



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0128926
(43) 공개일자 2024년08월27일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 C22C 38/04 (2006.01) C21D 8/02 (2006.01)
 C22C 38/00 (2006.01) C22C 38/02 (2006.01)
 C22C 38/06 (2006.01) C22C 38/12 (2006.01)
 C22C 38/14 (2006.01) C22C 38/42 (2006.01)
 C22C 38/44 (2006.01) C22C 38/54 (2006.01)
 C22C 38/58 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
 C22C 38/04 (2013.01)
 C22C 38/005 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2024-7024648
- (22) 출원일자(국제) 2023년01월27일
 심사청구일자 2024년07월22일
- (85) 번역문제출일자 2024년07월22일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2023/002651
- (87) 국제공개번호 WO 2023/149374
 국제공개일자 2023년08월10일
- (30) 우선권주장
 JP-P-2022-015116 2022년02월02일 일본(JP)

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

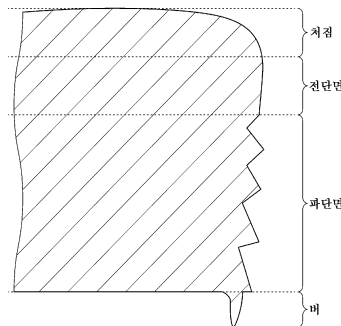
전체 청구항 수 : 총 2 항

(54) 발명의 명칭 **열연 강판**

(57) 요약

이 열연 강판은, 원하는 화학 조성 및 금속 조직을 갖고, 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 구 상당 반경이 0.5nm 이상, 5.0nm 미만이고, 평균 개수 밀도가 3.5×10^{16} 개/cm³ 이상이고, 상기 금속 조직의 주기성을 나타내는 E값이 10.7 이상이고, 상기 금속 조직의 균일성을 나타내는 I값이 1.020 이상이고, Mn 농도의 표준 편차가 0.60 질량% 이하이고, 인장 강도가 980MPa 이상이다.

대표도



(52) CPC특허분류

C22C 38/008 (2013.01)
C22C 38/02 (2013.01)
C22C 38/06 (2013.01)
C22C 38/12 (2013.01)
C22C 38/14 (2013.01)
C22C 38/42 (2013.01)
C22C 38/44 (2013.01)
C22C 38/54 (2013.01)
C22C 38/58 (2013.01)

(72) 발명자

츠츠이 가즈마사

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

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 0.020%,

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,

필라이트가 5.0% 미만이고,

상기 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 구 상당 반경이 0.5nm 이상, 5.0nm 미만이고, 평균 개수 밀도가 3.5×10^{16} 개/cm³ 이상이고,

상기 금속 조직의 주기성을 나타내는 E값이 10.7 이상이고,

상기 금속 조직의 균일성을 나타내는 I값이 1.020 이상이고,

Mn 농도의 표준 편차가 0.60질량% 이하이고,
인장 강도가 980MPa 이상인 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%, 및
Bi: 0.0005 내지 0.020%
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 2월 2일에, 일본에 출원된 일본 특허 출원 제2022-015116호에 기초하여 우선권을 주장하고, 그 내용을 여기에 원용한다.

배경 기술

- [0003] 근년, 지구 환경 보호의 관점에서, 많은 분야에 있어서 탄산 가스 배출량의 삭감에 몰두하고 있다. 자동차 메이커에 있어서도 저연비화를 목적으로 한 차체 경량화의 기술 개발이 활발히 행해지고 있다. 그러나 탑승자의 안전 확보를 위해 내충돌 특성의 향상에도 중점을 두기 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 부응하기 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-파단면-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 이상인 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, 펀칭 후의 버 높이를 제어하는 기술이 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 2005-179703호 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) 584-596
- (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.474-485

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 이들 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 것이고, 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 0.020%,
- [0033] Zr, Co, Zn 및 W 중 1종 또는 2종 이상: 합계로 0 내지 1.00%, 그리고
- [0034] 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, 5.0nm 미만이고, 평균 개수 밀도가 3.5×10^{16} 개/cm³ 이상이고,
- [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% 이하이고,
- [0045] 인장 강도가 980MPa 이상이다.
- [0046] (2) 상기 (1)에 기재된 열연 강관은, 상기 화학 조성이, 질량%로,
- [0047] Cu: 0.01 내지 2.00%,
- [0048] Cr: 0.01 내지 2.00%,
- [0049] Mo: 0.01 내지 1.00%,
- [0050] Ni: 0.02 내지 2.00%,
- [0051] B: 0.0001 내지 0.0100%,
- [0052] Ca: 0.0005 내지 0.0200%,
- [0053] Mg: 0.0005 내지 0.0200%,
- [0054] REM: 0.0005 내지 0.1000%, 및
- [0055] Bi: 0.0005 내지 0.020%
- [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 강관을 얻을 수 있다.
- [0058] 본 발명의 상기 양태에 관한 열연 강관은, 자동차 부재, 기계 구조 부재 나아가 건축 부재에 사용되는 산업용 소재로서 적합하다.

도면의 간단한 설명

- [0059] 도 1은 본 발명에 관한 열연 강관의 전단 단부면의 일례이다.
- 도 2는 비교예에 관한 열연 강관의 전단 단부면의 일례이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0060] 본 실시 형태에 관한 열연 강관의 화학 조성 및 금속 조직에 대해서, 이하에 보다 구체적으로 설명한다. 단, 본 발명은 본 실시 형태에 개시된 구성에만 제한되지 않고, 본 발명의 취지를 일탈하지 않는 범위에서 다양한 변경이 가능하다.
- [0061] 이하에 「내지」를 사이에 두고 기재하는 수치 한정 범위에는, 하한값 및 상한값이 그 범위에 포함된다. 「미만」 또는 「초과」라고 나타내는 수치에는, 그 값이 수치 범위에 포함되지 않는다. 이하의 설명에 있어서, 열연 강관의 화학 조성에 관한 %는 특별히 지정하지 않는 한 질량%이다.
- [0062] 화학 조성
- [0063] 본 실시 형태에 관한 열연 강관은, 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% 이상, 보다 바람직하게는 0.070% 이상, 한층 더 바람직하게는 0.080% 이상이다.
- [0066] 한편, C 함유량이 0.250% 초과이면, 페라이트의 면적률이 저하됨으로써, 열연 강관의 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 강관의 연성을 향상시키는 작용과, 페라이트를 고용 강화하여 열연 강관의 강도를 상승시키는 작용을 갖는다. 또한, Si는 탈산에 의해 강을 건전화하는(강에 블로우홀 등의 결함이 발생하는 것을 억제하는) 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, 강관의 표면 성상 및 화성 처리성, 나아가 연성 및 용접성이 현저하게 열화됨과 함께, A₃ 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 강관의 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 석출되어, 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 전부가 함유되어 있을 필요는 없으며, 어느 1종이라도 포함되어 있으면 되고, 그 함유량이 0.060% 이상이면 된다. Ti, Nb 및 V의 합계의 함유량은, 바람직하게는 0.080% 이상, 보다 바람직하게는 0.100% 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, 한층 더 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 촉진하여, 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 1.500% 이하, 보다 바람직하게는 1.000% 이하, 한층 더 바람직하게는 0.500% 이하이다.

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

[0080] P: 0.100% 이하

[0081] P는, 일반적으로 불순물로서 함유되는 원소이지만, 고용 강화에 의해 열연 강판의 강도를 높이는 작용을 갖는 원소이기도 하다. 따라서, P를 적극적으로 함유시켜도 된다. 그러나 P는 편석되기 쉬운 원소로, 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, 0%로 해도 된다. P 함유량은, 정련 비용의 관점에서, 0.001%로 하는 것이 바람직하다.

[0082] S: 0.0300% 이하

[0083] S는, 불순물로서 함유되는 원소이며, 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, 0%로 해도 된다. S 함유량은, 정련 비용의 관점에서, 0.0001%로 하는 것이 바람직하다.

