



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0172210
(43) 공개일자 2024년12월09일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/04 (2006.01) C21D 8/02 (2006.01)
C21D 9/46 (2006.01) C22C 38/02 (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01) C23C 2/06 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C22C 38/04 (2013.01)
C21D 8/0226 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2024-7036685
- (22) 출원일자(국제) 2023년02월27일
심사청구일자 2024년11월04일
- (85) 번역문제출일자 2024년11월04일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2023/006925
- (87) 국제공개번호 WO 2023/218731
국제공개일자 2023년11월16일
- (30) 우선권주장
JP-P-2022-078348 2022년05월11일 일본(JP)

- (71) 출원인
제이에프이 스틸 가부시카가이사
일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방
3고
- (72) 발명자
가와사키 요시아스
일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방
3고 제이에프이 스틸 가부시카가이사 지테크자이
산부 나이
와다 유스케
일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방
3고 제이에프이 스틸 가부시카가이사 지테크자이
산부 나이
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
특허법인코리아나

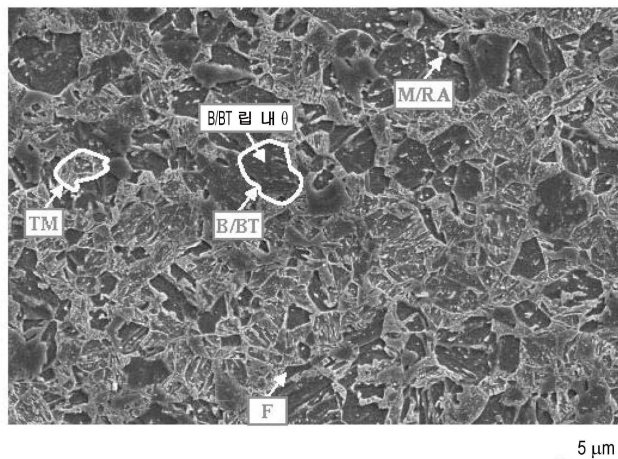
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 강판, 부재 및 그들의 제조 방법

(57) 요약

TS : 1180 MPa 이상이고, 또한, 높은 YS 및 YR 과, 우수한 프레스 성형성 (연성, 구멍 확장성 및 굽힘성) 과, 충돌시의 내파단 특성 (굽힘 파단 특성 및 축 압괴 특성) 을 갖도록 한다. 소지 강판을 소정의 성분 조성으로 하고, 소지 강판의 판두께 1/4 위치의 강 조직으로서, 페라이트, 프레스시 마텐자이트, 잔류 오스테나이트, 베이나이트, 템퍼드 베이나이트, 템퍼드 마텐자이트를 소정의 범위로 하고, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 섬상 프레스시 마텐자이트와 섬상 잔류 오스테나이트의 평균 결정 입경이 2.00 μm 이하이고, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 탄화물의 평균 결정 입경이 500 nm 이하이고, 또한, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 입경이 300 nm 이상인 탄화물의 개수 밀도가 3.0 개/ μm^2 이하이도록 하고, 소지 강판에 포함되는 확산성 수소량을 0.50 질량ppm 이하로 한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C21D 8/0236 (2013.01)

C21D 8/0263 (2013.01)

C21D 8/0273 (2013.01)

C21D 9/46 (2013.01)

C22C 38/02 (2013.01)

C22C 38/06 (2013.01)

C23C 2/06 (2013.01)

C21D 2211/005 (2013.01)

C21D 2211/008 (2013.01)

(72) 발명자

미나미 히데카즈

일본 도쿄도 지요다쿠 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방
3고 제이에프이 스틸 가부시카가이샤 지테크자이산
부 나이

나카가이토 다츠야

일본 도쿄도 지요다쿠 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방
3고 제이에프이 스틸 가부시카가이샤 지테크자이산
부 나이

