120°C)까지 2°C/초의 냉각 속도로 서랭했다. 또한, 강관을 AC 온도로부터 420°C까지 80°C/초로 급냉했다. 강관을 420°C에서 300초 유지한 후에 실온까지 방랭했다. 소둔 후의 강관에 대해서 JIS Z2241(2011)에 준거한 방법으로, 인장 시험을 실시했다. 인장 시험의 시험 중, 시험편에 잘못된 부분이 발생할 때까지(시험편이 균일 신장을 나타내는 구간) 시험편이 신장한 길이를 측정했다. 얻어진 길이를, 시험편의 길이로 나누어 균일 신장(EL)으로 했다. 결과를 표 5에 나타낸다. 표 5의 「EL(%)」 중, 「-」는 강관의 끝에 균열이 발생하여 측정 불능이었던 것을

나타낸다.

- [0255] [시험 결과]
- [0256] 표 4 및 표 5를 참조하여, 시험 번호 1~10의 화학 조성은 적절했다. 또한, 시험 번호 1~10의 제조 조건은 적절했다. 그 때문에, 시험 번호 1~10의 열연강판의 조직은, 페라이트 및 펄라이트의 총면적률이 75% 이상이었다. 시험 번호 1~10의 열연강판은 또한, 0.5 $\mu$ m 이상의 두께의 Sb 농화층이 형성되었다. 또, 내부 산화층의 두께가 5 $\mu$ m 이하이며, 내부 산화층의 형성이 억제되었다.
- [0257] 또한, 시험 번호 1~10의 열연강판의 인장 강도는 800MPa 이하이며, 냉간압연시의 가공성이 뛰어났다. 시험 번호 1~10의 냉연강판의 균일 신장은 10.0% 이상이며, 냉간압연 후에 있어서도 뛰어난 가공성을 나타냈다.
- [0258] 시험 번호 11에서 이용한 강종 K에서는, Sb를 함유하지 않았다. 그 때문에, 시험 번호 11의 열연강판에서는, Sb 농화층이 형성되지 않고, 내부 산화층 두께가 47 $\mu$ m로 두꺼웠다.
- [0259] 시험 번호 12에서 이용한 강종 L에서는, Sb 함유량이 너무 높았다. 그 때문에, 시험 번호 12의 열연강판의 끝에 균열이 발생하여, 인장 시험을 실시할 수 없었다. 따라서, 냉간압연시의 가공성이 낮았다.
- [0260] 시험 번호 13에서 이용한 강종 M에서는, Sb 함유량이 너무 낮았다. 그 때문에, 시험 번호 13의 열연강판은 내부 산화층 두께가 34 $\mu$ m로 두꺼웠다.
- [0261] 시험 번호 14에서 이용한 강종 N에서는, Si 및 Mn의 합계 함유량이 3.07%이며, 식 (1)을 만족하지 않았다. 그 때문에, 시험 번호 14의 냉연강판에서는, 동일하게 페라이트 및 펄라이트의 총면적률이 75% 이상인 시험 번호 1~10과 비교하여, 균일 신장(EL)이 낮고, 10% 미만이었다.
