(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년02월13일
(11) 등록번호 10-1706441
(24) 등록일자 2017년02월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/14 (2006.01) *C21D 8/02* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7025347
(22) 출원일자(국제) 2012년04월26일
심사청구일자 2014년09월11일
(85) 번역문제출일자 2014년09월11일
(65) 공개번호 10-2014-0129148
(43) 공개일자 2014년11월06일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2012/061700
(87) 국제공개번호 WO 2013/161090
국제공개일자 2013년10월31일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020120007048 A*
JP2012026034 A
KR1020100087239 A
KR1020080110904 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
제이에프이 스틸 가부시키가이샤
일본 도꾜도 지요다꾸 우찌사이와이쬬 2쬬메 2방 3고
(72) 발명자
고사카 노리아키
일본 도꾜도 지요다꾸 우찌사이와이쬬 2쬬메 2방 3고 제이에프이 스틸 가부시키가이샤 지테키자이산부 나이
세토 가즈히로
일본 도꾜도 지요다꾸 우찌사이와이쬬 2쬬메 2방 3고 제이에프이 스틸 가부시키가이샤 지테키자이산부 나이
가와베 히데타카
일본 도꾜도 지요다꾸 우찌사이와이쬬 2쬬메 2방 3고 제이에프이 스틸 가부시키가이샤 지테키자이산부 나이
(74) 대리인
특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 2 항 심사관 : 정상익

(54) 발명의 명칭 **양호한 연성, 신장 플랜지성, 재질 균일성을 갖는 고강도 열연 강판 및 그 제조 방법**

(57) 요 약

고강도이고, 연성 및 신장 플랜지성이 우수함과 함께, 코일 내에서 강도의 편차가 작은 양호한 재질 균일성을 갖는 열연 강판 및 그 제조 방법을 제공한다.

C : 0.020 ∼ 0.065 %,

Si : 0.1 % 이하,

Mn : 0.40 ∼ 0.80 % 미만,

P : 0.030 % 이하,

S : 0.005 % 이하,

Ti : 0.08 ∼ 0.16 %,

Al : 0.005 ∼ 0.1 %,

N : 0.005 % 이하를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지고, 또한 Ti^* (= Ti - (48/14) × N) 이 「$Ti^* \geq 0.08$」및 「$0.300 \leq C/Ti^* \leq 0.375$」를 만족하는 강 성분을 갖는 슬래브를 열간 압연하고, 강 조직이 면적률로 95 % 이상인 페라이트상, 페라이트의 평균 페라이트 입경이 10 ㎛ 이하이고, 강 중에 석출된 Ti 탄화물의 평균 입자경이 10 nm 이하이며, 또한 Ti^* 의 80 % 이상의 Ti 가 Ti 탄화물로서 석출시킨 열연 강판으로 한다.

명 세 서

청구범위

청구항 1

질량% 로,

C : 0.020 ～ 0.065 %

Si : 0 % 초과 0.1 % 이하

Mn : 0.40 % 이상 0.80 % 미만

P : 0.030 % 이하

S : 0.005 % 이하

Ti : 0.08 ～ 0.20 %

Al : 0.005 ～ 0.1 %

N : 0.005 % 이하를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어짐과 함께, 하기 식 (1) 로 규정되는 Ti^* 가 하기 식 (2) 식 및 식 (3) 을 만족하는 강 성분을 갖고, 강 조직이 면적률로 95 % 이상인 페라이트상과 잔부가 펄라이트상, 베이나이트상 및 마텐자이트상의 어느 1 종 이상의 상으로서, 페라이트의 평균 페라이트 입경이 10 ㎛ 이하이고, 강 중에 석출된 Ti 탄화물의 평균 입자경이 10 ㎚ 이하이며, 또한 Ti^* 의 80 % 이상의 Ti 가 Ti 탄화물로서 석출되어 있는 것을 특징으로 하는 연성, 신장 플랜지성 및 재질 균일성이 우수한 고강도 열연 강판.

$Ti^* = Ti - (48/14) \times N$ … (1)

$Ti^* \geq 0.08$ … (2)

$0.300 \leq C/Ti^* \leq 0.375$ … (3)

여기서, 식 중의 Ti, N, C 는 각 원소의 함유량 (질량%) 을 나타낸다.

청구항 2

제 1 항에 기재된 강 성분을 갖는 강 슬래브를 1200 ～ 1300 ℃ 의 범위에서 가열 후, 900 ℃ 이상의 마무리 온도에서 열간 압연을 실시하고, 그 열간 압연 후 2 초 이내에 30 ℃/s 이상의 냉각 속도로 냉각을 개시하고, 650 ～ 750 ℃ 의 온도에서 냉각을 정지시키고, 이어서 5 ～ 20 초의 방랭 공정을 거친 후에, 30 ℃/s 이상의 냉각 속도로 냉각시키고, 560 ℃ 이하에서 코일상으로 권취하는 것을 특징으로 하는 고강도 열연 강판의 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은, 트럭 프레임 등의 대형 차량 자동차의 골격 부재 등의 용도에 유용한, 고강도 열연 강판 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근, 지구 환경 보전의 관점에서 CO_2 의 배출량을 규제하기 위해 자동차의 연비 개선이 급무로, 사용 부재의 박육화 (薄肉化) 에 의한 경량화가 요구되고 있지만, 박육화에 의해 충돌 특성이 저하된다. 충돌시의 승무원의 안전을 확보하기 위해 안전성 향상도 요구되고 있기 때문에, 박육화에는 사용 부재의 고강도화가 필수이다.

[0003] 강판을 소재로 하는 자동차 부품의 상당수는, 프레스 성형에 의해 제조된다. 일반적으로, 강판은 고강도화에 의해 연성이나 신장 플랜지성 등이 저하되고, 스프링백이 커지기 때문에, 성형성이나 형상 안정성이 과제로

되어 있다. 최근, 스프링백량은 CAE (Computer Assisted Engineering) 에 의해 양호한 정밀도로 예측 가능하게 되어 있다. 재질 편차가 큰 경우에는 CAE 에 의한 예측의 정밀도가 저하되기 때문에, 성형성에 추가로 강도 편차가 작은 재질 균일성이 우수한 고강도 강판이 요구되고 있다.