명세서

청구범위

청구항 1

소지 강판을 구비하는 강판으로서, 상기 소지 강판은,
질량% 로,

C : 0.030 % 이상 0.250 % 이하,

Si : 0.01 % 이상 0.75 % 이하,

Mn : 2.00 % 이상 3.50 % 미만,

P : 0.001 % 이상 0.100 % 이하,

S : 0.0200 % 이하,

Al : 0.010 % 이상 2.000 % 이하,

N : 0.0100 % 이하,

를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성과,

상기 소지 강판의 판두께 1/4 위치의 조직으로서,

페라이트의 면적률 : 20.0 % 미만이고,

프레시 마텐자이트의 면적률 : 15.0 % 이하이고,

잔류 오스테나이트의 면적률 : 3.0 % 이하이고,

베이나이트 및 템퍼드 베이나이트의 면적률 : 10.0 % 초과 70.0 % 이하이고,

템퍼드 마텐자이트의 면적률 : 30.0 % 이상 80.0 % 이하이고,

또한, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 섬상 프레시 마텐자이트와 섬상 잔류 오스테나이트의 평균 결정 입경이 2.00 μm 이하이고,

베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 탄화물의 평균 결정 입경이 500 nm 이하이고,

또한, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 입경이 300 nm 이상인 탄화물의 개수 밀도가 3.0 개/ μm^2 이하인 강 조직을 갖고,

상기 소지 강판에 포함되는 확산성 수소량이 0.50 질량ppm 이하이고, 인장 강도가 1180 MPa 이상인, 강판.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 성분 조성은, 추가로, 질량% 로,

Nb : 0.200 % 이하,

Ti : 0.200 % 이하,

V : 0.200 % 이하,

B : 0.0100 % 이하,

Cr : 1.000 % 이하,

Ni : 1.000 % 이하,

Mo : 1.000 % 이하,
 Sb : 0.200 % 이하,
 Sn : 0.200 % 이하,
 Cu : 1.000 % 이하,
 Ta : 0.100 % 이하,
 W : 0.500 % 이하,
 Mg : 0.0200 % 이하,
 Zn : 0.0200 % 이하,
 Co : 0.0200 % 이하,
 Zr : 0.1000 % 이하,
 Ca : 0.0200 % 이하,
 Se : 0.0200 % 이하,
 Te : 0.0200 % 이하,
 Ge : 0.0200 % 이하,
 As : 0.0500 % 이하,
 Sr : 0.0200 % 이하,
 Cs : 0.0200 % 이하,
 Hf : 0.0200 % 이하,
 Pb : 0.0200 % 이하,
 Bi : 0.0200 % 이하 및
 REM : 0.0200 % 이하

중에서 선택되는 적어도 1 종의 원소를 함유하는, 강판.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 강판의 편면 또는 양면에 있어서, 최표층으로서 아연 도금층을 구비하는, 강판.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 소지 강판은, 소지 강판 표면으로부터 판두께 방향으로 200 μm 이하의 영역을 표층으로 했을 때,

상기 표층에, 판두께 1/4 위치의 비커스 경도에 대해, 비커스 경도가 85 % 이하인 표층 연질층을 갖고,

상기 소지 강판 표면으로부터 상기 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치 및 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 각각에 있어서의 판면의 50 $\mu\text{m} \times 50 \mu\text{m}$ 의 영역에 있어서, 300 점 이상의 나노 경도를 측정했을 때,

상기 소지 강판 표면으로부터 상기 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도가 7.0 GPa 이상인 측정수 비율이, 상기 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 전체 측정수에 대하여 0.10 이하이고,

또한, 상기 소지 강판 표면으로부터 상기 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 가 1.8 GPa 이하이고,

또한, 상기 소지 강판 표면으로부터 상기 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 판면의 나노 경도의 표

준 편차 σ 가 2.2 GPa 이하인, 강판.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 강판의 편면 또는 양면에 있어서, 상기 소지 강판 상에 형성된 금속 도금층을 갖는, 강판.

청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 기재된 강판을 사용하여 이루어지는, 부재.

