



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

(11) 공개번호 10-2025-0044350  
(43) 공개일자 2025년03월31일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 C22C 38/04 (2006.01) C21D 8/02 (2006.01)  
 C21D 9/46 (2006.01) C22C 38/00 (2006.01)  
 C22C 38/02 (2006.01) C22C 38/12 (2006.01)  
 C22C 38/14 (2006.01) C22C 38/42 (2006.01)  
 C22C 38/44 (2006.01) C22C 38/58 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
 C22C 38/04 (2013.01)  
 C21D 8/0226 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2025-7006190
- (22) 출원일자(국제) 2023년08월29일  
 심사청구일자 2025년02월25일
- (85) 번역문제출일자 2025년02월25일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2023/031225
- (87) 국제공개번호 WO 2024/048584  
 국제공개일자 2024년03월07일
- (30) 우선권주장  
 JP-P-2022-135960 2022년08월29일 일본(JP)

- (71) 출원인  
 닛폰세이테츠 가부시카이가샤  
 일본 도쿄도 치요다꾸 마루노우찌 2쵸메 6방 1고
- (72) 발명자  
 히로시마 히데토  
 일본 1008071 도쿄도 치요다꾸 마루노우치 2쵸메 6방 1고 닛폰세이테츠 가부시카이가샤 내  
 슈토 히로시  
 일본 1008071 도쿄도 치요다꾸 마루노우치 2쵸메 6방 1고 닛폰세이테츠 가부시카이가샤 내  
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
 양영준, 최인호, 성재동

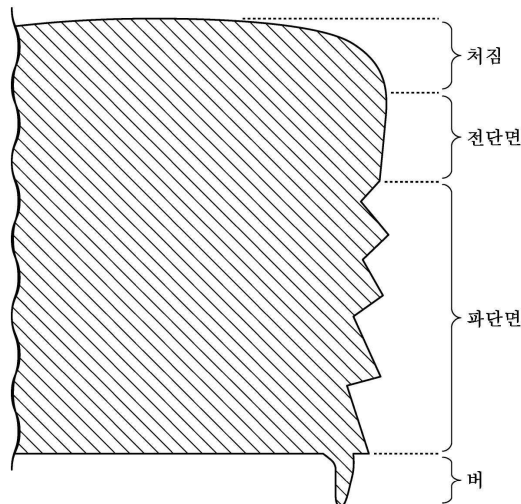
전체 청구항 수 : 총 2 항

(54) 발명의 명칭 **열연 강판**

**(57) 요약**

이 열연 강판은, 원하는 화학 조성을 갖고, 판 두께 방향의 표면으로부터 1/4 깊이 위치에 있어서의 금속 조직이, 면적%로, 잔류 오스테나이트가 3.0% 미만이고, 페라이트가 15.0% 이상, 60.0% 미만이고, 펄라이트가 5.0% 미만이고, 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 구 상당 반경이 0.5nm 이상, 10.0nm 미만이고, 평균 개수 밀도가  $0.10 \times 10^{16}$  개/cm<sup>3</sup> 이상,  $1.45 \times 10^{16}$  개/cm<sup>3</sup> 미만이고, 금속 조직의 주기성을 나타내는 E값이 10.7 이상이고, 금속 조직의 균일성을 나타내는 I값이 1.020 이상이고, Mn 농도의 표준 편차가 0.60질량% 이하이다.

**대표도** - 도1



(52) CPC특허분류

*C21D 9/46* (2013.01)  
*C22C 38/005* (2013.01)  
*C22C 38/02* (2013.01)  
*C22C 38/12* (2013.01)  
*C22C 38/14* (2013.01)  
*C22C 38/42* (2013.01)  
*C22C 38/44* (2013.01)  
*C22C 38/58* (2013.01)  
*C21D 2211/001* (2013.01)

**츠츠이 가즈마사**

일본 1008071 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 2초메  
6방 1고 닛폰세이테츠 가부시카가이샤 내

(72) 발명자

**고바야시 유키코**

일본 1008071 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 2초메  
6방 1고 닛폰세이테츠 가부시카가이샤 내

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

화학 조성이, 질량%로,

C: 0.050 내지 0.250%,

Si: 0.05 내지 3.00%,

Mn: 1.00 내지 4.00%,

Ti, Nb 및 V 중 1종 또는 2종 이상: 합계로 0.060 내지 0.500%,

sol.Al: 0.001 내지 2.000%,

P: 0.100% 이하,

S: 0.0300% 이하,

N: 0.1000% 이하,

O: 0.0100% 이하,

Cu: 0 내지 2.00%,

Cr: 0 내지 2.00%,

Mo: 0 내지 1.00%,

Ni: 0 내지 2.00%,

B: 0 내지 0.0100%,

Ca: 0 내지 0.0200%,

Mg: 0 내지 0.0200%,

REM: 0 내지 0.1000%,

Bi: 0 내지 0.0200%,

As: 0 내지 0.100%,

Zr, Co, Zn 및 W 중 1종 또는 2종 이상: 합계로 0 내지 1.00%, 그리고 Sn: 0 내지 0.05%를 함유하고,

잔부가 Fe 및 불순물로 이루어지고,

금속 조직이,

면적%로,

잔류 오스테나이트가 3.0% 미만이고,

페라이트가 15.0% 이상, 60.0% 미만이고,

펄라이트가 5.0% 미만이고,

상기 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 구 상당 반경이 0.5nm 이상, 10.0nm 미만이고, 평균 개수 밀도가  $0.10 \times 10^{16}$  개/cm<sup>3</sup> 이상,  $1.45 \times 10^{16}$  개/cm<sup>3</sup> 미만이고,

상기 금속 조직의 주기성을 나타내는 E값이 10.7 이상이고,

상기 금속 조직의 균일성을 나타내는 I값이 1.020 이상이고,

Mn 농도의 표준 편차가 0.60질량% 이하인 것을 특징으로 하는 열연 강판.

## 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 화학 조성이, 질량%로,

Cu: 0.01 내지 2.00%,

Cr: 0.01 내지 2.00%,

Mo: 0.01 내지 1.00%,

Ni: 0.02 내지 2.00%,

B: 0.0001 내지 0.0100%,

Ca: 0.0005 내지 0.0200%,

Mg: 0.0005 내지 0.0200%,

REM: 0.0005 내지 0.1000%,

Bi: 0.0005 내지 0.0200%, 및

As: 0.001 내지 0.100%로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 또는 2종 이상을 함유하는 것을 특징으로 하는 열연 강판.

## 발명의 설명

### 기술 분야

- [0001] 본 발명은 열연 강판에 관한 것이다. 구체적으로는, 프레스 가공 등에 의해 다양한 형상으로 성형하여 이용되는 열연 강판, 특히, 고강도이고, 또한 연성, 피로 특성 및 전단 가공성이 우수한 열연 강판에 관한 것이다.
- [0002] 본원은, 2022년 8월 29일에, 일본에 출원된 일본 특허 출원 제2022-135960호에 기초하여 우선권을 주장하고, 그 내용을 여기에 원용한다.

### 배경 기술

- [0003] 근년, 지구 환경 보호의 관점에서, 많은 분야에 있어서 탄산 가스 배출량의 삭감에 대처하고 있다. 자동차 메이커에 있어서도 저연비화를 목적으로 한 차체 경량화의 기술 개발이 활발히 행해지고 있다. 그러나, 탑승자의 안전 확보를 위해 내충돌 특성의 향상에도 중점이 놓이기 때문에, 차체 경량화는 용이하지 않다.
- [0004] 차체 경량화와 내충돌 특성을 양립시키기 위해, 고강도 강판을 사용하여 부재를 박육화하는 것이 검토되고 있다. 이 때문에, 높은 강도와 우수한 성형성을 겸비하는 강판이 강하게 요망되고 있다. 이들 요구에 따르기 위해, 몇 가지의 기술이 종래부터 제안되어 있다. 자동차 부재에는 다양한 가공 양식이 있기 때문에, 요구되는 성형성은 적용되는 부재에 따라 다르지만, 그 중에서도 연성은 성형성의 중요한 지표로서 자리매김되어 있다.
- [0005] 또한, 자동차 부재는 프레스 성형에 의해 성형되는데, 그 프레스 성형의 블랭크판은 생산성이 높은 전단 가공에 의해 제조되는 경우가 많다. 전단 가공에 의해 제조되는 블랭크판에서는, 전단 가공 후의 단부면 정밀도가 우수할 필요가 있다. 예를 들어, 전단 가공 후의 단부면(전단 단부면)의 양상이, 전단면-과단면-전단면이 되는 2차 전단면이 발생하면, 전단 단부면의 정밀도가 현저하게 악화된다.
- [0006] 예를 들어, 특허문헌 1에는, 결정립 내에 잔류 오스테나이트 및/또는 마르텐사이트로 이루어지는 제2 상을 미세하게 분산시킨, 연성 및 신장 플랜지성이 우수한 인장 강도가 980MPa 이상의 고강도 강판이 개시되어 있다.
- [0007] 특허문헌 2에는, 표층의 페라이트 입경  $d_s$ 와 내부의 페라이트 결정립  $d_b$ 의 비  $d_s/d_b$ 를 0.95 이하로 제어함으로써, 편칭 후의 버 높이를 제어하는 기술이 개시되어 있다.

## 선행기술문헌

**특허문헌**

- [0008] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제2005-179703호 공보
- (특허문헌 0002) 일본 특허 공개 평10-168544호 공보

**비특허문헌**

- [0009] (비특허문헌 0001) J. Weibel, J. Gola, D. Britz, F. Mucklich, Materials Characterization 144(2018) 584 내지 596
- (비특허문헌 0002) D. L. Naik, H. U. Sajid, R. Kiran, Metals 2019, 9, 546
- (비특허문헌 0003) K. Zuiderveld, Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization, Chapter VIII.5, Graphics Gems IV. P.S. Heckbert(Eds.), Cambridge, MA, Academic Press, 1994, pp.474 내지 485

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0010] 특허문헌 1 및 2에 개시된 기술은, 모두 연성 또는 전단 가공 후의 단부면 성상 중 어느 한쪽을 향상시키는 기술이다. 그러나, 특허문헌 1 및 2에서는 이들의 특성을 양립시키는 기술에 대하여 언급되어 있지 않다.
- [0011] 또한, 고강도의 강판에는, 보다 우수한 피로 특성이 요구되는 경우가 있다.
- [0012] 본 발명은 종래 기술의 상기 과제를 감안하여 이루어진 것이며, 높은 강도를 가짐과 함께, 우수한 연성, 피로 특성 및 전단 가공성을 갖는 열연 강판을 제공하는 것을 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

- [0013] 본 발명의 요지는, 이하와 같다.
- [0014] (1) 본 발명의 일 양태에 관한 열연 강판은, 화학 조성이, 질량%로,
- [0015] C: 0.050 내지 0.250%,
- [0016] Si: 0.05 내지 3.00%,
- [0017] Mn: 1.00 내지 4.00%,
- [0018] Ti, Nb 및 V 중 1종 또는 2종 이상: 합계로 0.060 내지 0.500%,
- [0019] sol.Al: 0.001 내지 2.000%,
- [0020] P: 0.100% 이하,
- [0021] S: 0.0300% 이하,
- [0022] N: 0.1000% 이하,
- [0023] O: 0.0100% 이하,
- [0024] Cu: 0 내지 2.00%,
- [0025] Cr: 0 내지 2.00%,
- [0026] Mo: 0 내지 1.00%,
- [0027] Ni: 0 내지 2.00%,
- [0028] B: 0 내지 0.0100%,

- [0029] Ca: 0 내지 0.0200%,
- [0030] Mg: 0 내지 0.0200%,
- [0031] REM: 0 내지 0.1000%,
- [0032] Bi: 0 내지 0.0200%,
- [0033] As: 0 내지 0.100%,
- [0034] Zr, Co, Zn 및 W 중 1종 또는 2종 이상: 합계로 0 내지 1.00%, 그리고 Sn: 0 내지 0.05%를 함유하고,
- [0035] 잔부가 Fe 및 불순물로 이루어지고,
- [0036] 금속 조직이,
- [0037] 면적%로,
- [0038] 잔류 오스테나이트가 3.0% 미만이고,
- [0039] 페라이트가 15.0% 이상, 60.0% 미만이고,
- [0040] 펄라이트가 5.0% 미만이고,
- [0041] 상기 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 구 상당 반경이 0.5nm 이상, 10.0nm 미만이고, 평균 개수 밀도가  $0.10 \times 10^{16}$  개/cm<sup>3</sup> 이상,  $1.45 \times 10^{16}$  개/cm<sup>3</sup> 미만이고,
- [0042] 상기 금속 조직의 주기성을 나타내는 E값이 10.7 이상이고,
- [0043] 상기 금속 조직의 균일성을 나타내는 I값이 1.020 이상이고,
- [0044] Mn 농도의 표준 편차가 0.60질량% 이하이다.
- [0045] (2) 상기 (1)에 기재된 열연 강판은, 상기 화학 조성인, 질량%로,
- [0046] Cu: 0.01 내지 2.00%,
- [0047] Cr: 0.01 내지 2.00%,
- [0048] Mo: 0.01 내지 1.00%,
- [0049] Ni: 0.02 내지 2.00%,
- [0050] B: 0.0001 내지 0.0100%,
- [0051] Ca: 0.0005 내지 0.0200%,
- [0052] Mg: 0.0005 내지 0.0200%,
- [0053] REM: 0.0005 내지 0.1000%,
- [0054] Bi: 0.0005 내지 0.0200%, 및
- [0055] As: 0.001 내지 0.100%
- [0056] 로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 또는 2종 이상을 함유해도 된다.

**발명의 효과**

- [0057] 본 발명에 관한 상기 양태에 따르면, 높은 강도를 가짐과 함께, 우수한 연성, 피로 특성 및 전단 가공성을 갖는 열연 강판을 얻을 수 있다.
- [0058] 본 발명의 상기 양태에 관한 열연 강판은, 자동차 부재, 기계 구조 부재 나아가 건축 부재에 사용되는 산업용 소재로서 적합하다.

**도면의 간단한 설명**

- [0059] 도 1은 본 발명에 예에 관한 열연 강판의 전단 단부면의 일례이다.