[0004] 현재, 고강도와 양호한 성형성을 양립하는 개발이 활발하게 진행되고 있는데, 예를 들어 특허문헌 1 은 질량% 로 C : 0.06 ~ 0.15 %, Si : 1.2 % 이하, Mn : 0.5 ~ 1.6 %, P : 0.04 % 이하, S : 0.005 % 이하, Al : 0.05 % 이하, Ti : 0.03 ~ 0.20 %, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성을 갖고, 체적 점유율로 50 ~ 90 % 가 페라이트상이고, 또한 잔부가 실질적으로 베이나이트상으로서, 페라이트상과 베이나이트상의 체적 점유율의 합계가 95 % 이상이고, 페라이트상 중에는 Ti 를 함유하는 석출물이 석출되고, 그 석출물의 평균 직경이 20 ㎚ 이하인 조직을 갖고, 또한 강 중의 Ti 량의 80 % 이상이 석출되어 있는 연신 특성, 신장 플랜지 특성 및 인장 피로 특성이 우수한 TS 가 780 ㎫ 이상인 고강도 열연 강판이 개시되어 있다.

[0005] 또, 특허문헌 2 는 질량% 로 C : 0.015 ~ 0.06 %, Si : 0.5 % 미만, Mn : 0.1 ~ 2.5 %, P : 0.10 % 이하, S : 0.01 % 이하, Al : 0.005 ~ 0.3 %, N : 0.01 % 이하, Ti : 0.01 ~ 0.30 %, B : 2 ~ 50 ppm 을 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성을 갖고, 0.75 < (C%/12)/(Ti%/48) - N%/14 - S%/32) < 1.25 및 1.0 < (Mn% + Bppm/10 - Si%) 의 관계를 만족하고, 페라이트상과 베이나이틱 페라이트상의 면적률의 합계가 90 % 이상, 세멘타이트의 면적률이 5 % 이하이고, TS 가 690 ~ 850 ㎫, λ 가 40 % 이상인 신장 플랜지 성형성이 우수한 고강도 열연 강판이 개시되어 있다.

[0006] 특허문헌 3 에는, 질량% 로 C : 0.1 % 이하, Mo : 0.05 ~ 0.6 %, Ti : 0.02 ~ 0.10 % 를 함유하고 페라이트 조직을 갖는 금속 조직 중에 원자비로 하여 Ti/Mo ≥ 0.1 을 만족하는 범위에서 Ti 및 Mo 를 함유하는 탄화물이 분산 석출되어 이루어지는 재질 균일성이 우수한 TS 가 610 ~ 830 ㎫ 인 고성형성 고장력 열연 강판이 개시되어 있다.

[0007] 또한, 특허문헌 4 에는, 질량% 로 C : 0.05 ~ 0.12 %, Si : 0.5 % 이하, Mn : 0.8 ~ 1.8 %, P : 0.030 % 이하, S : 0.01 % 이하, Al : 0.005 ~ 0.1 %, N : 0.01 % 이하, Ti : 0.030 ~ 0.080 %, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성을 갖고, 폴리고날페라이트상의 면적률이 70 % 이상, 또한 사이즈 20 ㎚ 미만의 석출물 중에 존재하는 Ti 의 양이, 식 〔Ti* = [Ti] - (48/14) × [N]〕 으로 계산되는 Ti* 의 값의 50 % 이상이고, TS 가 540 ~ 780 ㎫ 로 강도 편차가 작은 강도 균일성이 우수한 고강도 열연 강판이 개시되어 있다.

[0008] 그러나, 특허문헌 1 에 기재된 고강도 열연 강판에서는, 경질인 페라이트와 베이나이트상을 규정한 체적 분율로 제조할 필요가 있지만, 변태 거동은 강의 화학 성분에 대해 일정하지는 않기 때문에, 페라이트 변태를 촉진시키는 중간의 공랭시의 제어가 어려운 문제가 있다. 특허문헌 2, 3 에 기재된 고강도 열연 강판에서는 연신 El 이 낮고, 반드시 양호한 신장 플랜지성, 재질 안정성을 갖는 강판이 얻어지지는 않는 문제가 있다. 특허문헌 4 에 기재된 고강도 열연 강판은 Mn 에 의한 고용 강화에 의해 TS 590 ㎫ 이상을 얻고 있지만, 고용 강화는 Ti 에 의한 석출 강화보다 첨가 원소량에 대한 강화비가 작기 때문에 비용성이 열등하다. 또, Ti 에 대해 C 첨가량이 많기 때문에, 경질인 세멘타이트 생성은 불가피하다. 그 때문에, 신장 플랜지성이 열등한 문제도 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 2007-9322호

(특허문헌 0002) 일본 공개특허공보 2007-302992호

(특허문헌 0003) 일본 공개특허공보 2002-322541호

(특허문헌 0004) 일본 공개특허공보 2009-185361호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은, 상기 문제점을 해결하기 위하여, 고강도이고, 연성 및 신장 플랜지성이 우수함과 함께, 코일 내에서

강도의 편차가 작은 양호한 재질 균일성을 갖는 열연 강판 및 그 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명자들은, 상기 목적의 고강도 열연 강판에 대해 검토를 거듭한 결과, 이하의 지견을 알아내었다.