- [0262] 시험 번호 15에서 이용한 강종 O에서는, Si 함유량이 0.93%로 낮았다. 또한, 강종 O는 Si 및 Mn의 합계 함유량이 3.04%이며, 식 (1)을 만족하지 않았다. 그 때문에, 시험 번호 15의 냉연강판의 균일 신장은 8.7%이며, 동일하게 페라이트 및 펄라이트의 총면적률이 75% 이상인 시험 번호 1~10과 비교하여, 낮았다.
- [0263] 시험 번호 16에서 이용한 강종 P에서는, Mn 함유량이 1.55%로 낮았다. 그 때문에, 시험 번호 16의 냉연강판의 균일 신장은 6.7%이며, 동일하게 페라이트 및 펄라이트의 총면적률이 75% 이상인 시험 번호 1~10과 비교하여, 낮았다.
- [0264] 시험 번호 17에서 이용한 강종 Q에서는, Si 함유량이 2.96%로 높았다. 그 때문에, 시험 번호 17의 냉연강판의 균일 신장은 7.8%이며, 동일하게 페라이트 및 펄라이트의 총면적률이 75% 이상인 시험 번호 1~10과 비교하여, 가공성이 낮았다.
- [0265] 시험 번호 18에서 이용한 강종 R에서는, Mn 함유량이 3.99%로 높았다. 그 때문에, 시험 번호 18의 냉연강판의 균일 신장은 3.2%이며, 가공성이 낮았다.
- [0266] 시험 번호 19에서 이용한 강종 S에서는, Sb 함유량이 0.02%로 낮았다. 그 때문에, 시험 번호 19의 열연강판에서는 Sb 농화층의 두께가 0.5 $\mu$ m 미만이며, 내부 산화층 두께가 25 $\mu$ m로 두꺼웠다.
- [0267] [실시에 3]
- [0268] 표 4에 나타내는 화학 조성을 갖는 용강을 제조했다.
- [0269] 상기 용강을 이용하여, 조괴법에 의해 강재(잉곳)를 제조했다. 시험용 열간 압연 밀을 이용하여, 강재를 표 6에 나타내는 열간 압연 조건(가열 온도(°C), 및, 마무리 압연 온도(FT)(°C)로 열간 압연하여, 강판을 제조했다. 또한, 열간 압연 후의 강판에 대해서, 표 6에 나타내는 권취 온도(CT)(°C)에서의 권취를 모의한 열처리를 실시했다. 구체적으로는, 권취 온도(CT)(°C)로 설정한 노 내에 강판을 적층하여 투입했다. 노 내는 질소 분위기이며, 강판 표면은 대기로부터 차단된 상태였다. 즉, 강판의 표면 상태는 실제조에 의한 코일의 표면 상태와 동등했다. 노 내에서 강판을 권취 온도(CT)(°C)에서 30분 유지한 후, 20°C/시간으로 실온까지 서랭했다. 또한, 시험 번호 2, 5, 7, 13 및 15 이외의 시험 번호의 강판에 대해서, 표 6에 나타내는 뜨임 온도(°C) 및 뜨임 시간(hr)으로, 뜨임을 실시했다. 표 6 중, 「뜨임 시간(hr)」은, 강판을 표 6에 나타내는 뜨임 온도에서 체류시킨 시간을 나타낸다.