도 2는 비교예에 관한 열연 강판의 전단 단부면의 일레이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0060] 본 실시 형태에 관한 열연 강판의 화학 조성 및 금속 조직에 대해서, 이하에 보다 구체적으로 설명한다. 단, 본 발명은 본 실시 형태에 개시의 구성에만 제한되지 않으며, 본 발명의 취지를 이탈하지 않는 범위에서 다양한 변경이 가능하다.
- [0061] 이하에 「내지」를 사이에 두고 기재하는 수치 한정 범위에는, 하한값 및 상한값이 그 범위에 포함된다. 「미만」 또는 「초과」로 나타내는 수치에는, 그 값이 수치 범위에 포함되지 않는다. 이하의 설명에 있어서, 강판의 화학 조성에 관한 %는 특별히 지정하지 않는 한 질량%이다.
- [0062] 화학 조성
- [0063] 본 실시 형태에 관한 열연 강판은, 질량%로, C: 0.050 내지 0.250%, Si: 0.05 내지 3.00%, Mn: 1.00 내지 4.00%, Ti, Nb 및 V 중 1종 또는 2종 이상: 합계로 0.060 내지 0.500%, sol.Al: 0.001 내지 2.000%, P: 0.100% 이하, S: 0.0300% 이하, N: 0.1000% 이하, O: 0.0100% 이하, 그리고, 잔부: Fe 및 불순물을 포함한다. 이하에 각 원소에 대하여 상세하게 설명한다.
- [0064] C: 0.050 내지 0.250%
- [0065] C는, 경질상의 면적률을 상승시킴과 함께, Ti, Nb, V 등의 석출 강화 원소와 결합함으로써, 페라이트의 강도를 상승시킨다. C 함유량이 0.050% 미만이면, 원하는 강도를 얻을 수 없다. 따라서, C 함유량은 0.050% 이상으로 한다. C 함유량은, 바람직하게는 0.060% 이상이고, 보다 바람직하게는 0.070% 이상이고, 보다 한층 바람직하게는 0.070% 초과, 0.075% 이상 또는 0.080% 이상이다.
- [0066] 한편, C 함유량이 0.250% 초과이면, 페라이트의 면적률이 저하됨으로써, 열연 강판의 연성이 저하된다. 따라서, C 함유량은 0.250% 이하로 한다. C 함유량은 바람직하게는 0.200% 이하, 0.180% 이하 또는 0.150% 이하이다.
- [0067] Si: 0.05 내지 3.00%
- [0068] Si는, 페라이트의 생성을 촉진하여 열연 강판의 연성을 향상시키는 작용과, 페라이트를 고용 강화하여 열연 강판의 강도를 상승시키는 작용을 갖는다. 또한, Si는 탈산에 의해 강을 건전화하는(강에 블로우홀 등의 결함이 발생하는 것을 억제함) 작용을 갖는다. Si 함유량이 0.05% 미만이면, 상기 작용에 의한 효과를 얻을 수 없다. 따라서, Si 함유량은 0.05% 이상으로 한다. Si 함유량은, 바람직하게는 0.50% 이상, 보다 바람직하게는 0.80% 이상이다.
- [0069] 한편, Si 함유량이 3.00% 초과이면, 강판의 표면 성장 및 화성 처리성, 나아가 연성 및 용접성이 현저하게 열화됨과 함께, A<sub>3</sub> 변태점이 현저하게 상승한다. 이에 의해, 안정적으로 열간 압연을 행하는 것이 곤란해진다. 따라서, Si 함유량은 3.00% 이하로 한다. Si 함유량은, 바람직하게는 2.50% 이하이고, 보다 바람직하게는 2.00% 이하 또는 1.50% 이하이다.
- [0070] Mn: 1.00 내지 4.00%
- [0071] Mn은, 페라이트 변태를 억제하여 열연 강판의 강도를 높이는 작용을 갖는다. Mn 함유량이 1.00% 미만이면, 원하는 인장 강도를 얻을 수 없다. 따라서, Mn 함유량은 1.00% 이상으로 한다. Mn 함유량은, 바람직하게는 1.30% 이상이고, 보다 바람직하게는 1.50% 이상이다.
- [0072] 한편, Mn 함유량이 4.00% 초과이면, Mn의 편석에 기인하여, 경질상의 형태가 주기적인 밴드 형상이 되어, 원하는 전단 가공성을 얻는 것이 곤란해진다. 따라서, Mn 함유량은 4.00% 이하로 한다. Mn 함유량은, 바람직하게는 3.50% 이하이고, 보다 바람직하게는 3.00% 이하 또는 2.50% 이하이다.
- [0073] Ti, Nb 및 V 중 1종 또는 2종 이상: 합계로 0.060 내지 0.500%
- [0074] Ti, Nb 및 V는, 탄화물 및 질화물로서 강 중에 미세 석출되고, 석출 강화에 의해 강의 강도를 향상시킨다. 또한, 원하는 피로 특성을 얻기 위해 필수적인 원소이다. Ti, Nb 및 V의 합계의 함유량이 0.060% 미만이면, 이들 효과를 얻을 수 없다. 그 때문에, Ti, Nb 및 V의 합계의 함유량을 0.060% 이상으로 한다. 또한, Ti, Nb 및 V의 모두가 함유되어 있을 필요는 없고, 어느 1종이라도 포함되어 있으면 되고, 그 함유량이 0.060% 이상이

면 된다. Ti, Nb 및 V의 합계의 함유량은, 바람직하게는 0.080% 이상, 보다 바람직하게는 0.100% 이상이고, 보다 한층 바람직하게는 0.120% 이상이다.

[0075] 한편, Ti, Nb 및 V의 합계의 함유량이 0.500%를 초과하면, 열연 강판의 가공성이 열화된다. 그 때문에, Ti, Nb 및 V의 합계의 함유량을 0.500% 이하로 한다. 바람직하게는 0.300% 이하이고, 보다 바람직하게는 0.250% 이하이고, 보다 한층 바람직하게는 0.200% 이하이다.

[0076] sol.Al: 0.001 내지 2.000%

[0077] Al은, Si와 마찬가지로, 탈산에 의해 강을 건전화하는 작용을 가짐과 함께, 페라이트의 생성을 촉진하고, 열연 강판의 연성을 높이는 작용을 갖는다. sol.Al 함유량이 0.001% 미만이면 상기 작용에 의한 효과를 얻을 수 없다. 따라서, sol.Al 함유량은, 0.001% 이상으로 한다. sol.Al 함유량은, 바람직하게는 0.010% 이상이고, 보다 바람직하게는 0.020% 이상 또는 0.030% 이상이다.

[0078] 한편, sol.Al 함유량이 2.000% 초과이면, 상기 효과가 포화됨과 함께 경제적으로 바람직하지 않기 때문에, sol.Al 함유량은 2.000% 이하로 한다. sol.Al 함유량은, 바람직하게는 0.400% 이하이고, 보다 바람직하게는 0.300% 이하이고, 보다 한층 바람직하게는 0.250% 이하이다.

[0079] 또한, sol.Al이란 산 가용성 Al을 의미하고, 고용 상태로 강 중에 존재하는 고용 Al을 나타낸다.

[0080] P: 0.100% 이하

[0081] P는, 고용 강화에 의해 열연 강판의 강도를 높이는 작용을 갖는 원소이기도 하다. 따라서, P를 적극적으로 함유시켜도 된다. 그러나, P는 편석되기 쉬운 원소이며, P 함유량이 0.100%를 초과하면, 입계 편석에 기인하는 연성의 저하가 현저해진다. 따라서, P 함유량은, 0.100% 이하로 한다. P 함유량은, 바람직하게는 0.030% 이하이다. P 함유량의 하한은 특별히 규정할 필요는 없지만, 정련 비용의 관점에서, 0.001%로 하는 것이 바람직하다.

[0082] S: 0.0300% 이하

[0083] S는, 강 중에 황화물계 개재물을 형성하여 열연 강판의 연성을 저하시킨다. S 함유량이 0.0300%를 초과하면, 열연 강판의 연성이 현저하게 저하된다. 따라서, S 함유량은 0.0300% 이하로 한다. S 함유량은, 바람직하게는 0.0050% 이하이다. S 함유량의 하한은 특별히 규정할 필요는 없지만, 정련 비용의 관점에서, 0.0001%로 하는 것이 바람직하다.

[0084] N: 0.1000% 이하

[0085] N은, 열연 강판의 연성을 저하시키는 작용을 갖는다. N 함유량이 0.1000% 초과이면, 열연 강판의 연성이 현저하게 저하된다. 따라서, N 함유량은 0.1000% 이하로 한다. N 함유량은, 바람직하게는 0.0800% 이하이고, 보다 바람직하게는 0.0700% 이하이고, 보다 한층 바람직하게는 0.0050% 이하이다. N 함유량의 하한은 특별히 규정할 필요는 없지만, Ti, Nb 및 V의 1종 또는 2종 이상을 함유시켜서 금속 조직을 보다 미세화하는 경우에는, 탄질화물의 석출을 촉진시키기 위해 N 함유량은 0.0010% 이상으로 하는 것이 바람직하고, 0.0020% 이상으로 하는 것이 보다 바람직하다.

[0086] O: 0.0100% 이하

[0087] O는, 강 중에 많이 포함되면 파괴의 기점이 되는 조대한 산화물을 형성하여, 취성 파괴나 수소 유기 갈라짐을 야기한다. 그 때문에, O 함유량은 0.0100% 이하로 한다. O 함유량은, 바람직하게는 0.0080% 이하이고, 보다 바람직하게는 0.0055% 이하이고, 보다 한층 바람직하게는 0.0050% 이하이다. 용강의 탈산 시에 미세한 산화물을 다수 분산시키기 위해, O 함유량은 0.0005% 이상, 또는 0.0010% 이상으로 해도 된다.

[0088] 본 실시 형태에 관한 열연 강판의 화학 조성의 잔부는, Fe 및 불순물이어도 된다. 본 실시 형태에 있어서, 불순물이란, 원료로서의 광석, 스크랩, 또는 제조 환경 등으로부터 혼입되는 것, 및/또는 본 실시 형태에 관한 열연 강판에 악영향을 미치지 않는 범위에서 허용되는 것을 의미한다.

[0089] 본 실시 형태에 관한 열연 강판은, Fe의 일부 대신에, 하기 원소를 임의 원소로서 함유해도 된다. 임의 원소를 함유시키지 않는 경우의 함유량의 하한은 0%이다. 이하, 임의 원소에 대하여 상세하게 설명한다.

[0090] Cu: 0.01 내지 2.00%

- [0091] Cr: 0.01 내지 2.00%
- [0092] Mo: 0.01 내지 1.00%
- [0093] Ni: 0.02 내지 2.00%
- [0094] B: 0.0001 내지 0.0100%
- [0095] Cu, Cr, Mo, Ni 및 B는, 모두, 열연 강판의 퀴칭성을 높이는 작용을 갖는다. 또한, Cu 및 Mo는 강 중에 탄화물로서 석출되어 열연 강판의 강도를 높이는 작용을 갖는다. 또한, Ni는, Cu를 함유시키는 경우에 있어서는, Cu에 기인하는 슬래브의 입계 갈라짐을 효과적으로 억제하는 작용을 갖는다. 따라서, 이들 원소 1종 또는 2종 이상을 함유시켜도 된다.
- [0096] 상술한 바와 같이 Cu는, 열연 강판의 퀴칭성을 높이는 작용 및 저온에서 강 중에 탄화물로서 석출되어 열연 강판의 강도를 높이는 작용을 갖는다. 상기 작용에 의한 효과를 보다 확실하게 얻기 위해서는, Cu 함유량은 0.01% 이상으로 하는 것이 바람직하고, 0.05% 이상으로 하는 것이 보다 바람직하다. 그러나, Cu 함유량이 2.00% 초과이면, 슬래브의 입계 갈라짐이 발생하는 경우가 있다. 따라서, Cu 함유량은 2.00% 이하로 한다. Cu 함유량은, 바람직하게는 1.50% 이하, 보다 바람직하게는 1.00% 이하이다.
- [0097] 상술한 바와 같이 Cr은, 열연 강판의 퀴칭성을 높이는 작용을 갖는다. 상기 작용에 의한 효과를 보다 확실하게 얻기 위해서는, Cr 함유량을 0.01% 이상으로 하는 것이 바람직하고, 0.05% 이상으로 하는 것이 보다 바람직하다. 그러나, Cr 함유량이 2.00% 초과이면, 열연 강판의 화성 처리성이 현저하게 저하된다. 따라서, Cr 함유량은 2.00% 이하로 한다.
- [0098] 상술한 바와 같이 Mo는, 열연 강판의 퀴칭성을 높이는 작용 및 강 중에 탄화물로서 석출되어 열연 강판의 강도를 높이는 작용을 갖는다. 상기 작용에 의한 효과를 보다 확실하게 얻기 위해서는, Mo 함유량을 0.01% 이상으로 하는 것이 바람직하고, 0.02% 이상으로 하는 것이 보다 바람직하다. 그러나, Mo 함유량을 1.00% 초과해도 상기 작용에 의한 효과는 포화되어, 경제적으로 바람직하지 않다. 따라서, Mo 함유량은 1.00% 이하로 한다. Mo 함유량은, 바람직하게는 0.50% 이하, 보다 바람직하게는 0.20% 이하이다.
- [0099] 상술한 바와 같이 Ni는, 열연 강판의 퀴칭성을 높이는 작용을 갖는다. 또한 Ni는, Cu를 함유시키는 경우에 있어서는, Cu에 기인하는 슬래브의 입계 갈라짐을 효과적으로 억제하는 작용을 갖는다. 상기 작용에 의한 효과를 보다 확실하게 얻기 위해서는, Ni 함유량은 0.02% 이상으로 하는 것이 바람직하다. Ni는, 고가의 원소이기 때문에, 다량으로 함유시키는 것은 경제적으로 바람직하지 않다. 따라서, Ni 함유량은 2.00% 이하로 한다.
- [0100] 상술한 바와 같이 B는, 열연 강판의 퀴칭성을 높이는 작용을 갖는다. 이 작용에 의한 효과를 보다 확실하게 얻기 위해서는, B 함유량을 0.0001% 이상으로 하는 것이 바람직하고, 0.0002% 이상으로 하는 것이 보다 바람직하다. 그러나, B 함유량이 0.0100% 초과이면, 열연 강판의 성형성이 현저하게 저하되기 때문에, B 함유량은 0.0100% 이하로 한다. B 함유량은, 0.0050% 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0101] Ca: 0.0005 내지 0.0200%
- [0102] Mg: 0.0005 내지 0.0200%
- [0103] REM: 0.0005 내지 0.1000%
- [0104] Bi: 0.0005 내지 0.0200%
- [0105] Ca, Mg 및 REM은, 모두, 강 중의 개재물의 형상을 바람직한 형상으로 조정함으로써, 열연 강판의 연성을 높이는 작용을 갖는다. 또한, Bi는, 응고 조직을 미세화함으로써, 열연 강판의 연성을 높이는 작용을 갖는다. 따라서, 이들 원소 중 1종 또는 2종 이상을 함유시켜도 된다. 상기 작용에 의한 효과를 보다 확실하게 얻기 위해서는, Ca, Mg, REM 및 Bi 중 어느 1종 이상을 0.0005% 이상으로 하는 것이 바람직하다. 그러나, Ca 함유량 또는 Mg 함유량이 0.0200%를 초과하거나, 혹은 REM 함유량이 0.1000%를 초과하면, 강 중에 개재물이 과잉으로 생성되어, 역으로 열연 강판의 연성을 저하시키는 경우가 있다. 또한, Bi 함유량을 0.0200% 초과로 해도, 상기 작용에 의한 효과는 포화되어 버려, 경제적으로 바람직하지 않다. 따라서, Ca 함유량 및 Mg 함유량을 0.0200% 이하, REM 함유량을 0.1000% 이하, 그리고 Bi 함유량을 0.0200% 이하로 한다. Bi 함유량은, 바람직하게는 0.0100% 이하이다.
- [0106] 여기서, REM은, Sc, Y 및 란타노이드로 이루어지는 합계 17원소를 가리키고, 상기 REM의 함유량은, 이들 원소의

합계 함유량을 가리킨다. 란타노이드의 경우, 공업적으로는 미슈 메탈의 형태로 첨가된다.