[0012] 1) TiC 의 석출 효율 및 세멘타이트 생성량의 제어를 목적으로 한 성분 조성의 적정화를 도모한 데다, 페라이트 상의 면적률이 95 %, 페라이트 입경 10 ㎛ 이하를 갖는 강 조직에 의해 인장 강도 (TS) 가 590 ~ 780 ㎫, 전체 연신 (El) 이 28 % 이상, 구멍 확장률 (λ) 이 100 % 이상인 열연 강판이 얻어진다. 2) 재질 균일성의 향상에는, 강판 내의 페라이트분율을 일정하게 한 데다 TiC 의 조대화 (粗大化) 의 억제가 중요하다. 그 때문에, 오스테나이트 포머인 Mn 함유량을 억제한 조건인 0.4 ~ 0.8 % 로 함으로써 단시간에 페라이트 변태를 완료시키는 것이 가능해진 데다, 제조 비용을 억제할 수 있다. TS 590 ㎫ 이상을 달성하기 위해서 Ti 는 0.08 ~ 0.16 % 의 함유가 필요해지지만, 석출물 구성 원소인 Ti 의 함유량이 많은 경우에는 석출물이 조대화되기 쉬운 문제가 있다. 이 문제에 대해서는, 페라이트 변태 중에 석출물을 얻은 후, 저온에서 권취하는 것이 중요하다. 구체적으로는 권취 온도는 560 ℃ 이하일 필요가 있다.

[0013] 본 발명은, 이와 같은 지견에 기초하고 있고, 상기 과제를 해결하기 위해서, 이하의 수단을 채용한다.

[0014] [1] 질량% 로,

[0015] C : 0.020 ~ 0.065 %

[0016] Si : 0.1 % 이하

[0017] Mn : 0.40 ~ 0.80 % 미만

[0018] P : 0.030 % 이하

[0019] S : 0.005 % 이하

[0020] Ti : 0.08 ~ 0.20 %

[0021] Al : 0.005 ~ 0.1 %

[0022] N : 0.005 % 이하를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어짐과 함께, 하기 식 (1) 로 규정되는 Ti^* 가 하기 식 (2) 식 및 식 (3) 을 만족하는 강 성분을 갖고, 강 조직이 면적률로 95 % 이상인 페라이트상과 잔부가 펄라이트상, 베이나이트상 및 마텐자이트상의 어느 1 종 이상의 상으로서, 페라이트의 평균 페라이트 입경이 10 ㎛ 이하이고, 강 중에 석출된 Ti 탄화물의 평균 입자경이 10 ㎚ 이하이며, 또한 Ti^* 의 80 % 이상의 Ti 가 Ti 탄화물로서 석출되어 있는 것을 특징으로 하는 연성, 신장 플랜지성 및 재질 균일성이 우수한 고강도 열연 강판.

[0023] $Ti^* = Ti - (48/14) \times N$ … (1)

[0024] $Ti^* \geq 0.08$ … (2)

[0025] $0.300 \leq C/Ti^* \leq 0.375$ … (3)

[0026] 여기서, 식 중의 Ti, N, C 는 각 원소의 함유량 (질량%) 을 나타낸다.

[0027] [2] [1] 에 기재된 강 성분을 갖는 강 슬래브를 1200 ~ 1300 ℃ 의 범위에서 가열 후, 900 ℃ 이상의 마무리 온도에서 열간 압연을 실시하고, 그 열간 압연 후 2 초 이내에 30 ℃/s 이상의 냉각 속도로 냉각을 개시하고, 650 ~ 750 ℃ 의 온도에서 냉각을 정지시키고, 이어서 5 ~ 20 초의 방랭 공정을 거친 후에, 30 ℃/s 이상의 냉각 속도로 냉각시키고, 560 ℃ 이하에서 코일상으로 권취하는 것을 특징으로 하는 고강도 열연 강판의 제조 방법.

발명의 효과

[0028] 본 발명에 의해, 고강도이고, 연성 및 신장 플랜지성이 우수함과 함께, 강판내에서 강도의 편차가 작은 양호한 재질 균일성을 갖는 열연 강판으로서, 인장 강도 (TS) 가 590 ~ 780 ㎫ 이상, 전체 연신 (El) 이 28 % 이상, 구멍 확장값 (λ) 이 100 % 이상이고, 또한 TS 의 편차 ΔTS 가 15 ㎫ 이하가 되는 고강도 열연 강판이 제조

가능해졌다. 본 발명의 고강도 열연 강판은, 승용차의 필러나 멤버, 트럭의 프레임 등의 구조 부재에 바람직하다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 이하에, 본 발명의 상세를 설명한다. 또한, 원소의 함유량을 나타내는 단위는 모두 질량% 이고, 이하, 간단히 「%」로 나타낸다.

[0030] 1) 강 성분

[0031] 본 발명에 있어서의 강 성분 (화학 성분) 을 한정한 이유에 대해 설명한다.

[0032] · C : 0.020 ∼ 0.065 %

[0033] C 는, 페라이트상 중에 미세한 Ti 탄화물을 형성하여 고강도화에 기여하는 원소이다. TS 가 590 ㎫ 이상인 열연 강판을 얻기 위해서는 C 량은 0.020 % 이상의 함유가 필요해진다. 한편, C 량이 0.065 % 를 초과하면 El 이나 λ 가 저하될 뿐만 아니라, 페라이트 변태의 진행 속도가 완만해져 재질 균일성 저하의 원인이 된다. 따라서, C 량은 0.020 ∼ 0.065 % 로 한다. 바람직하게는 C 량은 0.020 % 이상 0.055 % 이하, 보다 바람직하게는 0.050 % 이하로 한다.

[0034] · Si : 0.1 % 이하

[0035] Si 량이 0.1 % 를 초과하면 Ar_3 점이 지나치게 상승되기 때문에, 페라이트상의 미세하고 또한 정립 조직을 얻는 것이 곤란해진다. 나아가서는 Si 량이 증가하면 인성이나 내피로 특성의 열화로 이어지기 때문에, Si 량은 0.1 % 이하, 바람직하게는 0.05 % 이하로 한다.

