



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년09월10일
(11) 등록번호 10-2705241
(24) 등록일자 2024년09월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C22C 38/04 (2006.01) C21D 9/46 (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01) C22C 38/02 (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01) C22C 38/22 (2006.01)
C22C 38/24 (2006.01) C22C 38/26 (2006.01)
C22C 38/28 (2006.01) C22C 38/34 (2006.01)
C22C 38/38 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C22C 38/04 (2013.01)
C21D 9/46 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-7006281

(22) 출원일자(국제) 2020년08월25일

심사청구일자 2022년02월24일

(85) 번역문제출일자 2022년02월24일

(65) 공개번호 10-2022-0036975

(43) 공개일자 2022년03월23일

(86) 국제출원번호 PCT/JP2020/031994

(87) 국제공개번호 WO 2021/039776

국제공개일자 2021년03월04일

(30) 우선권주장

JP-P-2019-158802 2019년08월30일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

JP11193418 A

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 7 항

(73) 특허권자

제이에프이 스틸 가부시키키가이샤

일본 도쿄도 지요다꾸 우치사이와이쵸 2쵸메 2방
3고

(72) 발명자

히라시마 타쿠야

일본국 도쿄도 지요다꾸 우치사이와이쵸 2쵸메 2
반 3고 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤 치테키자
이산부 나이

요시오카 심페이

일본국 도쿄도 지요다꾸 우치사이와이쵸 2쵸메 2
반 3고 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤 치테키자
이산부 나이

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이철

심사관 : 배근태

(54) 발명의 명칭 강판, 부재 및 그들의 제조 방법

(57) 요약

본 발명은, 고강도이고, 형상 균일성 및 내지연 파괴 특성이 우수한 강판, 부재 및 그들의 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다. 본 발명의 강판은, 면적률로, 마르텐사이트: 20% 이상 100% 이하, 페라이트: 0% 이상 80% 이하 및, 잔부: 5% 이하를 갖는 강 조직을 갖고, V자 굽힘 가공했을 때의 판폭 중앙의 잔류 응력이 800MPa 이하이고, V자 굽힘 가공했을 때에, 판폭 단의 잔류 응력이 판폭 중앙의 잔류 응력에 대하여 90% 이상 110% 이하이고, 강판 길이 방향으로 길이 1m로 전단했을 때의 강판의 최대 휨량이 15mm 이하이다.

(52) CPC특허분류

C22C 38/001 (2013.01)
C22C 38/02 (2013.01)
C22C 38/06 (2013.01)
C22C 38/22 (2013.01)
C22C 38/24 (2013.01)
C22C 38/26 (2013.01)
C22C 38/28 (2013.01)
C22C 38/34 (2013.01)
C22C 38/38 (2013.01)

(72) 발명자

가네코 신지로

일본국 도쿄토 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2반
 3고 제이에프이 스틸 가부시키가이샤 치테키자이산
 부 나이

요시모토 소시

일본국 도쿄토 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2반
 3고 제이에프이 스틸 가부시키가이샤 치테키자이산
 부 나이

하시무카이 토모히로

일본국 도쿄토 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2반
 3고 제이에프이 스틸 가부시키가이샤 치테키자이산
 부 나이

오노 요시히코

일본국 도쿄토 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2반
 3고 제이에프이 스틸 가부시키가이샤 치테키자이산
 부 나이

(56) 선행기술조사문헌

JP2003277833 A
 KR1020150105476 A
 KR1020170070217 A
 KR1020170116112 A
 US04274273 A

명세서

청구범위

청구항 1

질량%로,

C: 0.05% 이상 0.60% 이하,

Si: 0.01% 이상 2.0% 이하,

Mn: 0.1% 이상 3.2% 이하,

P: 0% 초과 0.050% 이하,

S: 0% 초과 0.0050% 이하,

Al: 0.005% 이상 0.10% 이하 및,

N: 0% 초과 0.010% 이하를 함유하고, 잔부는 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성을 갖고,

면적률로, 마르텐사이트: 20% 이상 100% 이하, 페라이트: 0% 이상 80% 이하 및, 잔부로서 상기 마르텐사이트 및 상기 페라이트 이외에 불가피적으로 포함되는 금속상: 5% 이하를 갖는 강 조직을 갖고,

V자 굽힘 가공했을 때의 판폭 중앙의 잔류 응력이 800MPa 이하이고,

V자 굽힘 가공했을 때에, 판폭 단(端)의 잔류 응력이 판폭 중앙의 잔류 응력에 대하여 90% 이상 110% 이하이고,

강판 길이 방향으로 길이 1m로 전단했을 때의 강판의 최대 휨량이 15mm 이하이고,

인장 강도가 750MPa 이상 2500MPa 이하인 강판.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 성분 조성은, 추가로, 이하의 A군 내지 E군의 어느 하나 또는 2이상을 함유하는 강판.

A군

Cr: 0.01% 이상 0.50% 이하, Mo: 0.01% 이상 0.15% 미만 및 V: 0.001% 이상 0.05% 이하 중으로부터 선택된 적어도 1종

B군

Nb: 0.001% 이상 0.020% 이하 및 Ti: 0.001% 이상 0.020% 이하 중으로부터 선택된 적어도 1종

C군

Cu: 0.001% 이상 0.20% 이하 및 Ni: 0.001% 이상 0.10% 이하 중으로부터 선택된 적어도 1종

D군

B: 0.0001% 이상 0.0020% 미만

E군

Sb: 0.002% 이상 0.1% 이하 및 Sn: 0.002% 이상 0.1% 이하 중으로부터 선택된 적어도 1종

청구항 3

면적률로, 마르텐사이트: 20% 이상 100% 이하, 페라이트: 0% 이상 80% 이하 및, 잔부로서 상기 마르텐사이트 및 상기 페라이트 이외에 불가피적으로 포함되는 금속상: 5% 이하를 갖는 강 조직을 갖고,

V자 굽힘 가공했을 때의 판폭 중앙의 잔류 응력이 800MPa 이하이고,

V자 굽힘 가공했을 때에, 판폭 단의 잔류 응력이 판폭 중앙의 잔류 응력에 대하여 90% 이상 110% 이하이고, 강판 길이 방향으로 길이 1m로 전단했을 때의 강판의 최대 휨량이 15mm 이하이고, 인장 강도가 750MPa 이상 2500MPa 이하인 강판의 제조 방법으로서, 제1항 또는 제2항에 기재된 성분 조성을 갖는 강 슬래브를 가열한 후, 열간 압연하는, 열간 압연 공정과, 상기 열간 압연 공정에서 얻어진 열연 강판을, A_{c1} 점 이상의 어닐링 온도에서 30초 이상 보존유지(保持)하고, 그 후, M_s 점 이상에서 물 쿨칭을 개시하고, 100℃ 이하까지 수냉 후, 100℃ 이상 300℃ 이하에서 재차 가열하는 어닐링 공정을 갖고, 상기 어닐링 공정에 있어서의 상기 물 쿨칭의 수냉 중, 강판의 표면 온도가 (M_s 점 + 150℃) 이하인 영역에 있어서, 강판을 사이에 두고 설치된 2개의 롤로 강판의 표면 및 이면으로부터 강판을 구속하고, 상기 2개의 롤의 구속 위치에서의 판폭 단에 대한 판폭 중앙의 구속 압력비가 1.05 이상 2.0 이하인 강판의 제조 방법.

청구항 4

면적률로, 마르텐사이트: 20% 이상 100% 이하, 페라이트: 0% 이상 80% 이하 및, 잔부로서 상기 마르텐사이트 및 상기 페라이트 이외에 불가피적으로 포함되는 금속상: 5% 이하를 갖는 강 조직을 갖고,

V자 굽힘 가공했을 때의 판폭 중앙의 잔류 응력이 800MPa 이하이고,

V자 굽힘 가공했을 때에, 판폭 단의 잔류 응력이 판폭 중앙의 잔류 응력에 대하여 90% 이상 110% 이하이고,

강판 길이 방향으로 길이 1m로 전단했을 때의 강판의 최대 휨량이 15mm 이하이고,

인장 강도가 750MPa 이상 2500MPa 이하인 강판의 제조 방법으로서,

제1항 또는 제2항에 기재된 성분 조성을 갖는 강 슬래브를 가열한 후, 열간 압연하는, 열간 압연 공정과,

상기 열간 압연 공정에서 얻어진 열연 강판을 냉간 압연하는, 냉간 압연 공정과,

상기 냉간 압연 공정에서 얻어진 냉연 강판을, A_{c1} 점 이상의 어닐링 온도에서 30초 이상 보존유지하고, 그 후, M_s 점 이상에서 물 쿨칭을 개시하고, 100℃ 이하까지 수냉 후, 100℃ 이상 300℃ 이하에서 재차 가열하는 어닐링 공정을 갖고,

상기 어닐링 공정에 있어서의 상기 물 쿨칭의 수냉 중, 강판의 표면 온도가 (M_s 점 + 150℃) 이하인 영역에 있어서, 강판을 사이에 두고 설치된 2개의 롤로 강판의 표면 및 이면으로부터 강판을 구속하고, 상기 2개의 롤의 구속 위치에서의 판폭 단에 대한 판폭 중앙의 구속 압력비가 1.05 이상 2.0 이하인 강판의 제조 방법.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 기재된 강판에 대하여, 성형 가공 및 용접의 적어도 한쪽을 실시하여 이루어지는 부재.

청구항 6

제3항에 기재된 강판의 제조 방법에 의해 제조된 강판에 대하여, 성형 가공 및 용접의 적어도 한쪽을 실시하는 공정을 갖는 부재의 제조 방법.

청구항 7

제4항에 기재된 강판의 제조 방법에 의해 제조된 강판에 대하여, 성형 가공 및 용접의 적어도 한쪽을 실시하는 공정을 갖는 부재의 제조 방법.

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 자동차 부품 등에 이용되는 강판, 부재 및 그들의 제조 방법에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 본 발명은, 고강도이고, 형상 균일성 및 내(耐)지연 파괴 특성이 우수한 강판, 부재 및 그들의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근, 지구 환경 보전의 관점에서, CO₂ 배출량의 억제를 목적으로 자동차 업계 전체에서 자동차의 더 한층의 연비 개선이 요구되고 있다. 자동차의 연비 개선에는, 사용 부품의 박육화에 의한 자동차의 경량화가 가장 유효하기 때문에, 최근, 자동차 부품용 소재로서의 고강도 강판의 사용량이 증가하고 있다.

[0003] 강판 강도를 얻기 위해 경질상인 마르텐사이트를 활용한 강판은 많다. 한편으로, 마르텐사이트를 생성시킬 때, 변태 변형에 의해 판 형상의 균일성이 악화된다. 판 형상의 균일성이 악화되면 성형 시의 치수 정밀도에 악영향을 초래하기 때문에, 소망하는 치수 정밀도가 얻어지도록 판을 레벨러 가공(levelling)이나 스킨 패스 압연(skin pass rolling)(조질 압연(temper rolling))에 의해 교정되어 왔다. 한편으로, 이들 레벨러 가공이나 스킨 패스 압연에 의해 변형이 도입되면, 성형 시의 치수 정밀도가 나빠져, 소망하는 치수 정밀도가 얻어지지 않게 된다. 치수 정밀도를 양호하게 하기 위해서는 마르텐사이트 변태 시의 판 형상의 균일성의 열화를 억제할 필요가 있어, 지금까지도 여러 가지의 기술이 제안되어 있다.