[표 6]

시험 번호	강 종	가열 온도 (°C)	FT (°C)	CT (°C)	뜨임 온도 (°C)	뜨임 시간 (hr)	조성(면적률(%))					Sb 농화층 두께 ( $\mu\text{m}$ )	내부 산화층 두께 ( $\mu\text{m}$ )	스케일 두께 ( $\mu\text{m}$ )	TS (MPa)	EL (%)	비고
							F	P	B	M	$\gamma$						
1	A	1250	960	450	700	0.5	-	-	88	12	-	1.3	0	4.8	621	12.5	본 발명에
2	A	1250	980	400	-	-	-	-	88	22	10	0.8	0	4.8	1095	8.9	본 발명에
3	B	1250	970	450	650	1.0	-	-	86	14	-	1.9	0	2.7	748	11.3	본 발명에
4	C	1250	980	450	600	8.0	-	-	85	15	-	2.5	0	4.8	781	11.6	본 발명에
5	C	1250	950	450	-	-	-	-	86	-	14	2.2	0	4.8	955	6.9	본 발명에
6	D	1250	980	450	700	0.5	-	-	88	12	-	2.1	0	4.1	618	11.1	본 발명에
7	D	1250	960	450	-	-	1	-	88	-	11	1.8	0	4.1	948	12.3	본 발명에
8	E	1250	930	440	700	0.5	-	-	85	15	-	1.7	0	5.1	610	12.1	본 발명에
9	F	1250	970	150	700	0.5	3	-	-	98	2	3.3	0	5.7	628	11.5	본 발명에
10	G	1250	955	460	700	0.5	-	-	84	16	-	1.7	0	4.7	654	13.1	본 발명에
11	H	1250	930	460	700	0.5	1	-	89	11	-	2.2	0	2.6	590	12.2	본 발명에
12	I	1250	950	440	680	0.5	-	-	89	11	-	2.8	0	3.7	666	12.5	본 발명에
13	I	1250	950	450	-	-	-	-	89	-	11	2.6	0	3.7	930	7.8	본 발명에
14	J	1250	950	460	700	0.5	1	-	87	11	-	2.0	0	4.1	621	10.9	본 발명에
15	A	1250	950	450	-	-	-	-	88	-	12	0.8	0	4.8	1095	9.8	본 발명에
16	K	1250	950	450	700	1.0	-	-	80	20	-	0.0	30	9.8	608	11.2	비교예
17	L	1250	950	450	650	0.5	-	-	91	9	-	5.7	0	5.1	-	12.7	비교예
18	M	1200	950	450	650	1.0	-	-	89	11	-	0.0	22	12.3	517	10.0	비교예
19	N	1250	950	480	700	0.5	17	-	83	-	-	2.5	0	6.9	597	9.2	비교예
20	O	1250	980	450	700	0.5	3	-	86	11	-	1.0	0	6.6	635	9.3	비교예
21	P	1250	950	480	700	0.5	30	-	70	-	-	1.7	0	5.7	637	7.5	비교예
22	Q	1250	950	450	700	0.5	-	-	88	12	-	2.5	0	4.7	587	7.9	비교예
23	R	1250	950	450	700	0.5	-	-	40	60	-	1.8	0	5.6	597	3.2	비교예
24	S	1200	950	450	650	1.0	-	-	85	15	-	0.2	14	8.3	660	11.0	비교예

[0271]

[0272] [베이나이트 및 마텐자이트의 면적률의 측정 시험]

[0273] 상술의 방법에 의해, 열연강판 중의 베이나이트 및 마텐자이트의 면적률을 측정했다. 결과를 표 6에 나타낸다. 표 6의 「강 조직」 중, 「F」는 페라이트의 면적률, 「P」는 펄라이트의 면적률, 「B」는 베이나이트의 면적률, 「M」은 마텐자이트의 면적률, 「 $\gamma$ 」는 오스테나이트의 면적률을 각각 나타낸다.

[0274] [내부 산화층 두께 및 스케일 두께 측정 시험]

[0275] 각 시험 번호의 열연강판에 대해서, 실시예 1과 같은 방법으로 내부 산화층 두께 및 스케일 두께를 측정했다. 결과를 표 6에 나타낸다.

[0276] [Sb 농화층 두께 측정 시험]

[0277] 각 시험 번호의 열연강판에 대해서, 실시예 1과 같은 방법으로, Sb 농화층의 유무, 및, Sb 농화층의 두께( $\mu\text{m}$ )를 측정했다. 결과를 표 6에 나타낸다.

[0278] [인장 시험]

[0279] 실시예 1과 같은 방법에 의해, 각 시험 번호의 인장 강도(TS)(MPa)를 측정했다. 결과를 표 6에 나타낸다. 표 6의 「인장 강도」 중, 「-」는 열연강판의 끝에 균열이 발생하고 측정 불가능이었던 것을 나타낸다.

[0280] [균일 신장 측정 시험]

[0281] 실시예 2와 같은 방법에 의해, 각 시험 번호의 균일 신장(EL)을 측정했다. 결과를 표 6에 나타낸다.

[0282] [시험 결과]

[0283] 표 4 및 표 6을 참조하여, 시험 번호 1~15의 화학 조성은 적절했다. 또한, 시험 번호 1~15의 제조 조건은 적절했다. 그 때문에, 시험 번호 1~15의 열연강판의 조직에서는, 베이나이트 및 마텐자이트의 총면적률이 75% 이상이었다. 시험 번호 1~15의 열연강판에서는 또한, 0.5 $\mu\text{m}$  이상의 두께를 갖는 Sb 농화층이 확인되었다. 그 결과, 내부 산화층의 두께가 5 $\mu\text{m}$  이하이며, 내부 산화층의 형성이 억제되었다. 또한, 시험 번호 1~15의 열연강판의 스케일 두께는 7 $\mu\text{m}$  이하이며, 스케일이 억제되었다.