[0036] · Mn : 0.40 ∼ 0.80 % 미만

[0037] Mn 은, 고강도화, 페라이트 입자의 미세화에 유효하다. TS 가 590 ㎫ 이상 또한 페라이트 입경이 10 ㎛ 이하인 열연 강판을 얻기 위해서는 Mn 량은 0.40 % 이상으로 할 필요가 있다. 한편, Mn 량이 0.80 % 이상이면, 페라이트 변태의 진행이 완만해져 재질 균일성의 저하를 초래한다. 따라서, Mn 량은 0.40 ∼ 0.80 % 미만으로 한다.

[0038] · P : 0.030 % 이하

[0039] P 량이 0.03 % 를 초과하면 입계에 대한 편석이 현저해져, 인성이나 용접성의 저하를 초래한다. 따라서, P 량은 0.03 % 이하로 하지만, 최대한 저감시키는 것이 바람직하다.

[0040] · S : 0.005 % 이하

[0041] S 는 Mn 이나 Ti 와 황화물을 형성하고, 신장 플랜지성을 저하시킨다. 따라서, S 량은 0.005 % 이하로 하지만, 최대한 저감시키는 것이 바람직하다.

[0042] · Al : 0.005 ∼ 0.1 %

[0043] Al 은, 탈산 원소로서 활용되고, 강 청정도를 향상시키기 위해서 유효한 원소이다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는 Al 량은 0.005 % 이상으로 할 필요가 있다. 한편, Al 량이 0.1 % 를 초과하면 표면 결함이 발생하기 쉬워짐과 함께, 비용 증가를 초래한다. 따라서, Al 량은 0.005 ∼ 0.1 % 로 한다.

[0044] · N : 0.005 % 이하

[0045] N 은 Ti 와의 친화력이 강한 원소로, 강화에 기여하지 않는 Ti 질화물을 형성한다. 그 때문에, n 량이 0.005 % 를 초과하면 강화에 기여하는 Ti 탄화물량을 확보하기 위해서 다량의 Ti 량이 필요하여, 비용 증대를 초래한다. 따라서, 0.005 % 이하로 하지만, 최대한 저감시키는 것이 바람직하다.

[0046] · Ti : 0.08 ∼ 0.20 %

[0047] Ti 는, 본 발명에 있어서의 중요한 원소로, 열간 압연 후의 1 차 냉각에 이은 방랭 (공랭) 시에 페라이트상 중에 입경이 10 ㎚ 미만인 미세한 TiC 나 $Ti_4C_2S_2$ 등의 탄화물로서 석출되어, 고강도화에 기여한다. TS 가 590 ㎫ 이상을 달성하기 위해서는 적어도 Ti 량이 0.08 % 이상일 필요가 있다. 한편, Ti 량이 0.20 % 를 초과하면 열간 압연시에 앞선 슬래브 가열시에 조대한 Ti 탄화물을 용해시키는 것이 곤란해져, 열간 압연 후에 강화

에 기여하는 미세한 Ti 탄화물이 얻어지지 않게 된다. 또, 슬래브 가열시의 조대한 Ti 탄화물의 불균일한 용해를 일으켜, 강판 내에서의 TS 의 균일화를 저해한다. 따라서, Ti 량은 0.08 ~ 0.20 % 로 하고, 바람직하게는 0.08 ~ 0.16 %, 보다 바람직하게는 0.08 ~ 0.13 % 이다.

[0048] 잔부는 Fe 및 불가피적 불순물이다.

[0049] · 식 (1) ~ (3) 에 대해

[0050] 후기하는 바와 같이, λ 가 100 % 이상인 열연 강판을 얻기 위해서는 석출되는 세멘타이트량의 제어가 필요해진다. 그 때문에 본 발명에서는 Ti 가 C 와 결합하여 TiC 나 $Ti_4C_2S_2$ 등의 Ti 탄화물을 생성하는 것을 이용한다.

[0051] 따라서, Ti 탄화물을 형성할 수 있는 Ti 량을 확보할 필요가 있어, 하기 식 (1) 로 정의되는 Ti^* 가 하기 식 (2) 를 만족할 필요가 있다.

[0052] $Ti^* = Ti - (48/14) \times N$ … (1)

[0053] $Ti^* \geq 0.08$ … (2)

[0054] Ti^* 는 Ti 탄화물을 형성할 수 있는 Ti 량을 나타내고 있다.

[0055] 양호한 신장 플랜지성을 얻기 위해서는 세멘타이트량을 제어할 필요가 있다. 본 발명 강에서는 Ti 탄화물을 형성하지 않는 잉여 C 량이 세멘타이트 생성량이 된다. 세멘타이트 생성량이 많아지면 신장 플랜지성은 저하되는 경향을 나타내고, λ 100 % 이상을 얻기 위해서는 (C/Ti^*) 의 값을 0.375 이하로 할 필요가 있다. 또, 이 값이 0.300 미만이면 미세한 Ti 탄화물 생성량이 부족하여, 소정의 강도 (TS 590 ㎫ 이상) 가 얻어지지 않는다.

[0056] 즉 (C/Ti^*) 가 하기 식 (3) 을 만족해야만 한다.

[0057] $0.300 \leq (C/Ti^*) \leq 0.375$ … (3)

[0058] 또한, 식 (1) ~ (3) 에 있어서의 Ti, N, C 는 각 원소의 함유량 (질량%) 을 나타낸다.

[0059] 2) 강 조직

[0060] 다음으로, 본 발명의 강 조직에 대해 설명한다.