[0004] 예를 들면, 특허문헌 1에서는, 페라이트 및 마르텐사이트의 면적률을 제어함으로써, 형상 균일성 및 내지연 파괴 특성을 개선한다. 구체적으로는, 금속 조직이 체적률로 50~80%의 템퍼링 마르텐사이트상 및 체적률로 20~50%의 페라이트상을 포함하는 복합 조직강으로 함으로써 수소의 침입을 억제하여, 형상 균일성 및 내지연 파괴 특성이 양호한 초고강도 강판을 제공하고 있다.

[0005] 또한, 특허문헌 2는, 수중에서 강판을 물에 의해 구속함으로써, 물 쿨칭(water quenching) 시에 생기는 마르텐사이트 변태에 의한 강판의 형상 열화를 억제하는 기술이 제공되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 일본공개특허공보 2010-90432호

(특허문헌 0002) 일본특허 제6094722호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 자동차 차체에 사용되는 강판은 프레스 가공되어 사용되기 때문에, 양호한 형상 균일성은 필요한 특성이다. 또한 최근의 자동차 부품용 소재에는 고강도 강판의 사용량이 계속 증가하고 있어, 고강도화에 수반하여 우려되는 내지연 파괴 특성도 양호할 필요가 있다. 자동차 부품은 강판의 전체 판폭(이하, 강판 전체 폭이라고도 함)에 있어서 채취되기 때문에, 내지연 파괴 특성은 강판 전체 폭에서도 불균일 없이 우수할 필요가 있다. 그래서, 고강도이고 또한 형상 균일성이 우수하고, 강판 전체 폭에서 내지연 파괴 특성이 우수할 필요가 있다.

[0008] 특허문헌 1에서 개시된 기술에서는, 조직 제어에 의해 형상 균일성 및 내지연 파괴 특성이 우수한 기술은 제공

되어 있기는 하지만, 마르텐사이트 변태 시에 생기는 변태 팽창(transformation expansion)에 의해 형상은 열화하기 때문에, 본 발명보다 형상 균일성으로의 개선 효과는 뒤떨어진다고 생각된다.

[0009] 특허문헌 2에서 개시된 기술에서는, 형상 균일성을 양호하게 하는 기술은 제공되어 있기는 하지만, 내지연 파괴 특성이 우수한 기술은 아니다.

[0010] 본 발명은, 고강도이고, 형상 균일성 및 내지연 파괴 특성이 우수한 강판, 부재 및 그들의 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명자들은, 상기 과제를 해결하기 위해, 인장 강도 750MPa 이상이고, 강판의 형상 균일성 및 내지연 파괴 특성이 우수한 강판의 요건에 대해서 예의 연구를 거듭했다. 그 결과, 우수한 내지연 파괴 특성을 얻기 위해서는, 판폭 중앙의 잔류 응력을 800MPa 이하로 하는 것이 필요한 것을 인식했다. 또한, 본 발명자들은, 급속 냉각에 의해 마르텐사이트 분율을 면적률로 20% 이상으로 함으로써, 고강도가 되는 것을 인식했다. 한편, 수냉 중의 마르텐사이트 변태는 급속하게 또한 불균일하게 생기기 때문에, 변태 변형에 의해 강판의 형상 균일성을 악화시킨다. 변태 변형에 의한 악영향의 경감에 대해서 조사한 결과, 마르텐사이트 변태 중에 강판의 표면 및 이면으로부터 구속력을 가함으로써 형상 균일성이 향상하는 것에 생각이 미쳤다. 그리고, 구속 조건을 제어함으로써 폭 방향에서의 잔류 응력 변동을 작게 할 수 있어 강판 전체 폭에서 내지연 파괴 특성이 양호해지는 것이 판명되었다.

[0012] 이상과 같이, 본 발명자들은, 상기의 과제를 해결하기 위해 여러 가지의 검토를 행한 결과, 판폭 중앙의 잔류 응력을 저감함으로써, 내지연 파괴 특성이 우수한 강판이 얻어지고, 롤 구속 조건을 제어함으로써, 형상 균일성 및 강판 전체 폭에서의 내지연 파괴 특성이 우수한 강판이 얻어지는 것을 발견하여, 본 발명을 완성하기에 이르렀다.

[0013] 본 발명의 요지는 이하와 같다.

[0014] [1] 면적률로, 마르텐사이트: 20% 이상 100% 이하, 페라이트: 0% 이상 80% 이하 및, 잔부: 5% 이하를 갖는 강 조직을 갖고,

[0015] V자 굽힘 가공했을 때의 판폭 중앙의 잔류 응력이 800MPa 이하이고,

[0016] V자 굽힘 가공했을 때에, 판폭 단(端)의 잔류 응력이 판폭 중앙의 잔류 응력에 대하여 90% 이상 110% 이하이고,

[0017] 강판 길이 방향으로 길이 1m로 전단했을 때의 강판의 최대 휨량이 15mm 이하인 강판.

[0018] [2] 질량%로,

[0019] C: 0.05% 이상 0.60% 이하,

[0020] Si: 0.01% 이상 2.0% 이하,

[0021] Mn: 0.1% 이상 3.2% 이하,

[0022] P: 0.050% 이하,

[0023] S: 0.0050% 이하,

[0024] Al: 0.005% 이상 0.10% 이하 및,

[0025] N: 0.010% 이하를 함유하고, 잔부는 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성을 갖는 [1]에 기재된 강판.

[0026] [3] 상기 성분 조성은, 추가로, 질량%로,

[0027] Cr: 0.01% 이상 0.50% 이하,

[0028] Mo: 0.01% 이상 0.15% 미만 및,

[0029] V: 0.001% 이상 0.05% 이하 중으로부터 선택된 적어도 1종을 함유하는 [2]에 기재된 강판.

- [0030] [4] 상기 성분 조성은, 추가로, 질량%로,
- [0031] Nb: 0.001% 이상 0.020% 이하 및
- [0032] Ti: 0.001% 이상 0.020% 이하 중으로부터 선택된 적어도 1종을 함유하는 [2] 또는 [3]에 기재된 강판.
- [0033] [5] 상기 성분 조성은, 추가로, 질량%로,
- [0034] Cu: 0.001% 이상 0.20% 이하 및
- [0035] Ni: 0.001% 이상 0.10% 이하 중으로부터 선택된 적어도 1종을 함유하는 [2]~[4] 중 어느 하나에 기재된 강판.
- [0036] [6] 상기 성분 조성은, 추가로, 질량%로,
- [0037] B: 0.0001% 이상 0.0020% 미만을 함유하는 [2]~[5] 중 어느 하나에 기재된 강판.
- [0038] [7] 상기 성분 조성은, 추가로, 질량%로,
- [0039] Sb: 0.002% 이상 0.1% 이하 및
- [0040] Sn: 0.002% 이상 0.1% 이하 중으로부터 선택된 적어도 1종을 함유하는 [2]~[6] 중 어느 하나에 기재된 강판.
- [0041] [8] [2]~[7] 중 어느 하나에 기재된 성분 조성을 갖는 강 슬래브를 가열한 후, 열간 압연하는, 열간 압연 공정과,
- [0042] 상기 열간 압연 공정에서 얻어진 열연 강판을, A_{c1} 점 이상의 어닐링 온도에서 30초 이상 보존유지(保持)하고, 그 후, M_s 점 이상에서 물 쿨칭을 개시하고, 100℃ 이하까지 수냉 후, 100℃ 이상 300℃ 이하에서 재차 가열하는 어닐링 공정을 갖고,
- [0043] 상기 어닐링 공정에 있어서의 상기 물 쿨칭의 수냉 중, 강판의 표면 온도가 (M_s 점 + 150℃) 이하인 영역에 있어서, 강판을 사이에 두고 설치된 2개의 롤로 강판의 표면 및 이면으로부터 강판을 구속하고, 상기 2개의 롤의 구속 위치에서의 판폭 단에 대한 판폭 중앙의 구속 압력비가 1.05 이상 2.0 이하인 강판의 제조 방법.
- [0044] [9] [2]~[7] 중 어느 하나에 기재된 성분 조성을 갖는 강 슬래브를 가열한 후, 열간 압연하는, 열간 압연 공정과,
- [0045] 상기 열간 압연 공정에서 얻어진 열연 강판을 냉간 압연하는, 냉간 압연 공정과,
- [0046] 상기 냉간 압연 공정에서 얻어진 냉연 강판을, A_{c1} 점 이상의 어닐링 온도에서 30초 이상 보존유지하고, 그 후, M_s 점 이상에서 물 쿨칭을 개시하고, 100℃ 이하까지 수냉 후, 100℃ 이상 300℃ 이하에서 재차 가열하는 어닐링 공정을 갖고,
- [0047] 상기 어닐링 공정에 있어서의 상기 물 쿨칭의 수냉 중, 강판의 표면 온도가 (M_s 점 + 150℃) 이하인 영역에 있어서, 강판을 사이에 두고 설치된 2개의 롤로 강판의 표면 및 이면으로부터 강판을 구속하고, 상기 2개의 롤의 구속 위치에서의 판폭 단에 대한 판폭 중앙의 구속 압력비가 1.05 이상 2.0 이하인 강판의 제조 방법.
- [0048] [10] [1]~[7] 중 어느 하나에 기재된 강판에 대하여, 성형 가공 및 용접의 적어도 한쪽을 실시하여 이루어지는 부재.
- [0049] [11] [8] 또는 [9]에 기재된 강판의 제조 방법에 의해 제조된 강판에 대하여, 성형 가공 및 용접의 적어도 한쪽을 실시하는 공정을 갖는 부재의 제조 방법.

발명의 효과

- [0050] 본 발명에 의하면, 고강도이고, 형상 균일성 및 내지연 파괴 특성이 우수한 강판, 부재 및 그들의 제조 방법을 제공할 수 있다. 본 발명의 강판을 자동차용 구조 부재에 적용함으로써, 자동차용 강판의 고강도화와 내지연 파괴 특성 향상의 양립이 가능해진다. 즉, 본 발명에 의해, 자동차 차체가 고성능화한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0051] (발명을 실시하기 위한 형태)