청구항 7

제 1 항 또는 제 2 항에 기재된 성분 조성을 갖는 강 슬래브에,

마무리 압연 온도 : 820 °C 이상의 조건에서 열간 압연을 실시하여, 열연 강판을 얻는, 열간 압연 공정과,

그 열간 압연 공정 후의 강판을, 어닐링 온도 : $(Ac_1 + (Ac_3 - Ac_1) \times 5/8)$ °C 이상 950 °C 이하, 어닐링 시간 : 20 초 이상의 조건에서 어닐링하는, 어닐링 공정과,

그 어닐링 공정 후, 300 °C 이상 550 °C 이하의 온도역까지 냉각시키는, 제 1 냉각 공정과,

그 제 1 냉각 공정 후, 중간 유지 온도 : 300 °C 이상 550 °C 이하, 유지 시간 : 20 초 이상의 조건에서 유지하는, 중간 유지 공정과,

그 중간 유지 공정 후의 강판에 대해, 300 °C 이상 450 °C 이하의 온도역에서 2.0 kgf/mm² 이상의 장력을 부여하고,

그 후, 상기 강판을, 1 패스당 직경 500 mm 이상 1500 mm 이하의 롤에 롤 1/4 주분 접촉시키면서, 5 패스 이상 통과시키고,

이어서, 300 °C 미만의 냉각 정지 온도까지 냉각시키는, 제 2 냉각 공정과,

그 제 2 냉각 공정 후, 강판을, 상기 냉각 정지 온도 이상 440 °C 이하의 온도역까지 재가열하여 20 초 이상 유지하는, 재가열 공정을 포함하고, 혹은 추가로

상기 열간 압연 공정 후, 또한 상기 어닐링 공정 전의 강판에, 압하율이 20 % 이상 80 % 이하인 냉간 압연을 실시하여, 냉연 강판을 얻는, 냉간 압연 공정을 포함하는, 강판의 제조 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 중간 유지 공정 후, 또한 상기 제 2 냉각 공정 전의 상기 강판에 아연 도금 처리를 실시하여, 상기 강판에 아연 도금층을 형성하는 아연 도금 공정을 포함하는, 강판의 제조 방법.

청구항 9

제 7 항 또는 제 8 항에 있어서,

상기 어닐링 공정에 있어서의 어닐링을, 노점 : -30 °C 이상의 분위기하에서 실시하는, 강판의 제조 방법.

청구항 10

제 7 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 열간 압연 공정 후, 또한 상기 어닐링 공정 전에, 상기 강판의 편면 또는 양면에 있어서, 금속 도금을 실시하여 금속 도금층을 형성하는 금속 도금 공정을 포함하는, 강판의 제조 방법.

청구항 11

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 기재된 강판에, 성형 가공, 집합 가공 중 적어도 일방을 실시하여 부재로 하는 공정을 포함하는, 부재의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 강판, 그 강판을 소재로 하는 부재 및 그들의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 자동차 차체에 사용되는 강판의 박육 경량화에서의 연비 향상에 의한 Co₂ 배출량의 삭감과, 충돌 안전성 향상의 양립을 목적으로, 자동차용 강판의 고강도화가 진행되고 있다. 또, 새로운 법 규제의 도입도 잇따르고 있다. 그 때문에, 차체 강도의 증가를 목적으로 하여, 자동차 캐빈의 골격에 조립하는 주요한 구조 부재나 보강 부재 (이하, 자동차의 골격 구조 부재 등이라고도 한다) 에 대한 고강도 강판, 특히, 인장 강도 (이하, 간단히 TS 라고도 한다) 로 780 MPa 이상의 고강도 강판의 적용 사례가 증가하고 있다. 또, 자동차의 골격 구조 부재 등에 사용되는 고강도 강판에는, 프레스 성형했을 때, 높은 부재 강도를 가질 것이 요구된다. 부품 강도의 상승에 대해서는, 예를 들어, 강판의 항복 응력 (이하, 간단히 YS 라고도 한다) 을 TS 로 나눈 값의 항복비 (이하, 간단히 YR 이라고도 한다) 를 높이는 것이 유효하다. 이로써, 자동차 충돌시의 충격 흡수 에너지 (이하, 간단히 충격 흡수 에너지라고도 한다) 가 상승한다. 또한, 자동차의 골격 구조 부재 등 중, 예를 들어, 크래시 박스 등은, 굽힘 가공부를 갖는다. 그 때문에, 이와 같은 부품에는, 프레스 성형성의 관점에서, 높은 굽힘성을 갖는 강판을 적용하는 것이 바람직하다. 또, 차체 방청 성능의 관점에서, 자동차 부재의 소재가 되는 강판에는, 아연 도금이 실시되는 경우가 많다. 그 때문에, 높은 강도를 갖는 것에 더하여, 프레스 성형성과 내충격 특성이 우수한 용융 아연 도금 강판의 개발이 요망되고 있다.