[0061] TS 가 590 ~ 780 ㎫, El 이 28 % 이상, λ 가 100 % 이상을 달성하기 위해서는, 경질인 페라이트상을 주체로 한 강 조직으로 하는 것이 중요하다. 이것은, 연성이 풍부한 페라이트상에, 페라이트 변태 진행 중에 Ti 탄화물을 석출시킴으로써 고강도 또한 고연성을 갖는 강판이 얻어진다. 신장 플랜지성에 악영향을 미치는 세멘타이트의 석출을 억제하기 위해서 함유하는 C 는 미세한 Ti 탄화물로서 고정시킬 필요가 있다. 세멘타이트는 매우 경질이기 때문에, 타발 가공시 및 신장 플랜지 성형시에 보이드의 기점이 된다. 생성된 보이드는 성장, 연결됨으로써 파괴에 이르지만, 페라이트상의 면적률이 95 % 이상의 강 조직을 갖는 강판에서는 세멘타이트끼리의 입자 간격은 충분히 넓기 때문에, 세멘타이트가 함유되어 있었다고 해도, 보이드 연결의 진행을 둔화시킬 수 있어, 페라이트 면적률 95 % 미만의 경우와 비교하여, 신장 플랜지성은 양호하다. 나아가서는, 페라이트상의 면적률이 95 % 이상이면 El 이 28 % 이상을 달성하는 것이 가능해진다.

[0062] 또한, 제 2 상은, 페라이트상의 면적률이 95 % 이상이면, 마텐자이트상, 베이나이트상, 펄라이트상의 어느 1 종 이상의 상을 함유해도, 본 발명의 효과가 저해되는 경우는 없다.

[0063] 고강도이고, 또한 재질이 균일한 강판을 얻기 위해서는, 페라이트상의 면적률을 95 % 이상의 조건을 만족시킨 데다, 페라이트 입경 및 Ti 탄화물을 미세하고 균일한 사이즈로 할 필요가 있다. 또한 Ti 탄화물은 가능한 한 많이 얻을 필요가 있다. 구체적으로는 평균 페라이트 입경이 10 ㎛ 이하, Ti 탄화물의 평균 입자경이 10 ㎚ 이하, 또한 Ti^* (Ti 탄화물을 형성할 수 있는 Ti 량) 의 80 % 이상의 Ti 가 Ti 탄화물로서 석출되어 있으면 TS 가 590 ㎫ 이상, ΔTS 가 15 ㎫ 이하를 달성하는 것이 가능해진다.

[0064] 3) 제조 조건

[0065] 본 발명의 제조 조건에 대해 설명한다.

[0066] · 슬래브의 가열 온도 : 1200 ~ 1300 ℃

[0067] 열간 압연 후 페라이트상 중에 미세한 Ti 탄화물을 석출시키기 위해서는 열간 압연 전에 슬래브 중에 석출되어 있는 조대한 Ti 탄화물을 용해시킬 필요가 있다. 그러기 위해서는 슬래브를 1200 ℃ 이상에서 가열할 필요가 있다. 한편, 1300 ℃ 를 초과하는 가열은 스케일의 생성이 증대되어, 수율의 저하를 초래한다. 따라서, 슬래브의 가열 온도는 1200 ~ 1300 ℃ 로 한다.

[0068] · 열간 압연의 마무리 온도 : 900 ℃ 이상

[0069] 오스테나이트 포머인 Mn 함유량이 적기 때문에, Ar_3 점이 비교적 높다. 구체적으로는 마무리 온도가 900 ℃ 를 하회하면 페라이트 입자의 조대화나 이상 조직의 원인이 되어, 강도 및 재질 균일성의 저하를 초래한다. 그 때문에, 마무리 온도는 900 ℃ 이상으로 한다.

[0070] · 열간 압연 후의 냉각 개시 시간 : 2 초 이내

[0071] · 열간 압연 후의 1 차 냉각시의 평균 냉각 속도 : 30 ℃/s 이상

[0072] 열간 압연 후, 1 차 냉각 개시까지의 시간이 2 초를 초과하면 조대한 페라이트 입자나, 조대한 Ti 탄화물이 생성되기 때문에, 강도나 재질 균일성이 저하된다. 그 때문에, 압연 후의 냉각 개시 시간은 2 초 이내로 한다. 동일한 이유로부터, 열간 압연 후의 1 차 냉각시의 평균 냉각 속도는 30 ℃/s 이상으로 한다.

[0073] · 1 차 냉각의 냉각 정지 온도 : 650 ~ 750 ℃

[0074] 1 차 냉각은 650 ~ 750 ℃ 의 온도역에서 정지시키고, 이어지는 방랭 (공랭) 시에 페라이트 변태와 미세한 Ti 탄화물 형성을 촉진시킬 필요가 있다. 냉각 정지 온도가 650 ℃ 미만인 경우, 페라이트가 충분히 생성되지 않아, 95 % 이상의 면적률을 확보할 수 없게 됨과 함께, Ti^* 의 80 % 이상의 Ti 를 Ti 탄화물로서 석출시킬 수 없게 된다. 한편, 냉각 정지 온도가 750 ℃ 를 초과하면, 페라이트 입자나 Ti 탄화물의 조대화를 초래하여, 페라이트 입경이 10 ㎛ 이하, Ti 탄화물의 평균 입자경 10 ㎚ 이하를 달성하는 것이 곤란해진다. 따라서, 1 차 냉각 정지 온도는 650 ~ 750 ℃ 로 한다.

[0075] · 1 차 냉각 후의 공랭 시간 : 5 ~ 20 초간

[0076] 공랭 시간이 5 초 미만에서는 페라이트상이 충분히 생성되지 않아, 페라이트상의 면적률이 95 % 이상, Ti^* 의 80 % 이상의 Ti 를 Ti 탄화물로서 석출시키는 것이 곤란해진다. 공랭 시간이 20 초간을 초과하면 페라이트 입자나 Ti 탄화물의 조대화를 초래하여, 페라이트 입경이 10 ㎛ 이하, Ti 탄화물의 평균 입자경 10 ㎚ 이하를 달성하는 것이 곤란해진다. 따라서, 1 차 냉각 후의 공랭 시간 5 ~ 20 초간으로 한다.

[0077] · 2 차 냉각 조건 : 평균 냉각 속도 30 ℃/s 이상

[0078] 열간 압연 후의 1 차 냉각 및 공랭 공정의 조합으로 얻어지는 페라이트 입경 10 ㎛ 이하, Ti 탄화물의 평균 입자경 10 ㎚ 이하를 유지하기 위해서, 공랭 후 권취까지는 30 ℃/s 이상의 평균 냉각 속도로 2 차 냉각시킬 필요가 있다.