- [0052] 이하, 본 발명의 실시 형태에 대해서 설명한다. 또한, 본 발명은 이하의 실시 형태에 한정되지 않는다.
- [0053] 본 발명의 강관은, 면적률로, 마르텐사이트: 20% 이상 100% 이하, 페라이트: 0% 이상 80% 이하 및, 잔부: 5% 이하를 갖는 강 조직을 갖고, V자 굽힘 가공했을 때의 판폭 중앙의 잔류 응력(이하, 간단히 「판폭 중앙의 잔류 응력」이라고도 함)이 800MPa 이하이고, V자 굽힘 가공했을 때에, 판폭 단의 잔류 응력이 판폭 중앙의 잔류 응력에 대하여 90% 이상 110% 이하이고, 강관 길이 방향으로 길이 1m로 전단했을 때의 강관의 최대 휨량이 15mm 이하이다. 이들 조건을 충족하는 강관이면, 본 발명의 효과가 얻어지기 때문에 강관의 성분 조성은 특별히 한정되지 않는다.
- [0054] 강관의 판두께는, 0.2mm 이상 3.2mm 이하인 것이 바람직하다.
- [0055] 우선, 본 발명의 강관의 강 조직에 대해서 설명한다. 본 발명의 강관의 강 조직은, 면적률로, 마르텐사이트: 20% 이상 100% 이하, 페라이트: 0% 이상 80% 이하 및, 잔부: 5% 이하를 갖는다.
- [0056] 마르텐사이트의 면적률: 20% 이상 100% 이하
- [0057] $TS \geq 750\text{MPa}$ 의 고강도를 얻기 위해, 마르텐사이트의 면적률은 20% 이상이다. 마르텐사이트의 면적률이 20% 미만이면, 페라이트, 잔류 오스테나이트, 펄라이트, 베이나이트 중 어느 하나가 많아져, 강도가 저하한다. 또한, 마르텐사이트의 면적률은 합계로 100%라도 좋다. 강도 향상의 관점에서는, 마르텐사이트의 면적률은 30% 이상인 것이 바람직하다. 마르텐사이트는 퀴칭인 채의 프레스 마르텐사이트와 템퍼링한 템퍼링 마르텐사이트의 합계이다. 본 발명에 있어서, 마르텐사이트란, 마르텐사이트 변태점(간단히 M_s 점이라고도 함) 이하에서 오스테나이트로부터 생성된 경질인 조직을 가리키고, 템퍼링 마르텐사이트는 마르텐사이트를 재가열했을 때에 템퍼링되는 조직을 가리킨다.
- [0058] 페라이트의 면적률: 0% 이상 80% 이하
- [0059] 강관의 강도를 확보하는 관점에서, 페라이트의 면적률은 80% 이하이다. 당해 면적률은, 0%라도 좋다. 본 발명에 있어서, 페라이트란 비교적 고온에서의 오스테나이트로부터의 변태에 의해 생성되고, BCC 격자의 결정립으로 이루어지는 조직이다.
- [0060] 잔부의 면적률: 5% 이하
- [0061] 본 발명의 강관의 강 조직은, 마르텐사이트 및 페라이트 이외의 잔부로서, 불가피적으로 포함하는 금속상을 포함하고 있어도 좋다. 잔부의 면적률은, 5% 이하이면 허용된다. 잔부에 포함되는 상으로서, 예를 들면, 잔류 오스테나이트, 펄라이트 및, 베이나이트를 들 수 있다. 본 발명에서 말하는 잔류 오스테나이트란, 마르텐사이트 변태하지 않고 실온까지 남은 오스테나이트를 가리킨다. 본 발명에서 말하는 펄라이트란, 페라이트와 침형상 시멘타이트(acicular cementite)로 이루어지는 조직이다. 본 발명에서 말하는 베이나이트란, 비교적 저온(마르텐사이트 변태점 이상)에서 오스테나이트로부터 생성되고, 침 형상 또는 판 형상의 페라이트 중에 미세한 탄화물이 분산된 경질인 조직을 가리킨다.
- [0062] 여기에서, 강 조직에 있어서의 각 조직의 면적률의 값은, 실시예에 기재된 방법으로 측정하여 얻어진 값을 채용한다.
- [0063] V자 굽힘 가공했을 때의 판폭 중앙의 잔류 응력이 800MPa 이하
- [0064] 본 발명에서 말하는 V자 굽힘 가공이란, 굽힘 능선 방향이 강관의 폭 방향과 평행이 되도록, 굽힘 각도가 90° 로 굽힘 가공을 행하는 것을 의미한다. 본 발명의 강관은 내지연 파괴 특성이 우수하다. 구체적으로는, 실시예에 기재된 지연 파괴 시험을 행했을 때에 구한 임계 부하 응력이 항복 강도(이하, 간단히 YS라고도 함) 이상이다. 임계 부하 응력은, 바람직하게는 $(YS+100)\text{MPa}$ 이상, 보다 바람직하게는 $(YS+200)\text{MPa}$ 이상이다. 임계 부하 응력을 YS 이상으로 하기 위해서는, 강관을 V자 굽힘 가공했을 때의 판폭 중앙의 잔류 응력을 800MPa 이하로 할 필요가 있다. 우수한 내지연 파괴 특성을 얻는 관점에서, 당해 잔류 응력은, 바람직하게는 780MPa 이하, 보다 바람직하게는 700MPa 이하, 더욱 바람직하게는 600MPa 이하이다.
- [0065] V자 굽힘 가공했을 때에, 판폭 단의 잔류 응력이 판폭 중앙의 잔류 응력에 대하여 90% 이상 110% 이하
- [0066] 본 발명의 강관은 강관 전체 폭에서도 내지연 파괴 특성이 우수하다. 구체적으로는, 강관을 V자 굽힘 가공하여, 판폭 중앙과 판폭 단에서 임계 부하 응력을 구했을 때에, 판폭 단의 임계 부하 응력이 판폭 중앙의 임계 부하 응력에 대하여 90% 이상 110% 이하이고, 바람직하게는 92% 이상 108% 이하이고, 보다 바람직하게는 95% 이상 105% 이하이다. 판폭 단의 임계 부하 응력이 판폭 중앙의 임계 부하 응력에 대하여 90% 이상

110% 이하로 하기 위해서는, V자 굽힘 가공했을 때에, 판폭 단의 잔류 응력을 판폭 중앙의 잔류 응력에 대하여 90% 이상 110% 이하로 할 필요가 있다. 우수한 내지연 파괴 특성 향상의 관점에서는, V자 굽힘 가공했을 때에, 판폭 단의 잔류 응력이 판폭 중앙의 잔류 응력에 대하여 바람직하게는 92% 이상 108% 이하이고, 보다 바람직하게는 95% 이상 105% 이하이다.

[0067] 강판 길이 방향으로 길이 1m로 전단했을 때의 강판의 최대 휨량이 15mm 이하

[0068] 본 발명의 강판은 형상 균일성이 양호하다. 구체적으로는, 강판 길이 방향(압연 방향)으로 길이 1m로 전단했을 때의 강판의 최대 휨량이 15mm 이하이다. 최대 휨량은, 바람직하게는 13mm 이하, 보다 바람직하게는 12mm 이하, 더욱 바람직하게는 10mm 이하이다. 최대 휨량의 하한은 한정하지 않고, 0mm가 가장 바람직하다.

[0069] 본 발명에서 말하는 「강판 길이 방향으로 길이 1m로 전단했을 때의 강판의 최대 휨량」이란, 강판을 강판 길이 방향(압연 방향)으로 강판의 원래 폭에서 길이 1m로 전단한 후, 전단 후의 강판을 수평인 대(horizontal stage)에 두고, 수평인 대에서 강판의 하부까지의 간극(gap)이 최대로 되어 있는 개소에 있어서의 수평인 대에서 강판까지의 거리를 말한다. 또한, 여기에서의 거리는, 수평인 대의 수평면과 수직인 방향(연직 방향)에 있어서의 거리이다. 또한, 강판의 한쪽의 면을 상측으로 하여 휨량을 측정한 후, 강판의 다른 한쪽의 면을 상측으로 하여 휨량을 측정하고, 측정한 휨량 중 최대인 값을 최대 휨량으로 한다. 또한, 전단 후의 강판은, 강판의 모서리부와 수평인 대가 보다 많은 접촉점(2점 이상)이 존재하도록 수평인 대의 위에 두고 있다. 휨량은, 강판보다 위의 위치에서 수평인 판을 강판에 접촉할 때까지 내려가, 강판에 접촉한 위치에 있어서, 수평인 대와 수평인 판의 사이의 거리로부터, 강판의 판두께를 빼서 구한다.

[0070] 본 발명의 강판은 고강도이다. 본 발명에서 말하는 고강도란, 실시예에 기재된 방법으로 측정한 인장 강도가 750MPa 이상인 것을 말한다. 강판의 인장 강도는, 바람직하게는 950MPa 이상, 보다 바람직하게는 1150MPa 이상, 더욱 바람직하게는 1300MPa 이상이다. 또한, 강판의 인장 강도의 상한은 특별히 한정되지 않지만, 다른 특성과의 밸런스의 취하기 쉬운 관점에서 2500MPa 이하가 바람직하다.

[0071] 이하, 본 발명의 강판으로 하기 위한 바람직한 성분 조성에 대해서 설명한다. 하기의 성분 조성의 설명에 있어서 성분의 함유량의 단위인 「%」는 「질량%」를 의미한다.

[0072] C: 0.05% 이상 0.60% 이하

[0073] C는, 퀴칭성(hardenability)을 향상시키는 원소로서, 소정의 마르텐사이트의 면적률을 확보하기 위해 필요하다. 또한, C는, 마르텐사이트의 강도를 상승시켜, 강도를 확보하는 관점에서 필요하다. 우수한 내지연 파괴 특성을 유지하여 소정의 강도를 얻는 관점에서, C량은 0.05% 이상인 것이 바람직하다. 또한, TS \geq 950MPa를 얻는 관점에서는, C 함유량의 하한은 0.11% 이상인 것이 보다 바람직하다. 또한, 인장 강도를 더욱 높이는 관점에서는, C 함유량의 하한은 0.125% 이상인 것이 더욱 바람직하다. 한편, C 함유량이 0.60%를 초과하면, 강도가 과잉이 되기 쉬워, 마르텐사이트 변태에 의한 변태 팽창을 억제하기 어려워지는 경향이 있다. 그 때문에, 형상 균일성이 열화하는 경향이 있다. 따라서, C 함유량은 0.60% 이하인 것이 바람직하다. C 함유량은, 보다 바람직하게는 0.50% 이하, 더욱 바람직하게는 0.40% 이하이다.

[0074] Si: 0.01% 이상 2.0% 이하

[0075] Si는 고용 강화에 의한 강화 원소이다. 이러한 효과를 충분히 얻으려면, Si 함유량이 0.01% 이상인 것이 바람직하다. Si 함유량은, 보다 바람직하게는 0.02% 이상, 더욱 바람직하게는 0.03% 이상이다. 한편, Si 함유량이 지나치게 많아지면, 판두께 방향으로 조대한(coarse) MnS가 생성되기 쉬워져, 판폭 중앙의 잔류 응력이 증가함으로써 내지연 파괴 특성이 열화하는 경향이 있다. 따라서, Si 함유량은 2.0% 이하인 것이 바람직하다. Si 함유량은, 보다 바람직하게는 1.7% 이하, 더욱 바람직하게는 1.5% 이하이다.

[0076] Mn: 0.1% 이상 3.2% 이하

[0077] Mn은, 강의 퀴칭성을 향상시키고, 소정의 마르텐사이트의 면적률을 확보하기 위해 함유시킨다. Mn 함유량이 0.1% 미만에서는, 강판 표층부에 페라이트가 생성됨으로써 강도가 저하하는 경향이 있다. 따라서, Mn 함유량은 0.1% 이상인 것이 바람직하다. Mn 함유량은, 보다 바람직하게는 0.2% 이상, 더욱 바람직하게는 0.3% 이상이다. 한편, Mn은, MnS의 생성·조대화를 특히 조장하는 원소로서, Mn 함유량이 3.2%를 초과하면, 조대한 개재물의 증가에 의해, 판폭 중앙의 잔류 응력이 증가함으로써 내지연 파괴 특성이 열화하는 경향이 있다. 따라서, Mn 함유량은 3.2% 이하인 것이 바람직하다. Mn 함유량은, 보다 바람직하게는 3.0% 이하, 더욱 바람직하게는 2.8% 이하이다.