[0003] 이와 같은 자동차 부재의 소재가 되는 강판으로서 예를 들어, 특허문헌 1 에는, 질량% 로 나타내어, C 를 0.04 ~ 0.22 %, Si 를 1.0 % 이하, Mn 을 3.0 % 이하, P 를 0.05 % 이하, S 를 0.01 % 이하, Al 을 0.01 ~ 0.1 % 및 N 을 0.001 ~ 0.005 % 함유하고, 잔부 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성을 가짐과 함께, 주상인 페라이트상과, 제 2 상인 마텐자이트상으로 구성되고, 또한 마텐자이트상의 최대 입경이 2 μm 이하 이고, 그 면적률이 5 % 이상인 것을 특징으로 하는 신장 플랜지성과 내충돌 특성이 우수한 고강도 강판이 개시 되어 있다.

[0004] 또, 특허문헌 2 에는, 표면층을 두께 0.1 μm 이상 연삭 제거된 냉연 강판 상에 Ni 를 0.2 g/m² 이상 2.0 g/m² 이하 프리도금된 냉연 강판의 표면에 용융 아연 도금층을 갖는 용융 아연 도금 강판으로서, 질량% 로, C : 0.05 % 이상, 0.4 % 이하, Si : 0.01 % 이상, 3.0 % 이하, Mn : 0.1 % 이상, 3.0 % 이하, P : 0.04 % 이하, S : 0.05 % 이하, N : 0.01 % 이하, Al : 0.01 % 이상, 2.0 % 이하, Si + Al > 0.5 % 를 함유하고, 잔부 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지고, 마이크로 조직이, 체적 분율로 주상으로서 페라이트를 40 % 이상 함유하고, 잔류 오스테나이트를 8 % 이상, 하기에 규정하는 3 종류의 마텐자이트 [1] [2] [3] 의 마텐자이트 [3] 을 포함하는 2 종 이상과 1 % 이상의 베이나이트 및 0 ~ 10 % 의 펄라이트를 함유하고, 또한, 상기 3 종류의 마텐자이트 [1] [2] [3] 이 각각, 체적 분율로, 마텐자이트 [1] : 0 % 이상, 50 % 이하, 마텐자이트 [2] : 0 % 이상, 20 % 미만, 마텐자이트 [3] : 1 % 이상, 30 % 이하인 강판의 표면에, Fe 를 7 % 미만 함유하고, 잔부가 Zn, Al 및 불가피적 불순물로 이루어지는 용융 아연 도금층을 갖고, 인장 강도 TS (MPa), 전연신율 EL (%), 구멍 확장률 λ (%) 로서 TS × EL 이 18000 MPa · % 이상, TS × λ 가 35000 MPa · % 이상이고, 인장 강도 980 MPa 이상 갖는 것을 특징으로 하는 도금 밀착성과 성형성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판 (마텐자이트 [1] : C 농도 (CM1) 가 0.8 % 미만이고, 경도 Hv1 이, Hv1/(-982.1 × CM1² + 1676 × CM1 + 189) ≤ 0.60, 마텐자이트 [2] : C 농도 (CM2) 가 0.8 % 이상이고, 경도 Hv2 가, Hv2/(-982.1 × CM2² + 1676 × CM2 + 189) ≤ 0.60, 마텐자이트 [3] : C 농도 (CM3) 가 0.8 % 이상이고, 경도 Hv3 이, Hv3/(-982.1 × CM3² + 1676 × CM3 + 189) ≥ 0.80 이 개시되어 있다.