- [0107] As: 0.001 내지 0.100%
- [0108] As는, 오스테나이트 단상화 온도를 저하시킴으로써, 구 오스테나이트 입자를 세립화시켜, 열연 강판의 연성의 향상에 기여한다. 이 효과를 확실하게 얻기 위해서는, As 함유량을 0.001% 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- [0109] 한편, As를 다량으로 함유시켜도 상기 효과는 포화되기 때문에, As 함유량은 0.100% 이하로 한다.
- [0110] Zr, Co, Zn 및 W 중 1종 또는 2종 이상: 합계로 0 내지 1.00%
- [0111] Sn: 0 내지 0.05%
- [0112] Zr, Co, Zn 및 W에 대해서, 본 발명자들은, 이들 원소를 합계로 1.00% 이하 함유시켜도, 본 실시 형태에 관한 열연 강판의 효과는 손상되지 않는 것을 확인하고 있다. 그 때문에, Zr, Co, Zn 및 W 중 1종 또는 2종 이상을 합계로 1.00% 이하 함유시켜도 된다.
- [0113] 또한, 본 발명자들은, Sn을 소량 함유시켜도 본 실시 형태에 관한 열연 강판의 효과는 손상되지 않는 것을 확인하고 있다. 그러나, Sn을 다량으로 함유시키면 열간 압연 시에 흠집이 발생하는 경우가 있기 때문에, Sn 함유량은 0.05% 이하로 한다.
- [0114] 상술한 열연 강판의 화학 조성은, 일반적인 분석 방법에 의해 측정하면 된다. 예를 들어, ICP-AES(Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry)를 사용하여 측정하면 된다. 또한, sol.AI은, 시료를 산으로 가열 분해한 후의 여액을 사용하여 ICP-AES에 의해 측정하면 된다. C 및 S는 연소-적외선 흡수법을 사용하고, N은 불활성 가스 용해-열전도도법을 사용하고, O는 불활성 가스 용해-비분산형 적외선 흡수법을 사용하여 측정하면 된다.
- [0115] 열연 강판이 표면에 도금층이나 도막 등을 구비하는 경우에는, 필요에 따라서, 기계 연삭 등에 의해 도금층이나 도막 등을 제거하고 나서, 화학 조성의 분석을 행한다.
- [0116] 열연 강판의 금속 조직
- [0117] 다음으로, 본 실시 형태에 관한 열연 강판의 금속 조직에 대하여 설명한다.
- [0118] 본 실시 형태에 관한 열연 강판은, 금속 조직이, 면적%로, 잔류 오스테나이트가 3.0% 미만이고, 페라이트가 15.0% 이상, 60.0% 미만이고, 펄라이트가 5.0% 미만이고, 상기 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 구 상당 반경이 0.5nm 이상, 10.0nm 미만이고, 평균 개수 밀도가  $0.10 \times 10^{16}$  개/cm<sup>3</sup> 이상,  $1.45 \times 10^{16}$  개/cm<sup>3</sup> 미만이고, 상기 금속 조직의 주기성을 나타내는 E값이 10.7 이상이고, 상기 금속 조직의 균일성을 나타내는 I값이 1.020 이상이고, Mn 농도의 표준 편차가 0.60질량% 이하이다.
- [0119] 본 실시 형태에 관한 열연 강판은 상기 금속 조직을 갖기 때문에, 높은 강도, 그리고 우수한 연성, 피로 특성 및 전단 가공성을 얻을 수 있다.
- [0120] 또한, 본 실시 형태에서는, 열연 강판의 판 두께 방향의 표면으로부터 1/4 위치 및 압연 방향 및 판 두께 방향에 수직인 방향(판 폭 방향)의 단부면으로부터 1/4 위치의 영역(압연 방향은 임의의 위치)에 있어서의 금속 조직의 조직 분율, 합금 탄화물의 평균 구 상당 반경 및 평균 개수 밀도, E값, I값, 그리고 Mn 농도의 표준 편차를 규정한다. 그 이유는, 이 위치에 있어서의 금속 조직이, 강판의 대표적인 금속 조직을 나타내기 때문이다.
- [0121] 또한, 여기서 말하는 「표면」이란, 열연 강판이 도금층이나 도막 등을 구비하는 경우에 있어서는 도금층과 강판의 계면을 말한다.
- [0122] 잔류 오스테나이트의 면적률: 3.0% 미만
- [0123] 잔류 오스테나이트는 실온에서도 면심 입방 격자로서 존재하는 금속 조직이다. 잔류 오스테나이트는, 변태 유기 소성(TRIP)에 의해 열연 강판의 연성을 높이는 작용을 갖는다. 한편, 잔류 오스테나이트는, 전단 가공 중에는 고탄소의 마르텐사이트로 변태하기 때문에, 안정적인 균열 발생을 저해하여, 2차 전단면 형성의 원인이 된다. 잔류 오스테나이트의 면적률이 3.0% 이상이면, 상기 작용이 현재화하여, 열연 강판의 전단 가공성이 열화된다. 따라서, 잔류 오스테나이트의 면적률은 3.0% 미만으로 한다. 잔류 오스테나이트의 면적률은, 바람직하게는 1.5% 미만, 보다 바람직하게는 1.0% 미만이다. 잔류 오스테나이트는 적을수록 바람직하기 때문에, 잔류 오스테나이트의 면적률은 0%여도 된다.

- [0124] 잔류 오스테나이트의 면적률의 측정 방법에는, X선 회절, EBSP(전자 후방 산란 회절법, Electron Back Scattering Diffraction Pattern) 해석, 자기 측정에 의한 방법 등이 있다. 본 실시 형태에서는, 잔류 오스테나이트의 면적률은 X선 회절에 의해 측정한다.
- [0125] 본 실시 형태에 있어서의 X선 회절에 의한 잔류 오스테나이트 면적률의 측정에서는, 먼저, 열연 강판의 판 두께 방향의 표면으로부터 1/4 위치의 단면에 있어서, 압연 방향의 임의의 위치에서 1mm 이상, 판 폭 방향의 단부면으로부터 1/4 위치를 중심으로 1mm 이상의 영역에 있어서의 금속 조직을 관찰할 수 있도록 샘플을 채취한다. 상기 샘플을, Co-K $\alpha$  선을 사용하여,  $\alpha$ (110),  $\alpha$ (200),  $\alpha$ (211),  $\gamma$ (111),  $\gamma$ (200),  $\gamma$ (220)의 계 6피크의 적분 강도를 구한다. 다음으로, 상기 적분 강도로부터 강도 평균법을 사용하여 잔류 오스테나이트의 체적률을 얻고, 이것을 잔류 오스테나이트의 면적률로 간주한다.
- [0126] 페라이트의 면적률: 15.0% 이상, 60.0% 미만
- [0127] 페라이트는 비교적 고온에서 fcc가 bcc로 변태했을 때에 생성되는 조직이다. 페라이트는 가공 경화율이 높기 때문에, 열연 강판의 강도-연성 밸런스를 높이는 작용이 있다. 상기의 작용을 얻기 위해, 페라이트의 면적률은 15.0% 이상으로 한다. 페라이트의 면적률은, 바람직하게는 20.0% 이상이고, 보다 바람직하게는 25.0% 이상이고, 보다 한층 바람직하게는 30.0% 이상이다.
- [0128] 한편, 페라이트는 강도가 낮기 때문에, 면적률이 과잉이면, 원하는 강도를 얻을 수 없다. 이 때문에, 페라이트 면적률은 60.0% 미만으로 한다. 바람직하게는 50.0% 이하이고, 보다 바람직하게는 45.0% 이하이다.
- [0129] 펄라이트의 면적률: 5.0% 미만
- [0130] 펄라이트는 페라이트끼리의 사이에 시멘타이트가 층상으로 석출된 라멜라상의 금속 조직이고, 또한 베이나이트나 마르텐사이트와 비교하면 연질인 금속 조직이다. 펄라이트의 면적률이 5.0% 이상이면 펄라이트에 포함되는 시멘타이트에 탄소가 소비되어, 잔부 조직인 마르텐사이트 및 베이나이트의 강도가 저하되어, 원하는 강도를 얻을 수 없다. 또한, 펄라이트에 포함되는 페라이트와 시멘타이트의 계면에서는 연성을 열화시키는 마이크로 보이드가 초기에 생성되기 때문에, 펄라이트의 면적률이 5.0% 이상이면, 원하는 연성 및 피로 특성을 얻을 수 없다. 따라서, 펄라이트의 면적률은 5.0% 미만으로 한다. 펄라이트의 면적률은, 바람직하게는 3.0% 이하이다. 열연 강판의 신장 플랜지성을 향상시키기 위해, 펄라이트의 면적률은 가능한 한 저감하는 것이 바람직하고, 펄라이트의 면적률은 0%인 것이 보다 한층 바람직하다.
- [0131] 또한, 본 실시 형태에 관한 강판에는, 잔류 오스테나이트, 페라이트 및 펄라이트 이외의 잔부 조직으로서, 합계의 면적률이 32.0% 이상, 85.0% 미만의 베이나이트, 마르텐사이트 및 템퍼링 마르텐사이트 중 1종 또는 2종 이상으로 이루어지는 경질 조직이 포함된다.
- [0132] 잔류 오스테나이트 이외의 금속 조직의 면적률의 측정은, 이하의 방법으로 행한다. 먼저, 열연 강판의 판 폭 방향의 단부면으로부터 1/4 위치에 있어서, 압연 방향에 평행한 단면에서, 판 두께 방향의 표면으로부터 1/4 위치의 영역에 있어서의 금속 조직을 관찰할 수 있도록 샘플을 채취한다. 샘플은, 측정 장치에 따라 다르지만, 압연 방향으로 10mm 정도 관찰할 수 있는 크기로 한다. 다음으로, 상기 샘플의 관찰 단면을 연마하여 경면으로 마무리한 후, 실온에서 알칼리성 용액을 포함하지 않는 콜로이달 실리카를 사용하여 8분간 연마하여, 샘플의 표층에 도입된 변형을 제거한다. 상기 관찰 단면의 압연 방향의 임의의 위치에서 200 $\mu$ m 이상, 판 두께 방향의 표면으로부터 1/4 위치를 중심으로 200 $\mu$ m 이상의 영역을, 0.1 $\mu$ m의 측정 간격으로 전자 후방 산란 회절법에 의해 측정하여 결정 방위 정보를 얻는다. 상기 측정에는, 서멀 전계 방사형 주사 전자 현미경(JEOL제 JSM-7001F)과 EBSD 검출기(TSL제 DVC5형 검출기)로 구성된 EBSD 해석 장치를 사용한다. 이때, EBSD 해석 장치 내의 진공도는  $9.6 \times 10^{-5}$  Pa 이하, 가속 전압은 15kV, 조사 전류 레벨은 13, 전자선의 조사 레벨은 62로 한다.
- [0133] 또한, 동일 시야에 있어서 반사 전자 상을 촬영한다. 먼저, 반사 전자 상으로부터 페라이트와 시멘타이트가 층상으로 석출된 결정립을 특정하고, 당해 결정립의 면적률을 산출함으로써, 펄라이트의 면적률을 얻는다. 그 후, 펄라이트로 판별된 결정립을 제외한 결정립에 대하여, 얻어진 결정 방위 정보를 EBSD 해석 장치에 부속된 소프트웨어 「OIM Analysis(등록 상표)」에 탑재된 「Grain Average Misorientation」 기능을 사용하여, Grain Average Misorientation값이 1.0° 이하인 영역을 페라이트로 판정한다. 이때, Grain Tolerance Angle은 15°로 설정해 두고, 페라이트로 판정된 영역의 면적률 구함으로써, 페라이트의 면적률을 얻는다.
- [0134] 잔부 조직의 면적률은, 100%로부터, 잔류 오스테나이트, 펄라이트 및 페라이트의 면적률을 차감함으로써 얻는다. 또한, 열연 강판의 화학 조성, 및 제조 조건으로부터, 잔부 조직은, 베이나이트, 마르텐사이트, 및 템퍼링

마르텐사이트 중 1종 또는 2종 이상으로 이루어지는 경질 조직이라고 추정할 수 있다.