- [0078] P: 0.050% 이하
- [0079] P는, 강을 강화하는 원소이지만, 그의 함유량이 많으면 입계(grain boundaries)에 편석하여, 판폭 중앙의 잔류 응력이 증가함으로써 내지연 파괴 특성이 열화하는 경향이 있다. 따라서, P 함유량은 0.050% 이하인 것이 바람직하다. P 함유량은, 보다 바람직하게는 0.030% 이하, 더욱 바람직하게는 0.010% 이하이다. 또한, P 함유량의 하한은 특별히 한정되는 것은 아니지만, 현재, 공업적으로 실시 가능한 하한은 0.003% 정도이다.
- [0080] S: 0.0050% 이하
- [0081] S가 과잉으로 함유되어 있으면, MnS, TiS, Ti(C, S) 등의 개재물이 과잉으로 형성되어, 내지연 파괴 특성이 열화하는 경향이 있다. 내지연 파괴 특성이 열화를 억제하는 관점에서, S 함유량은 0.0050% 이하인 것이 바람직하다. S 함유량은, 보다 바람직하게는 0.0020% 이하, 더욱 바람직하게는 0.0010% 이하, 특히 바람직하게는 0.0005% 이하이다. 또한, S 함유량의 하한은 특별히 한정되는 것은 아니지만, 현재, 공업적으로 실시 가능한 하한은 0.0002% 정도이다.
- [0082] Al: 0.005% 이상 0.10% 이하
- [0083] Al은 충분한 탈산을 행하여, 강 중의 조대 개재물을 저감하기 위해 첨가된다. 그의 효과를 충분히 얻는 관점에서, Al 함유량 0.005% 이상인 것이 바람직하다. Al 함유량은, 보다 바람직하게는 0.010% 이상이다. 한편 Al 함유량이 0.10% 초과가 되면, 열간 압연 후의 권취 시에 생성된 시멘타이트 등의 Fe를 주성분으로 하는 탄화물이 어닐링 공정에서 고용되기 어려워져, 조대한 개재물이나 탄화물이 생성되는 경향이 있다. 그 때문에, 강판의 강도를 저하시킬 뿐만 아니라, 판폭 중앙의 잔류 응력이 증가함으로써 내지연 파괴 특성이 열화하는 경향이 있다. 따라서, Al량은 0.10% 이하인 것이 바람직하다. Al 함유량은, 보다 바람직하게는 0.08% 이하, 더욱 바람직하게는 0.06% 이하이다.
- [0084] N: 0.010% 이하
- [0085] N은, 강 중에서 TiN, (Nb, Ti)(C, N), AlN 등의 질화물, 탄질화물계의 조대 개재물을 형성하는 원소이다. N이 과잉으로 함유되어 있으면 조대 개재물의 생성에 의해 내지연 파괴 특성이 열화한다. 내지연 파괴 특성의 열화를 방지하기 위해, N 함유량은 0.010% 이하인 것이 바람직하다. N 함유량은, 바람직하게는 0.007% 이하, 더욱 바람직하게는 0.005% 이하이다. 또한, N 함유량의 하한은 특별히 한정되는 것은 아니지만, 현재, 공업적으로 실시 가능한 하한은 0.0006% 정도이다.
- [0086] 본 발명의 강판은, 기본 성분으로서 상기 성분을 함유하고, 잔부는 Fe(철) 및 불가피적 불순물로 이루어지는 것이 바람직하다. 본 발명의 강판에는, 본 발명의 작용을 해치지 않는 범위에서, 하기의 성분을 임의 성분으로서 함유시킬 수 있다. 또한, 하기의 임의 성분을 하한값 미만으로 포함하는 경우, 그 성분은 불가피적 불순물에 포함되는 것으로 한다.
- [0087] Cr: 0.01% 이상 0.50% 이하, Mo: 0.01% 이상 0.15% 미만, V: 0.001% 이상 0.05% 이하 중으로부터 선택된 적어도 1종
- [0088] Cr, Mo, V는, 강의 권청성의 향상 효과를 얻는 목적으로, 함유시킬 수 있다. 이러한 효과를 얻으려면, Cr 함유량 및 Mo 함유량의 어느 경우에서도 0.01% 이상으로 하는 것이 바람직하다. Cr 함유량 및 Mo 함유량은, 각각, 보다 바람직하게는 0.02% 이상, 더욱 바람직하게는 0.03% 이상이다. V 함유량의 경우는 바람직하게는 0.001% 이상, 보다 바람직하게는 0.002% 이상, 더욱 바람직하게는 0.003% 이상이다. 그러나, 어느 원소도 지나치게 많아지면 탄화물의 조대화에 의해, 판폭 중앙의 잔류 응력이 증가함으로써 내지연 파괴 특성이 열화한다. 그 때문에 Cr 함유량은, 바람직하게는 0.50% 이하이고, 보다 바람직하게는 0.1% 이하이다. Mo 함유량은 바람직하게는 0.15% 미만이고, 보다 바람직하게는 0.10% 이하이다. V 함유량은 바람직하게는 0.05% 이하이고, 보다 바람직하게는 0.04% 이하, 더욱 바람직하게는 0.03% 이하이다.
- [0089] Nb: 0.001% 이상 0.020% 이하 및 Ti: 0.001% 이상 0.020% 이하 중으로부터 선택된 적어도 1종
- [0090] Nb나 Ti는, 구 γ립(prior-γ grains)의 미세화를 통하여, 고강도화에 기여한다. 이러한 효과를 얻기 위해서는, Nb 및 Ti를, 각각, 0.001% 이상으로 함유시키는 것이 바람직하다. Nb 및 Ti의 함유량은, 각각, 보다 바람직하게는 0.002% 이상, 더욱 바람직하게는 0.003% 이상이다. 한편, Nb나 Ti를 다량으로 함유시키면, 열간 압연 공정의 슬래브 가열 시에 미용으로 잔존하는 NbN, Nb(C, N), (Nb, Ti)(C, N) 등의 Nb계의 조대한 석출물, TiN, Ti(C, N), Ti(C, S), TiS 등의 Ti계의 조대한 석출물이 증가하고, 판폭 중앙의 잔류 응력이 증가함으로써 내지연 파괴 특성이 열화한다. 이 때문에, Nb 및 Ti 함유량은, 각각, 0.020% 이하인 것이 바람직하다. Nb 및

Ti 함유량은, 각각, 보다 바람직하게는 0.015% 이하, 더욱 바람직하게는 0.010% 이하이다.

[0091] Cu: 0.001% 이상 0.20% 이하 및 Ni: 0.001% 이상 0.10% 이하 중으로부터 선택된 적어도 1종

[0092] Cu나 Ni는, 자동차의 사용 환경에서의 내식성을 향상시키고, 또한 부식 생성물이 강판 표면을 피복하여 강판으로의 수소 침입을 억제하는 효과가 있다. 이 효과를 얻기 위해서는, Cu 및 Ni는, 각각, 0.001% 이상 함유하는 것이 바람직하다. Cu 함유량 및 Ni 함유량은, 각각, 보다 바람직하게는 0.002% 이상이다. 그러나, Cu 함유량이나 Ni 함유량이 지나치게 많아지면 표면 결함의 발생을 초래하여, 도금성이나 화성 처리성을 열화시키기 때문에, Cu 함유량은 0.20% 이하인 것이 바람직하다. Cu 함유량은, 보다 바람직하게는 0.15% 이하, 더욱 바람직하게는 0.10% 이하이다. Ni 함유량은 0.10% 이하인 것이 바람직하다. Ni 함유량은, 보다 바람직하게는 0.08% 이하, 더욱 바람직하게는 0.06% 이하이다.

[0093] B: 0.0001% 이상 0.0020% 미만

[0094] B는, 강의 퀴칭성을 향상시키는 원소로서, B 함유에 의해, Mn 함유량이 적은 경우라도, 소정의 면적률의 마르텐 사이트를 생성시키는 효과가 얻어진다. 이러한 B의 효과를 얻으려면, B 함유량을 0.0001% 이상으로 하는 것이 바람직하다. B 함유량은, 바람직하게는 0.0002% 이상이고, 더욱 바람직하게는 0.0003% 이상이다. 한편, B 함유량이 0.0020% 이상이 되면, 어닐링 시의 시멘타이트의 고용 속도를 지연시켜, 미고용의 시멘타이트 등의 Fe를 주성분으로 하는 탄화물이 잔존하게 된다. 이에 따라, 판폭 중앙의 잔류 응력이 증가함으로써 내지연 파괴 특성이 열화한다. 따라서, B 함유량은 0.0020% 미만인 것이 바람직하다. B 함유량은, 보다 바람직하게는 0.0015% 이하, 더욱 바람직하게는 0.0010% 이하이다.

[0095] Sb: 0.002% 이상 0.1% 이하 및 Sn: 0.002% 이상 0.1% 이하 중으로부터 선택된 적어도 1종

[0096] Sb나 Sn은, 강판 표층부의 산화나 질화를 억제하여, 강판 표층부의 산화나 질화에 의한 C나 B의 저감을 억제한다. 또한, C나 B의 저감이 억제됨으로써, 강판 표층부의 페라이트 생성을 억제하여, 고강도화에 기여한다. 이러한 효과를 얻기 위해서는, Sb 함유량 및 Sn 함유량은 어느 경우에서도 0.002% 이상인 것이 바람직하다. Sb 함유량 및 Sn 함유량은, 각각, 보다 바람직하게는 0.003% 이상, 더욱 바람직하게는 0.004% 이상이다. 한편, Sb 함유량 및 Sn 함유량의 어느 경우에서도 0.1%를 초과하여 함유하면, 구 γ 립계에 Sb나 Sn이 편석하여, 판폭 중앙의 잔류 응력이 증가함으로써 내지연 파괴 특성이 열화한다. 이 때문에, Sb 함유량 및 Sn 함유량의 어느 경우에서도 0.1% 이하인 것이 바람직하다. Sb 함유량 및 Sn 함유량은, 각각, 보다 바람직하게는 0.08% 이하, 더욱 바람직하게는 0.06% 이하이다.

[0097] 또한, 본 발명의 강판에는, 다른 원소로서 Ta, W, Ca, Mg, Zr, REM을 본 발명의 효과를 해치지 않는 범위에서 함유해도 좋고, 이들 원소의 함유량은, 각각, 0.1% 이하이면 허용된다.

[0098] 이어서, 본 발명의 강판의 제조 방법에 대해서 설명한다.

[0099] 본 발명의 강판의 제조 방법은, 열간 압연 공정, 필요에 따라서 행하는 냉간 압연 공정, 어닐링 공정을 갖는다. 본 발명의 강판의 제조 방법은, 예를 들면, 상기의 바람직한 성분 조성을 갖는 강 슬래브(steel slab)를 가열한 후, 열간 압연하는, 열간 압연 공정과, 필요에 따라서 행하는 냉간 압연 공정과, 열간 압연 공정에서 얻어진 열연 강판 또는 냉간 압연 공정에서 얻어진 냉연 강판을, A_{c1} 점 이상의 어닐링 온도에서 30초 이상 보존유지하고, 그 후, M_s 점 이상에서 물 퀴칭을 개시하고, 100℃ 이하까지 수냉 후, 100℃ 이상 300℃ 이하에서 재차 가열하는 어닐링 공정을 갖고, 어닐링 공정에 있어서의 물 퀴칭의 수냉 중, 강판의 표면 온도가 (M_s 점 + 150℃) 이하인 영역에 있어서, 강판을 사이에 두고 설치된 2개의 롤로 강판의 표면 및 이면으로부터 강판을 구속하고, 2개의 롤의 구속 위치에서의 판폭 단에 대한 판폭 중앙의 구속 압력비가 1.05 이상 2.0 이하이다.

[0100] 이하, 각 공정에 대해서 설명한다. 또한, 이하에 나타내는 강 슬래브, 강판 등을 가열 또는 냉각할 때의 온도는, 특별히 설명이 없는 한, 강 슬래브, 강판 등의 표면 온도를 의미한다.

[0101] 열간 압연 공정

[0102] 열간 압연 공정이란, 상기 성분 조성을 갖는 강 슬래브를 가열한 후, 열간 압연하는 공정이다.