[0079] · 권취 온도 : 560 ℃ 이하

[0080] 본 발명의 제조 방법에서는, 권취 전에 강판 조직이나 Ti 탄화물 상태가 결정되고, 그 후 권취 처리를 실시하게 된다. 그러나 권취 온도가 560 ℃ 를 초과하면 Ti 탄화물이 조대화되고 강도가 저하된다. 따라서, 권취 온도는 560 ℃ 이하로 한다. 또한, 양호한 강판 형상을 확보한다는 관점에서는, 권취 온도를 350 ℃ 이상으로 하는 것이 바람직하다.

[0081] 그 밖의 제조 조건에는 통상적인 조건을 적용할 수 있다. 예를 들어, 원하는 성분 조성을 갖는 강은 전로나 전기로 등으로 용제 후, 진공 탈가스로에서 2 차 정련을 실시하여 제조된다. 그 후의 주조는 생산성이나 품질상의 점에서 연속 주조법으로 실시하는 것이 바람직하다. 주조 후에는, 본 발명 방법에 따라 열간 압연을 실시한다. 열간 압연 후에는, 표면에 스케일이 부착된 상태여도 산세를 실시하여 스케일을 제거한 상태여도, 강판의 특성이 저해되는 경우는 없다. 또 열간 압연 후, 조질 압연을 실시하거나, 용융 아연계 도금, 전기 아연 도금, 화성 처리를 실시하는 것도 가능하다. 여기서, 아연계 도금이란 아연 및 아연을 주체로 한 (아연을 90 % 이상 함유하는) 도금으로, 아연 외에 Al, Cr 등의 합금 원소를 함유한 도금이나 아연계

도금 후에 합금화 처리를 실시한 도금을 말한다.

[0082] 실시예

[0083] 표 1 에 나타내는 화학 성분 (조성) 을 갖는 강 A ~ H 를 전로로 용제하고, 연속 주조법으로 슬래브로 하였다. 이들 강 슬래브를 1250 ℃ 로 가열하고, 표 2 에 나타내는 열연 조건으로 판 두께 3.2 ㎜ 의 코일상의 열연 강판 No.1 ~ 18 을 제조하였다.

[0084] 또한, 표 1, 표 2 에 있어서의 밑줄은, 본 발명의 조건을 벗어나는 것을 나타낸다.

표 1

[0085]

강 기호	화학 성분 (질량%)										비고
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ti	Ti*	C/Ti*	
A	0.041	0.03	0.61	0.017	0.002	0.039	0.0012	0.120	0.116	0.354	발명 범위 내
B	0.025	0.02	0.43	0.015	0.002	0.041	0.0012	0.086	0.082	0.305	발명 범위 내
C	0.062	0.02	0.78	0.016	0.002	0.042	0.0009	0.169	0.166	0.374	발명 범위 내
D	0.019	0.01	0.43	0.017	0.002	0.041	0.0025	0.110	0.102	0.187	발명 범위 외
E	0.077	0.02	0.64	0.015	0.002	0.040	0.0025	0.104	0.096	0.806	발명 범위 외
F	0.033	0.56	0.63	0.015	0.002	0.045	0.0035	0.108	0.096	0.343	발명 범위 외
G	0.038	0.02	1.25	0.018	0.002	0.045	0.0021	0.112	0.105	0.362	발명 범위 외
H	0.036	0.02	0.66	0.016	0.002	0.041	0.0045	0.075	0.060	0.603	발명 범위 외

표 2

[0086]

열연 강판 No.	강 기호	마무리 온도	1 차 냉각			공랭	2 차 냉각	권취 온도	비고
			압연 후 냉각 개시 시간	평균 냉각 속도	냉각 정지 온도	시간	평균 냉각 속도		
		℃	s	℃/s	℃	s	℃/s	℃	
1	A	920	1.5	110	700	10	50	500	발명예
2		910	1.5	110	650	15	60	500	발명예
3		910	1.5	110	750	7	60	400	발명예
4		910	3.0	110	700	10	55	500	비교예
5		920	1.5	20	700	10	50	500	비교예
6		920	1.5	110	600	20	50	500	비교예
7		920	1.5	110	800	10	55	450	비교예
8		910	1.5	110	700	25	60	550	비교예
9		910	1.5	110	700	10	20	500	비교예
10		920	1.5	110	700	10	55	600	비교예
11	B	910	1.5	110	700	10	50	500	발명예
12		880	1.5	110	700	10	50	500	비교예
13	C	920	1.5	110	700	10	50	500	발명예
14	D	910	1.5	110	700	10	50	500	비교예
15	E	920	1.5	110	700	10	55	500	비교예
16	F	920	1.5	110	700	10	60	500	비교예
17	G	910	1.5	110	700	10	50	500	비교예
18	H	920	1.5	110	700	10	55	500	비교예

[0087] 그리고, 산세 후 코일의 최내 둘레와 최외 둘레의 한 바퀴분과 코일 폭 방향의 양 단부 10 ㎜ 를 트리밍 후, 코일 길이 방향으로 20 등분, 폭 방향으로 8 등분으로 분할하고, 트리밍 후의 코일 단부를 포함한 189 점의 위치로부터 압연 방향으로 평행하게 JIS 5 호 인장 시험편을 채취하고, JIS Z 2241 에 준거하여, 크로스 헤드 속도 10 ㎜/min 로 인장 시험을 실시하여, 평균의 인장 강도 (TS) 와 전체 연신 (El), 및 재질 균일성의 척도로서, 트리밍 후의 코일 내의 TS 의 편차, 즉 TS 의 표준 편차 ΔTS 를 구하였다.