[0084] N: 0.1000% 이하

[0085] N은, 불순물로서 강 중에 함유되는 원소이며, 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, 한층 더 바람직하게는 0.0100% 이하 또는 0.0050% 이하이다. N 함유량의 하한은 특별히 규정할 필요는 없지만, 0%로 해도 된다. N 함유량은, Ti, Nb 및 V 중 1종 또는 2종 이상을 함유시켜 금속 조직을 보다 미세화하는 경우에는, 탄질화물의 석출을 촉진시키기 위하여 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% 이하, 보다 바람직하게는 0.0055% 이하 또는 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 강관의 퀴칭성을 높이는 작용을 갖는다. 또한, Cu 및 Mo는 강 중에 탄화물로서 석출되어 열연 강관의 강도를 높이는 작용을 갖는다. 또한, Ni는, Cu를 함유시키는 경우에 있어서는, Cu에 기인하는 슬래브의 입계 갈라짐을 효과적으로 억제하는 작용을 갖는다. 따라서, 이들 원소 중 1종 또는 2종 이상을 함유시켜도 된다.
- [0096] 상술한 바와 같이 Cu는, 열연 강관의 퀴칭성을 높이는 작용 및 저온에서 강 중에 탄화물로서 석출되어 열연 강관의 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 강관의 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 강관의 화성 처리성이 현저하게 저하된다. 따라서, Cr 함유량은 2.00% 이하로 한다.
- [0098] 상술한 바와 같이 Mo는, 열연 강관의 퀴칭성을 높이는 작용 및 강 중에 탄화물로서 석출되어 열연 강관의 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% 초과로 해도 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 강관의 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 강관의 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 강관의 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 0.020%
- [0105] Ca, Mg 및 REM은, 모두 강 중의 개재물의 형상을 바람직한 형상으로 조정함으로써, 열연 강관의 연성을 높이는 작용을 갖는다. 또한, Bi는, 응고 조직을 미세화함으로써, 열연 강관의 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 초과하면, 혹은 REM 함유량이 0.1000%를 초과하면, 강 중에 개재물이 파인으로 생성되어, 오히려 열연 강관의 연성을 저하시키는 경우가 있다. 또한, Bi 함유량을 0.020% 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 0.020% 이하로 한다. Bi 함유량은, 바람직하게는 0.010% 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] Zr, Co, Zn 및 W 중 1종 또는 2종 이상: 합계로 0 내지 1.00%
- [0108] Sn: 0 내지 0.05%
- [0109] 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 확인했다. 그 때문에, Zr, Co, Zn 및 W 중 1종 또는 2종 이상을 합계로 1.00% 이하 함유시켜도 된다.
- [0110] 또한, 본 발명자들은, Sn을 소량 함유시켜도 본 실시 형태에 관한 열연 강판의 효과는 손상되지 않는 것을 확인했다. 그러나 Sn을 다량으로 함유시키면 열간 압연 시에 흠집이 발생하는 경우가 있기 때문에, Sn 함유량은 0.05% 이하로 한다.
- [0111] 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.
- [0112] 열연 강판의 금속 조직
- [0113] 다음으로, 본 실시 형태에 관한 열연 강판의 금속 조직에 대하여 설명한다.
- [0114] 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, 5.0nm 미만이고, 평균 개수 밀도가 3.5×10^{16} 개/cm³ 이상이고, 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.
- [0115] 본 실시 형태에 관한 열연 강판은 상기 금속 조직을 갖기 때문에, 높은 강도, 우수한 연성, 피로 특성 및 전단 가공성을 얻을 수 있다.
- [0116] 또한, 본 실시 형태에서는, 압연 방향에 평행한 단면에서, 표면으로부터 판 두께의 1/4 깊이(표면으로부터 판 두께의 1/8 깊이 내지 표면으로부터 판 두께의 3/8 깊이의 영역)이면서 판 폭 방향 중앙 위치에 있어서의 금속 조직에 있어서의 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.
- [0117] 잔류 오스테나이트의 면적률: 3.0% 미만
- [0118] 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 현재화되어, 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.
- [0119] 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.
- [0120] 본 실시 형태에 있어서의 X선 회절에 의한 잔류 오스테나이트 면적률의 측정으로는, 먼저, 열연 강판의 판 두께의 1/4 깊이(표면으로부터 판 두께의 1/8 깊이 내지 표면으로부터 판 두께의 3/8 깊이의 영역), 또한 판 폭 방향 중앙 위치에 있어서의, 압연 방향에 평행한 단면에 있어서, Co-K α 선을 사용하여, α (110), α (200), α (211), γ (111), γ (200), γ (220)의 계 6피크의 적분 강도를 구하고, 강도 평균법을 사용하여 잔류 오스테나이트

트의 체적률을 산출한다. 얻어진 잔류 오스테나이트의 체적률을, 잔류 오스테나이트의 면적률로 간주한다.

- [0121] 페라이트의 면적률: 15.0% 이상, 60.0% 미만
- [0122] 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. 바람직하게는 20.0% 이상이고, 보다 바람직하게는 25.0% 이상이고, 한층 더 바람직하게는 30.0% 이상이다.
- [0123] 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.
- [0124] 펄라이트의 면적률: 5.0% 미만
- [0125] 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. 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 한층 더 바람직하다.
- [0126] 또한, 본 실시 형태에 관한 강판에는, 잔류 오스테나이트, 페라이트 및 펄라이트 이외의 잔부 조직으로서, 합계의 면적률이 32.0% 이상, 85.0% 미만인 베이나이트, 마르텐사이트 및 템퍼링 마르텐사이트 중 1종 또는 2종 이상으로 이루어지는 경질 조직이 포함된다.
- [0127] 금속 조직의 면적률의 측정은, 이하의 방법으로 행한다. 압연 방향에 평행한 판 두께 단면을 경면으로 마무리하고, 실온에서 알칼리성 용액을 포함하지 않는 콜로이드 실리카를 사용하여 8분간 연마하여, 샘플의 표층에 도입된 변형을 제거한다. 샘플 단면의 길이 방향의 임의의 위치에 있어서, 길이 50 μ m, 표면으로부터 판 두께의 1/4 깊이 위치(표면으로부터 판 두께의 1/8 깊이 내지 표면으로부터 판 두께의 3/8 깊이의 영역), 또한 판 폭 방향 중앙 위치의 영역을, 0.1 μ m의 측정 간격으로 전자 후방 산란 회절법에 의해 측정하여 결정 방위 정보를 얻는다. 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 9.6×10^{-5} Pa 이하, 가속 전압은 15kV, 조사 전류 레벨은 13, 전자선의 조사 레벨은 62로 한다.
- [0128] 또한, 동일 시야에서 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 면적을 구함으로써, 페라이트의 면적률을 얻는다.
- [0129] 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 구 상당 반경: 0.5nm 이상, 5.0nm 미만
- [0130] 본 실시 형태에 관한 열연 강판은, 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 구 상당 반경 및 평균 개수 밀도가 바람직하게 제어되어 있기 때문에, 우수한 피로 특성을 갖는다. 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. 한편, 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 구 상당 반경이 5.0nm 이상이면 페라이트의 강도를 충분히 높일 수 없어, 결정립간의 경도차에 기인하여 전단 가공의 극조기에 전단 공구의 날끝으로부터 균열이 발생하여 파단면이 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 5.0nm 미만으로 한다. 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 구 상당 반경은, 바람직하게는 4.0nm 이하, 3.0nm 이하, 2.0nm 이하이고, 보다 바람직하게는 1.5nm 미만이다.
- [0131] 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 개수 밀도: 3.5×10^{16} 개/cm³ 이상

- [0132] 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 개수 밀도가 3.5×10^{16} 개/cm³ 미만이면, 페라이트의 반복 변형에 대한 강도를 충분히 높일 수 없어, 원하는 피로 강도를 얻을 수 없다. 그 때문에, 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 개수 밀도는 3.5×10^{16} 개/cm³ 이상으로 한다. 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 개수 밀도는, 바람직하게는 5.0×10^{16} 개/cm³ 이상, 10.0×10^{16} 개/cm³ 이상 또는 20.0×10^{16} 개/cm³ 이상이다.
- [0133] 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 개수 밀도의 상한은 특별히 규정하지 않지만, 많을수록 바람직하다. 그러나 본 실시 형태에 관한 열연 강판의 화학 조성 및 금속 조직에서는, 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 개수 밀도를 1.0×10^{19} 개/cm³ 초과로 하는 것은 어렵다. 그 때문에, 페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 개수 밀도는 1.0×10^{19} 개/cm³ 이하로 해도 된다.
- [0134] 또한, 본 실시 형태에 있어서 합금 탄화물이란, Ti, Nb, Mo 및 V 중 1종 또는 2종 이상을 포함하는 탄화물을 말한다.
- [0135] 페라이트 중의 합금 탄화물의 구 상당 반경 및 개수 밀도는 3차원 아톰 프로브에 의해 측정한다. 3차원 아톰 프로브 측정에서는, 레이저 파장(λ)을 355nm로 하고, 레이저 파워를 30pJ로 하고, 바늘상 시험편의 온도를 50K으로 한다. 3차원 아톰 프로브 측정에 사용하는 장치는 특별히 한정되지 않는다. 3차원 아톰 프로브 측정 장치는 예를 들어, 아메텍 가부시기가이샤 제조의 상품명 LEAP4000XHR이다.
- [0136] 각 조직의 면적률을 측정한 상술한 EBSD에 의한 관찰 시야 내의 페라이트 입자에 대해서, FIB(집속 이온빔) 장치를 사용하여, 시료를 채취한다. 채취한 시료를 주지의 방법으로 바늘상으로 가공하고, 3차원 아톰 프로브를 이용함으로써, 구 상당 반경 1nm 미만으로부터 수 10nm에 이르는 미세 석출물의 구 상당 반경 및 개수 밀도를 정확하게 측정할 수 있다. 석출물의 개수 밀도는, 후술하는 방법에 의해 합금 탄화물과 식별된 석출물에 대하여, 3차원 아톰 프로브로 측정한 영역에 포함되는 석출물의 개수를 측정 영역의 체적으로 나눔으로써 얻을 수 있다.
- [0137] 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 개수로 나눔으로써 석출물의 체적을 얻는다. 얻어진 석출물의 체적으로부터, 석출물이 구 형상이라고 가정하여 구 상당 반경을 산출한다.
- [0138] 상술한 방법을 30000nm^3 이상의 측정 영역의 체적을 갖는 5개 이상의 측정 데이터로 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.
- [0139] 또한, 관찰된 석출물이 합금 탄화물인지 여부는, 3차원 아톰 프로브에 의해 취득한 데이터를 해석 소프트웨어 IVAS 3.6.14의 Cluster Analysis 기능을 사용하여 식별한다. 해석에는 $d_{\text{max}}=1.2\text{nm}$, Order=10, $N_{\text{min}}=10$, $L=0.5\text{nm}$, $d_{\text{erosion}}=0.5\text{nm}$ 를 해석 파라미터로서 사용하고, Cluster로서 인식된 석출물을 합금 탄화물이라고 판별한다.
- [0140] E값: 10.7 이상
- [0141] I값: 1.020 이상
- [0142] 2차 전단면의 발생을 억제하기 위해서는, 충분히 전단면이 형성된 후에 파단면을 형성시키는 것이 중요하며, 전단 가공 시에 공구의 날끝으로부터 초기에 균열이 발생하는 것을 억제할 필요가 있다. 그러기 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.
- [0143] 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 배열된 조직을 기점으로 하여, 전단 가공의 극초기에 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 바람직하고, 상한은 특별히 규정하지 않지만, 13.0 이하, 12.5 이하 또는 12.0 이하로 해도 된다.