[0103] 진술한 성분 조성을 갖는 강 슬래브를, 열간 압연에 제공한다. 슬래브 가열 온도는 특별히 한정되지 않지만, 1200℃ 이상으로 함으로써, 황화물의 고용 촉진과 Mn 편석의 경감이 도모되고, 상기한 조대한 개재물량 및 탄화물량의 저감이 도모되어, 내지연 파괴 특성이 향상한다. 이 때문에, 슬래브 가열 온도는 1200℃ 이상이 바람직하다. 보다 바람직하게는 1230℃ 이상, 더욱 바람직하게는 1250℃ 이상이다. 슬래브 가열 온도의 상한은 특별

히 한정되지 않지만, 1400℃ 이하가 바람직하다. 또한, 슬래브 가열 시의 가열 속도는 특별히 한정되지 않지만, 5~15℃/분으로 하는 것이 바람직하다. 또한, 슬래브 가열 시의 슬래브 균열 시간은 특별히 한정되지 않지만, 30~100분으로 하는 것이 바람직하다.

[0104] 마무리 압연 온도는 특별히 한정되지 않지만 840℃ 이상이 바람직하다. 마무리 압연 온도가 840℃ 미만에서는, 온도의 저하까지 시간이 걸려, 개재물 및 조대 탄화물이 생성됨으로써 내지연 파괴 특성을 열화시킬 뿐만 아니라, 강판의 내부의 품질도 저하할 가능성이 있다. 따라서, 마무리 압연 온도는 840℃ 이상이 바람직하다. 마무리 압연 온도는, 보다 바람직하게는 860℃ 이상이다. 한편, 마무리 압연 온도의 상한은 특별히 한정하지 않지만, 후의 권취 온도까지의 냉각이 곤란해지기 때문에, 마무리 압연 온도는 950℃ 이하가 바람직하다. 마무리 압연 온도는, 보다 바람직하게는 920℃ 이하이다.

[0105] 권취 온도까지 냉각된 열연 강판을 630℃ 이하의 온도에서 권취하는 것이 바람직하다. 권취 온도가 630℃ 초과에서는, 지철 표면이 탈탄할 가능성이 있어, 강판 내부와 표면에서 조직 차이가 생겨 합금 농도 불균일의 원인이 될 가능성이 있다. 또한 탈탄에 의해 표층에 페라이트가 생성되어, 인장 강도를 저하시킬 가능성이 있다. 따라서, 권취 온도는 630℃ 이하가 바람직하다. 보다 바람직하게는 600℃ 이하이다. 하한은 특별히 한정되지 않지만, 냉간 압연성의 저하를 막기 위해 500℃ 이상이 바람직하다.

[0106] 권취 후의 열연 강판을 산 세정해도 좋다. 산 세정 조건은 특별히 한정되지 않는다.

[0107] 냉간 압연 공정

[0108] 냉간 압연 공정이란, 열간 압연 공정에서 얻어진 열연 강판을 냉간 압연하는 공정이다. 냉간 압연의 압하율은 특별히 한정되지 않지만, 압하율이 20% 미만인 경우, 표면의 평탄도가 나빠, 조직이 불균일해질 가능성이 있기 때문에, 압하율은 20% 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또한, 냉간 압연 공정은 필수의 공정이 아니고, 강 조직이나 기계적 특성이 본 발명의 범위를 충족하면, 냉간 압연 공정은 생략해도 상관없다.

[0109] 어닐링 공정

[0110] 어닐링 공정이란, 냉연 강판 또는 열연 강판을, A_{C1} 점 이상의 어닐링 온도에서 30초 이상 보존유지하고, 그 후, M_s 점 이상에서 물 쿨칭을 개시하고, 100℃ 이하까지 수냉 후, 100℃ 이상 300℃ 이하에서 재차 가열하는 공정이다. 어닐링 공정에 있어서의 물 쿨칭의 수냉 중, 강판의 표면 온도가 (M_s 점 + 150℃) 이하인 영역에 있어서, 강판을 사이에 두고 설치된 2개의 롤로 강판의 표면 및 이면으로부터 강판을 구속하고, 2개의 롤의 구속 위치에서의 판폭 단에 대한 판폭 중앙의 구속 압력비가 1.05 이상 2.0 이하이다.

[0111] A_{C1} 점 이상의 어닐링 온도로 가열

[0112] 어닐링 온도가 A_{C1} 점 미만에서는, 오스테나이트가 생성되지 않기 때문에, 20% 이상의 마르텐사이트를 갖는 강판을 얻는 것이 어려워져, 소망하는 강도가 얻어지지 않게 된다. 따라서, 어닐링 온도는 A_{C1} 점 이상 필요하다. 바람직하게는 (A_{C1} 점 + 10℃) 이상이다. 어닐링 온도의 상한은 특별히 한정되지 않지만, 물 쿨칭 시의 온도를 적정화하여, 형상 균일성의 열화를 막는 관점에서, 어닐링 온도는 900℃ 이하가 바람직하다.

[0113] 또한, 여기에서 말하는 A_{C1} 점은 이하의 식에 의해 산출한다. 또한, 하기식에 있어서 (%원소 기호)는 각 원소의 함유량(질량%)을 의미한다.

[0114] $A_{C1} \text{점} (^\circ\text{C}) = 723 + 22(\% \text{Si}) - 18(\% \text{Mn}) + 17(\% \text{Cr}) + 4.5(\% \text{Mo}) + 16(\% \text{V})$

[0115] 어닐링 온도에서의 보존유지 시간(어닐링 보존유지 시간)은 30초 이상

[0116] 어닐링 보존유지 시간이 30초 미만이면, 탄화물의 용해와 오스테나이트 변태가 충분히 진행되지 않기 때문에, 이후의 열처리 시에 남은 탄화물이 조대화하여, 판폭 중앙의 잔류 응력이 증가함으로써 내지연 파괴 특성이 열화한다. 따라서, 어닐링 보존유지 시간은 30초 이상, 바람직하게는 35초 이상이다. 어닐링 보존유지 시간의 상한은 특별히 한정되지 않지만, 오스테나이트 입경의 조대화를 억제하여, 침입 수소량의 증가를 막는 관점에서, 어닐링 보존유지 시간은 900초 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0117] 물 쿨칭 개시 온도는 M_s 점 이상

[0118] 쿨칭 개시 온도는 강도의 지배 인자인 마르텐사이트 분율을 결정하기 위해 중요한 인자이다. 쿨칭 개시 온도가 M_s 점 미만이 되면, 쿨칭 전에 마르텐사이트 변태하기 때문에, 마르텐사이트의 자기 템퍼링(self-tempering)이

생겨, 형상 균일성이 나빠진다. 따라서, 물 퀀칭 개시 온도는 Ms점 이상이다. 바람직하게는 (Ms점 + 50℃) 이 상이다. 물 퀀칭 개시 온도의 상한은 특별히 한정하지 않고, 어닐링 온도라도 상관없다.

[0119] 또한, 여기에서 말하는 Ms점은 이하의 식에 의해 산출한다. 또한, 하기식에 있어서 (%원소 기호)는 각 원소의 함유량(질량%), (%V_M)은 마르텐사이트 면적률(단위: %)을 의미한다.

[0120] $Ms점(℃) = 550 - 350\{(\%C)/(\%V_M) \times 100\} - 40(\%Mn) - 17(\%Ni) - 17(\%Cr)$

[0121] $- 21(\%Mo)$

[0122] 물 퀀칭의 수냉 중, 2개의 물로 강판의 표면 및 이면으로부터 강판을 구속하는 것은 형상 교정 효과를 얻기 위해 중요한 인자이고, 판폭 중앙의 잔류 응력 및 강판 전체 폭에서의 잔류 응력 변동을 저감하기 위해서는, 구속 조건의 제어가 중요한 인자가 된다. 수냉 중의 변태 변형을 구속에 의해 교정함으로써 강판의 형상 균일성을 향상시키고, 잔류 응력을 증가시켜 내지연 파괴 특성을 열화시키는 레벨러 교정이나 스킨 패스 압연에 의한 교정을 불필요하게 한 것에 본 발명은 특징이 있다. 형상 균일성의 악화를 교정할 때에 실시되는 레벨러 가공이나 스킨 패스 압연이 불필요해지기 때문에, 잔류 응력의 저감이 가능해진다. 또한, 구속 조건으로 강판 전체 폭에서의 잔류 응력 변동도 저감하기 때문에, 강판 전체 폭에서 내지연 파괴 특성이 양호해진다.

[0123] 2개의 물로 강판의 표면 및 이면으로부터 강판을 구속할 때의 강판의 표면 온도(이하, 구속 온도라고 함)가 (Ms점 + 150℃) 이하

[0124] 구속 온도가 (Ms점 + 150℃) 초과가 되면, 구속 후에 마르텐사이트 변태하기 때문에, 마르텐사이트 변태의 변태 팽창에 의한 형상 균일성의 열화를 억제할 수 없어, 형상 균일성이 나빠진다. 따라서, 구속 온도는 (Ms점 + 150℃) 이하이고, 바람직하게는 (Ms점 + 100℃) 이하, 보다 바람직하게는 (Ms점 + 50℃) 이하이다. 구속 온도의 하한은 특별히 한정되지 않고, 물이 얼지 않는 0℃ 이상인 것이 바람직하다.

[0125] 2개의 물의 구속 위치에서의 판폭 단에 대한 판폭 중앙의 구속 압력비가 1.05 이상 2.0 이하

[0126] 2개의 물의 구속 위치에서의 판폭 단에 대한 판폭 중앙의 구속 압력비를 1.05 이상으로 함으로써, 판폭 중앙에 잔존하는 잔류 응력을 강판 폭 방향으로 분산할 수 있어, 판폭 중앙의 잔류 응력 및 강판 전체 폭에서의 잔류 응력 변동을 저감하여, 강판 전체 폭에서 내지연 파괴 특성이 우수한 것이 가능해진다. 따라서, 구속 압력비는 1.05 이상이다. 구속 압력비는, 바람직하게는 1.10 이상이다. 한편, 구속 압력비가 2.0 초과가 되면, 판폭 중앙에서의 잔류 응력값이 높아지기 때문에, 내지연 파괴 특성이 열화한다. 따라서, 구속 압력비는 2.0 이하이다. 구속 압력비는, 바람직하게는 1.7 이하, 보다 바람직하게는 1.5 이하이다.

[0127] 구속 압력비가 본 발명의 범위 내로 되어 있으면, 구속 압력은 특별히 한정되지 않지만, 본 발명의 효과를 보다 유효하게 얻는 관점에서는, 강판 1mm당의 구속 압력(부하 하중)이 50~300N/mm²인 것이 바람직하다. 또한, 여기에서 말하는, 구속 압력(부하 하중)은, 강판의 표면 및 이면으로부터 강판으로의 가압력의 합계이다. 또한, 2개의 물에 의한 구속 압력은, 강판의 표면 및 이면으로부터 균등하게 가압되어 있는 것이 바람직하다.

[0128] 판폭 중앙에서 판폭 단보다도 큰 구속 압력으로 강판을 구속하기 위한 수단은 특별히 한정되지 않는다.

[0129] 상기 수단의 일 예로서는, 물로 강판을 구속할 때에 판폭 단에 접촉하는 부분의 물 지름보다도, 판폭 중앙에 접촉하는 부분의 물 지름을 크게 하는 것을 들 수 있다. 예를 들면, 강판의 폭보다도 물의 몸통 길이를 길게 하고, 또한, 판폭 단에 접촉하는 부분의 물 지름과 판폭 중앙에 접촉하는 부분의 물 지름이 동일한 물을 사용하고, 판폭 중앙부를 판폭 단부보다도 온도를 높게 하면, 열 팽창률의 차이에 의해, 판폭 중앙에 접촉하는 부분의 물 지름을 크게 할 수 있다. 이러한 물을 이용하면, 안정적으로 강판에 구속 압력을 가할 수 있다. 다른 예로서는, 판폭 중앙부와 판폭 단부의 온도는 일정하게 하고, 판폭 중앙에 접촉하는 부분의 물 지름을 판폭 단에 접촉하는 부분의 물 지름보다도 크게 한 물을 사용하는 것으로 해도 좋다.