- [0135] 또한, 열연 강판의 압연 방향은 이하의 방법에 의해 판별한다.
- [0136] 먼저, 열연 강판의 판 두께 단면을 관찰할 수 있도록 시험편을 채취한다. 채취한 시험편의 판 두께 단면을 경면 연마하고, 피크르산 포화 수용액으로 부식한 후, 광학 현미경을 사용하여 관찰한다. 관찰 범위는 판 두께의 전체 두께로 하고, 결정립의 연신 방향을 판별한다. 여기서 연신 방향과 판 두께 방향의 각도 차를  $\theta$ 로 한다. 또한, 판 두께 방향에 수직하고 상술한 연신 방향에 대하여 평행이 되는 판 두께 1/4 위치의 면에 있어서 판 두께 단면과 마찬가지로 연마하고, 결정립의 연신 방향을 판별한다. 여기서, 판 두께 단면과 연신 방향의 각도 차를  $\phi$ 로 한다. ISO 3785에 준거한 판 두께 방향을 Z축으로 한 구면 좌표계에 있어서, 상술한 2개의 단면에 있어서의 결정립의 연신 방향으로부터 얻어진  $\theta$ ,  $\phi$ 를 편각으로 하는 방향을 압연 방향으로 판별한다. 연신 방향  $\theta$ ,  $\phi$ 의 판별에는 화상 해석 소프트웨어 「ImageJ」의 「Analyze Particles」 기능을 사용하여 Circularity를 0.7 이하로 하여 결정립의 연신 방향을 얻을 수 있다.
- [0137] 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 구 상당 반경: 0.5nm 이상, 10.0nm 미만
- [0138] 본 실시 형태에 관한 열연 강판은, 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 구 상당 반경 및 평균 개수 밀도가 바람직하게 제어되어 있다. 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 구 상당 반경이 0.5nm 미만이면, 페라이트의 반복 변형에 대한 강도를 충분히 높일 수 없어, 원하는 피로 강도를 얻을 수 없다. 그 때문에, 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 구 상당 반경은 0.5nm 이상으로 한다. 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 구 상당 반경은, 바람직하게는 1.0nm 이상이다.
- [0139] 한편, 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 구 상당 반경이 10.0nm 이상이면, 페라이트의 강도를 충분히 높일 수 없어, 결정립간의 경도 차에 기인하여, 전단 가공의 극히 초기에 전단 공구의 날끝으로부터 균열이 발생하여 과단면이 형성되고, 그 후 다시 전단면이 형성된다. 그 결과, 2차 전단면이 형성되기 쉬워지기 때문에, 열연 강판에 있어서 원하는 전단 가공성을 얻을 수 없다. 그 때문에, 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 구 상당 반경은 10.0nm 미만으로 한다. 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 구 상당 반경은, 바람직하게는 8.0nm 이하, 6.0nm 이하, 4.0nm 이하이고, 보다 바람직하게는 2.0nm 미만이다.
- [0140] 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 개수 밀도:  $0.10 \times 10^{16}$ 개/cm<sup>3</sup> 이상,  $1.45 \times 10^{16}$ 개/cm<sup>3</sup> 미만
- [0141] 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 개수 밀도가  $0.10 \times 10^{16}$ 개/cm<sup>3</sup> 미만 또는  $1.45 \times 10^{16}$ 개/cm<sup>3</sup> 이상이면, 페라이트의 반복 변형에 대한 강도를 충분히 높일 수 없어, 원하는 피로 강도를 얻을 수 없다. 그 때문에, 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 개수 밀도는  $0.10 \times 10^{16}$ 개/cm<sup>3</sup> 이상,  $1.45 \times 10^{16}$ 개/cm<sup>3</sup> 미만으로 한다. 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 개수 밀도는, 바람직하게는  $0.50 \times 10^{16}$ 개/cm<sup>3</sup> 이상이고, 보다 바람직하게는  $1.00 \times 10^{16}$ 개/cm<sup>3</sup> 이상이다. 또한, 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 개수 밀도는, 바람직하게는  $1.40 \times 10^{16}$ 개/cm<sup>3</sup> 이하이고, 보다 바람직하게는  $1.20 \times 10^{16}$ 개/cm<sup>3</sup> 이하이고, 보다 한층 바람직하게는  $1.10 \times 10^{16}$ 개/cm<sup>3</sup> 이하이다.
- [0142] 또한, 본 실시 형태에 있어서 합금 탄화물이란, Ti, Nb, Mo 및 V 중 1종 또는 2종 이상을 포함하는 탄화물을 말한다.
- [0143] 페라이트 중의 합금 탄화물의 구 상당 반경 및 개수 밀도는 3차원 아톰 프로브에 의해 측정한다. 3차원 아톰 프로브 측정에서는, 레이저 파장( $\lambda$ )을 355nm로 하고, 레이저 파워를 30pJ로 하고, 바늘 형상 시험편의 온도를 50K으로 한다. 3차원 아톰 프로브 측정에 사용하는 장치는 특별히 한정되지 않는다. 3차원 아톰 프로브 측정 장치는 예를 들어, 아메텍 가부시키가이샤제의 상품명 LEAP4000XHR이다.
- [0144] 각 조직의 면적률을 측정된 상술한 EBSD에 의한 관찰 시야 내의 페라이트 입자에 대해서, FIB(집속 이온빔) 장치를 사용하여, 시료를 채취한다. 채취한 시료를 주지의 방법으로 바늘 형상으로 가공하고, 3차원 아톰 프로브를 이용함으로써, 구 상당 반경 1nm 미만으로부터 수10nm에 이르는 미세 석출물의 구 상당 반경 및 개수 밀도를 정확하게 측정할 수 있다. 석출물의 개수 밀도는, 후술하는 방법에 의해 합금 탄화물로 식별된 석출물에 대하여, 3차원 아톰 프로브로 측정된 영역에 포함되는 석출물의 개수를 측정 영역의 체적으로 나눔으로써 얻을 수 있다.
- [0145] 측정 영역 내의 전체 석출물에 포함되는 합금 원소(Ti, Nb, Mo, V, C)의 원자의 합계 개수를 합금 탄화물의 원자 밀도로 나눔으로써 측정 영역 내에 있어서의 석출물의 총 체적을 얻는다. 석출물의 총 체적을 석출물 개수

로 나눔으로써 석출물의 체적을 얻는다. 얻어진 석출물의 체적으로부터, 석출물이 구 형상이라고 가정하여 구 상당 반경을 산출한다.

- [0146] 상술한 방법을  $30000\text{nm}^3$  이상의 측정 영역의 체적을 갖는 5개 이상의 측정 데이터에서 실시함으로써, 평균 개수 밀도 및 평균 구 상당 반경을 얻는다. 또한, FIB 가공 시에 도입된 Ga가 0.025at% 미만인 영역을 관찰 영역으로 하고, Ga가 0.025at% 이상 혼입되어 있는 영역에 대해서는 측정 영역으로부터 제외한다. Ga양의 확인에는 데이터를 해석 소프트웨어 IVAS 3.6.14(CAMECA Instruments Inc.제)의 1D Concentration Profile 기능에 의해 바늘 시료의 길이 방향의 Ga양을 확인할 수 있다.
- [0147] 또한, 관찰된 석출물이 합금 탄화물인지 여부는, 3차원 아톰 프로브에 의해 취득한 데이터를 해석 소프트웨어 IVAS 3.6.14의 Cluster Analysis 기능을 사용하여 식별한다. 해석에는  $d_{\max}=1.2\text{nm}$ , Order=10,  $N_{\min}=10$ ,  $L=0.5\text{nm}$ ,  $d_{\text{erosion}}=0.5\text{nm}$ 을 해석 파라미터로서 사용하고, Cluster로서 인식된 석출물을 합금 탄화물이라고 판별한다.
- [0148] E값: 10.7 이상
- [0149] I값: 1.020 이상
- [0150] 2차 전단면의 발생을 억제하기 위해서는, 충분히 전단면이 형성된 후에 파단면을 형성시키는 것이 중요하여, 전단 가공 시에 공구의 날끝으로부터 조기에 균열이 발생하는 것을 억제할 필요가 있다. 그를 위해서는, 금속 조직의 주기성이 낮고, 또한 금속 조직의 균일성이 높은 것이 중요하다. 본 실시 형태에서는, 금속 조직의 주기성을 나타내는 E(Entropy)값 및 금속 조직의 균일성을 나타내는 I(Inverse difference normalized)값을 제어함으로써, 2차 전단면의 발생을 억제한다.
- [0151] E값은 금속 조직의 주기성을 나타낸다. 밴드 형상 조직이 형성되는 등의 영향으로 휘도가 주기적으로 배열되어 있는, 즉 금속 조직의 주기성이 높은 경우에는 E값은 저하된다. 본 실시 형태에서는, 주기성이 낮은 금속 조직으로 할 필요가 있기 때문에, E값을 높일 필요가 있다. E값이 10.7 미만이면, 2차 전단면이 발생하기 쉬워진다. 주기적으로 배열한 조직을 기점으로 하여, 전단 가공의 극히 조기에 전단 공구의 날끝으로부터 균열이 발생하여 파단면이 형성되고, 그 후 다시 전단면이 형성된다. 이에 의해, 2차 전단면이 발생하기 쉬워진다고 추정된다. 따라서, E값은 10.7 이상으로 한다. 바람직하게는 10.8 이상이고, 보다 바람직하게는 11.0 이상이다. E값은 높을수록 바람직하여, 상한은 특별히 규정하지 않지만, 13.0 이하, 12.5 이하 또는 12.0 이하로 해도 된다.
- [0152] I값은 금속 조직의 균일성을 나타내고, 일정한 휘도를 갖는 영역의 면적이 넓을수록 상승한다. I값이 높은 것은, 금속 조직의 균일성이 높은 것을 의미한다. 본 실시 형태에서는, 균일성이 높은 금속 조직으로 할 필요가 있기 때문에, I값을 높일 필요가 있다. I값이 1.020 미만이면, 결정립 내의 석출물 및 원소 농도차에 기인하는 경도 분포의 영향에 의해, 전단 가공의 지극히 조기에 전단 공구의 날끝으로부터 균열이 발생하여 파단면이 형성되고, 그 후 다시 전단면이 형성된다. 이에 의해, 2차 전단면이 발생하기 쉬워진다고 추정된다. 따라서, I값은 1.020 이상으로 한다. 바람직하게는 1.025 이상이고, 보다 바람직하게는 1.030 이상이다. I값은 높을수록 바람직하고, 상한은 특별히 규정하지 않지만, 1.200 이하, 1.150 이하 또는 1.100 이하로 해도 된다.
- [0153] E값 및 I값은 이하의 방법에 의해 얻을 수 있다.
- [0154] 본 실시 형태에 있어서, E값 및 I값을 산출하기 위해 촬영하는 SEM 화상의 촬영 영역은, 관 폭 방향의 단부면으로부터 1/4 위치에 있어서, 압연 방향에 평행한 단면에서, 관 두께 방향의 표면으로부터 1/4 위치를 중심으로  $200\mu\text{m}\times 200\mu\text{m}$ 로 하고, 관찰 시야수는 5시야로 한다. SEM 화상의 촬영에는, 가부시키가이샤 히타치 하이테크놀러지즈제 SU-6600 쇼트키 전자총을 사용하고, 이미터를 텅스텐으로 하고, 가속 전압을 1.5kV로 한다. 이상의 설정을 바탕으로, 배율 1000배로, 256계조의 그레이스케일로 SEM 화상을 출력한다.
- [0155] 다음으로, 얻어진 SEM 화상을  $880\times 880$  픽셀의 영역으로 잘라낸 화상에, 비특허문헌 3에 기재된, 콘트라스트 강조의 제한 배율을 2.0으로 한, 타일 그리드 사이즈가  $8\times 8$ 인 평활화 처리를 실시한다. 90도를 제외하고, 0도에서 179도까지 1도마다 반시계 방향으로 평활화 처리 후의 SEM 화상을 회전시키고, 1도마다 화상을 작성함으로써, 합계로 179매의 화상을 얻는다. 다음으로, 이들 179매의 화상 각각에 대하여, 비특허문헌 1에 기재된 그레이 레벨 공발생 행렬법(GLCM법)을 사용하여, 인접하는 픽셀 사이의 휘도의 빈도값을 행렬의 형식으로 채취한다.

[0156] 이상의 방법에 의해 채취된 179개의 빈도값의 행렬을, k를 원화상으로부터의 회전 각도로 하여,  $p_k(k=0 \cdots 89, 91, \cdots 179)$ 로 표현한다. 각 화상에 대하여, 생성된  $p_k$ 를 모든  $k(k=0 \cdots 89, 91 \cdots 179)$ 에 대하여 합계한 후에, 각 성분의 총합이 1이 되도록 규격화한  $256 \times 256$ 의 행렬 P를 산출한다. 또한, 비특허문헌 2에 기재된 하기 식 (1) 및 식 (2)를 사용하여, E값 및 I값을 각각 산출한다. 또한, 전체 시야에 대하여 측정하여 얻어진 평균값을 산출한다.

[0157] 하기 식 (1) 및 식 (2) 중의  $P(i, j)$ 는 그레이 레벨 공발생 행렬이고, 행렬 P의 i행 j열째의 값을  $P(i, j)$ 로 표기하고 있다. 또한, 전술한 바와 같이  $256 \times 256$ 의 행렬 P를 사용하여 산출되기 때문에, 이 점을 강조하고 싶은 경우, 하기 식 (1)을 하기 식 (1')로 수정할 수 있고, 하기 식 (2)를 하기 식 (2')로 수정할 수 있다. 하기 식 (1') 및 식 (2')에서는, 행렬 P의 i행 j열째의 값을  $P_{ij}$ 로 표기하고 있다.