[0005] 또, 특허문헌 3 에는, 질량% 로, C : 0.15 % 이상 0.25 % 이하, Si : 0.50 % 이상 2.5 % 이하, Mn : 2.3 % 이상 4.0 % 이하, P : 0.100 % 이하, S : 0.02 % 이하, Al : 0.01 % 이상 2.5 % 이하, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성을 갖고, 면적률로, 템퍼드 마텐자이트상 : 30 % 이상 73 % 이하, 페라이트상 : 25 % 이상 68 % 이하, 잔류 오스테나이트상 : 2 % 이상 20 % 이하, 다른 상 : 10 % 이하 (0 % 를 포함한다) 이고, 또한, 그 다른 상으로서 마텐자이트상 : 3 % 이하 (0 % 를 포함한다), 베이나이트 페라이트상 : 5 % 미만 (0 % 를 포함한다) 을 갖고, 상기 템퍼드 마텐자이트상의 평균 결정 입경이 8 μm 이하, 상기

잔류 오스테나이트상 중의 C 량이 0.7 질량% 미만인 강판 조직을 갖는 고강도 용융 아연 도금 강판이 개시되어 있다.

[0006] 또, 특허문헌 4 에는, 강판의 표면에 합금화 용융 아연 도금층을 구비하는 합금화 용융 아연 도금 강판으로서, 상기 강판은, 질량% 로, C : 0.03 % 이상 0.35 % 이하, Si : 0.005 % 이상 2.0 % 이하, Mn : 1.0 % 이상 4.0 % 이하, P : 0.0004 % 이상 0.1 % 이하, S : 0.02 % 이하, sol.Al : 0.0002 % 이상 2.0 % 이하, N : 0.01 % 이하, 잔부 Fe 및 불순물로 이루어지는 화학 조성을 갖고, 강판의 표면으로부터 50 μm 의 깊이의 위치에 있어서의, 압연 방향으로 전진한 Mn 및/또는 Si 가 농화된 농화부의 압연 직각 방향의 평균 간격인 농화부 평균 간격이 1000 μm 이하이고, 강판의 표면에 있어서의 깊이 3 μm 이상 10 μm 이하의 크랙의 수밀도가 3 개/mm 이상 1000 개/mm 이하이고, 면적 % 로, 베이나이트 : 60 % 이상, 잔류 오스테나이트 : 1 % 이상, 마텐자이트 : 1 % 이상, 및 페라이트 : 2 % 이상 20 % 미만을 함유함과 함께, 마텐자이트 및 잔류 오스테나이트의 최근 접 거리의 평균치인 초경질상 평균 간격이 20 μm 이하인 강 조직을 갖고, 상기 합금화 용융 아연 도금 강판은, 인장 강도 (TS) 가 780 MPa 이상인 기계 특성을 갖는 것을 특징으로 하는, 합금화 용융 아연 도금 강판이 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 일본 특허공보 제3887235호
- (특허문헌 0002) 일본 특허공보 제5953693호
- (특허문헌 0003) 일본 특허공보 제6052472호
- (특허문헌 0004) 일본 특허공보 제5699764호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 그런데, 센터 필러로 대표되는 자동차의 골격 부재에서는, 인장 강도 TS (이하 간단히 TS 라고만 기재하는 경우도 있다.) 가 590 MPa 를 초과하는 강판의 적용이 진행되고 있지만, 프론트 사이드 멤버나 리어 사이드 멤버로 대표되는 자동차의 충격 에너지 흡수 부재는, TS 가 590 MPa 급인 강판의 적용에 머물러 있는 것이 현상황이다.