[0144] 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 극조기에 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.

[0145] E값 및 I값은 이하의 방법에 의해 얻을 수 있다.

[0146] 본 실시 형태에 있어서, E값 및 I값을 산출하기 위해 촬영하는 SEM 화상의 촬영 영역은, 압연 방향에 평행한 판 두께 단면에 있어서의, 광면 표면으로부터 판 두께의 1/4 깊이 위치(표면으로부터 판 두께의 1/8 깊이 내지 표면으로부터 판 두께의 3/8 깊이의 영역), 또한 판 폭 방향 중앙 위치로 한다. SEM 화상의 촬영에는, 가부시키가이샤 히타치 하이테크놀러지즈제 SU-6600 쇼트키 전자총을 사용하고, 이미터를 텅스텐으로 하고, 가속 전압을 1.5kV로 한다. 이상의 설정 하에서, 배율 1000배로, 256계조의 그레이스케일로 SEM 화상을 출력한다.

[0147] 다음으로, 얻어진 SEM 화상을 880×880 픽셀의 영역으로 잘라낸 화상에, 비특허문헌 3에 기재된, 콘트라스트 강조의 제한 배율을 2.0으로 한, 타일 그리드 사이즈가 8×8인 평활화 처리를 실시한다. 90도를 제외하고, 0도부터 179도까지 1도마다 반시계 방향으로 평활화 처리 후의 SEM 화상을 회전시켜, 1도마다 화상을 작성함으로써, 합계로 179매의 화상을 얻는다. 다음으로, 이들 179매의 화상 각각에 대하여, 비특허문헌 1에 기재된 GLCM법을 사용하여, 인접하는 픽셀 사이의 휘도의 빈도값을 행렬의 형식으로 채취한다.

[0148] 이상의 방법에 의해 채취된 179개의 빈도값의 행렬을, k를 원화상으로부터의 회전 각도로 하여, $p_k(k=0 \dots 89, 91, \dots 179)$ 라고 표현한다. 각 화상에 대하여, 생성된 p_k 를 모든 $k(k=0 \dots 89, 91 \dots 179)$ 에 대하여 합계한 후에, 각 성분의 총합이 1이 되도록 규격화한 256×256의 행렬 P를 산출한다. 또한, 비특허문헌 2에 기재된 하기 식 (1) 및 식 (2)를 사용하여, E값 및 I값을 각각 산출한다. 하기 식 (1) 및 식 (2)에서는, 행렬 P의 i행 j열 짝의 값을 P_{ij} 로 표기하고 있다.

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

[0149]

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

[0150]

[0151] Mn 농도의 표준 편차: 0.60질량% 이하

[0152] 본 실시 형태에 관한 열연 강판의 표면으로부터 판 두께의 1/4 깊이(표면으로부터 판 두께의 1/8 깊이 내지 표면으로부터 판 두께의 3/8 깊이의 영역)이면서 판 폭 방향 중앙 위치에 있어서의 Mn 농도의 표준 편차는 0.60질량% 이하이다. 이에 의해, 경질상을 균일하게 분산시킬 수 있어, 전단 가공의 극조기에 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 바람직하는데, 제조 프로세스의 제약에 의해, 실질적인 하한은 0.10질량%이다.

[0153] 열연 강판의 압연 방향에 평행한 판 두께 단면을 경면 연마한 후에, 표면으로부터 판 두께의 1/4 깊이(표면으로부터 판 두께의 1/8 깊이 내지 표면으로부터 판 두께의 3/8 깊이의 영역), 또한 판 폭 방향 중앙 위치를 전자 프로브 마이크로애널리저(EPMA)로 측정하여, Mn 농도의 표준 편차를 측정한다. 측정 조건은 가속 전압을 15kV로 하고, 배율을 5000배로 하여 시료 압연 방향으로 20 μ m 및 시료 판 두께 방향으로 20 μ m의 범위의 분포상을 측정한다. 보다 구체적으로는, 측정 간격을 0.1 μ m로 하고, 40000개소 이상의 Mn 농도를 측정한다. 이어서,

모든 측정점으로부터 얻어진 Mn 농도에 기초하여 표준 편차를 산출함으로써, Mn 농도의 표준 편차를 얻는다.

- [0154] 인장 특성
- [0155] 열연 강관의 기계적 성질 중 인장 강도 특성(인장 강도, 전연신율)은, JIS Z 2241:2011에 준거하여 평가한다. 시험편은 JIS Z 2241:2011의 5호 시험편으로 한다. 인장 시험편의 채취 위치는, 판 폭 방향의 단부로부터 1/4 부분으로 하고, 압연 방향에 수직인 방향을 길이 방향으로 하면 된다.
- [0156] 본 실시 형태에 관한 열연 강관은, 인장(최대) 강도가 980MPa 이상이다. 인장 강도는, 바람직하게는 1000MPa 이상이다. 인장 강도를 980MPa 이상으로 함으로써 적용 부품이 한정되는 일 없이, 차체 경량화에 크게 기여할 수 있다. 상한은 특별히 한정할 필요는 없지만, 금형 마모 억제의 관점에서, 1780MPa로 해도 된다.
- [0157] 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 한층 더 바람직하다. 또한, 인장 강도와 전연신율의 곱은 14000MPa·% 이상으로 하는 것이 보다 바람직하고, 15000MPa·% 이상으로 하는 것이 한층 더 바람직하다.
- [0158] 전연신율을 10.0% 이상 또한 인장 강도와 전연신율의 곱을 13000MPa·% 이상으로 함으로써 적용 부품이 한정되는 일 없이, 차체 경량화에 크게 기여할 수 있다.
- [0159] 피로 특성
- [0160] 반복 변형 중에 연화가 발생하면, 피로 수명이 현저하게 감소하는 경우가 있다. 따라서, 반복 변형 중에 연화가 발생하지 않는 것이 바람직하다. 반복 변형 중에 연화가 발생하는지 여부는, 이하의 방법에 의해 판단할 수 있다.
- [0161] 열연 강관의 폭 방향 1/4의 위치에서, 압연 방향과 수직 방향(C 방향)이 길이 방향이 되도록 JIS Z 2275-1978에 준거하여 시험편을 채취한다. 이 시험편을 사용하여, JIS Z 2275-1978에 준거하여 평면 굽힘 피로 시험을 행한다. 과단 반복수가 1×10^5 회 이상, 3×10^5 회 미만이 되는 반복 응력, 3×10^5 회 이상, 3×10^6 회 미만이 되는 반복 응력, 3×10^6 회 이상, 1×10^7 회 미만이 되는 반복 응력으로 평면 굽힘 피로 시험을 행한다. 피로 시험 중의 토크 또는 시험편에 첨부한 변형 게이지의 값을 측정하여, 반복 응력의 변화를 평가한다. 각각의 반복 응력에서의 평면 굽힘 피로 시험에 있어서, 반복 경화율을 구한다. 반복 경화율=(반복수 100회 초과에 있어서의 반복 응력의 최솟값/반복수 100회에 있어서의 반복 응력)으로 정의한다. 각각의 반복 응력에서의 반복 경화율의 최솟값이 1.00 이상인 경우에, 반복 연화가 발생하지 않아, 우수한 피로 특성을 갖는 열연 강관이라고 판단할 수 있다.
- [0162] 판 두께
- [0163] 본 실시 형태에 관한 열연 강관의 판 두께는 특별히 한정되지 않지만, 0.5 내지 8.0mm로 해도 된다. 열연 강관의 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 강관의 판 두께는 0.5mm 이상으로 해도 된다. 바람직하게는 1.2mm 이상 또는 1.4mm 이상이다.
- [0164] 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.
- [0165] 도금층
- [0166] 상술한 화학 조성 및 금속 조직을 갖는 본 실시 형태에 관한 열연 강관은, 표면에 내식성의 향상 등을 목적으로 하여 도금층을 구비시켜 표면 처리 강관으로 해도 된다. 도금층은 전기 도금층이어도 되고 용융 도금층이어도 된다. 전기 도금층으로서, 전기 아연 도금, 전기 Zn-Ni 합금 도금 등이 예시된다. 용융 도금층으로서, 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 무크롬 화성 처리액의 도포와 건조)를 실시하여 내식성을 더 높이는 것도 가능하다.
- [0167] 제조 조건