[0158] 
$$E = -\sum_i \sum_j p(i, j) \cdot \log(p(i, j)) \quad \cdots (1)$$

[0159] 
$$I = \sum_i \sum_j \frac{p(i, j)}{1 + \frac{|i - j|}{L}} \quad \cdots (2)$$

[0160] 
$$E = -\sum_{i=1, j=1}^{i=256, j=256} P_{ij} \log P_{ij} \quad \cdots (1')$$

[0161] 
$$I = \sum_{i=1, j=1}^{i=256, j=256} P_{ij} / (1 + |i - j| / 256) \quad \cdots (2')$$

[0162] Mn 농도의 표준 편차: 0.60질량% 이하

[0163] 본 실시 형태에 관한 열연 강판의 Mn 농도의 표준 편차는 0.60질량% 이하이다. 이에 의해, 경질상을 균일하게 분산시킬 수 있어, 전단 가공의 극히 초기에 전단 공구의 날끝으로부터 균열이 발생하는 것을 방지할 수 있다. 그 결과, 2차 전단면의 발생을 억제할 수 있다. Mn 농도의 표준 편차는, 0.50질량% 이하가 바람직하고, 0.47질량% 이하가 보다 바람직하다. Mn 농도의 표준 편차의 하한은, 과대 버의 억제의 관점에서, 그 값은 작을수록 바람직하지만, 제조 프로세스의 제약에 의해, 실질적인 하한은 0.10질량%이다.

[0164] Mn 농도의 표준 편차는 이하의 방법에 의해 얻을 수 있다.

[0165] 먼저, 판 폭 방향의 단부면으로부터 1/4 위치에 있어서, 압연 방향에 평행한 단면에서, 판 두께 방향의 표면으로부터 1/4 영역을 관찰할 수 있도록 샘플을 채취한다. 샘플은, 측정 장치에 따라 다르지만, 압연 방향으로 10mm 정도 관찰할 수 있는 크기로 한다. 다음으로, 상기 샘플 경면 연마한 후, 전자 프로브 마이크로어널라이저(EPMA)를 사용하여, Mn 농도의 표준 편차를 측정한다. 측정 조건은 가속 전압을 15kV로 하고, 배율을 5000배로 하고, 압연 방향으로 20 $\mu$ m, 판 두께 방향으로 20 $\mu$ m의 영역을, 0.1 $\mu$ m의 측정 간격으로, 40000개소 이상의 분포상을 측정한다. 이어서, 전체 측정점으로부터 얻어진 Mn 농도에 기초하여 표준 편차를 산출함으로써, Mn 농도의 표준 편차를 얻는다.

[0166] 인장 특성

[0167] 열연 강판의 기계적 성질 중 인장 강도 특성(인장 강도, 전연신율)은 JIS Z 2241:2011에 준거하여 평가한다. 시험편은 JIS Z 2241:2011의 5호 시험편으로 한다. 시험편의 채취 위치는, 열연 강판의 판 폭 방향의 단부면으로부터 1/4 위치로 하고, 판 폭 방향을 시험편의 길이 방향으로 하면 된다.

[0168] 본 실시 형태에 관한 열연 강판은, 인장(최대) 강도가 980MPa 이상인 것이 바람직하다. 인장 강도는, 보다 바람직하게는 1000MPa 이상이다. 인장 강도를 980MPa 이상으로 함으로써, 적용 부품이 한정되지 않아, 차체 경량화에 크게 기여할 수 있다. 상한은 특별히 한정할 필요는 없지만, 금형 마모 억제의 관점에서, 1780MPa로 해도 된다.

[0169] 전연신율은 10.0% 이상으로 하는 것이 바람직하고, 인장 강도와 전연신율의 곱(TS×E1)은 13000MPa·% 이상으로 하는 것이 바람직하다. 전연신율은 11.0% 이상으로 하는 것이 보다 바람직하고, 13.0% 이상으로 하는 것이 보다 한층 바람직하다. 또한, 인장 강도와 전연신율의 곱은 14000MPa·% 이상으로 하는 것이 보다 바람직

하고, 15000MPa·% 이상으로 하는 것이 보다 한층 바람직하다.

- [0170] 전연신율을 10.0% 이상이면서도 인장 강도와 전연신율의 곱을 13000MPa·% 이상으로 함으로써, 적용 부품이 한정되지 않아, 차체 경량화에 크게 기여할 수 있다.
- [0171] 피로 특성
- [0172] 반복 변형 중에 재료의 경화가 발생하면, 반복 변형 중의 소성 변형량이 작아지기 때문에, 피로 수명이 길어지는 경향이 있다. 따라서, 반복 변형 중에 재료의 경화가 발생하는 것이 바람직하다. 반복 변형 중에 경화가 발생하는지 여부는, 이하의 방법에 의해 판단할 수 있다.
- [0173] 열연 강판의 판 폭 방향의 단부면으로부터 1/4 위치에 있어서, 판 폭 방향이 시험편의 길이 방향이 되도록 JIS Z 2275-1978에 준거하여, 기호 「1-15」의 시험편을 채취한다. 이 시험편을 사용하여, JIS Z 2275-1978에 준거하여, 파단 반복수가 300만회 이상, 1000만회 미만인 반복 응력으로 평면 굽힘 피로 시험을 행한다. 피로 시험 중의 토크 또는 시험편에 첨부한 변형 계지의 값을 측정하여, 반복 응력의 변화를 평가한다. 반복수 100회에 있어서의 반복 응력을 기준 응력으로 하고, 반복수 10만회 내지 100만회의 범위에 있어서, 반복 응력이 상기 기준 응력보다 5% 이상 높아지는 경우에는, 반복 경화가 발생하여 우수한 피로 특성을 갖는 열연 강판으로 판단할 수 있다.
- [0174] 판 두께
- [0175] 본 실시 형태에 관한 열연 강판의 판 두께는 특별히 한정되지 않지만, 0.5 내지 8.0mm로 해도 된다. 열연 강판의 판 두께가 0.5mm 미만이면, 압연 완료 온도의 확보가 곤란해짐과 함께 압연 하중이 과대해져, 열간 압연이 곤란해지는 경우가 있다. 따라서, 본 실시 형태에 관한 열연 강판의 판 두께는 0.5mm 이상으로 해도 된다. 바람직하게는 1.2mm 이상 또는 1.4mm 이상이다.
- [0176] 한편, 판 두께가 8.0mm 초과이면, 금속 조직의 미세화가 곤란해져, 상술한 금속 조직을 얻는 것이 곤란해지는 경우가 있다. 따라서, 판 두께는 8.0mm 이하로 해도 된다. 바람직하게는 6.0mm 이하이다.
- [0177] 도금층
- [0178] 상술한 화학 조성 및 금속 조직을 갖는 본 실시 형태에 관한 열연 강판은, 표면에 내식성의 향상 등을 목적으로 하여 도금층을 구비시켜 표면 처리 강판으로 해도 된다. 도금층은 전기 도금층이어도 되고 용융 도금층이어도 된다. 전기 도금층으로서는, 전기 아연 도금, 전기 Zn-Ni 합금 도금 등이 예시된다. 용융 도금층으로서는, 용융 아연 도금, 합금화 용융 아연 도금, 용융 알루미늄 도금, 용융 Zn-Al 합금 도금, 용융 Zn-Al-Mg 합금 도금, 용융 Zn-Al-Mg-Si 합금 도금 등이 예시된다. 도금 부착량은 특별히 제한되지 않고, 종래와 마찬가지로 해도 된다. 또한, 도금 후에 적당한 화성 처리(예를 들어, 실리케이트계의 크롬 프리 화성 처리액의 도포와 건조)를 실시하여, 내식성을 더욱 높이는 것도 가능하다.
- [0179] 제조 조건
- [0180] 상술한 화학 조성 및 금속 조직을 갖는 본 실시 형태에 관한 열연 강판의 적합한 제조 방법은, 이하와 같다.
- [0181] 본 실시 형태에 관한 열연 강판을 얻기 위해서는, 소정의 조건에서 슬래브의 가열을 행한 후에 열간 압연을 행하고, 소정의 온도역까지 가속 냉각하고, 그 후 완냉각하고, 권취할 때까지의 냉각 이력을 제어하는 것이 효과적이다.
- [0182] 본 실시 형태에 관한 열연 강판의 적합한 제조 방법에서는, 이하의 공정 (1) 내지 (10)을 순차 행한다. 또한, 본 실시 형태에 있어서의 슬래브의 온도 및 강판의 온도는, 슬래브의 표면 온도 및 강판의 표면 온도를 말한다. 또한, 응력은 강판의 압연 방향에 부하하는 장력을 말한다. 응력은, 압연 스탠드와 권취 장치의 회전 속도의 조정에 의해 제어 가능하고, 측정된 압연 방향의 하중을, 통관되고 있는 판의 단면적으로 나눔으로써 구할 수 있다.
- [0183] (1) 슬래브를 700℃ 이상, 850℃ 이하의 온도역에서 900초 이상 유지한 후, 더 가열하고, 1100℃ 이상의 온도역에서 6000초 이상 유지한다.
- [0184] (2) 850℃ 이상, 1100℃ 이하의 온도역에서, 합계로 90% 이상의 판 두께 감소가 되는 열간 압연을 행한다.
- [0185] (3) 최종단으로부터 1단 전의 압연을 900℃ 이상, 1010℃ 미만에서 행하고, 열간 압연의 최종단으로부터 1단 전의 압연 후, 또한 최종단의 압연 전에, 170kPa 이상의 응력을 강판에 부하한다.

- [0186] (4) 열간 압연의 최종단에 있어서의 압하율을 8% 이상으로 하고, 압연 완료 온도 Tf가 900℃ 이상, 1010℃ 미만 이 되도록 열간 압연을 완료한다.
- [0187] (5) 840℃ 이상, 900℃ 미만의 온도역에서, 합계로 5% 이상, 8% 미만의 판 두께 감소가 되는 경압하를 행한다.
- [0188] (6) 열간 압연의 최종단의 압연 후 또한 경압하의 최초의 압연 전의 강판에 부하하는 응력, 그리고 경압하의 최종단의 압연 후 또한 강판이 800℃로 냉각될 때까지의 강판에 부하하는 응력을 200kPa 미만으로 한다.
- [0189] (7) 경압하 완료 후, 50℃/초 이상의 평균 냉각 속도로 600℃ 이상, 680℃ 미만의 온도역까지 가속 냉각한다.
- [0190] (8) 600℃ 이상, 680℃ 미만의 온도역에서, 평균 냉각 속도가 5℃/s 미만인 완냉각을 2.0초 이상 행한다.
- [0191] (9) 50℃/s 이상의 평균 냉각 속도로 350℃ 이하의 온도역까지 냉각한다.
- [0192] (10) 350℃ 이하의 온도역에서 권취한다.
- [0193] 상기 제조 방법을 채용함으로써, 높은 강도를 가지면서, 우수한 연성, 피로 특성 및 전단 가공성을 갖는 열연 강판을 안정적으로 제조할 수 있다. 즉, 슬래브 가열 조건과 열연 조건을 적정하게 제어함으로써, Mn 편석의 저감과 변태 전 오스테나이트의 등축화가 도모되어, 후술하는 열간 압연 후의 냉각 조건과 어울려, 원하는 금속 조직을 갖는 열연 강판을 안정적으로 제조할 수 있다.
- [0194] (1) 슬래브, 열간 압연에 제공할 때의 슬래브 온도 및 유지 시간
- [0195] 열간 압연에 제공하는 슬래브는, 연속 주조에 의해 얻어진 슬래브나 주조·분괴에 의해 얻어진 슬래브 등을 사용할 수 있고, 필요에 따라서는 그것들에 열간 가공 또는 냉간 가공을 가한 것을 사용할 수 있다. 열간 압연에 제공하는 슬래브는, 슬래브 가열 시에, 700℃ 이상, 850℃ 이하의 온도역에서 900초 이상 유지한 후, 더 가열하고, 1100℃ 이상의 온도역에서 6000초 이상 유지하는 것이 바람직하다.
- [0196] 또한, 700℃ 이상, 850℃ 이하의 온도역에서의 유지 시에는, 강판 온도를 이 온도역에서 변동시켜도 되고, 일정하게 해도 된다. 또한, 1100℃ 이상에서의 유지 시에는, 강판 온도를 1100℃ 이상의 온도역에서 변동시켜도 되고, 일정하게 해도 된다.
- [0197] 700℃ 이상, 850℃ 이하의 온도역에 있어서의 오스테나이트 변태에 있어서, Mn이 페라이트와 오스테나이트 사이에서 분배되고, 그 변태 시간을 길게 함으로써, Mn이 페라이트 영역 내를 확산될 수 있다. 이에 의해, 슬래브에 편재되는 Mn 마이크로 편석을 해소하여, Mn 농도의 표준 편차를 현저하게 감소시킬 수 있다. 그 때문에, 700℃ 이상, 850℃ 이하의 온도역에서 900초 이상 유지하는 것이 바람직하다. 또한, 1100℃ 이상의 온도역에서 6000초 이상 유지함으로써 Mn 농도의 표준 편차를 현저하게 감소시킬 수 있다.
- [0198] 열간 압연은, 다패스 압연으로 하여 리버스 밀 또는 탠덤 밀을 사용하는 것이 바람직하다. 특히 공업적 생산성의 관점 및 압연 중의 강판에의 응력 부하의 관점에서, 적어도 최종의 2단은 탠덤 밀을 사용한 열간 압연으로 하는 것이 보다 바람직하다.
- [0199] (2) 열간 압연의 압하율: 850℃ 이상, 1100℃ 이하의 온도역에서 합계 90% 이상의 판 두께 감소
- [0200] 850℃ 이상, 1100℃ 이하의 온도역에서 합계 90% 이상의 판 두께 감소가 되는 열간 압연을 행함으로써, 주로 재결정 오스테나이트 입자의 미세화가 도모됨과 함께, 미재결정 오스테나이트 입자 내의 변형 에너지의 축적이 촉진된다. 그리고 오스테나이트의 재결정이 촉진됨과 함께 Mn의 원자 확산이 촉진되어, Mn 농도의 표준 편차를 작게 할 수 있다. 따라서, 850℃ 이상, 1100℃ 이하의 온도역에서 합계 90% 이상의 판 두께 감소가 되는 열간 압연을 행하는 것이 바람직하다.
- [0201] 또한, 850℃ 이상, 1100℃ 이하의 온도역의 합계의 판 두께 감소란, 이 온도역의 압연에 있어서의 최초의 압연 전의 입구 판 두께를  $t_0$ 으로 하고, 이 온도역의 압연에 있어서의 최종단의 압연 후의 출구 판 두께를  $t_1$ 로 했을 때,  $\{(t_0-t_1)/t_0\} \times 100(\%)$ 로 나타낼 수 있다.
- [0202] (3) 최종단으로부터 1단 전의 압연 온도: 900℃ 이상, 1010℃ 미만, 열간 압연의 최종단으로부터 1단 전의 압연 후, 또한 최종단의 압연 전의 응력: 170kPa 이상
- [0203] 최종단으로부터 1단 전의 압연을 900℃ 이상, 1010℃ 미만에서 행하고, 열간 압연의 최종단으로부터 1단 전의 압연 후, 또한 최종단의 압연 전의 강판에 부하하는 응력을 170kPa 이상으로 하는 것이 바람직하다. 이에

의해, 최종단으로부터 1단 전의 압연 후의 재결정 오스테나이트 중, {110}<001>의 결정 방위를 갖는 결정립의 수를 저감할 수 있다. {110}<001>은 재결정되기 어려운 결정 방위이기 때문에, 이 결정 방위의 형성을 억제함으로써 최종단의 압하에 의한 재결정을 효과적으로 촉진할 수 있다. 결과적으로, 열연 강관의 밴드 형상 조직이 개선되어, 금속 조직의 주기성이 저감되어, E값이 상승한다. 강관에 부하하는 응력이 170kPa 미만인 경우, 원하는 E값을 얻을 수 없는 경우가 있다. 강관에 부하하는 응력은, 보다 바람직하게는 190kPa 이상이다. 또한, 강관에 부하되는 응력이란, 강관의 길이 방향으로 부하되는 장력으로, 탠덤 압연 중의 롤 회전 속도의 조정에 의해 제어 가능하다.