[0009] 즉, 충돌시의 흡수 에너지 (이하, 충격 흡수 에너지라고도 한다.) 를 높이기 위해서는, 항복 응력 YS (이하 간단히 YS 라고만 기재하는 경우도 있다.) 및 항복비 YR (이하 간단히 YR 이라고만 기재하는 경우도 있다.) 의 향상이 유효하다. 그러나, 강판의 YS 및 YR 을 높이면, 일반적으로, 프레스 성형성, 특히, 연성이나 구멍 확장성, 굽힘성과 같은 특성이 저하된다. 그 때문에, 이와 같은 TS 및 YS 를 높인 강판을 상기한 자동차의 충격 에너지 흡수 부재에 대한 적용을 상정하면, 단순히 프레스 성형이 어려워질 뿐만 아니라, 충돌 시험을 모의한 축 압괴 시험에서 당해 부재가 균열되어 버리는, 바꾸어 말하면, YS 의 값으로부터 상정될 정도로는 실제의 충격 흡수 에너지가 높아지지 않는다. 그 때문에, 상기의 충격 에너지 흡수 부재는, TS 가 590 MPa 급인 강판의 적용에 머물러 있는 것이 현상황이다.

[0010] 실제로, 특허문헌 1 ~ 4 에 개시되는 강판도, TS : 1180 MPa 이상이고, 또한, 높은 YS 및 YR 과, 우수한 프레스 성형성 (연성, 구멍 확장성 및 굽힘성) 과, 충돌시의 내과단 특성 (굽힘 과단 특성 및 축 압괴 특성) 을 갖는 것이라고는 할 수 없다.

[0011] 본 발명은, 상기의 현상황을 감안하여 개발된 것으로서, 인장 강도 TS 가 1180 MPa 이상이고, 또한, 높은 항복 응력 YS 및 높은 항복비 YR 과, 우수한 프레스 성형성 (연성, 구멍 확장성 및 굽힘성) 과, 충돌시의 내과단 특성 (굽힘 과단 특성 및 축 압괴 특성) 을 갖는 강판 및 그 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0012] 또, 본 발명은, 상기의 강판을 소재로 하는 부재 및 그 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0013] 또한, 여기서 말하는 강판에는 아연 도금 강판도 포함되어 있고, 아연 도금 강판이란, 용융 아연 도금 강판 (이하, GI 라고도 한다) 또는 합금화 용융 아연 도금 강판 (이하, GA 라고도 한다) 이다.