- [0168] 상술한 화학 조성 및 금속 조직을 갖는 본 실시 형태에 관한 열연 강관의 적합한 제조 방법은, 이하와 같다.
- [0169] 본 실시 형태에 관한 열연 강관을 얻기 위해서는, 소정의 조건에서 슬래브의 가열을 행한 후에 열간 압연을 행하고, 소정의 온도역까지 가속 냉각하고, 그 후 완냉각하고, 권취하기까지의 냉각 이력을 제어하는 것이 효과적이다.
- [0170] 본 실시 형태에 관한 열연 강관의 적합한 제조 방법에서는, 이하의 공정 (1) 내지 (10)을 순차 행한다. 또한, 본 실시 형태에 있어서의 슬래브의 온도 및 강관의 온도는, 슬래브의 표면 온도 및 강관의 표면 온도를 말한다. 또한, 응력은 강관의 압연 방향으로 부하하는 응력을 말한다.
- [0171] (1) 슬래브를 700 내지 850℃의 온도역에서 900초 이상 유지한 후, 더 가열하여, 1100℃ 이상의 온도역에서 6000초 이상 유지한다.
- [0172] (2) 850 내지 1100℃의 온도역에서, 합계로 90% 이상의 판 두께 감소가 되는 열간 압연을 행한다.
- [0173] (3) 최종 단으로부터 1단 전의 압연을 900℃ 이상, 1010℃ 미만에서 행하고, 열간 압연의 최종 단으로부터 1단 전의 압연 후, 또한 최종 단의 압연 전에, 170kPa 이상의 응력을 강관에 부하한다.
- [0174] (4) 열간 압연의 최종 단에 있어서의 압하율을 8% 이상으로 하고, 압연 완료 온도 Tf가 900℃ 이상, 1010℃ 미만이 되도록 열간 압연을 완료한다.
- [0175] (5) 840℃ 이상, 900℃ 미만의 온도역에서, 합계로 5% 이상, 8% 미만의 판 두께 감소가 되는 경압하를 행한다.
- [0176] (6) 열간 압연의 최종 단의 압연 후 또한 경압하의 최초의 압연 전의 강관에 부하하는 응력, 그리고 경압하의 최종 단의 압연 후 또한 강관이 800℃로 냉각될 때까지의 강관에 부하하는 응력을 200kPa 미만으로 한다.
- [0177] (7) 경압하 완료 후, 50℃/초 이상의 평균 냉각 속도로 680 내지 730℃의 온도역까지 가속 냉각한다.
- [0178] (8) 680 내지 730℃의 온도역에서, 평균 냉각 속도가 5℃/s 미만인 완냉각을 2.0초 이상 행한다.
- [0179] (9) 50℃/s 이상의 평균 냉각 속도로 350℃ 이하의 온도역까지 냉각한다.
- [0180] (10) 350℃ 이하의 온도역에서 권취한다.
- [0181] 상기 제조 방법을 채용함으로써, 높은 강도를 가지면서, 우수한 연성, 피로 특성 및 전단 가공성을 갖는 열연 강관을 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 아울러, 원하는 금속 조직을 갖는 열연 강관을 안정적으로 제조할 수 있다.
- [0182] (1) 슬래브, 열간 압연에 제공할 때의 슬래브 온도 및 유지 시간
- [0183] 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 추가한 것을 사용할 수 있다. 열간 압연에 제공하는 슬래브는, 슬래브 가열 시에, 700 내지 850℃의 온도역에서 900초 이상 유지한 후, 더 가열하여, 1100℃ 이상의 온도역에서 6000초 이상 유지하는 것이 바람직하다. 또한, 슬래브 가열 시의 가열 온도의 상한은 특별히 제한되지 않지만, 열효율의 관점으로부터 1350℃ 이하로 해도 된다.
- [0184] 또한, 700 내지 850℃의 온도역에서의 유지 시에는, 강관 온도를 이 온도역에서 변동시켜도 되고, 일정하게 해도 된다. 또한, 1100℃ 이상에서의 유지 시에는, 강관 온도를 1100℃ 이상의 온도역에서 변동시켜도 되고, 일정하게 해도 된다.
- [0185] 700 내지 850℃의 온도역에서의 오스테나이트 변태에 있어서, Mn이 페라이트와 오스테나이트 사이에서 분배되고, 그 변태 시간을 길게 함으로써, Mn이 페라이트 영역 내에서 확산될 수 있다. 이에 의해, 슬래브에 편재되는 Mn 마이크로 편석을 해소하여, Mn 농도의 표준 편차를 현저하게 저감할 수 있다. 그 때문에, 700 내지 850℃의 온도역에서 900초 이상 유지하는 것이 바람직하다. 또한, 1100℃ 이상의 온도역에서 6000초 이상 유지함으로써 Mn 농도의 표준 편차를 현저하게 저감할 수 있다.
- [0186] 열간 압연은, 다패스 압연으로서 리버스 밀 또는 탠덤 밀을 사용하는 것이 바람직하다. 특히 공업적 생산성의 관점 및 압연 중의 강관의 응력 부하의 관점에서, 적어도 최종의 2단은 탠덤 밀을 사용한 열간 압연으로 하는 것이 보다 바람직하다.

- [0187] (2) 열간 압연의 압하율: 850 내지 1100℃의 온도역에서 합계 90% 이상의 판 두께 감소
- [0188] 850 내지 1100℃의 온도역에서 합계 90% 이상의 판 두께 감소가 되는 열간 압연을 행함으로써, 주로 재결정 오스테나이트 입자의 미세화가 도모됨과 함께, 미세결정 오스테나이트 입자 내로의 변형 에너지의 축적이 촉진된다. 그리고 오스테나이트의 재결정이 촉진됨과 함께 Mn의 원자 확산이 촉진되어, Mn 농도의 표준 편차를 작게 할 수 있다. 따라서, 850 내지 1100℃의 온도역에서 합계 90% 이상의 판 두께 감소가 되는 열간 압연을 행하는 것이 바람직하다.
- [0189] 또한, 850 내지 1100℃의 온도역의 합계의 판 두께 감소는, 이 온도역의 압연에 있어서의 최초의 압연 전의 입구 판 두께를 t_0 으로 하고, 이 온도역의 압연에 있어서의 최종 단의 압연 후의 출구 판 두께를 t_1 로 했을 때, $\{(t_0-t_1)/t_0\} \times 100(\%)$ 로 나타낼 수 있다.
- [0190] (3) 최종 단으로부터 1단 전의 압연 온도: 900℃ 이상, 1010℃ 미만, 열간 압연의 최종 단으로부터 1단 전의 압연 후, 또한 최종 단의 압연 전의 응력: 170kPa 이상
- [0191] 최종 단으로부터 1단 전의 압연을 900℃ 이상, 1010℃ 미만에서 행하고, 열간 압연의 최종 단으로부터 1단 전의 압연 후, 또한 최종 단의 압연 전의 강판에 부하하는 응력을 170kPa 이상으로 하는 것이 바람직하다. 이에 의해, 최종 단으로부터 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 최종 단의 압하에 의한 재결정을 효과적으로 촉진할 수 있다. 결과적으로, 열연 강판의 밴드 형상 조직이 개선되고, 금속 조직의 주기성이 저감하여, E값이 상승한다. 강판에 부하하는 응력이 170kPa 미만인 경우, 원하는 E값을 얻을 수 없는 경우가 있다. 강판에 부하하는 응력은, 보다 바람직하게는 190kPa 이상이다. 강판에 부하하는 응력의 상한은 특별히 제한되지 않지만, 350kPa 이하로 할 수 있다. 강판에 부하하는 응력은, 압연 방향의 장력이고, 탠덤 압연 중의 롤 회전 속도의 조정에 의해 제어 가능하다.
- [0192] (4) 열간 압연의 최종 단에 있어서의 압하율: 8% 이상, 열간 압연 완료 온도 Tf: 900℃ 이상, 1010℃ 미만
- [0193] 열간 압연의 최종 단에 있어서의 압하율은 8% 이상으로 하고, 열간 압연 완료 온도 Tf는 900℃ 이상으로 하는 것이 바람직하다. 열간 압연의 최종 단에 있어서의 압하율을 8% 이상으로 함으로써 최종 단의 압하에 의한 재결정을 촉진할 수 있다. 결과적으로 열연 강판의 밴드 형상 조직이 개선되고, 금속 조직의 주기성이 저감하여, E값이 상승한다. 열간 압연 완료 온도 Tf를 900℃ 이상으로 함으로써 오스테나이트 중의 페라이트 핵생성 사이트수의 과잉의 증대를 억제할 수 있다. 그 결과, 최종 조직(제조 후의 열연 강판의 금속 조직)에 있어서의 페라이트의 생성을 억제할 수 있어, 원하는 강도를 얻을 수 있다. 또한, 열간 압연의 최종 단에 있어서의 압하율의 상한은 특별히 제한되지 않지만, 40% 이하로 할 수 있다. 또한, Tf를 1010℃ 미만으로 함으로써, 오스테나이트 입경의 조대화를 억제할 수 있고, 금속 조직의 주기성을 저감하여, 원하는 E값을 얻을 수 있다.
- [0194] (5) 840℃ 이상, 900℃ 미만의 온도역에서, 합계로 5% 이상, 8% 미만의 판 두께 감소가 되는 경압하를 행한다.
- [0195] 열간 압연의 최종 단의 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.
- [0196] 경압하는, 예를 들어 마무리 압연기의 최종 단에서 행해도 되고, 마무리 압연기로부터 냉각상까지의 사이에 새로운 압하 설비를 도입하여 행해도 된다. 경압하는, 복수의 롤에 의해 복수단에서 행해져도 된다.
- [0197] 또한, 경압하에 있어서의 합계의 판 두께 감소란, 경압하의 최초의 압연 전의 입구 판 두께를 t_0 으로 하고, 경압하의 최종 단의 압연 후의 출구 판 두께를 t_1 로 했을 때, $\{(t_0-t_1)/t_0\} \times 100(\%)$ 로 나타낼 수 있다.
- [0198] (6) 열간 압연의 최종 단의 압연 후 또한 경압하의 최초의 압연 전에 강판에 부하하는 응력, 그리고 경압하의 최종 단의 압연 후 또한 강판이 800℃로 냉각될 때까지 강판에 부하하는 응력: 200kPa 미만
- [0199] 열간 압연의 최종 단의 압연 후 또한 경압하의 최초의 압연 전의 강판에 부하하는 응력, 그리고 경압하의 최종 단의 압연 후 또한 강판이 800℃로 냉각될 때까지의 강판에 부하하는 응력은, 각각 200kPa 미만으로 하는 것이 바람직하다. 상기 개소에 있어서 강판에 부하하는 응력을 200kPa 미만으로 함으로써, 오스테나이트의 재결정이 압연 방향으로 우선적으로 진행되어, 금속 조직의 주기성의 증대를 억제할 수 있다. 그 결과, 원하는 E값을 얻