- [0204] 강관에 부하하는 응력의 상한은 특별히 제한되지 않지만, 350kPa 이하로 할 수 있다.
- [0205] (4) 열간 압연의 최종단에 있어서의 압하율: 8% 이상, 열간 압연 완료 온도 Tf: 900℃ 이상, 1010℃ 미만
- [0206] 열간 압연의 최종단에 있어서의 압하율은 8% 이상으로 하고, 열간 압연 완료 온도 Tf는 900℃ 이상으로 하는 것이 바람직하다. 열간 압연의 최종단에 있어서의 압하율을 8% 이상으로 함으로써, 최종단의 압하에 의한 재결정을 촉진할 수 있다. 결과적으로 열연 강관의 밴드 형상 조직이 개선되어, 금속 조직의 주기성이 저감되어, E값이 상승한다. 열간 압연 완료 온도 Tf를 900℃ 이상으로 함으로써, 오스테나이트 중의 페라이트 핵 생성 사이트수의 과잉의 증대를 억제할 수 있다. 그 결과, 최종 조직(제조 후의 열연 강관 금속 조직)에 있어서의 페라이트의 생성이 억제되어, 원하는 강도를 얻을 수 있다. 또한, Tf를 1010℃ 미만으로 함으로써, 오스테나이트 입경의 조대화를 억제할 수 있어, 금속 조직의 주기성을 저감하여, 원하는 E값을 얻을 수 있다. 또한, 열간 압연의 최종단에 있어서의 압하율의 상한은 특별히 제한되지 않지만, 30% 이하로 할 수 있고, 20% 이하, 나아가 15% 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0207] (5) 840℃ 이상, 900℃ 미만의 온도역에서, 합계로 5% 이상, 8% 미만의 판 두께 감소가 되는 경압하를 행한다.
- [0208] 열간 압연의 최종단의 압연 후에는, 840℃ 이상, 900℃ 미만의 온도역에서, 합계로 5% 이상, 8% 미만의 판 두께 감소가 되는 경압하를 행하는 것이 바람직하다. 이에 의해, 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 구 상당 반경 및 평균 개수 밀도를 원하는 값으로 제어할 수 있다.
- [0209] 경압하는, 예를 들어 마무리 압연기의 최종단에서 행해도 되고, 마무리 압연기로부터 냉각 베드까지의 사이에 새로운 압하 설비를 도입하여 행해도 된다.
- [0210] 또한, 경압하에 있어서의 합계의 판 두께 감소란, 경압하의 최초의 압연 전의 입구 판 두께를  $t_0$ 으로 하고, 경압하의 최종단의 압연 후의 출구 판 두께를  $t_1$ 로 했을 때,  $\{(t_0-t_1)/t_0\} \times 100(\%)$ 으로 나타낼 수 있다.
- [0211] (6) 열간 압연의 최종단의 압연 후 또한 경압하의 최초의 압연 전에 강관에 부하하는 응력, 그리고 경압하의 최종단의 압연 후 또한 강관이 800℃로 냉각될 때까지 강관에 부하하는 응력: 200kPa 미만
- [0212] 열간 압연의 최종단의 압연 후 또한 경압하의 최초의 압연 전의 강관에 부하하는 응력, 그리고 경압하의 최종단의 압연 후 또한 강관이 800℃로 냉각될 때까지의 강관에 부하하는 응력은, 각각 200kPa 미만으로 하는 것이 바람직하다. 상기 개소에 있어서 강관에 부하하는 응력을 200kPa 미만으로 함으로써, 오스테나이트의 재결정이 압연 방향으로 우선적으로 진행되어, 금속 조직의 주기성의 증대를 억제할 수 있다. 그 결과, 원하는 E값을 얻을 수 있다. 상기 개소에 있어서 강관에 부하하는 응력은, 보다 바람직하게는 각각 180kPa 이하이다.
- [0213] (7) 경압하 완료 후, 50℃/초 이상의 평균 냉각 속도로 600℃ 이상, 680℃ 미만의 온도역까지 가속 냉각
- [0214] 열간 압연에 의해 세립화한 오스테나이트 결정립의 성장을 억제하기 위해, 경압하 완료 후, 50℃/초 이상의 평균 냉각 속도로 680℃ 미만의 온도역까지 가속 냉각을 행하는 것이 바람직하다. 680℃ 미만의 온도역까지 가속 냉각을 행함으로써, 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 개수 밀도를  $1.45 \times 10^{16}$  개/cm<sup>3</sup> 미만으로 할 수 있다. 또한, 600℃ 이상, 680℃ 미만의 온도역까지의 가속 냉각의 평균 냉각 속도를 50℃/초 이상으로 함으로써, 펄라이트의 과잉의 생성을 억제할 수 있다.
- [0215] 또한, 여기에서 말하는 평균 냉각 속도란, 가속 냉각 개시 시(냉각 설비에의 강관의 도입 시)로부터 가속 냉각 완료 시(냉각 설비로부터 강관의 도출 시)까지의 강관의 온도 강하 폭을, 가속 냉각 개시 시로부터 가속 냉각 완료 시까지의 소요 시간으로 나눈 값을 말한다.
- [0216] 냉각 속도의 상한값은 특별히 규정하지 않지만, 냉각 속도를 빠르게 하면 냉각 설비가 대규모가 되어, 설비 비

용이 높아진다. 이 때문에, 설비 비용을 생각하면, 평균 냉각 속도는 300℃/초 이하가 바람직하다. 또한, 페라이트의 면적률을 15.0% 이상으로 하고, 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 개수 밀도를  $0.10 \times 10^{16}$  개/cm<sup>3</sup> 이상으로 하고, 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 구 상당 반경을 0.5nm 이상으로 하기 위해, 가속 냉각의 냉각 정지 온도는 600℃ 이상으로 하는 것이 바람직하다.

- [0217] 상술한 바와 같은 평균 냉각 속도를 실현하기 위해서는, 경압하 완료 후에 평균 냉각 속도가 큰 냉각을 행하고, 예를 들어 냉각수를 강판 표면에 분사하면 된다.
- [0218] (8) 600℃ 이상, 680℃ 미만의 온도역에서, 평균 냉각 속도가 5℃/s 미만인 완냉각을 2.0초 이상 행한다
- [0219] 600℃ 이상, 680℃ 미만의 온도역에서, 평균 냉각 속도가 5℃/s 미만인 완냉각을 2.0초 이상 행함으로써, 원하는 양의 페라이트를 얻을 수 있다. 또한, 페라이트 중의 합금 탄화물의 개수 밀도를 원하는 양으로 제어할 수 있다.
- [0220] 또한, 여기에서 말하는 평균 냉각 속도란, 가속 냉각의 냉각 정지 온도로부터 완냉각의 정지 온도까지의 강판의 온도 강하 폭을, 가속 냉각의 정지 시로부터 완냉각의 정지 시까지의 소요 시간으로 나눈 값을 말한다.
- [0221] 완냉각을 행하는 시간은, 바람직하게는 3.0초 이상이다. 완냉각을 행하는 시간의 상한은, 설비 레이아웃에 의해 결정되지만, 대체로 10.0초 미만으로 하면 된다. 또한, 완냉각의 평균 냉각 속도의 하한은 특별히 마련하지 않지만, 냉각시키지 않고 승온시키는 것은 설비상 큰 투자를 수반하기 때문에, 0℃/s 이상으로 해도 된다.
- [0222] (9) 권취 온도까지의 평균 냉각 속도: 50℃/초 이상
- [0223] 펄라이트의 면적률을 억제하여, 원하는 강도를 얻기 위해, 완냉각의 냉각 정지 온도로부터 권취 온도까지의 평균 냉각 속도를 50℃/초 이상으로 하는 것이 바람직하다. 이에 의해, 모상 조직을 경질로 할 수 있고, 또한 원하는 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 구 상당 반경 및 평균 개수 밀도를 원하는 양으로 제어할 수 있다.
- [0224] 또한, 여기에서 말하는 평균 냉각 속도란, 평균 냉각 속도가 5℃/s 미만인 완냉각의 냉각 정지 온도로부터 권취 온도까지의 강판의 온도 강하 폭을, 평균 냉각 속도가 5℃/s 미만인 완냉각의 정지 시로부터 권취까지의 소요 시간으로 나눈 값을 말한다.
- [0225] (10) 권취 온도: 350℃ 이하
- [0226] 권취 온도는 350℃ 이하로 하는 것이 바람직하다. 권취 온도를 350℃ 이하로 함으로써, 철 탄화물의 석출량을 감소시키고, 또한 경질상 내의 경도 분포의 변동을 저감할 수 있다. 그 결과, 원하는 I값을 얻을 수 있다.
- [0227] **실시예**
- [0228] 다음으로, 실시예에 의해 본 발명의 일 양태의 효과를 더욱 구체적으로 설명하지만, 실시예에서의 조건은, 본 발명의 실시 가능성 및 효과를 확인하기 위해 채용한 일 조건예이며, 본 발명은 이 일 조건예에 한정되는 것은 아니다. 본 발명은 본 발명의 요지를 일탈하지 않고, 본 발명의 목적을 달성하는 한에 있어서, 다양한 조건을 채용할 수 있는 것이다.
- [0229] 표 1 및 표 2에 나타내는 화학 조성을 갖는 강을 용제하고, 연속 주조에 의해 두께가 240 내지 300mm의 슬래브를 제조하였다. 얻어진 슬래브를 사용하여, 표 3A 내지 표 4B에 나타내는 제조 조건에 의해, 표 5A 내지 표 6B에 나타내는 열연 강판을 얻었다.
- [0230] 또한, 완냉각의 평균 냉각 속도는 5℃/s 미만으로 하였다. 또한, 표 4A 및 표 4B에 기재한 권취 온도는 50℃가 측정 하한이기 때문에, 50℃로 기재한 예의 실제의 권취 온도는 50℃ 이하이다. 또한, 열간 압연의 최종단으로부터 1단 전의 압연은 900℃ 이상, 1010℃ 미만으로 행하였다.
- [0231] 얻어진 열연 강판에 대하여, 상술한 방법에 의해, 금속 조직의 면적률, E값, I값, Mn 농도의 표준 편차, 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 구 상당 반경 및 평균 개수 밀도, 인장 강도 TS, 전연신율 E1을 구하였다. 또한, 상술한 방법에 의해, 평면 굽힘 피로 특성을 행함으로써 피로 특성을 평가하였다. 얻어진 측정 결과를 표 5A 내지 표 6B에 나타낸다.
- [0232] 열연 강판의 특성의 평가 방법
- [0233] 인장 특성
- [0234] 인장 강도 TS가 980MPa 이상, 또한 전연신율 E1이 10.0% 이상, 또한 인장 강도 TS×전연신율 E1이 13000MPa·

% 이상인 경우, 높은 강도를 갖고, 또한 우수한 연성을 갖는 열연 강판이라고 하여 합격으로 판정하였다. 어느 하나라도 충족하지 않은 경우, 높은 강도를 갖고, 또한 우수한 연성을 갖는 열연 강판이 아니라고 하여 불합격으로 판정하였다.

- [0235] 피로 특성
- [0236] 상술한 방법에 의해 평면 굽힘 피로 시험을 행하고, 반복수 10만회 내지 100만회의 범위에 있어서, 반복 응력이 기준 응력보다 5% 이상 높아진 경우, 반복 경화가 발생하여, 우수한 피로 특성을 갖는 열연 강판이라고 하여 합격으로 판정하였다.
- [0237] 한편, 반복수 10만회 내지 100만회의 범위에 있어서, 반복 응력이 기준 응력보다 5% 이상 높아지지 않은 경우, 반복 경화가 발생하지 않아, 우수한 피로 특성을 갖는 열연 강판이 아니라고 하여 불합격으로 판정하였다.
- [0238] 합격으로 판정한 예에 대해서는 표 중의 피로 특성의 란에 「Good」으로 기재하고, 불합격으로 판정한 예에는 표 중에 「NG」로 기재하였다.
- [0239] 전단 가공성(2차 전단면 평가)
- [0240] 열연 강판의 전단 가공성은, 편칭 시험에 의해 평가하였다.
- [0241] 구멍 직경 10mm, 클리어런스 10%, 편칭 속도 3m/s로 각 실시예에 대하여 편칭 구멍을 3개씩 제작하였다. 다음으로 편칭 구멍의 압연 방향에 직각인 판 두께 단면 및 압연 방향에 평행한 판 두께 단면을 각각 수지에 매립하고, 주사형 전자 현미경으로 단면 형상을 촬영하였다. 얻어진 관찰 사진에서는, 도 1 또는 도 2에 도시하는 전단 단부면을 관찰할 수 있다. 또한, 도 1은 본 발명예에 관한 열연 강판의 전단 단부면의 일례이고, 도 2는 비교예에 관한 열연 강판의 전단 단부면의 일례이다. 도 1에서는, 처짐-전단면-파단면-버의 전단 단부면이다. 한편, 도 2에서는, 처짐-전단면-파단면-전단면-파단면-버의 전단 단부면이다. 여기서, 처짐이란 R형상의 매끄러운 면의 영역이고, 전단면이란 전단 변형에 의해 분리된 편칭 단부면의 영역이고, 파단면이란 날끝 근방에서 발생한 균열에 의해 분리된 편칭 단부면의 영역이고, 버란 열연 강판의 하면으로부터 비어져 나온 돌기를 갖는 면이다.
- [0242] 얻어진 전단 단부면 중, 압연 방향에 수직인 면 2면, 및 압연 방향에 평행한 면 2면에 있어서, 예를 들어 도 2에 도시하는 바와 같은, 전단면-파단면-전단면이 보이는 경우에는, 2차 전단면이 형성되었다고 판단하였다. 각 편칭 구멍에 대하여 4면, 합계 12면을 관찰하고, 2차 전단면이 나타난 면이 하나도 없는 경우에, 우수한 전단 가공성을 갖는 열연 강판이라고 하여 합격으로 판정하였다. 한편, 2차 전단면이 하나라도 형성된 경우에, 우수한 전단 가공성을 갖는 열연 강판이 아니라고 하여 불합격으로 판정하였다. 합격으로 판정한 예에 대해서는 표 중의 전단 가공성의 란에 「Good」으로 기재하고, 불합격으로 판정한 예에는 표 중에 「NG」로 기재하였다.