[0130] 또한, 상기 수단의 다른 일 예로서는, 강판에 직접 접촉하는 물을 짝 누르기 위한 가이드 물을, 강판의 판폭 중앙부와 강판의 판폭 단부로 분할하고, 가이드 물로부터 짝 누르는 힘을 판폭 단보다도 판폭 중앙에서 크게 하는 제어를 행하는 것을 들 수 있다.

[0131] 100℃ 이하까지 수냉

[0132] 수냉 후의 온도가 100℃를 초과하면, 형상 균일성에 악영향을 초래할 정도로 마르텐사이트 변태가 수냉 후에 진행된다. 그 때문에, 수조로부터 나온 후의 강판 온도는 100℃ 이하일 필요가 있다. 수냉 후의 온도는, 바람직

하계는 80℃ 이하이다.

[0133] 100℃ 이상 300℃ 이하에서 재차 가열

[0134] 수냉 후는 재가열하여, 수냉 시에 생성된 마르텐사이트를 템퍼링함으로써 잔류 응력을 저감하는 것이 가능해진다. 그렇게 함으로써 내지연 파괴 특성을 양호하게 할 수 있다. 재가열 온도가 100℃ 미만에서는 상기의 효과가 얻어지지 않는다. 그래서, 재가열 온도는 100℃ 이상이다. 재가열 온도는, 바람직하게는 130℃ 이상이다. 한편, 300℃ 초과에서 템퍼링하면 템퍼링에 의한 변태 수축에 의해 형상 균일성을 열화시킨다. 이상으로부터, 재가열 온도는 300℃ 이하이다. 재가열 온도는, 바람직하게는 260℃ 이하이다.

[0135] 또한, 열간 압연 공정 후의 열연 강판에는, 조직 연질화를 위한 열처리를 행해도 좋다. 또한, 어닐링 공정 후는 형상 조정을 위한 조직 압연을 행해도 좋다. 또한, 강판 표면에 Zn이나 Al 등의 도금을 실시하는 도금 처리를 행해도 좋다.

[0136] 또한, 본 발명에 있어서의 판폭 중앙은, 제조 시에 강판의 폭 단부를 트리밍에 의해 제거하는 것도 상정하여, 제조된 강판의 강판 폭에 있어서의 1/2의 폭 방향의 위치에 대하여 $\pm 200\text{mm}$ 로 해도 좋다.

[0137] 다음으로, 본 발명의 부재 및 그의 제조 방법에 대해서 설명한다.

[0138] 본 발명의 부재는, 본 발명의 강판에 대하여, 성형 가공 및 용접의 적어도 한쪽을 실시하여 이루어지는 것이다. 또한, 본 발명의 부재의 제조 방법은, 본 발명의 강판의 제조 방법에 의해 제조된 강판에 대하여, 성형 가공 및 용접의 적어도 한쪽을 실시하는 공정을 갖는다.

[0139] 본 발명의 강판은, 고강도이고, 형상 균일성 및 내지연 파괴 특성이 우수하다. 본 발명의 강판을 이용하여 얻은 부재는, 고강도이고, 치수 정밀도가 양호하고, 내지연 파괴 특성이 우수하기 때문에, 예를 들면, 자동차용 구조 부재에 적합하게 이용할 수 있다.

[0140] 성형 가공은, 프레스 가공 등의 일반적인 가공 방법을 제한 없이 이용할 수 있다. 또한, 용접은, 스팟 용접, 아크 용접 등의 일반적인 용접을 제한 없이 이용할 수 있다.

[0141] 실시예

[0142] [실시예 1]

[0143] 본 발명을, 실시예를 참조하면서 구체적으로 설명한다.

[0144] 1. 평가용 강판의 제조

[0145] 판두께 1.4mm의 냉연 강판에, 표 1에 나타내는 조건으로 어닐링을 행하여, 표 2에 기재된 특성을 갖는 강판을 제조했다. 또한, 구속 롤 통과 시의 온도는 롤에 부수한 접촉식의 온도계를 이용하여 측정했다. 구속 압력은, YU 모델을 이용한 CAE(Computer Aided Engineering) 해석에 의해, 롤의 강성, 형상, 압입량, 강판의 판두께, 변태 시의 오스테나이트 분율, 응력-변형 곡선을 이용하여 구했다.

[0146] 또한, 어닐링 공정에 있어서의 물 쿨칭에 있어서, 롤 강판 1mm당의 구속 압력(부하 하중)이 50~300N/mm가 되도록, 강판을 사이에 두고 설치된 2개의 롤로 강판의 표면 및 이면으로부터 균등한 압력으로 강판에 구속 압력(부하 하중)을 가했다.

[0147] 또한, 표 1의 No.2에서는, 어닐링 공정에 있어서의 물 쿨칭의 수냉 중에, 강판을 2개의 롤로 구속하지 않았기 때문에, 「롤 구속 시의 강판의 표면 온도」와 「롤 구속 위치에서의 판폭 단에 대한 판폭 중앙의 구속 압력비」는, 각각 「-」으로 기재하고 있다.

표 1

No.	냉간 압연		어닐링 조건							비고
	압하율	판 두께	어닐링 온도	어닐링 보존 유지 시간	물 쿨링 개시 온도	*1	*2	수냉 정지 온도	재가열 온도	
			°C	초	°C	°C	%	°C	°C	
1	56	1.4	860	60	775	300	1.20	50	150	발명에
2	56	1.4	860	60	782	-	-	50	150	비교예
3	56	1.4	860	60	780	300	1.20	50	70	비교예

*1: 롤 구속 시의 강판의 표면 온도

*2: 롤 구속 위치에서의 판폭 단에 대한 판폭 중앙의 구속 압력비(판폭 중앙의 구속 압력/판폭 단의 구속 압력)

[0148]

[0149]

2. 평가 방법

[0150]

각종 제조 조건에서 얻어진 강판에 대하여, 강 조직을 해석함으로써 조직 분율을 조사하고, 인장 시험을 실시함으로써 인장 강도 등의 인장 특성을 평가하고, 지연 파괴 시험에 의해 내지연 파괴 특성을 평가하고, 강판 형상의 측정에 의해 형상 균일성을 평가했다. 각 평가의 방법은 다음과 같다. 결과는 표 2에 나타낸다.

[0151]

(강 조직의 면적률)

[0152]

각 강판의 압연 방향 및 압연 방향에 대하여 수직 방향으로부터 시험편을 채취하여, 압연 방향에 평행한 판두께 L 단면을 경면 연마하고, 나이탈액으로 조직 현출했다. 조직 현출한 샘플을, 주사 전자 현미경을 이용하여 관찰하고, 배율 1500배의 SEM상 위의, 실(實)길이 $82\mu\text{m} \times 57\mu\text{m}$ 의 영역 상에 $4.8\mu\text{m}$ 간격의 16×15 의 격자를 두고, 각 상 위에 있는 점수를 세는 포인트카운팅법에 의해, 마르텐사이트 및 페라이트의 면적률을 조사했다. 면적률은, 배율 1500배의 별개의 SEM상으로부터 구한 3개의 면적률의 평균값으로 했다. 측정 장소는 판두께 1/4로 했다. 마르텐사이트는 백색의 조직을 나타내고 있고, 템퍼링 마르텐사이트는 내부에 미세한 탄화물이 석출하고 있다. 페라이트는 흑색의 조직을 나타내고 있다. 또한, 블록립(block grains)의 면 방위와 에칭의 정도에 따라서는, 내부의 탄화물이 현출되기 어려운 경우도 있기 때문에, 그 경우는 에칭을 충분히 행하여 확인할 필요가 있다. 또한, 페라이트 및 마르텐사이트 이외의 잔부의 면적률을, 100%로부터 페라이트 및 마르텐사이트의 합계 면적률을 빼서 산출했다.

[0153]

(인장 시험)

[0154]

각 강판의 판폭 중앙부의 압연 방향으로부터, 표점 간 거리 50mm, 표점 간 폭 25mm의 JIS5호 시험편을 채취하고, JIS Z 2241(2011)의 규정에 준거하여, 인장 속도가 10mm/분으로 인장 시험을 행하여, 인장 강도(TS) 및 항복 강도(YS)를 측정했다.

[0155]

(잔류 응력 측정 방법)

[0156]

X선 회절에 의해 잔류 응력을 측정했다. 구체적으로는, 각 강판의 판폭 중앙 및 판폭 단으로부터, 압연 방향으로 100mm, 폭 방향으로 30mm의 샘플을 채취하여, 90° 의 각도를 갖는 다이스의 위에 강판의 샘플을 얹고, 90° 의 각도를 갖는 펀치에 의해 강판을 프레스함으로써, 굽힘 능선 방향이 강판의 폭 방향과 평행이 되도록, V자 굽힘 가공을 행했다. V자 굽힘 가공은, 펀치 이동 속도: 30mm/min, 하중: 15ton, 최대 하중에서의 유지 시간(압입 시간): 5초의 조건으로 행했다. 이어서, 볼트, 너트 및 테이퍼 와셔를 이용하여, 굽힘 가공 후의 강판(부재)을, 판면의 양측으로부터 볼트로 단단히 조였다. 조임량은 30mm로 했다.

[0157]

상기 굽힘 가공 후의 강판에 있어서의 잔류 응력의 측정 개소는, 굽힘 능선부의 단면의 판두께 중심이고, X선의 조사(irradiation) 지름은 $150\mu\text{m}$ 로 했다. 측정 방향은, 판두께 방향에 수직 또한 굽힘 능선 방향에 수직인 방향으로 했다.

[0158]

또한, 판폭 단의 샘플은, 강판의 판폭 단으로부터 폭 방향으로 0~30mm의 위치에서 채취했다.

[0159]

또한, 본 발명의 실시예에서는, 판폭 방향에 있어서 판폭 중앙에 대하여 대칭이 되도록 부하를 가하여 강판을 제조했기 때문에, 한쪽의 단부에서만 잔류 응력을 측정하고, 다른 한쪽의 단부의 잔류 응력은 동일한 수치라고 간주했다.

[0160]

(임계 부하 응력의 측정)

[0161] 지연 파괴 시험에 의해 임계 부하 응력을 측정했다. 구체적으로는, 각 강판의 판폭 중앙으로부터, 압연 방향으로 100mm, 폭 방향으로 30mm의 샘플을 채취하여, 상기 잔류 응력 측정 방법과 동일한 방법으로, 샘플을 V자 굽힘 가공했다. 이어서, 볼트, 너트 및 테이퍼 와셔를 이용하여, 굽힘 가공 후의 강판(부재)을, 판면의 양측으로부터 볼트로 단단히 조였다. YU 모델을 이용한 CAE 해석에 의해, 인장 시험으로부터 구한 응력-변형 곡선으로부터 부하 응력과 조임량의 관계를 산출하여, 여러 가지의 부하 응력을 갖는 성형 부재를 제작했다. 그 성형 부재를 pH=1(25℃)의 염산 중에 침지하여, 지연 파괴하지 않는 최대 부하 응력을 임계 부하 응력으로서 평가했다. 지연 파괴의 판정은 육안 및 실제 현미경으로 배율×20까지 확대한 화상에서 행하고, 96시간 침지하여 균열이 발생하지 않은 경우를 파괴 없음으로 했다. 여기에서 말하는 균열이란, 균열 길이가 200 μ m 이상의 균열이 발생한 경우를 가리킨다.