- [0014] 또, 여기서, 인장 강도 TS 는, JIS Z 2241(2011) 에 준거하는 인장 시험에서 측정된다.
- [0015] 또, 항복 응력 YS 및 항복비 YR 이 높다는 것은, JIS Z 2241(2011) 에 준거하는 인장 시험에서 측정되는 YS 가, 당해 인장 시험에서 측정되는 TS 에 따라, 이하의 (A) 또는 (B) 식을 만족하는 것을 가리킨다.
- [0016] (A) $1180 \text{ MPa} \leq TS < 1320 \text{ MPa}$ 의 경우, $750 \text{ MPa} \leq YS$, 또한 $0.64 \leq YR$
- [0017] (B) $1320 \text{ MPa} \leq TS$ 의 경우, $850 \text{ MPa} \leq YS$, 또한 $0.64 \leq YR$
- [0018] 또, 연성이 우수하다는 것은, JIS Z 2241(2011) 에 준거하는 인장 시험에서 측정되는 전연신 (E1) 이, 당해 인장 시험에서 측정되는 TS 에 따라, 이하의 (A) 또는 (B) 식을 만족하는 것을 가리킨다.
- [0019] (A) $1180 \text{ MPa} \leq TS < 1320 \text{ MPa}$ 의 경우, $8.0 \% \leq E1$
- [0020] (B) $1320 \text{ MPa} \leq TS$ 의 경우, $7.0 \% \leq E1$
- [0021] 또, 구멍 확장성이 우수하다는 것은, JIS Z 2256(2020) 에 준거하는 구멍 확장 시험에서 측정되는 한계 구멍 확장률 (λ) 이 25 % 이상인 것을 가리킨다.
- [0022] 또, 굽힘성이 우수하다는 것은, JIS Z 2248(2014) 에 준거하는 V 굽힘 시험에서 측정되는 R (한계 굽힘 반경)/t (판두께) 가 TS 에 따라, 이하의 (A) 또는 (B) 식을 만족하는 것을 가리킨다.
- [0023] (A) $1180 \text{ MPa} \leq TS < 1320 \text{ MPa}$ 의 경우, $2.5 \geq R/t$
- [0024] (B) $1320 \text{ MPa} \leq TS$ 의 경우, $3.0 \geq R/t$
- [0025] 또, 축 압괴 특성이 우수하다는 것은, U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험에서의 한계 스페이서 두께 (ST) 가 TS 에 따라, 이하의 (A) 또는 (B) 식을 만족하는 것을 가리킨다.
- [0026] (A) $1180 \text{ MPa} \leq TS < 1320 \text{ MPa}$ 의 경우, $5.5 \text{ mm} \geq ST$
- [0027] (B) $1320 \text{ MPa} \leq TS$ 의 경우, $6.0 \text{ mm} \geq ST$
- [0028] 또한, 축 압괴 특성이 우수하다는 것은, V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험에서 측정되는 하중 최대시의 스트로크 (SFmax) 가 TS 에 따라, 이하의 (A) 또는 (B) 식을 만족하는 것을 가리킨다.
- [0029] (A) $1180 \text{ MPa} \leq TS < 1320 \text{ MPa}$ 의 경우, $25.5 \text{ mm} \leq SF_{\text{max}}$
- [0030] (B) $1320 \text{ MPa} \leq TS$ 의 경우, $24.5 \text{ mm} \leq SF_{\text{max}}$
- [0031] 또한, 축 압괴 특성이 우수하다는 것은, 축 압괴 시험 후에 파단 (외관 균열) 이, 도 4(b) 의 하부 2 개 지점의 굽힘 능선부의 R = 5.0 mm, 200 mm 의 범위 내 (도 4(a), (b) 중, 영역 Cx 참조) 에서 1 개 지점 이하인 것을 가리킨다.
- [0032] 또, 굽힘 파단 특성이 우수하다는 것은, 상기의 U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험에서의 한계 스페이서 두께 (ST) 가 TS 에 따라, 상기의 (A) 또는 (B) 식을 만족함과 함께, V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험에서 측정되는 하중 최대시의 스트로크 (SFmax) 가 TS 에 따라, 상기의 (A) 또는 (B) 식을 만족하는 것을 가리킨다.
- [0033] 상기의 E1 (연성), λ (신장 플랜지성) 및 R/t (굽힘성) 는 프레스 성형시의 강관의 성형의 용이함 (균열되지 않고 프레스 성형하기 위한 성형의 자유도) 을 나타내는 특성이다. 한편, U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험은 충돌 시험에서의 세로벽부의 변형 및 파단 거동을 모의한 시험이고, U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험에서 측정되는 한계 스페이서 두께 (ST) 는, 충돌시의 자동차 차체의 강관 및 부재의 균열되기 어려움 (파단되지 않고 충격 에너지를 흡수하기 위한 내충격 특성) 을 나타내는 지표이다.
- [0034] 또, V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험은 충돌 시험에서의 굽힘 능선부의 변형 및 파단 거동을 모의한 시험이고, V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험에서 측정되는 하중 최대시의 스트로크 (SFmax) 는 에너지 흡수 부재의 균열되기 어려움을 나타내는 지표이다.

과제의 해결 수단

- [0035] 본 발명자들은, 상기한 과제를 달성하기 위해서, 예의 검토를 거듭한 결과, 이하의 지건을 얻었다.
- [0036] (1) 소정의 성분으로, 페라이트의 면적률을 20.0 % 미만, 베이나이트 및 템퍼드 베이나이트의 면적률을 10.0 % 초과, 템퍼드 마텐자이트의 면적률을 30.0 % 이상으로 제어함으로써, 1180 MPa 이상의 TS 의 확보를 실현할

수 있다.