을 수 있다. 상기 개소에 있어서 강관에 부하하는 응력은, 보다 바람직하게는 각각 180kPa 이하이다.

- [0200] (7) 경압하 완료 후, 50℃/초 이상의 평균 냉각 속도로 680 내지 730℃의 온도역까지 가속 냉각
- [0201] 열간 압연에 의해 세립화된 오스테나이트 결정립의 성장을 억제하기 위해, 경압하 완료 후, 50℃/초 이상의 평균 냉각 속도로 730℃ 이하의 온도역까지 가속 냉각을 행하는 것이 바람직하다. 730℃ 이하의 온도역까지 가속 냉각을 행함으로써, 석출 강화량이 적은 페라이트 또는 펄라이트의 생성을 억제할 수 있다. 이에 의해, 열연 강관의 강도가 향상된다.
- [0202] 또한, 여기에서 말하는 평균 냉각 속도란, 가속 냉각 개시 시(냉각 설비로의 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.
- [0203] 냉각 속도의 상한값은 특별히 규정하지 않지만, 냉각 속도를 빠르게 하면 냉각 설비가 대규모가 되어, 설비 비용이 높아진다. 이 때문에, 설비 비용을 생각하면, 평균 냉각 속도는 300℃/초 이하가 바람직하다. 또한, 원하는 양의 페라이트를 얻기 위해, 가속 냉각의 냉각 정지 온도는 680℃ 이상으로 하면 된다.
- [0204] 상술한 바와 같은 평균 냉각 속도를 실현하기 위해서는, 경압하 완료 후에 평균 냉각 속도가 큰 냉각을 행하는, 예를 들어 냉각수를 강관 표면에 분사하면 된다.
- [0205] (8) 680 내지 730℃의 온도역에서, 평균 냉각 속도가 5℃/s 미만인 완냉각을 2.0초 이상 행한다
- [0206] 680 내지 730℃의 온도역에서, 평균 냉각 속도가 5℃/s 미만인 완냉각을 2.0초 이상 행함으로써, 석출 강화된 페라이트를 충분히 석출시킬 수 있다. 이에 의해, 열연 강관의 강도와 연성을 양립시킬 수 있다. 또한, 여기에서 말하는 평균 냉각 속도란, 가속 냉각의 냉각 정지 온도로부터 완냉각의 정지 온도까지의 강관의 온도 강하 폭을, 가속 냉각의 정지 시로부터 완냉각의 정지 시까지의 소요 시간으로 나눈 값을 말한다.
- [0207] 완냉각을 행하는 시간은, 바람직하게는 3.0초 이상이다. 완냉각을 행하는 시간의 상한은 설비 레이아웃에 따라 결정되지만, 대략 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.
- [0208] (9) 권취 온도까지의 평균 냉각 속도: 50℃/초 이상
- [0209] 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 있다.
- [0210] 또한, 여기에서 말하는 평균 냉각 속도란, 평균 냉각 속도가 5℃/s 미만인 완냉각의 냉각 정지 온도로부터 권취 온도까지의 강관의 온도 강하 폭을, 평균 냉각 속도가 5℃/s 미만인 완냉각의 정지 시로부터 권취까지의 소요 시간으로 나눈 값을 말한다.
- [0211] (10) 권취 온도: 350℃ 이하
- [0212] 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. 또한, 권취 온도의 하한은 특별히 제한되지 않지만, 실온으로 할 수 있다.
- [0213] **실시예**
- [0214] 다음으로, 실시예에 의해 본 발명의 일 양태의 효과를 더욱 구체적으로 설명하지만, 실시예에서의 조건은, 본 발명의 실시 가능성 및 효과를 확인하기 위해 채용한 일 조건에이고, 본 발명은 이 일 조건에 한정되는 것은 아니다. 본 발명은 본 발명의 요지를 일탈하지 않고, 본 발명의 목적을 달성하는 한에 있어서, 다양한 조건을 채용할 수 있는 것이다.
- [0215] 표 1 및 표 2에 나타내는 화학 조성을 갖는 강을 용제하고, 연속 주조에 의해 두께가 240 내지 300mm인 슬래브를 제조하였다. 얻어진 슬래브를 사용하여, 표 3-1 내지 표 4-2에 나타내는 제조 조건에 의해, 표 5-1 내지 표 6-2에 나타내는 열연 강관을 얻었다.
- [0216] 또한, 완냉각의 평균 냉각 속도는 5℃/s 미만으로 하였다. 또한, 표 4-1 및 표 4-2에 기재한 권취 온도는 50℃가 측정 하한이기 때문에, 50℃라고 기재한 예의 실제의 권취 온도는 50℃ 이하이다. 또한, 제조 No.7을 제외하고, 열간 압연의 최종 단으로부터 1단 전의 압연을 900℃ 이상, 1010℃ 미만에서 행하였다.