[0162] (강판 형상의 측정)

[0163] 각 실시예에서 얻은 강판을 강판 길이 방향(압연 방향)으로 강판의 원래 폭에서 길이 1m로 전단하고, 전단 후의 강판을 수평인 대에 두었다. 또한, 전단 후의 강판은, 강판의 모서리부와 수평인 대가 보다 많은 접촉점(2점 이상)이 존재하도록 수평인 대의 위에 두었다. 휨량은, 강판보다도 위의 위치에서 수평인 판을 강판에 접촉할 때까지 내려가, 강판에 접촉한 위치에 있어서, 수평인 대와 수평인 판의 사이의 거리로부터, 강판의 판두께를 빼서 구했다. 또한, 강판의 한쪽의 면을 상측으로 하여 휨량을 측정한 후, 강판의 다른 한쪽의 면을 상측으로 하여 휨량을 측정하고, 측정한 휨량 중 최대인 값을 최대 휨량으로 했다. 또한, 강판의 길이 방향의 절단을 할 때의 전단기의 날의 클리어런스는 4%(관리 범위의 상한은 10%)로 행하고 있다.

[0164] 3. 평가 결과

[0165] 상기 평가 결과를 표 2에 나타낸다.

표 2

No.	조직			잔류 응력		인장 특성		내지연 파괴 특성		형상	비고
	M	F	잔부	판폭 중앙	*1	YS	TS	임계 부하 응력	*2	*3	
	%	%	%	MPa	%	MPa	MPa	MPa	%	mm	
1	97	2	1	350	104	1257	1535	1470	105	6	발명에
2	97	1	2	1020	88	1238	1522	1120	86	28	비교예
3	98	1	1	990	105	1263	1542	1210	104	11	비교예

M: 마르텐사이트의 면적률, F: 페라이트의 면적률, 잔부: 잔부의 면적률

*1: 판폭 단의 판폭 중앙에 대한 잔류 응력비(판폭 단의 잔류 응력/판폭 중앙의 잔류 응력)

*2: 판폭 단의 판폭 중앙에 대한 임계 부하 응력비(판폭 단의 임계 부하 응력/판폭 중앙의 임계 부하 응력)

*3: 강판 길이 방향으로 길이 1m로 전단했을 때의 강판의 최대 휨량

[0166]

[0167] 본 실시예에서는, TS가 750MPa 이상, 임계 부하 응력이 YS 이상, 판폭 중앙의 판폭 단에 대한 임계 부하 응력비가 90% 이상 110% 이하, 또한 강판 길이 방향으로 길이 1m로 전단했을 때의 강판의 최대 휨량이 15mm 이하인 강판을 합격으로 하고, 표 2에 발명예로서 나타냈다. 이들 중 적어도 하나를 충족하지 않는 강판을 불합격으로 하고, 표 2에 비교예로서 나타냈다.

[0168] [실시예 2]

[0169] 본 발명을, 실시예를 참조하면서 구체적으로 설명한다.

[0170] 1. 평가용 강판의 제조

[0171] 표 3에 나타내는 성분 조성을 갖고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 강을 진공 용해로에서 용제 후, 분괴 압연하여 27mm 두께의 분괴 압연재를 얻었다. 얻어진 분괴 압연재를 열간 압연했다. 이어서, 냉간 압연하는 샘플은, 열연 강판을 연삭 가공한 후, 표 4 또는 5에 나타내는 압하율로 냉간 압연하고, 표 4 또는 5에 기재된 판두께가 되도록 냉간 압연하여, 냉연 강판을 제조했다. 또한, 일부의 샘플은, 열연 강판을 연삭 가공한 후, 냉간 압연하지 않았다. 표 중에서 압하율 「-」으로 기재한 샘플은, 냉간 압연하고 있지 않은 것을 의미한다. 이어서, 상기에 의해 얻어진 열연 강판 및 냉연 강판에, 표 4 또는 5에 나타내는 조건으로 어닐링을 행하여, 강판을 제조했다. 또한, 표 3의 공란은, 의도적으로 첨가하고 있지 않은 것을 나타내고 있고, 함유하

지 않은(0질량%) 경우뿐만 아니라, 불가피적으로 함유하는 경우도 포함한다.

[0172]

또한, 표 4 및 5에 있어서, 「롤 구속 시의 강판의 표면 온도」와 「롤 구속 위치에서의 판폭 단에 대한 판폭 중앙의 구속 압력비」를 「-」으로 기재하고 있는 비교예는, 어닐링 공정에 있어서의 물 권칭의 수냉 중에, 강판을 2개의 롤로 구속하지 않은 것을 의미한다.

표 3

강종	성분 조성(질량%)																	A _{cl} 점 (°C)
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	B	Nb	Ti	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Sb	Sn	
A	0.06	1.00	2.20	0.007	0.0008	0.051	0.0021											705
B	0.18	0.90	0.20	0.008	0.0003	0.068	0.0048											739
C	0.14	1.40	2.40	0.008	0.0050	0.080	0.0021											711
D	0.22	0.40	1.50	0.018	0.0002	0.021	0.0043											705
E	0.26	0.20	1.00	0.010	0.0010	0.077	0.0043											709
F	0.28	1.40	1.50	0.010	0.0010	0.049	0.0058											727
G	0.22	1.50	2.80	0.007	0.0004	0.005	0.0014											706
H	0.42	1.40	0.80	0.007	0.0010	0.078	0.0034											739
I	0.54	0.12	0.25	0.006	0.0007	0.096	0.0046											721
J	0.28	1.60	1.40	0.025	0.0002	0.092	0.0100											733
K	0.27	1.80	1.60	0.009	0.0009	0.026	0.0031											734
L	0.15	0.01	2.90	0.016	0.0004	0.039	0.0028											671
M	0.14	0.07	3.10	0.005	0.0004	0.050	0.0015											669
N	0.26	0.90	1.50	0.006	0.0010	0.066	0.0053						0.05					717
O	0.24	0.80	1.70	0.038	0.0006	0.051	0.0040						0.04	0.08	0.005			710
P	0.28	0.40	0.90	0.006	0.0002	0.062	0.0027						0.04	0.08	0.005			717
Q	0.32	0.05	0.60	0.009	0.0002	0.063	0.0051		0.0060	0.004								713
R	0.15	1.20	2.40	0.007	0.0004	0.038	0.0051				0.01	0.004						706
S	0.18	1.40	2.30	0.006	0.0003	0.040	0.0037	0.0007										712
T	0.24	1.30	2.10	0.017	0.0005	0.034	0.0019									0.008	0.005	714
U	0.63	1.10	1.20	0.019	0.0002	0.035	0.0021											726
V	0.04	1.20	1.20	0.006	0.0002	0.077	0.0055											728
W	0.21	2.40	1.05	0.008	0.0010	0.023	0.0028											757
X	0.22	0.12	3.40	0.026	0.0006	0.069	0.0024											664
Y	0.22	0.16	0.04	0.008	0.0007	0.059	0.0010											726
Z	0.28	0.84	1.20	0.070	0.0004	0.069	0.0058											720
AA	0.26	0.07	1.32	0.007	0.0080	0.059	0.0028											701
AB	0.25	0.11	1.31	0.006	0.0003	0.150	0.0021											702
AC	0.21	0.05	1.28	0.018	0.0008	0.071	0.0150											701

[0173]

표 4

No.	강종	냉간 압연		어닐링 조건							비고
		압하율	판 두께	어닐링 온도	어닐링 보존 유지 시간	물 쿨칭 개시 온도	*1	*2	수냉 정지 온도	재가열 온도	
		%	mm	°C	초	°C	°C	%	°C	°C	
1	A	56	1.4	760	60	731	300	1.08	50	150	발명예
2		56	1.4	760	60	701	300	1.20	50	150	발명예
3		56	1.4	760	60	709	-	-	50	150	비교예
4		56	1.4	760	60	745	300	1.20	50	150	발명예
5	B	56	1.4	800	60	717	300	1.07	50	150	발명예
6		56	1.4	800	60	790	300	1.02	50	150	비교예
7		56	1.4	800	60	787	300	1.11	50	150	발명예
8		56	1.4	800	60	761	300	1.12	50	150	발명예
9	C	56	1.4	820	60	810	300	2.10	50	150	비교예
10		56	1.4	820	60	818	300	1.80	50	150	발명예
11		56	1.4	820	60	814	300	1.60	50	150	발명예
12		56	1.4	820	60	767	300	1.30	50	150	발명예
13	D	56	1.4	872	60	827	300	1.02	50	150	비교예
14		56	1.4	880	60	819	300	1.08	50	150	발명예
15		56	1.4	884	60	779	300	1.20	50	150	발명예
16		56	1.4	898	60	803	300	2.20	50	150	비교예
17	E	56	1.4	867	60	731	580	1.30	50	150	비교예
18		56	1.4	883	60	860	400	1.10	50	150	발명예
19		56	1.4	899	60	714	300	1.20	50	150	발명예
20		56	1.4	888	60	738	150	1.30	50	150	발명예
21	F	56	1.4	894	60	806	550	1.30	50	150	비교예
22		56	1.4	882	60	835	400	1.30	50	150	발명예
23		56	1.4	882	60	835	300	1.30	50	150	발명예
24		56	1.4	890	60	830	150	1.30	50	150	발명예
25	G	56	1.4	895	60	807	520	1.30	50	150	비교예
26		56	1.4	885	60	763	410	1.30	50	150	발명예
27		56	1.4	885	60	763	150	1.30	50	150	발명예
28		56	1.4	882	60	758	50	1.30	50	150	발명예
29	H	-	3.2	815	60	733	300	1.30	50	150	발명예
30		40	1.9	850	60	772	300	1.30	50	150	발명예
31		80	0.6	870	60	829	300	1.30	50	150	발명예
33	I	56	1.4	770	60	741	80	1.10	50	150	발명예
35	J	56	1.4	890	60	730	300	1.10	50	150	발명예
36		56	1.4	880	20	799	300	1.10	50	150	비교예
37		56	1.4	889	360	767	300	1.10	50	150	발명예
38	K	56	1.4	879	60	755	300	1.20	50	150	발명예
39		56	1.4	886	60	550	300	1.20	50	150	발명예
40		56	1.4	870	60	350	300	1.20	50	150	비교예
41	L	56	1.4	863	60	650	300	1.20	50	150	발명예
42		56	1.4	861	60	340	300	1.20	50	150	비교예
43		56	1.4	873	60	450	300	1.20	50	150	발명예
44	M	56	1.4	891	60	702	300	1.20	80	150	발명예
45		56	1.4	875	60	727	300	1.20	50	150	발명예
46		56	1.4	878	60	635	300	1.20	150	150	비교예

*1: 롤 구속 시의 강판의 표면 온도

*2: 롤 구속 위치에서의 판폭 단에 대한 판폭 중앙의 구속 압력비(판폭 중앙의 구속 압력/판폭 단의 구속 압력)

[0174]