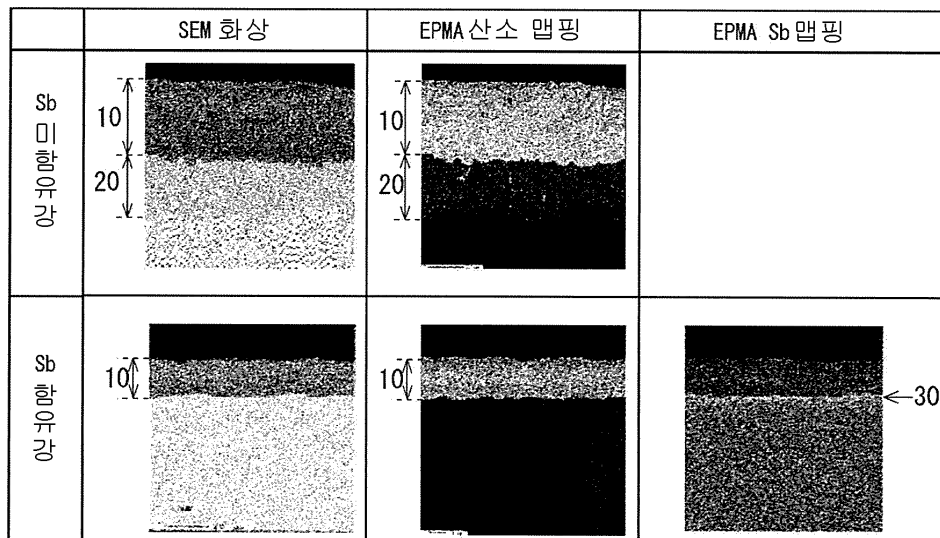
[0284] 시험 번호 1, 3, 4, 6, 8~12 및 14에서는, 뜨임을 실시했다. 그 때문에, 인장 강도(TS)가 800MPa 이하, 균일 신장(EL)은 10% 이상이며, 냉간압연 후에 있어서 뛰어난 가공성을 얻을 수 있었다. 한편, 시험 번호 2, 5, 7, 13 및 15에서는, 뜨임을 실시하지 않았다. 그 때문에, 인장 강도가 900MPa 이상이며, 뛰어난 강도를 얻을 수 있었

다.