- [0217] 또한, 제조 No.46의 열연 강판에 대해서는, 상술한 경압하를 행하지 않는 조건에서 제조하였다. 제조 No.46에 있어서, 열간 압연의 최종 단의 압연 후, 강판이 800℃로 냉각될 때까지의 부하 응력은 170kPa로 하였다.
- [0218] 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 EI를 구하였다. 또한, 상술한 방법에 의해, 평면 굽힘 피로 시험을 행함으로써 피로 특성을 평가하였다. 얻어진 측정 결과를 표 5-1 내지 표 6-2에 나타낸다.
- [0219] 또한, 잔부 조직은, 본 강의 화학 조성, 제조 방법으로부터, 경질 조직이고, 베이나이트, 마르텐사이트 및 템퍼링 마르텐사이트 중 1종 또는 2종 이상이라고 판단하였다.
- [0220] 열연 강판의 특성의 평가 방법
- [0221] 인장 특성
- [0222] 인장 강도 TS가 980MPa 이상, 또한 전연신율 EI이 10.0% 이상, 또한 인장 강도 TS×전연신율 EI이 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.
- [0223] 피로 특성
- [0224] 상술한 방법에 의해 평면 굽힘 피로 시험을 행함으로써, 각각의 반복 응력에서의 반복 경화율을 구하였다. 각각의 반복 응력에서의 반복 경화율의 최솟값이 1.00 이상인 경우, 반복 연화가 발생하지 않아, 우수한 피로 특성을 갖는 열연 강판이라고 하여 합격으로 판정하였다. 한편, 각각의 반복 응력에서의 반복 경화율의 최솟값이 1.00 미만인 경우, 우수한 피로 특성을 갖지 않는 열연 강판이라고 하여 불합격으로 판정하였다.
- [0225] 전단 가공성(2차 전단면 평가)
- [0226] 열연 강판의 전단 가공성은, 펀칭 시험에 의해 평가하였다.
- [0227] 구멍 직경 10mm, 클리어런스 0%, 펀칭 속도 3m/s로 각 실시예에 대하여 펀칭 구멍을 3개씩 제작하였다. 다음으로 펀칭 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 도시한 바와 같은 전단 단부면을 관찰할 수 있다. 또한, 도 1은 본 발명에 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 R 형상의 매끄러운 면의 영역이고, 전단면이란 전단 변형에 의해 분리된 펀칭 단부면의 영역이고, 파단면이란 날끝 근방에서 발생한 균열에 의해 분리된 펀칭 단부면의 영역이고, 버란 열연 강판의 하면으로부터 비어져 나온 돌기를 갖는 면이다.
- [0228] 얻어진 전단 단부면 중, 압연 방향에 수직인 면 2면, 및 압연 방향에 평행한 면 2면에 있어서, 예를 들어 도 2에 도시한 바와 같은, 전단면-파단면-전단면이 보인 경우에는, 2차 전단면이 형성되었다고 판단하였다. 각 펀칭 구멍에 대하여 4면, 합계 12면을 관찰하고, 2차 전단면이 나타난 면이 하나도 없는 경우에, 우수한 전단 가공성을 갖는 열연 강판이라고 하여 합격으로 판정하고, 표 중에 「없음」이라고 기재하였다. 한편, 2차 전단면이 하나라도 형성된 경우에, 우수한 전단 가공성을 갖는 열연 강판이 아니라고 하여 불합격으로 판정하고, 표 중에 「있음」이라고 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	0.055	1.18	1.69	0.096			0.096	0.038	0.027	0.0016	0.0042	0.0036	본 발명강	
B	0.087	1.14	1.75	0.105			0.105	0.034	0.009	0.0028	0.0022	0.0035	본 발명강	
C	0.153	1.36	1.96	0.135			0.135	0.074	0.022	0.0049	0.0037	0.0025	본 발명강	
D	0.112	0.32	1.56	0.085			0.085	0.026	0.011	0.0029	0.0030	0.0014	본 발명강	
E	0.088	2.71	1.88	0.103			0.103	0.033	0.024	0.0023	0.0018	0.0020	본 발명강	
F	0.092	0.86	1.20	0.097			0.097	0.047	0.002	0.0033	0.0024	0.0007	본 발명강	
G	0.088	1.25	3.62	0.110	0.050		0.160	0.037	0.034	0.0017	0.0035	0.0051	본 발명강	
H	0.095	0.75	1.73	0.060			0.060	0.035	0.021	0.0030	0.0020	0.0013	본 발명강	
I	0.092	1.00	1.70			0.135	0.135	0.028	0.002	0.0048	0.0023	0.0030	본 발명강	
J	0.091	1.15	1.81	0.043	0.030	0.072	0.145	0.033	0.018	0.0049	0.0036	0.0050	본 발명강	
K	0.085	0.94	1.92	0.136			0.136	0.053	0.025	0.0044	0.0034	0.0051	본 발명강	
L	0.077	0.83	1.72	0.114			0.114	0.053	0.027	0.0027	0.0038	0.0020	본 발명강	
M	0.082	1.06	1.60	0.101		0.048	0.149	0.038	0.018	0.0017	0.0021	0.0030	본 발명강	
N	0.074	1.00	1.51	0.092			0.092	0.035	0.011	0.0037	0.0043	0.0021	본 발명강	
O	0.101	1.17	1.87		0.209		0.209	0.060	0.021	0.0032	0.0044	0.0044	본 발명강	
P	0.077	1.53	2.17	0.121			0.121	0.318	0.020	0.0035	0.0059	0.0041	본 발명강	
Q	0.062	1.76	2.28	0.085			0.085	0.378	0.017	0.0007	0.0015	0.0012	본 발명강	
R	0.047	1.00	1.97	0.134			0.134	0.037	0.016	0.0047	0.0047	0.0027	비교예	
S	0.258	0.91	1.78	0.113			0.113	0.058	0.009	0.0035	0.0039	0.0050	비교예	
T	0.092	3.21	1.75	0.101			0.101	0.032	0.025	0.0025	0.0031	0.0035	비교예	
U	0.095	0.95	0.82	0.133			0.133	0.075	0.028	0.0014	0.0078	0.0020	비교예	
V	0.101	1.18	1.93	0.044	0.010		0.054	0.049	0.024	0.0062	0.0028	0.0054	비교예	

[표 1] 밑줄은 본 발명의 범위 외인 것을 나타낸다.

[0229]

[0230]

[표 2]

강 No.	질량% 잔부는 Fe 및 불순물													비고	
	Cu	Cr	Mo	Ni	B	Ca	Mg	REM	Bi	Zr	Co	Zn	W		Sn
A						0.0018	0.0018								본 발명에
B															본 발명에
C								0.0032							본 발명에
D		0.35	0.31	0.24											본 발명에
E									0.005				0.18		본 발명에
F															본 발명에
G															본 발명에
H										0.02					본 발명에
I															본 발명에
J															본 발명에
K	0.17										0.17				본 발명에
L		0.28													본 발명에
M			0.08											0.03	본 발명에
N				0.29											본 발명에
O					0.0021							0.02			본 발명에
P															본 발명에
Q															본 발명에
R															비교예
S															비교예
T															비교예
U															비교예
V															비교예

[0231]

[0232]

계 조 No.	강 No.	700 내지 850℃의 온도역에서의 유지 시간	가열 온도 ℃	1100℃ 이상의 온도역에서의 유지 시간	850 내지 1100℃의 온도역에서의 판 두께 감소 %	최종 단으로부터 1단 전의 압연 후, 최종 단의 압연 전의 부하 응력 kPa	열간 압연 완료 온도 ℃	최종 단의 압하율 %	비고
		s	℃	s	%	kPa	℃	%	
1	A	1486	1261	9269	95	202	939	10	본 발명에
2	B	1481	1234	9181	96	217	969	11	본 발명에
3	B	855	1241	9025	96	232	936	10	비교예
4	B	1126	1234	9261	87	204	935	10	비교예
5	B	1217	1234	5580	92	198	949	8	비교예
6	B	1467	1221	9640	94	165	980	10	비교예
7	B	1515	1243	8893	94	216	1023	10	비교예
8	B	1460	1215	8105	93	197	982	7	비교예
9	B	1293	1218	9132	94	229	942	9	비교예
10	B	1251	1242	9567	95	234	961	8	본 발명에
11	B	1350	1235	9030	96	238	971	8	비교예
12	B	1392	1206	9406	91	195	923	10	비교예
13	B	1114	1216	8954	94	206	972	10	비교예
14	B	1506	1249	9345	96	230	931	9	비교예
15	B	1320	1221	8901	92	194	931	9	비교예
16	C	1268	1218	9033	94	213	948	8	본 발명에
17	D	1477	1236	9591	94	195	971	9	본 발명에
18	E	1466	1209	9123	90	218	942	10	본 발명에
19	F	1492	1254	9220	92	197	944	11	본 발명에
20	G	1440	1223	9376	98	224	1002	28	본 발명에
21	H	1595	1229	9592	98	183	969	11	본 발명에
22	I	1473	1213	9028	96	209	920	8	본 발명에
23	J	1607	1244	9608	97	215	971	9	본 발명에

[표 3-1] 밀줄은 계조 조건이 바람직하지 않은 것을 나타낸다.

[0233]

[0234]

계 조 No.	강 No.	700 내지 850°C의 온도역에서의 유지 시간		1100°C 이상의 온도역에서의 유지 시간		850 내지 1100°C의 온도역에서의 판 두께 감소		최종 단으로부터 1단 전의 압연 전의 부하-응력		열간 압연 완료 온도 Tf		최종 단의 압하율		비고
		s	°C	s	°C	%	KPa	°C	%					
24	K	1331	1230	9432		98		224	946	10		본 발명에		
25	L	1464	1209	9319		94		207	926	11		본 발명에		
26	M	1344	1230	8980		97		225	965	10		본 발명에		
27	N	1241	1231	9622		98		221	947	10		본 발명에		
28	O	1211	1251	9581		95		231	956	8		본 발명에		
29	P	847	1229	9010		92		232	943	10		비교예		
30	P	2272	1218	9446		92		208	914	10		본 발명에		
31	P	1462	1205	11880		90		196	937	11		본 발명에		
32	P	1293	1218	5890		94		206	951	11		비교예		
33	P	1327	1238	9416		92		206	928	9		본 발명에		
34	P	1515	1263	9139		98		240	985	10		본 발명에		
35	P	1304	1229	8864		97		223	944	6		비교예		
36	P	1096	1227	9243		90		210	929	10		비교예		
37	P	1301	1267	8978		98		237	951	11		비교예		
38	P	968	1231	9248		96		218	951	8		본 발명에		
39	P	1310	1233	6603		91		212	961	10		본 발명에		
40	Q	1192	1225	9499		94		232	951	10		본 발명에		
41	R	1455	1229	9182		91		212	960	10		비교예		
42	S	1166	1217	8812		93		200	921	8		비교예		
43	T	1612	1248	9178		96		237	941	9		비교예		
44	U	1298	1213	9313		93		210	971	10		비교예		
45	V	1459	1219	9583		95		220	953	9		비교예		
46	Q	1384	1253	8894		94		215	937	9		비교예		
47	Q	1425	1238	8741		95		207	896	9		비교예		

밀줄은 제조 조건이 바람직하지 않은 것을 나타낸다.