[0088] 또, 189 점의 위치에서 구멍 확장 시험용 시험편을 채취하고, 철련 규격 JFS T 1001 에 준거하여 구멍 확장 시험을 실시하여, 평균의 구멍 확장률 λ 를 구하였다. 조직 전체에서 차지하는 페라이트상이나 제 2 상의 면적률은, 189 점의 위치로부터 주사형 전자 현미경 (SEM) 용 시험편을 채취하고, 압연 방향으로 평행한 판 두께 단면을 연마 후, 나이탈 부식시켜, 판 두께 중심부 근방에서 배율 1000 배의 SEM 사진을 10 시야 관찰하여, 페라이트상이나 마텐자이트상 등의 페라이트상 이외의 상을 화상 처리에 의해 식별하고, 화상 해석 처리에 의해 페라이트상이나 마텐자이트상 등의 페라이트상 이외의 상의 면적을 측정하고, 관찰 시야의 면적에서 차지하는

비율 (백분율) 로서 구하여, 페라이트상의 면적률은 189 점의 최저값으로 하였다.

[0089] 페라이트 평균 입경은 상기 SEM 사진 10 시야분부터 절단법에 의해 구하였다. 즉, 각 SEM 사진에, 각 3 개의 수직, 수평선을 긋고, 페라이트 입자 절편 길이를 구하고, 구한 입자 절편 길이에 1.13 을 곱한 것 (ASTM 공칭 입경에 상당) 을, 페라이트 입경으로 하고, 10 시야분을 평균하여, 평균 페라이트 입경으로 하였다.

[0090] 또한, 상기 방법에 의해, 상기 189 점의 위치에서 구한 평균 페라이트 입경의 최대값을, 후술하는 표 3 에 나타내었다. Ti 탄화물의 평균 입자경은, 코일 단부도 포함한 코일 길이 방향으로 20 등분한 위치, 코일 폭 방향 중앙부의 21 점의 판 두께 중앙부로부터 트윈 제트법에 의해 박막을 채취하여 투과형 전자 현미경 (TEM) 을 이용하여 관찰을 실시하고, 3000 개 이상의 Ti 탄화물의 입자경을 화상 해석에 의해 계측하여, 그 평균값으로 하였다. Ti 탄화물의 석출 물량은 TEM 관찰을 실시한 채취 위치 21 점에 대하여, 10 % AA 계 전해액 (10 vol% 아세틸아세톤-1 mass% 염화테트라메틸암모늄-메탄올) 중에서, 약 0.2 g 을 전류 밀도 20 mA/㎠ 로 정전류 전해하고, Ti 탄화물을 추출하여, 그 추출량을 분석함으로써 구하였다.

[0091] 결과를 표 3 에 나타낸다. 표 중에 있어서의 밑줄은, 본 발명의 조건을 벗어나는 것을 나타낸다.

[0092] 표 3 에 있어서, 강판 No.1 ~ 3, 11 및 13 은 발명예이고, 강판 No.4 ~ 10, 12, 14 ~ 18 은 비교예이다.

[0093] 또한, 표 3 에는 페라이트 면적률을 기재하고 있지만, 페라이트 이외의 상은, 펄라이트 또는 베이나이트상이었다.

표 3

[0094]

열연 강판 No.	역학 특성 TS (MPa)	역학 특성 ΔTS (MPa)	역학 특성 El (%)	역학 특성 λ (%)	금속 조직 페라이트 면적률 (%)	금속 조직 페라이트 입경 (㎛)	금속 조직 Ti 탄화물 평균 입자경 (nm)	금속 조직 Ti* 량에 대한 Ti 탄화물의 석출량의 비율 (%)	비고
1	698	7	30	112	97	7	6	86	발명예
2	677	12	29	107	98	7	5	81	발명예
3	613	11	31	116	98	10	9	96	발명예
4	586	28	29	109	96	11	8	97	비교예
5	565	31	31	111	98	12	9	94	비교예
6	621	35	26	78	76	6	6	76	비교예
7	532	47	27	64	61	9	12	64	비교예
8	578	21	29	104	98	9	11	93	비교예
9	574	27	29	107	96	13	7	94	비교예
10	564	22	31	108	97	11	11	98	비교예
11	602	8	31	118	96	8	7	89	발명예
12	578	19	31	105	97	11	7	79	비교예
13	773	14	28	103	97	7	6	87	발명예
14	549	11	28	121	99	8	4	59	비교예
15	688	10	29	67	82	7	7	88	비교예
16	595	25	32	101	98	11	7	77	비교예
17	702	18	26	86	76	6	6	71	비교예
18	574	13	30	113	83	7	6	94	비교예

[0095] 발명예인 No.1 ~ 3, 11 및 13 은, 모두 TS 가 590 ~ 780 ㎫, El 이 28 % 이상, λ 가 100 % 이상으로, 고강도이며 연성과 신장 플랜지성이 우수하고, 또한 TS 의 편차 ΔTS 가 15 ㎫ 이하로, 코일 내에서 강도 편차가 작아, 재질 균일성이 우수하다.

[0096] 한편, 비교예의 No.4 는 강종이 A 로 조성은 본 발명의 범위 내이지만, 압연 후의 1 차 냉각 시간의 개시까지의 시간이 3.0 초로 2 초를 초과하여 제조 조건이 본 발명 외이다. 이 때문에, 페라이트 입경이 11 ㎛ 로 조대화되어 있고, TS 가 586 ㎫ 로 강도가 낮으며, ΔTS 가 28 ㎫ 로 재질 균일성이 열등하다.

[0097] 비교예의 No.5 는 강종이 A 로 조성은 본 발명의 범위 내이지만, 압연 후의 1 차 냉각시의 평균 냉각 속도가 20 ℃/s 로 30 ℃/s 를 하회하여, 제조 조건이 본 발명 외이다. 이 때문에, No.4 와 동일하게, 페라이트 입경이 12 ㎛ 로 조대화되어 있고, TS 가 565 ㎫ 로 강도가 낮으며, ΔTS 가 31 ㎫ 로 재질 균일성이 열등하다.