강 No.	질량% 잔부는 Fe 및 불순물													비고
	C	Si	Mn	Ti	Nb	V	Ti+Nb+V	sol. Al	P	S	N	O		
A	0.061	1.45	1.92	0.087			0.087	0.029	0.013	0.0005	0.0030	0.0024	본 발명에	
B	0.098	1.27	1.60	0.093			0.093	0.026	0.002	0.0025	0.0015	0.0028	본 발명에	
C	0.159	1.34	1.91	0.126			0.126	0.071	0.019	0.0046	0.0027	0.0015	본 발명에	
D	0.110	0.51	1.66	0.086			0.086	0.039	0.024	0.0042	0.0035	0.0019	본 발명에	
E	0.083	2.80	1.96	0.111			0.111	0.035	0.026	0.0025	0.0029	0.0031	본 발명에	
F	0.102	0.98	1.35	0.098			0.098	0.063	0.018	0.0049	0.0030	0.0013	본 발명에	
G	0.103	1.22	3.63	0.103	0.039		0.142	0.026	0.023	0.0006	0.0030	0.0046	본 발명에	
H	0.102	0.82	1.87	0.060			0.060	0.057	0.019	0.0028	0.0035	0.0028	본 발명에	
I	0.104	1.19	1.85			0.140	0.140	0.033	0.007	0.0053	0.0023	0.0030	본 발명에	
J	0.096	1.13	1.87	0.030	0.033	0.075	0.138	0.036	0.021	0.0052	0.0028	0.0042	본 발명에	
K	0.096	0.94	1.92	0.124			0.124	0.050	0.022	0.0041	0.0019	0.0036	본 발명에	
L	0.082	0.90	1.82	0.109			0.109	0.057	0.031	0.0031	0.0047	0.0029	본 발명에	
M	0.090	1.20	1.70	0.107		0.061	0.168	0.051	0.031	0.0030	0.0037	0.0046	본 발명에	
N	0.085	1.13	1.59	0.102			0.102	0.043	0.019	0.0045	0.0049	0.0027	본 발명에	
O	0.106	1.13	1.86		0.203		0.203	0.054	0.015	0.0026	0.0031	0.0031	본 발명에	
P	0.044	1.02	1.89	0.123			0.123	0.022	0.001	0.0032	0.0047	0.0027	비교예	
Q	0.262	0.95	1.81	0.118			0.118	0.062	0.013	0.0039	0.0049	0.0060	비교예	
R	0.095	3.19	1.75	0.100			0.100	0.028	0.021	0.0021	0.0034	0.0038	비교예	
S	0.096	0.93	0.73	0.129			0.129	0.057	0.010	0.0006	0.0062	0.0004	비교예	
T	0.115	1.18	1.89	0.037	0.011		0.048	0.040	0.015	0.0053	0.0025	0.0051	비교예	
U	0.078	1.48	2.10	0.105			0.105	0.309	0.011	0.0026	0.0042	0.0024	본 발명에	
V	0.065	1.88	2.40	0.086			0.086	0.384	0.023	0.0013	0.0027	0.0024	본 발명에	
W	0.237	1.07	1.88	0.070			0.070	0.063	0.014	0.0030	0.0026	0.0025	본 발명에	
X	0.215	1.35	1.52	0.132	0.130	0.110	0.372	0.052	0.021	0.0024	0.0032	0.0024	본 발명에	

[표 1]   
 밑줄은 본 발명의 범위 외인 것을 나타낸다.

[0243]

[0244]

[0245]

[표 2]

강 No.	질량% 잔부는 Fe 및 불순물														비고	
	Cu	Cr	Mo	Ni	B	Ca	Mg	REM	Bi	As	Zr	Co	Zn	W		Sn
A						0.0036	0.0014									본 발명에
B																본 발명에
C							0.0035									본 발명에
D		0.38	0.18	0.39												본 발명에
E								0.0050					0.27			본 발명에
F																본 발명에
G											0.03					본 발명에
H																본 발명에
I																본 발명에
J																본 발명에
K	0.22										0.13					본 발명에
L		0.27														본 발명에
M			0.15												0.03	본 발명에
N				0.36												본 발명에
O					0.0041							0.02				본 발명에
P																비교에
Q																비교에
R																비교에
S																비교에
T																비교에
U										0.095						본 발명에
V																본 발명에
W																본 발명에
X																본 발명에

밑줄은 본 발명의 범위 외인 것을 나타낸다.

[0246]

[0247] [표 3A]

제조 No.	강 No.	700℃ 이상, 850℃ 이하의 온도역에서의 유지 시간	가열 온도	1100℃ 이상의 온도역에서의 유지 시간	850℃ 이상, 1100℃ 이하의 판 두께 감소율	최종단으로부터 1단 전의 압연 후, 최종단의 압연 전의 부하 용력	열간 압연 완료 온도 Tf	최종단의 압하율	비고
		s	℃	s	%	kPa	℃	%	
1	A	1556	1219	9329	97	200	943	9	본 발명에
2	B	1426	1219	9101	94	212	973	9	본 발명에
3	B	800	1272	8925	91	223	931	10	비교예
4	B	1096	1222	9271	89	212	951	12	비교예
5	B	1232	1207	5610	95	201	959	11	비교예
6	B	1402	1208	9560	96	162	986	12	비교예
7	B	1535	1209	8943	93	222	1035	8	비교예
8	B	1420	1255	8065	91	197	986	6	비교예
9	B	1283	1250	9132	97	231	947	10	비교예
10	B	1276	1287	9567	95	229	951	12	본 발명에
11	B	1315	1226	8950	93	229	962	10	비교예
12	B	1467	1205	9526	96	204	941	10	비교예
13	B	1119	1251	8984	97	211	970	11	비교예
14	B	1501	1286	9325	94	227	932	8	비교예
15	B	1405	1280	9031	96	203	935	9	비교예
16	C	1353	1289	9123	94	214	946	8	본 발명에
17	D	1592	1233	9741	95	202	987	8	본 발명에
18	E	1596	1197	9293	93	226	948	11	본 발명에
19	F	1592	1188	9340	90	201	941	8	본 발명에
20	G	1410	1203	9296	92	214	1002	28	본 발명에
21	H	1540	1272	9502	94	176	957	9	본 발명에
22	I	1458	1214	9018	94	210	921	11	본 발명에
23	J	1547	1280	9528	96	211	961	11	본 발명에
24	K	1356	1293	9422	99	217	946	11	본 발명에
25	L	1434	1275	9319	97	213	938	12	본 발명에

밑줄은 본 발명의 범위 외, 또는 제조 조건이 바람직하지 않은 것을 나타낸다.

[0248]

[0249] [표 3B]

제조 No.	강 No.	700℃ 이상, 850℃ 이하의 온도역에서의 유지 시간	가열 온도	1100℃ 이상의 온도역에서의 유지 시간	850℃ 이상, 1100℃ 이하의 판 두께 감소율	최종단으로부터 1단 전의 압연 후, 최종단의 압연 전의 부하 용력	열간 압연 완료 온도 Tf	최종단의 압하율	비고
		s	℃	s	%	kPa	℃	%	
26	M	1294	1268	8920	95	223	967	9	본 발명에
27	N	1166	1202	9502	97	212	936	11	본 발명에
28	O	1201	1241	9571	96	231	965	10	본 발명에
<u>29</u>	<u>P</u>	1450	1274	9202	95	217	969	12	비교예
<u>30</u>	<u>Q</u>	1211	1292	8882	95	205	933	8	비교예
<u>31</u>	<u>R</u>	1582	1298	9098	96	227	937	11	비교예
<u>32</u>	<u>S</u>	1398	1285	9423	95	212	980	11	비교예
<u>33</u>	<u>I</u>	1424	1270	9553	97	221	959	12	비교예
<u>34</u>	<u>U</u>	<u>887</u>	1244	9060	96	237	949	12	비교예
35	U	2227	1237	9446	97	217	914	12	본 발명에
36	U	1472	1243	11930	95	204	948	13	본 발명에
<u>37</u>	<u>U</u>	1233	1230	<u>5840</u>	94	208	944	9	비교예
38	U	1357	1204	9426	93	202	931	12	본 발명에
39	U	1495	1265	9079	97	232	978	12	본 발명에
<u>40</u>	<u>U</u>	1319	1216	8864	96	220	940	10	비교예
<u>41</u>	<u>U</u>	1196	1257	9393	94	220	934	11	비교예
<u>42</u>	<u>U</u>	1311	1269	8948	92	229	934	9	비교예
43	U	908	1267	9168	94	214	941	11	본 발명에
44	U	1335	1240	6663	96	219	968	13	본 발명에
<u>45</u>	<u>V</u>	1313	1255	9124	96	203	974	10	비교예
46	V	1262	1215	9569	93	232	950	9	본 발명에
<u>47</u>	<u>V</u>	1255	1237	9053	94	242	943	12	비교예
48	W	1501	1287	9123	90	212	937	11	본 발명에
49	X	1495	1285	9553	95	227	959	11	본 발명에
50	G	1405	1203	9202	97	208	1008	12	본 발명에

밑줄은 본 발명의 범위 외, 또는 제조 조건이 바람직하지 않은 것을 나타낸다.

[0250]

[표 4A]

제조 No.	강 No.	840°C 이상, 900°C 미만	열간 압연의 최종단의 압연 후, 경압연의 최종도의 압연 전의 부하 용력	경압연의 최종단의 압연 후, 경압연이 800°C로 냉각될 때까지의 부하 용력	가속 냉각의 평균 냉각 속도	가속 냉각의 냉각 정지 온도	600°C 이상, 680°C 미만	권취 온도/냉각 속도	권취 온도	비고
		미만의 온도역에 있어서의 경압연의 부하 용력 (%)	kPa	kPa	°C/s	°C	600°C 이상, 680°C 미만의 온도역에 있어서의 완행각 시간 (s)	°C/s	°C	
1	A	6	96	47	104	661	3.8	112	50	본 발명에
2	B	6	100	152	97	666	3.4	118	50	본 발명에
3	B	6	81	50	80	672	4.0	102	50	비교예
4	B	6	117	182	110	643	3.2	102	50	비교예
5	B	6	102	137	102	673	3.9	148	50	비교예
6	B	6	119	180	114	666	3.2	120	50	비교예
7	B	6	90	114	89	658	3.9	163	50	비교예
8	B	6	63	94	59	644	2.1	112	50	비교예
9	B	4	80	92	78	625	3.2	94	50	비교예
10	B	6	88	78	93	628	4.8	79	50	본 발명에
11	B	6	126	184	127	667	1.3	102	50	비교예
12	B	6	202	92	41	644	4.5	129	50	비교예
13	B	6	108	201	106	697	4.4	83	50	비교예
14	B	6	118	178	119	670	4.4	45	50	비교예
15	B	6	95	133	99	640	3.4	7	50	비교예
16	C	6	82	51	90	662	3.9	147	50	본 발명에
17	D	6	96	85	104	678	4.5	150	50	본 발명에
18	E	6	107	127	116	602	4.3	102	50	본 발명에
19	F	6	89	53	97	638	4.1	144	50	본 발명에
20	G	6	113	75	115	625	4.5	82	50	본 발명에
21	H	6	117	148	115	627	3.4	137	50	본 발명에
22	I	6	103	82	101	647	2.3	142	50	본 발명에
23	J	6	102	18	98	665	3.0	82	50	본 발명에
24	K	6	112	103	118	667	4.4	104	50	본 발명에
25	L	6	112	49	106	626	3.2	103	50	본 발명에

밑줄은 본 발명의 범위 외, 또는 제조 조건이 바람직하지 않은 것을 나타낸다.

[0251]

[0252]

[0253]

[표 4B]

밑줄은 본 발명의 범위 외, 또는 제조 조건이 바람직하지 않은 것을 나타낸다.