[표 3-2]

[0235]

[0236]

제 조 No.	강 No.	840℃ 이상, 900℃ 미만의 온도역에 있어서의 경압하의 판 두께 감소	열간 압연의 최종 단의 압연 후, 경압하의 최초의 압연 전의 부하 응력	경압하의 최종 단의 압연 후, 강판이 800℃로 냉각될 때까지의 부하 응력	가속 냉각의 평균 냉각 속도	가속 냉각의 냉각 정지 온도	680 내지 730℃의 온도 역에 있어서의 완냉각 시간	권취 온도까지의 평균 냉각 속도	권취 온도	비고
		%	kPa	kPa	°C/s	°C	s	°C/s	°C	
1	A	6	96	47	112	694	3.1	108	50	본 발명에
2	B	6	100	152	97	710	3.8	114	50	본 발명에
3	B	6	81	50	52	699	4.4	107	50	비교예
4	B	6	117	182	56	728	3.0	86	50	비교예
5	B	6	102	137	88	729	3.8	138	50	비교예
6	B	6	119	180	64	722	3.8	114	50	비교예
7	B	6	90	114	72	726	3.8	151	50	비교예
8	B	6	63	94	63	723	2.5	108	50	비교예
9	B	4	80	92	92	722	3.3	89	50	비교예
10	B	6	88	78	93	693	4.4	89	50	본 발명에
11	B	6	126	184	152	702	1.5	111	50	비교예
12	B	6	202	92	54	694	3.9	111	50	비교예
13	B	6	108	201	76	724	4.4	85	50	비교예
14	B	6	118	178	79	715	4.4	23	50	비교예
15	B	9	95	133	85	724	2.7	99	50	비교예
16	C	6	82	51	53	698	3.0	149	50	본 발명에
17	D	6	96	85	88	697	3.5	134	50	본 발명에
18	E	6	107	127	124	705	3.1	96	50	본 발명에
19	F	6	89	53	91	691	3.2	147	50	본 발명에
20	G	6	113	75	142	698	4.6	93	50	본 발명에
21	H	6	117	148	101	701	3.8	149	50	본 발명에
22	I	6	103	82	147	697	2.5	141	50	본 발명에
23	J	6	102	18	95	695	3.5	92	50	본 발명에

말줄은 제조 조건이 바람직하지 않은 것을 나타낸다.

[표 4-1]

[0237]

[0238]

제 조 No.	강 No.	840℃ 이상, 900℃ 미만의 온도역에 있어서의 경압하의 판 두께 감소	열간 압연의 최종 단의 압연 후, 경압하의 최초의 압연 전의 부하 응력	경압하의 최종 단의 압연 후, 강판이 800℃로 냉각될 때까지의 부하 응력	가속 냉각의 평균 냉각 속도	가속 냉각의 냉각 중지 온도	680 내지 730℃의 온도 역에 있어서의 완냉각 시간	권취 온도까지의 평균 냉각 속도	권취 온도	비고
		%	kPa	kPa	°C/s	°C	s	°C/s	°C	
24	K	6	112	103	144	710	4.0	104	50	본 발명에
25	L	6	112	49	133	691	3.6	91	50	본 발명에
26	M	6	110	161	150	700	3.3	89	50	본 발명에
27	N	6	128	180	85	709	2.3	142	50	본 발명에
28	O	6	121	177	157	707	3.4	134	50	본 발명에
29	P	6	92	26	51	700	3.3	108	50	비교예
30	P	6	112	143	152	711	3.3	130	200	본 발명에
31	P	6	106	98	72	692	2.8	141	50	본 발명에
32	P	6	125	104	53	721	4.3	107	50	비교예
33	P	6	101	150	93	718	3.4	105	50	본 발명에
34	P	6	53	150	148	700	3.7	108	50	본 발명에
35	P	6	97	88	56	725	4.7	140	50	비교예
36	P	6	109	85	42	726	4.0	115	50	비교예
37	P	6	115	45	150	736	4.6	104	50	비교예
38	P	6	113	47	105	700	4.5	131	50	본 발명에
39	P	6	127	57	133	695	3.7	128	130	본 발명에
40	Q	6	113	193	110	700	3.3	115	50	본 발명에
41	R	6	107	53	96	694	3.1	113	50	비교예
42	S	6	81	171	50	711	3.6	113	50	비교예
43	T	6	98	30	127	690	3.6	137	50	비교예
44	U	6	100	187	132	703	3.4	90	50	비교예
45	V	6	118	75	50	688	3.4	127	50	비교예
46	Q	-	-	-	98	682	2.4	137	50	비교예
47	Q	6	94	103	85	725	3.6	109	50	비교예

밀줄은 제조 조건이 바람직하지 않은 것을 나타낸다.

[표 4-2]

[0239]

[0240]

[0241]

[표 5-1]

밑줄은 본 발명의 범위 외인 것을 나타낸다.

계 제 No.	강 No.	판 두께 mm	페라이트 면적%	잔류 오스테 나이트 면적%	펠라이트 면적%	잔부 조직 면적%	페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 구 상량 반경		페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 개수 밀도		B값	I값	Mn 표준 편차 질량%	비고
							nm	× 10 ¹⁶ 개/cm ³						
1	A	2.6	56.8	0.0	0.0	43.2	1.1	30.4	11.3	1.044	0.44	본 발명에		
2	B	2.6	27.3	0.0	0.0	72.7	1.2	17.4	10.8	1.029	0.49	본 발명에		
3	B	2.6	34.3	0.0	0.0	65.7	1.6	20.4	11.3	1.034	0.67	비교예		
4	B	2.6	28.3	0.0	0.0	71.7	1.4	18.4	10.8	1.022	0.61	비교예		
5	B	2.6	23.7	0.0	0.0	76.3	2.1	14.7	11.1	1.028	0.63	비교예		
6	B	2.6	20.6	0.0	0.0	79.4	3.4	3.6	10.4	1.032	0.48	비교예		
7	B	2.6	34.2	0.0	0.0	65.8	1.0	28.8	10.5	1.036	0.42	비교예		
8	B	2.6	28.5	0.0	0.0	71.5	4.8	3.5	10.3	1.033	0.46	비교예		
9	B	2.6	18.2	0.0	0.0	81.8	0.4	3.4	11.2	1.043	0.41	비교예		
10	B	2.6	26.4	0.0	0.0	73.6	2.4	9.8	11.1	1.029	0.51	본 발명에		
11	B	2.6	9.2	0.0	0.0	90.8	1.8	11.8	10.9	1.054	0.46	비교예		
12	B	2.6	54.1	0.0	0.0	45.9	1.1	36.5	10.2	1.093	0.48	비교예		
13	B	2.6	58.5	0.0	0.0	41.5	1.8	13.1	10.5	1.055	0.37	비교예		
14	B	2.6	46.0	0.0	5.4	48.6	2.2	8.7	10.7	1.074	0.43	비교예		
15	B	2.6	57.7	0.0	0.0	42.3	5.1	1.5	11.1	1.030	0.37	비교예		
16	C	6.0	15.9	1.1	0.0	83.0	2.6	5.2	11.0	1.052	0.45	본 발명에		
17	D	2.6	17.5	0.0	0.0	82.5	1.7	15.4	11.2	1.028	0.49	본 발명에		
18	E	2.6	50.5	2.0	0.0	47.5	1.4	33.0	11.0	1.031	0.39	본 발명에		
19	F	1.6	45.5	0.0	0.0	54.5	3.2	5.6	10.7	1.031	0.48	본 발명에		
20	G	2.6	16.2	0.0	0.0	83.8	0.7	27.0	11.1	1.031	0.59	본 발명에		
21	H	2.6	28.0	0.0	0.0	72.0	2.2	15.0	10.8	1.039	0.50	본 발명에		
22	I	2.6	17.1	0.0	0.0	82.9	1.3	40.5	11.0	1.041	0.49	본 발명에		
23	J	2.6	28.5	0.0	0.0	71.5	3.7	3.5	11.1	1.029	0.44	본 발명에		

[0242]