표 5

No.	강종	냉간 압연		어닐링 조건							비고
		압하율	판 두께	어닐링 온도	어닐링 보존 유지 시간	물 쿨링 개시 온도	*1	*2	수냉 정지 온도	재가열 온도	
				°C	초	°C	°C	%	°C	°C	
47	N	56	1.4	876	60	757	300	1.40	50	150	발명에
48		56	1.4	895	60	824	—	—	50	200	비교예
49		56	1.4	895	60	824	300	1.40	50	250	발명에
50		56	1.4	884	60	754	300	1.40	50	320	비교예
51	O	56	1.4	881	60	694	300	1.05	50	80	비교예
52		56	1.4	877	60	877	300	1.06	50	180	발명에
53		56	1.4	877	60	877	300	1.06	50	320	비교예
54		56	1.4	876	60	793	300	1.05	50	100	발명에
55	P	56	1.4	863	20	753	300	1.05	50	150	비교예
56		56	1.4	877	32	848	300	1.05	50	150	발명에
57		56	1.4	877	240	848	300	1.06	50	150	발명에
58		56	1.4	871	600	766	300	1.06	50	150	발명에
59	Q	56	1.4	872	60	845	560	1.05	50	150	비교예
60		56	1.4	871	60	788	400	1.06	50	150	발명에
61		56	1.4	871	60	788	200	1.05	50	150	발명에
62		56	1.4	892	60	783	50	1.05	50	150	발명에
63	R	56	1.4	890	60	882	300	1.03	50	150	비교예
64		56	1.4	881	60	875	300	1.07	50	150	발명에
65		56	1.4	881	60	875	300	1.30	50	150	발명에
66		56	1.4	860	60	684	300	2.30	50	150	비교예
67	S	56	1.4	877	60	705	300	1.80	50	150	발명에
68		56	1.4	898	60	755	300	1.50	50	150	발명에
69		56	1.4	898	60	755	300	1.07	50	150	발명에
70		56	1.4	894	60	702	300	1.40	50	150	발명에
71	T	56	1.4	898	60	880	500	1.40	50	150	발명에
72		56	1.4	869	60	743	350	1.40	50	150	발명에
73		56	1.4	869	60	743	50	1.40	50	150	발명에
74		56	1.4	899	60	686	560	1.40	50	150	비교예
75	U	56	1.4	898	60	896	80	1.40	50	150	비교예
76	V	56	1.4	886	60	700	300	1.40	50	150	비교예
77	W	56	1.4	890	60	838	300	1.40	50	150	비교예
78	X	56	1.4	893	60	740	300	1.40	50	150	비교예
79	Y	56	1.4	895	60	804	80	1.40	50	150	비교예
80	Z	56	1.4	898	60	831	300	1.40	50	150	비교예
81	AA	56	1.4	890	60	807	300	1.40	50	150	비교예
82	AB	56	1.4	890	60	807	300	1.40	50	150	비교예
83	AC	56	1.4	873	60	829	300	1.40	50	150	비교예
84	E	54	1.4	700	60	680	120	1.40	50	150	비교예

*1: 물 구속 시의 강판의 표면 온도

*2: 물 구속 위치에서의 판폭 단에 대한 판폭 중앙의 구속 압력비(판폭 중앙의 구속 압력/판폭 단의 구속 압력)

[0175]

[0176]

2. 평가 방법

[0177]

각종 제조 조건에서 얻어진 강판에 대하여, 강 조직을 해석함으로써 조직 분율을 조사하고, 인장 시험을 실시함으로써 인장 강도 등의 인장 특성을 평가하고, 지연 파괴 시험에 의해 내지연 파괴 특성을 평가하고, 강판 형상의 측정에 의해 형상 균일성을 평가했다. 각 평가의 방법은 실시예 1에 기재된 방법과 동일하다.

[0178]

3. 평가 결과

[0179]

상기 평가 결과를 표 6 및 7에 나타낸다.

표 6

No.	강종	조직			변태점	잔류 응력		인장 특성		내지연 파괴 특성		형상	비고
		M	F	잔부	Ms	판폭 중앙	*1	YS	TS	임계 부하 응력	*2	*3	
		%	%	%	°C	MPa	%	MPa	MPa	MPa	%	mm	
1	A	30	66	4	392	550	107	648	772	680	102	6	발명예
2		35	62	3	402	320	97	657	782	700	97	3	발명예
3		32	67	1	396	960	74	651	775	640	70	22	비교예
4		36	62	2	404	350	101	640	780	720	100	5	발명예
5	B	42	56	2	392	540	108	824	981	860	110	6	발명예
6		48	49	3	411	880	118	822	990	800	119	9	비교예
7		45	50	5	402	330	101	838	986	940	102	5	발명예
8		40	56	4	385	320	102	813	980	920	104	3	발명예
9	C	55	42	3	365	970	85	1000	1220	870	86	6	비교예
10		59	39	2	371	510	91	1028	1224	1110	94	4	발명예
11		56	42	2	367	420	96	976	1220	1060	96	6	발명예
12		53	42	5	362	360	103	1020	1214	1110	105	3	발명예
13	D	84	14	2	398	850	112	1165	1438	1110	113	6	비교예
14		86	9	5	400	310	109	1182	1442	1310	108	6	발명예
15		90	7	3	404	350	104	1233	1451	1320	105	2	발명예
16		85	12	3	399	980	86	1167	1441	1130	84	6	비교예
17	E	98	2	0	417	320	102	1277	1538	1420	103	17	비교예
18		93	5	2	412	360	101	1300	1529	1410	101	11	발명예
19		92	6	2	411	350	102	1068	1257	1140	101	6	발명예
20		99	1	0	418	330	103	1030	1241	1160	104	3	발명예
21	F	93	2	5	385	350	103	1404	1733	1670	104	20	비교예
22		97	3	0	389	340	102	1465	1744	1680	102	5	발명예
23		93	5	2	385	330	103	1440	1735	1640	103	6	발명예
24		100	0	0	392	320	103	1398	1748	1690	102	3	발명예
25	G	96	3	1	358	400	104	1385	1701	1520	104	21	비교예
26		95	1	4	357	440	103	1409	1697	1500	103	9	발명예
27		100	0	0	361	470	103	1436	1709	1560	104	6	발명예
28		94	3	3	356	450	101	1424	1695	1540	103	3	발명예
29	H	98	2	0	368	330	103	1899	2288	2140	102	10	발명예
30		96	0	4	365	350	103	1843	2275	2130	103	9	발명예
31		95	1	4	363	350	102	1909	2273	2090	104	11	발명예
33	I	48	48	4	146	340	101	1211	1495	1420	103	9	발명예
35	J	98	2	0	394	410	100	1414	1724	1490	101	6	발명예
36		97	0	3	393	850	101	1412	1722	1320	99	6	비교예
37		96	4	0	392	480	100	1445	1720	1520	99	2	발명예
38	K	99	1	0	391	450	102	1371	1714	1420	103	6	발명예
39		96	4	0	388	560	102	1418	1708	1530	102	11	발명예
40		96	4	0	388	540	103	1450	1706	1510	101	17	비교예
41	L	94	6	0	378	430	102	1127	1374	1190	100	9	발명예
42		93	6	1	378	410	102	1123	1370	1180	100	17	비교예
43		93	3	4	378	400	102	1122	1368	1160	100	12	발명예
44	M	85	13	2	368	550	99	1154	1358	1180	102	9	발명예
45		90	8	2	372	540	99	1132	1364	1160	101	6	발명예
46		91	4	5	372	550	100	1160	1365	1200	103	17	비교예

M:마르텐사이트의 면적률, F:페라이트의 면적률, 잔부: 잔부의 면적률

*1:판폭 단의 판폭 중앙에 대한 잔류 응력비(판폭 단의 잔류 응력/판폭 중앙의 잔류 응력)

*2:판폭 단의 판폭 중앙에 대한 임계 부하 응력비(판폭 단의 임계 부하 응력/판폭 중앙의 임계 부하 응력)

*3:강판 길이 방향으로 길이 1m로 전단했을 때의 강판의 최대 횡량

[0180]

표 7

No.	강종	조직			변태점 Ms	잔류 응력		인장 특성		내지연 파괴 특성		형상	비고
		M	F	잔부		판폭 중앙	*1	YS	TS	임계 부하 응력	*2	*3	
		%	%	%		MPa	%	MPa	MPa	MPa	%	mm	
47	N	90	6	4	388	350	94	1357	1635	1570	95	6	발명예
48		94	2	4	392	990	72	1363	1642	1310	71	30	비교예
49		98	1	1	396	320	95	1384	1648	1560	95	10	발명예
50		95	1	4	393	310	95	1397	1643	1580	93	19	비교예
51	O	98	2	0	395	850	109	1296	1581	1260	110	6	비교예
52		96	0	4	394	430	108	1275	1574	1530	108	3	발명예
53		96	2	2	394	450	108	1339	1575	1540	110	20	비교예
54		95	0	5	393	780	108	1258	1573	1440	109	1	발명예
55	P	96	2	2	410	920	109	1362	1622	1320	109	6	비교예
56		96	1	3	410	690	110	1315	1623	1420	107	6	발명예
57		97	1	2	411	460	108	1381	1625	1580	108	2	발명예
58		97	2	1	411	450	108	1299	1624	1580	109	5	발명예
59	Q	94	5	1	407	430	109	1353	1670	1570	109	20	비교예
60		96	1	3	409	420	109	1390	1675	1580	110	11	발명예
61		98	1	1	412	430	108	1425	1677	1620	108	6	발명예
62		98	2	0	412	420	108	1357	1675	1620	110	6	발명예
63	R	90	10	0	396	870	112	1082	1273	1060	117	5	비교예
64		87	13	0	394	460	107	1064	1267	1150	104	6	발명예
65		88	7	5	394	330	103	1078	1268	1220	103	4	발명예
66		87	8	5	394	910	86	1065	1268	1030	83	3	비교예
67	S	98	2	0	394	520	93	1172	1412	1260	97	6	발명예
68		90	9	1	388	480	95	1121	1401	1280	93	7	발명예
69		91	7	2	389	590	106	1193	1403	1280	101	6	발명예
70		92	6	2	390	340	94	1137	1404	1380	94	8	발명예
71	T	97	1	2	379	330	95	1364	1663	1630	94	13	발명예
72		96	4	0	379	370	95	1395	1661	1610	94	6	발명예
73		94	1	5	377	340	96	1393	1658	1640	96	6	발명예
74		97	2	1	379	350	95	1330	1662	1610	95	18	비교예
75	U	99	0	1	279	380	94	2789	3320	3200	93	20	비교예
76	V	14	86	0	402	320	94	404	475	460	94	4	비교예
77	W	89	9	2	425	970	95	1037	1280	910	94	6	비교예
78	X	95	4	1	333	960	95	1452	1815	1390	94	3	비교예
79	Y	18	82	0	120	320	96	604	710	670	95	6	비교예
80	Z	91	5	4	394	970	95	1381	1684	1330	94	5	비교예
81	AA	94	2	4	400	940	94	1315	1604	1280	95	6	비교예
82	AB	96	2	2	406	950	96	1288	1552	1210	97	6	비교예
83	AC	93	4	3	420	910	95	1090	1346	890	96	6	비교예
84	E	19	81	0	31	320	99	613	735	630	100	2	비교예

M:마르텐사이트의 면적률, F:페라이트의 면적률, 잔부: 잔부의 면적률

*1:판폭 단의 판폭 중앙에 대한 잔류 응력비(판폭 단의 잔류 응력/판폭 중앙의 잔류 응력)

*2:판폭 단의 판폭 중앙에 대한 임계 부하 응력비(판폭 단의 임계 부하 응력/판폭 중앙의 임계 부하 응력)

*3:강판 길이 방향으로 길이 1m로 전단했을 때의 강판의 최대 휨량

[0181]

[0182]

본 실시예에서는, TS가 750MPa 이상, 임계 부하 응력이 YS 이상, 판폭 중앙의 판폭 단에 대한 임계 부하 응력비가 90% 이상 110% 이하, 또한 강판 길이 방향으로 길이 1m로 전단했을 때의 강판의 최대 휨량이 15mm 이하인 강판을 합격으로 하고, 표 6 및 7에 발명예로서 나타냈다. 이들 중 적어도 하나를 충족하지 않는 강판을 불합격으로 하고, 표 6 및 7에 비교예로서 나타냈다.