[0098] 비교예의 No.6 은 강종이 A 로 조성은 본 발명의 범위 내이지만, 압연 후의 1 차 냉각의 냉각 정지 온도가 650 ℃ 미만인 600 ℃ 로, 제조 조건이 본 발명 외이다. 이 때문에, 페라이트상이 충분히 생성되지 않아, 페라이트 면적률이 76 % 로 낮고, Ti 탄화물의 석출량이 Ti^* 의 76 % 로, 80 % 에 이르지 않고, El 이 26 %, λ

가 78 % 로 약간 낮으며, 특히 ΔTS 가 35 ㎫ 로 재질 균일성이 열등하다.

[0099] 또, 비교예의 No.7 은 강종이 A 로 조성은 본 발명의 범위 내이지만, 압연 후의 1 차 냉각의 냉각 정지 온도가 800 ℃ 로, 750 ℃ 를 초과하여 제조 조건이 본 발명 외이다. 이 때문에, Ti 탄화물의 평균 입자경이 12 ㎚ 로 10 ㎚ 를 초과하고, Ti 탄화물의 석출량이 Ti^{*} 의 64 % 로 80 % 를 하회하고 있다. 또, 페라이트 면적률도 61 % 로 85 % 를 하회하고 있다. 이 때문에, TS 가 532 ㎫ 로 낮고, ΔTS 는 47 ㎫ 에 도달하여, 강도와 재질 균일성이 열등하다. 그리고, El 이 27 %, λ 가 64 % 로 연성과 신장 플랜지성도 열등하다.

[0100] 비교예의 No.8 은 강종이 A 로 조성은 본 발명의 범위 내이지만, 1 차 냉각 후의 공랭 시간이 25 초로, 20 초를 초과하여 제조 조건이 본 발명 외이다. 이 때문에, Ti 탄화물은, 평균 입자경이 11 ㎚ 로 조대화되어 있다. 이 때문에, TS 가 578 ㎫, ΔTS 가 21 ㎫ 로 강도와 재질 균일성이 약간 열등하다.

[0101] 비교예의 No.9 는 강종이 A 로 본 발명의 범위 내이지만, 2 차 냉각의 평균 냉각 속도가 20 ℃ 로 25 ℃ 미만으로, 본 발명의 제조 조건을 벗어나고 있다. 이 때문에, 페라이트 입경이 13 ㎛ 로 조대화되어 있다. 이 때문에, TS 가 574 ㎫, ΔTS 가 27 ㎫ 로 강도와 재질 균일성이 약간 열등하다.

[0102] 비교예의 No.10 은 강종이 A 로 본 발명의 범위 내이지만, 권취 온도가 600 ℃ 로 560 ℃ 를 초과하고 있어, 본 발명의 제조 조건을 벗어나고 있다. Ti 탄화물의 평균 입자경과 페라이트 입경이 각각 10 ㎚, 10 ㎛ 를 초과하여 조대화되어 있다. 이 때문에, TS 가 564 ㎫, ΔTS 가 22 ㎫ 로 강도와 재질 균일성이 약간 열등하다.

[0103] 발명예의 No.11 과 비교예의 12 는 모두 강종이 B 로, 조성은 본 발명의 범위 내이지만, 열간 압연의 마무리 온도가 발명예의 No.11 에서는 910 ℃ 로 본 발명의 제조 조건을 만족하는 데에 반해, 비교예의 No.12 는 880 ℃ 로, 본 발명의 제조 조건을 벗어나고 있다. 이 때문에, 비교예 12 는, 페라이트 입경이 11 ㎛ 로 조대화되어 있고, 강도와 재질 균일성이 열등한 결과가 되어 있다.

[0104] 비교예의 No.14 는 강종이 D 이고, C 량이 0.019 %, (C/Ti^{*}) 값이 0.187 로, 조성이 본 발명의 조건으로부터 벗어나 있다. 이 때문에, TS 가 549 ㎫ 로, 강도가 낮다.

[0105] 비교예의 No.15 는 강종이 E 이고, C 량이 0.077 %, (C/Ti^{*}) 값이 0.806 으로, 조성이 본 발명의 조건으로부터 벗어나 있다. 이 때문에, λ 가 67 % 로, 성형성이 열등하다.

[0106] 비교예의 No.16 은 강종이 F 이고, Si 량이 0.56 % 로, 조성이 본 발명의 조건 (0.1 % 이하) 을 벗어난다. 이 때문에, 페라이트 입경이 11 ㎛ 로 10 ㎛ 를 초과하고, ΔTS 가 25 로 재질 균일성이 열등하다.

[0107] 비교예 No.17 은, 강종이 G 이고, Mn 량이 1.25 % 로, 조성이 본 발명의 조건 (0.80 % 미만) 을 벗어난다. 또, Ti^{*} 량에 대한 Ti 탄화물의 석출량의 비율도 0.71 로 낮아, 본 발명의 조건을 하회한다. 이 때문에, 페라이트 면적률이 낮고, ΔTS 가 18 ㎫ 로 재질 균일성이 열등하며, El 이 26 %, λ 가 86 % 로 연성과 신장 플랜지성도 열등하다.

[0108] 비교예 No.18 은, 강종이 H 이고, Ti 량이 0.075 % 로, 조성이 본 발명의 조건 (0.08 ∼ 0.16 %) 을 벗어난다. 또, Ti^{*} 는 0.060 으로 0.08 을 하회하고, (C/Ti^{*}) 도 0.603 으로 0.375 를 상회하여, 모두 본 발명의 조건을 벗어나 있다. 이 때문에, TS 가 574 ㎫ 로 강도가 열등하다.

[0109] 이상과 같이, 본 발명에서는, TS 가 590 ∼ 780 ㎫, El 이 28 % 이상, λ 가 100 % 이상, 또한 ΔTS 가 15 ㎫ 이하인 열연 강판을 얻는 것이 가능하고, 연성 (연신 특성) 이나 신장 플랜지성이 우수하고, 또한 재질 균일성이 우수한 것을 알 수 있다.