계 조 No.	강 No.	판 두께 mm	페라이트 면적%	잔류 오스테 나이트 면적%	필라이트 면적%	잔류 조직 면적%	페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 구 상당 반경 nm	페라이트 중의 합금 탄화물의 평균 개수 밀도 × 10 ¹⁶ 개/cm ³	E값	I값	Mn 표준 편차 절량%	비고
24	K	2.6	30.2	0.0	0.0	69.8	1.5	23.5	11.0	1.039	0.53	본 발명에
25	L	2.6	29.6	0.0	0.0	70.4	1.3	38.0	11.0	1.031	0.40	본 발명에
26	M	2.6	36.1	0.0	0.0	63.9	1.2	26.3	10.8	1.027	0.52	본 발명에
27	N	2.6	17.6	0.0	0.0	82.4	2.8	6.6	11.1	1.034	0.42	본 발명에
28	O	2.6	29.2	0.0	0.0	70.8	1.7	10.4	11.1	1.026	0.41	본 발명에
29	P	3.2	54.2	0.0	0.0	45.8	1.1	3.6	11.1	1.023	0.63	비교예
30	P	3.2	48.8	0.0	0.0	51.2	4.9	3.6	10.9	1.024	0.38	본 발명에
31	P	3.2	34.0	0.0	0.0	66.0	1.0	32.4	11.0	1.031	0.42	본 발명에
32	P	3.2	55.4	0.0	0.0	44.6	0.8	10.4	10.9	1.027	0.62	비교예
33	P	3.2	52.3	0.0	0.0	47.7	1.0	31.7	11.2	1.035	0.52	본 발명에
34	P	3.2	36.9	0.0	0.0	63.1	1.1	35.1	11.0	1.031	0.46	본 발명에
35	P	3.2	59.4	0.0	0.0	40.6	1.4	20.2	10.6	1.031	0.49	비교예
36	P	3.2	39.6	3.2	5.1	52.1	2.2	9.1	10.8	1.031	0.46	비교예
37	P	3.2	14.3	3.6	0.0	82.1	1.2	15.4	11.1	1.022	0.44	비교예
38	P	3.2	57.5	0.0	0.0	42.5	1.1	53.0	11.0	1.022	0.55	본 발명에
39	P	3.2	58.4	0.0	0.0	41.6	1.5	33.5	11.1	1.037	0.53	본 발명에
40	Q	2.9	44.1	0.0	0.0	55.9	1.1	39.0	11.2	1.020	0.51	본 발명에
41	R	2.6	80.1	0.0	0.0	19.9	3.8	3.8	10.9	1.095	0.48	비교예
42	S	2.6	1.5	1.8	0.0	96.7	1.9	19.7	10.8	1.017	0.43	비교예
43	T	2.6	59.2	2.3	0.0	38.5	1.0	29.7	10.9	1.055	0.50	비교예
44	U	2.6	72.8	0.0	0.0	27.2	0.9	68.4	11.1	1.081	0.44	비교예
45	V	2.6	25.2	0.0	0.0	74.8	0.4	0.3	11.0	1.045	0.44	비교예
46	Q	2.9	16.7	0.0	0.0	83.3	0.4	3.2	10.8	1.025	0.47	비교예
47	Q	2.6	63.2	0.0	0.0	36.8	1.3	20.1	11.4	1.032	0.52	비교예

단종은 본 발명의 범위 외인 것을 나타낸다.

[표 5-2]

[0243]

[0244]

[0245] [표 6-1]

제조 No.	강 No.	인장 강도 TS	전연신율 EI	TS × EI	반복 경화율의 최솟값	2차 전단면의 유무	비고
		MPa	%	MPa·%	-	-	
1	A	983	16.5	16220	1.02	없음	본 발명에
2	B	1023	15.9	16266	1.00	없음	본 발명에
3	B	1015	15.9	16139	1.00	있음	비교예
4	B	1008	15.8	15926	1.03	있음	비교예
5	B	1032	15.1	15583	1.02	있음	비교예
6	B	1038	14.9	15466	1.00	있음	비교예
7	B	1027	14.0	14378	1.01	있음	비교예
8	B	1012	15.7	15888	1.02	있음	비교예
9	B	1086	12.6	13684	0.99	없음	비교예
10	B	1038	15.0	15570	1.01	없음	본 발명에
11	B	1085	11.8	12803	1.00	없음	비교예
12	B	921	13.4	12341	1.03	있음	비교예
13	B	915	14.0	12810	1.00	있음	비교예
14	B	964	13.0	12532	1.03	없음	비교예
15	B	911	14.1	12845	0.99	없음	비교예
16	C	1583	12.2	19313	1.01	없음	본 발명에
17	D	989	13.8	13648	1.01	없음	본 발명에
18	E	1130	12.2	13786	1.02	없음	본 발명에
19	F	990	16.0	15840	1.00	없음	본 발명에
20	G	1304	10.2	13301	1.03	없음	본 발명에
21	H	981	16.6	16285	1.02	없음	본 발명에
22	I	1028	13.5	13878	1.00	없음	본 발명에
23	J	1007	14.2	14299	1.03	없음	본 발명에

밑줄은 본 발명의 범위 외인 것, 또는 특성값이 바람직하지 않은 것을 나타낸다.

[0246]

[0247] [표 6-2]

제조 No.	강 No.	인장 강도 TS	전연신율 EI	TS×EI	반복 경화율의 최솟값	2차 전단면의 유무	비고
		MPa	%	MPa·%	-	-	
24	K	1039	15.6	16208	1.00	없음	본 발명에
25	L	998	15.9	15868	1.02	없음	본 발명에
26	M	1038	15.5	16089	1.00	없음	본 발명에
27	N	1016	13.5	13716	1.03	없음	본 발명에
28	O	993	15.7	15590	1.01	없음	본 발명에
<u>29</u>	P	1044	15.5	16182	1.03	<u>있음</u>	비교예
30	P	1035	15.3	15836	1.02	없음	본 발명에
31	P	1060	14.8	15688	1.01	없음	본 발명에
<u>32</u>	P	1038	14.9	15466	1.02	<u>있음</u>	비교예
33	P	1066	15.0	15990	1.03	없음	본 발명에
34	P	1055	14.7	15509	1.03	없음	본 발명에
<u>35</u>	P	1052	15.0	15780	1.02	<u>있음</u>	비교예
<u>36</u>	P	<u>957</u>	15.6	14929	1.02	<u>있음</u>	비교예
<u>37</u>	P	1087	11.5	<u>12501</u>	1.01	없음	비교예
38	P	1030	15.9	16377	1.02	없음	본 발명에
39	P	1039	15.1	15689	1.01	없음	본 발명에
40	Q	1042	14.9	15526	1.00	없음	본 발명에
<u>41</u>	<u>R</u>	<u>905</u>	16.3	14752	1.01	없음	비교예
<u>42</u>	<u>S</u>	<u>1893</u>	<u>9.0</u>	17037	1.03	<u>있음</u>	비교예
<u>43</u>	<u>I</u>	1350	<u>9.8</u>	13230	1.02	없음	비교예
<u>44</u>	<u>U</u>	<u>968</u>	16.9	16359	1.00	없음	비교예
<u>45</u>	<u>V</u>	<u>943</u>	16.3	15371	<u>0.99</u>	없음	비교예
<u>46</u>	<u>Q</u>	1008	13.0	13104	<u>0.98</u>	없음	비교예
<u>47</u>	<u>Q</u>	<u>902</u>	15.8	14252	1.01	없음	비교예

[0248] 밑줄은 본 발명의 범위 외인 것, 또는 특성값이 바람직하지 않은 것을 나타낸다.

[0249] 표 5-1 내지 표 6-2를 보면, 본 발명에 관한 열연 강관은, 높은 강도를 가지면서, 우수한 연성, 피로 특성 및 전단 가공성을 갖는 것을 알 수 있다.

[0250] 한편, 비교예에 관한 열연 강관은, 상기 특성 중 어느 하나 이상을 갖지 않는 것을 알 수 있다.

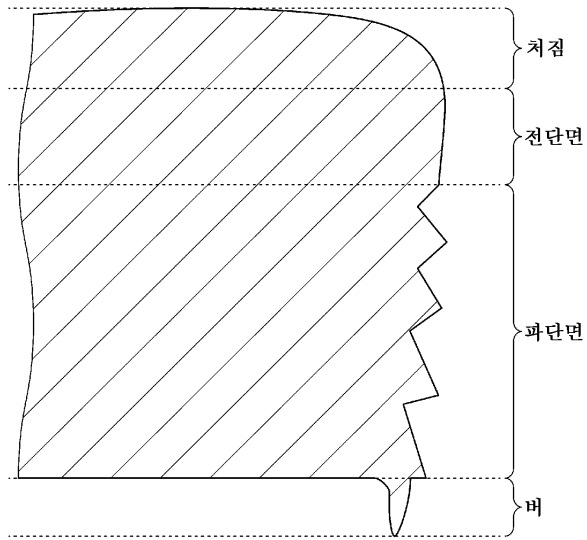
산업상 이용가능성

[0251] 본 발명에 관한 상기 양태에 따르면, 높은 강도를 가지면서, 우수한 연성, 피로 특성 및 전단 가공성을 갖는 열연 강관을 제공할 수 있다.

[0252] 본 발명에 관한 열연 강관은, 자동차 부재, 기계 구조 부재 나아가 건축 부재에 사용되는 공업용 소재로서 적합하다.

도면

도면1



도면2