제조 No.	강 No.	840°C 이상 900°C 미만의 온도역에 있어서의 경압하의 판 두께 감소 %	열간 압연의 최종단의 압연 후, 경압하의 최종의 압연 전의 부하 용력 kPa	경압하의 최종단의 압연 후, 강판이 800°C로 평균될 때까지의 부하 용력 kPa	가속 냉각의 평균 냉각 속도 °C/s	가속 냉각의 냉각 경계 온도 °C	600°C 이상, 680°C 미만의 온도역에 있어서의 완냉각 시간 s	권취 온도까지의 평균 냉각 속도 °C/s	권취 온도 °C	비고
26	M	6	110	161	106	673	3.1	91	50	본 발명에
27	N	6	128	180	125	672	2.0	131	50	본 발명에
28	O	6	121	177	120	633	3.3	143	50	본 발명에
29	P	6	92	26	104	614	3.1	122	50	비교예
30	Q	6	112	143	83	675	4.0	125	50	비교예
31	R	6	106	98	100	646	3.5	133	50	비교예
32	S	6	125	104	109	664	4.4	99	50	비교예
33	T	6	101	150	114	625	3.1	133	50	비교예
34	U	6	53	150	92	628	3.5	114	50	비교예
35	U	6	97	88	103	632	3.2	130	210	본 발명에
36	U	6	109	85	103	652	3.1	152	50	본 발명에
37	U	6	115	45	118	665	3.7	100	50	비교예
38	U	6	113	47	106	673	3.8	108	50	본 발명에
39	U	6	127	57	55	661	3.6	101	50	본 발명에
40	U	6	113	205	100	620	4.9	136	50	비교예
41	U	9	107	53	114	655	4.8	120	50	비교예
42	U	6	81	171	120	649	1.9	87	50	비교예
43	U	6	98	30	109	668	4.0	121	50	본 발명에
44	U	6	100	187	126	622	3.8	135	140	본 발명에
45	V	6	204	75	117	675	3.1	60	320	비교예
46	V	6	102	104	120	630	4.0	114	50	본 발명에
47	V	6	105	125	116	595	3.7	105	50	비교예
48	W	6	97	104	109	677	4.1	61	50	본 발명에
49	X	6	102	98	114	673	8.2	133	50	본 발명에
50	G	6	127	88	103	665	3.1	99	50	본 발명에

[0254]

계조 No.	강 No.	잡류 오스테나이트		페라이트		펠라이트		잔부 조직		페라이트 중의 평균 탄화물의 평균 구상량 반경 mm	페라이트 중의 평균 개수 밀도 ×10 <sup>16</sup> 개/cm <sup>3</sup>	D값	I값	Mn 표준 편차 질량%	비고
		면적%	면적%	면적%	면적%	면적%	면적%								
1	A	0.0	59.6	0.0	40.4	9.1	1.39	11.4	1.050	0.43	본 발명에				
2	B	0.0	26.8	0.0	73.2	6.2	0.62	10.8	1.021	0.46	본 발명에				
3	B	0.0	31.4	0.0	68.6	4.6	0.83	11.2	1.024	0.65	비교예				
4	B	0.0	30.1	0.0	69.9	7.4	0.49	10.8	1.023	0.62	비교예				
5	B	0.0	26.0	0.0	74.0	9.1	0.63	11.0	1.023	0.65	비교예				
6	B	0.0	23.3	0.0	76.7	7.2	0.14	10.5	1.020	0.45	비교예				
7	B	0.0	31.8	0.0	68.2	3.0	1.19	10.3	1.037	0.43	비교예				
8	B	0.0	26.5	0.0	73.5	7.8	0.12	10.5	1.032	0.45	비교예				
9	B	0.0	20.4	0.0	79.6	0.4	1.27	10.7	1.033	0.44	비교예				
10	B	0.0	27.9	0.0	72.1	9.4	0.63	11.2	1.043	0.49	본 발명에				
11	B	0.0	8.3	0.0	91.7	6.8	0.08	11.0	1.021	0.45	비교예				
12	B	0.0	57.0	5.9	37.1	8.1	1.55	10.6	1.066	0.49	비교예				
13	B	0.0	59.5	0.0	40.5	5.1	1.53	10.5	1.096	0.40	비교예				
14	B	0.0	44.7	5.1	50.2	0.4	0.09	10.8	1.053	0.41	비교예				
15	B	5.5	59.6	9.2	25.7	11.1	0.07	11.1	1.087	0.40	비교예				
16	C	1.4	16.0	0.0	82.6	7.6	0.57	11.1	1.039	0.47	본 발명에				
17	D	0.0	17.2	0.0	82.8	5.7	1.00	11.2	1.031	0.51	본 발명에				
18	E	2.2	51.3	0.0	46.5	6.4	1.37	11.1	1.069	0.42	본 발명에				
19	F	0.0	42.9	0.0	57.1	5.2	0.58	10.7	1.040	0.50	본 발명에				
20	G	0.0	15.3	0.0	84.7	2.7	1.24	11.1	1.023	0.58	본 발명에				
21	H	0.0	25.3	0.0	74.7	5.2	0.56	10.7	1.022	0.47	본 발명에				
22	I	0.0	15.2	0.0	84.8	0.7	1.13	10.9	1.022	0.50	본 발명에				
23	J	0.0	28.1	0.0	71.9	8.7	0.15	11.1	1.021	0.42	본 발명에				
24	K	0.0	32.5	0.0	67.5	1.6	1.26	11.2	1.033	0.51	본 발명에				
25	L	0.0	31.2	0.0	68.8	7.3	0.36	10.9	1.021	0.43	본 발명에				

[표 5A] 밀물은 본 발명의 범위 외, 또는 특성이 바람직하지 않은 것을 나타낸다.

[0255]

[0256]

[0257]

[표 5B]

밑줄은 본 발명의 범위 외, 또는 특성이 바람직하지 않은 것을 나타낸다.

계조 No.	강 No.	잔류 오스테나이트		페라이트		펠라이트		잔부 조직		페라이트 중의 합금 원화물의 평균 구상량 반경		페라이트 중의 합금 원화물의 평균 개수 밀도		E값	I값	Mn 표준 편차	비교
		면적%	면적%	면적%	면적%	면적%	면적%	nm	×10 <sup>16</sup> 개/cm <sup>3</sup>								
26	M	0.0	34.9	0.0	65.1	5.2	0.96	11.0	1.030	0.50	본 발명에						
27	N	0.0	18.7	0.0	81.3	9.8	0.15	11.1	1.023	0.40	본 발명에						
28	O	0.0	30.2	0.0	69.8	7.7	0.40	11.1	1.025	0.39	본 발명에						
29	P	0.0	<u>82.6</u>	0.0	<u>17.4</u>	<u>0.3</u>	0.12	10.9	1.092	0.49	비교에						
30	Q	2.1	<u>2.0</u>	0.0	<u>95.9</u>	9.9	0.24	10.9	<u>1.017</u>	0.45	비교에						
31	R	2.6	<u>68.1</u>	0.0	<u>29.3</u>	9.0	1.44	10.9	1.055	0.48	비교에						
32	S	0.0	<u>74.0</u>	0.0	<u>26.0</u>	6.8	0.83	11.2	1.085	0.46	비교에						
33	T	0.0	27.3	0.0	72.7	8.0	<u>0.09</u>	11.0	1.032	0.45	비교에						
34	U	0.0	57.8	0.0	42.2	8.1	1.41	11.1	1.031	<u>0.62</u>	비교에						
35	U	0.0	51.7	0.0	48.3	8.4	0.48	10.8	1.025	0.41	본 발명에						
36	U	0.0	36.8	0.0	63.2	9.2	0.26	10.9	1.025	0.45	본 발명에						
37	U	0.0	54.6	0.0	45.4	5.2	0.36	10.8	1.033	<u>0.61</u>	비교에						
38	U	0.0	53.9	0.0	46.1	8.1	0.39	11.3	1.040	0.51	본 발명에						
39	U	0.0	38.1	0.0	61.9	8.5	1.39	11.0	1.035	0.45	본 발명에						
40	U	0.0	59.1	0.0	40.9	6.1	0.31	10.6	1.029	0.46	비교에						
41	U	0.0	41.6	0.0	58.4	<u>10.3</u>	0.08	10.7	1.027	0.47	비교에						
42	U	0.0	<u>11.5</u>	0.0	<u>88.5</u>	3.9	<u>0.06</u>	11.2	1.036	0.43	비교에						
43	U	0.0	56.1	0.0	43.9	5.0	1.10	11.1	1.023	0.53	본 발명에						
44	U	0.0	59.3	0.0	40.7	8.9	0.44	11.1	1.033	0.55	본 발명에						
45	V	0.0	36.2	0.0	63.8	0.6	0.11	<u>10.5</u>	1.107	0.45	비교에						
46	V	0.0	43.1	0.0	56.9	4.1	1.44	11.2	1.028	0.48	본 발명에						
47	V	0.0	<u>11.0</u>	0.0	<u>89.0</u>	<u>0.3</u>	<u>0.09</u>	11.0	1.031	0.44	비교에						
48	W	2.4	16.2	4.7	76.7	5.3	0.88	11.1	1.025	0.39	본 발명에						
49	X	2.1	17.6	3.0	77.3	9.2	0.58	10.8	1.035	0.51	본 발명에						
50	G	0.0	36.8	0.0	63.2	3.0	1.24	11.2	1.027	0.43	본 발명에						

[0258]

[0259] [표 6A]

제조 No.	강 No.	판 두께	인장 강도 TS	전연신율 EI	TS × EI	피로 특성 (반복 경화 발생의 유무)	전단 가공성 (2차 전단면의 유무)	비고
		mm	MPa	%	MPa · %			
1	A	2.6	991	17.3	17144	Good	Good	본 발명에
2	B	2.6	1020	15.6	15912	Good	Good	본 발명에
3	B	2.6	1014	15.8	16021	Good	NG	비교예
4	B	2.6	1001	15.1	15115	Good	NG	비교예
5	B	2.6	1032	15.1	15583	Good	NG	비교예
6	B	2.6	1033	14.4	14875	Good	NG	비교예
7	B	2.6	1026	13.9	14261	Good	NG	비교예
8	B	2.6	1008	15.3	15422	Good	NG	비교예
9	B	2.6	1084	12.4	13442	NG	Good	비교예
10	B	2.6	1043	15.5	16167	Good	Good	본 발명에
11	B	2.6	1086	9.6	10426	NG	Good	비교예
12	B	2.6	966	9.4	9080	NG	NG	비교예
13	B	2.6	995	16.0	15920	NG	NG	비교예
14	B	2.6	965	8.9	8589	NG	Good	비교예
15	B	2.6	915	7.2	6588	NG	NG	비교예
16	C	6.0	1591	13.0	20683	Good	Good	본 발명에
17	D	2.6	997	14.6	14556	Good	Good	본 발명에
18	E	2.6	1139	13.1	14921	Good	Good	본 발명에
19	F	1.6	998	16.8	16766	Good	Good	본 발명에
20	G	2.6	1306	10.4	13582	Good	Good	본 발명에
21	H	2.6	983	16.4	16121	Good	Good	본 발명에
22	I	2.6	1026	13.3	13646	Good	Good	본 발명에
23	J	2.6	1003	13.8	13841	Good	Good	본 발명에
24	K	2.6	1045	16.2	16929	Good	Good	본 발명에
25	L	2.6	992	15.3	15178	Good	Good	본 발명에

밑줄은 본 발명의 범위 외, 또는 특성이 바람직하지 않은 것을 나타낸다.

[0260]

[0261] [표 6B]

제조 No.	강 No.	판 두께	인장 강도 TS	전연신율 EI	TS × EI	피로 특성 (반복 경화 발생의 유무)	전단 가공성 (2차 전단면의 유무)	비고
		mm	MPa	%	MPa · %			
26	M	2.6	1034	15.1	15613	Good	Good	본 발명에
27	N	2.6	1013	13.2	13372	Good	Good	본 발명에
28	O	2.6	992	15.6	15475	Good	Good	본 발명에
29	P	2.6	902	16.0	14432	NG	Good	비교예
30	Q	2.6	1895	9.2	17434	Good	NG	비교예
31	R	2.6	1020	9.6	9792	Good	Good	비교예
32	S	2.6	977	17.8	17391	Good	Good	비교예
33	I	2.6	939	15.9	14930	NG	Good	비교예
34	U	3.2	1044	15.5	16182	Good	NG	비교예
35	U	3.2	1026	14.4	14774	Good	Good	본 발명에
36	U	3.2	1057	14.5	15327	Good	Good	본 발명에
37	U	3.2	1031	14.2	14640	Good	NG	비교예
38	U	3.2	1071	15.5	16601	Good	Good	본 발명에
39	U	3.2	1057	14.9	15749	Good	Good	본 발명에
40	U	3.2	1055	15.3	16142	Good	NG	비교예
41	U	3.2	1044	16.1	16808	NG	NG	비교예
42	U	3.2	1092	11.4	12449	NG	Good	비교예
43	U	3.2	1026	15.5	15903	Good	Good	본 발명에
44	U	3.2	1038	15.0	15570	Good	Good	본 발명에
45	V	2.9	1032	18.6	19195	Good	NG	비교예
46	V	2.9	1049	15.6	16364	Good	Good	본 발명에
47	V	2.9	1093	9.7	10602	NG	Good	비교예
48	W	2.6	1076	14.2	15279	Good	Good	본 발명에
49	X	2.6	1127	13.3	14989	Good	Good	본 발명에
50	G	2.6	1031	14.9	15362	Good	Good	본 발명에

밑줄은 본 발명의 범위 외, 또는 특성이 바람직하지 않은 것을 나타낸다.

[0262]

[0263]

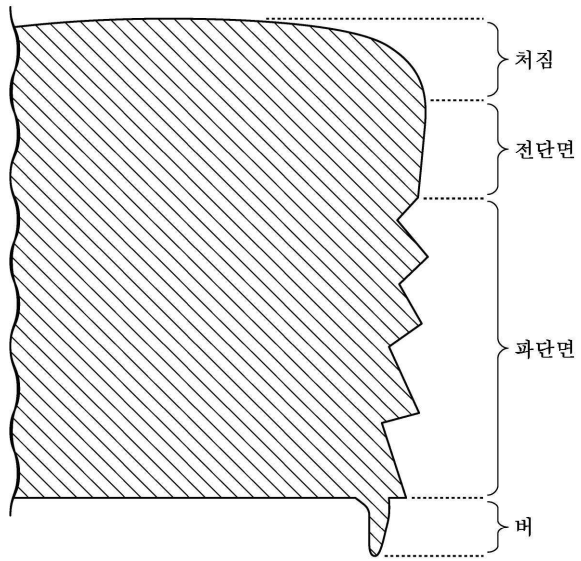
표 5A 내지 표 6B를 보면, 본 발명에 관한 열연 강판은, 높은 강도를 가지면서, 우수한 연성, 피로 특성 및 전단 가공성을 갖는 것을 알 수 있다.

[0264]

한편, 비교예에 관한 열연 강판은, 상기 특성 중 어느 하나 이상을 갖지 않는 것을 알 수 있다.

도면

도면1



도면2