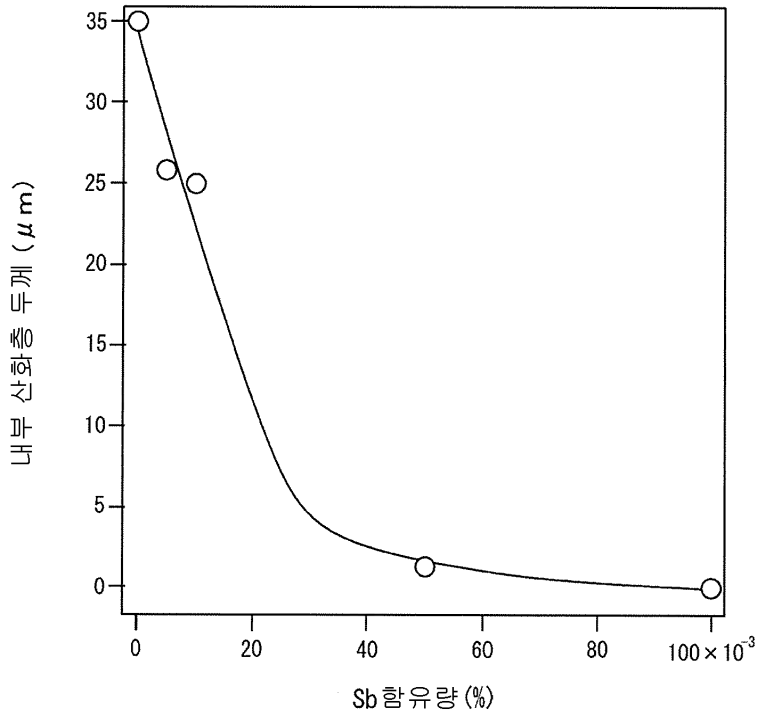
- [0285] 한편, 시험 번호 16에서 이용한 강종 K에서는, Sb를 함유하지 않았다. 그 때문에, Sb 농화층이 형성되지 않았다. 그 결과, 내부 산화층의 두께가 5 $\mu$ m를 초과하고, 스케일 두께가 7 $\mu$ m를 초과했다.
- [0286] 시험 번호 17에서 이용한 강종 L에서는, Sb 함유량이 0.41%로 너무 높았다. 그 때문에, 시험 번호 17에서는, 열연장판의 끝에 균열이 발생하고, 가공성이 낮았다. 그 때문에, 인장 시험을 실시할 수 없었다.
- [0287] 시험 번호 18에서 이용한 강종 M에서는, Sb 함유량이 0.004%로 너무 낮았다. 그 때문에, 시험 번호 18의 열연장판에서는 Sb 농화층이 형성되지 않았다. 그 때문에, 내부 산화층의 두께가 5 $\mu$ m를 초과하고, 스케일 두께가 7 $\mu$ m를 초과했다.
- [0288] 시험 번호 19에서 이용한 강종 N에서는, Si 및 Mn의 합계 함유량이 3.07%이며, 식 (1)을 만족하지 않았다. 그 때문에, 뜨임을 실시했음에도 불구하고, 균일 신장(EL)이 10% 미만이었다.
- [0289] 시험 번호 20에서 이용한 강종 O에서는, Si 함유량이 0.93%로 낮았다. 또한, 강종 S는 Si 및 Mn의 합계 함유량이 3.04%이며, 식 (1)을 만족하지 않았다. 그 때문에, 뜨임을 실시했음에도 불구하고, 균일 신장(EL)이 10% 미만이었다.
- [0290] 시험 번호 21에서 이용한 강종 P에서는, Mn 함유량이 1.55%로 낮았다. 그 때문에, 조직에 있어서, 페라이트의 면적률이 30%이며, 마텐자이트 및 베이나이트를 합한 면적률은 75% 미만이었다. 그 결과, 뜨임을 실시했음에도 불구하고, 균일 신장(EL)이 10% 미만이었다.
- [0291] 시험 번호 22에서 이용한 강종 Q에서는, Si 함유량이 2.96%로 높았다. 그 때문에, 뜨임을 실시했음에도 불구하고, 균일 신장(EL)이 10% 미만이었다.
- [0292] 시험 번호 23에서 이용한 강종 R에서는, Mn 함유량이 3.99%로 높았다. 그 때문에, 뜨임을 실시했음에도 불구하고, 균일 신장(EL)이 10% 미만이었다.
- [0293] 시험 번호 24에서 이용한 강종 S에서는, Sb 함유량이 0.02%로 낮았다. 그 때문에, Sb 농화층의 압(S)이 0.5 $\mu$ m 미만이었다. 그 때문에, 내부 산화층 두께가 10 $\mu$ m를 초과하고, 스케일 두께가 7 $\mu$ m를 초과했다.
- [0294] 이상, 본 발명의 실시의 형태를 설명했다. 그러나, 상술한 실시의 형태는 본 발명을 실시하기 위한 예시에 지나지 않는다. 따라서, 본 발명은 상술한 실시의 형태로 한정되지 않고, 그 취지를 일탈하지 않는 범위 내에서 상술한 실시의 형태를 적절히 변경하여 실시할 수 있다.

**도면**

**도면1**



도면2



도면3