- [0037] (2) 소정의 성분으로, 페라이트의 면적률을 20.0 % 미만, 베이나이트 및 템퍼드 베이나이트의 면적률을 10.0 % 초과, 템퍼드 마텐자이트의 면적률을 30.0 % 이상으로 제어함으로써, 높은 YS 및 YR 의 확보를 실현할 수 있다.
- [0038] (3) 소정의 성분으로, 베이나이트 및 템퍼드 베이나이트의 면적률을 10.0 % 초과로 제어함으로써, 프레스 성형성의 하나의 모드인 장출 성형성과 상관이 있는 연성의 지표인 E1 의 향상을 실현할 수 있다.
- [0039] (4) 소정의 성분으로, 프레스 마텐자이트의 면적률을 15.0 % 이하, 잔류 오스테나이트의 면적률을 3.0 % 이하로 제어하고, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 고립된 섬상 경질 제 2 상 (마텐자이트 + 잔류 오스테나이트) 의 평균 결정 입경을 2.00 μm 이하로 하고, 또한, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 입경이 300 nm 이상인 탄화물의 개수 밀도를 3.0 개/ μm^2 이하로 함으로써, 프레스 성형성의 하나의 모드인 신장 플랜지성과 상관이 있는 구멍 확장성의 지표인 λ 의 향상을 실현할 수 있다.
- [0040] (5) 소정의 성분으로, 프레스 마텐자이트의 면적률을 15.0 % 이하로 제어하고, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 고립된 섬상 마텐자이트의 평균 결정 입경을 2.00 μm 이하로 하고, 또한, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 입경이 300 nm 이상인 탄화물의 개수 밀도를 3.0 개/ μm^2 이하로 함으로써, 프레스 성형성의 하나의 모드인 굽힘성의 지표인 R/t 의 향상을 실현할 수 있다.
- [0041] (6) Si : 0.75 질량% 이하 및 소정의 성분으로, 잔류 오스테나이트의 면적률을 3.0 % 이하로 제어함으로써, 타발 가공 및 프레스 성형 등의 일차 가공시에 발생하는 잔류 오스테나이트의 가공 야기 변태에 의해 생성된 단단한 프레스 마텐자이트의 생성을 억제하고, 그 후의 시험에서 보이드의 생성 및 균열의 진전을 억제하는 것이 가능하다. 또한, 프레스 마텐자이트의 면적률을 15.0 % 이하로 제어하고, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 고립된 섬상 경질 제 2 상 (마텐자이트 + 잔류 오스테나이트) 의 평균 결정 입경을 2.00 μm 이하로 하고, 또한, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 입경이 300 nm 이상인 탄화물의 개수 밀도를 3.0 개/ μm^2 이하로 함으로써, 충돌시의 자동차 차체의 강판 및 부재의 내충격 특성의 지표인, 충돌 시험에서의 세로 벽부의 변형 및 파단 거동을 모의한 U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험에서 측정되는 한계 스페이서 두께 (ST), 충돌 시험에서의 굽힘 능선부의 변형 및 파단 거동을 모의한 V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험에서 측정되는 하중 최대시의 스트로크 (SFmax) 의 향상을 실현할 수 있다.
- [0042] 본 개시는, 상기 지견에 기초하여 이루어진 것이다. 즉, 본 개시의 요지 구성은 이하와 같다.
- [0043] [1] 소지 강판을 구비하는 강판으로서, 상기 소지 강판은,
- [0044] 질량% 로,
- [0045] C : 0.030 % 이상 0.250 % 이하,
- [0046] Si : 0.01 % 이상 0.75 % 이하,
- [0047] Mn : 2.00 % 이상 3.50 % 미만,
- [0048] P : 0.001 % 이상 0.100 % 이하,
- [0049] S : 0.0200 % 이하,
- [0050] Al : 0.010 % 이상 2.000 % 이하,
- [0051] N : 0.0100 % 이하,
- [0052] 를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성파,
- [0053] 상기 소지 강판의 판두께 1/4 위치의 조직으로서,
- [0054] 페라이트의 면적률 : 20.0 % 미만,
- [0055] 프레스 마텐자이트의 면적률 : 15.0 % 이하이고,
- [0056] 잔류 오스테나이트의 면적률 : 3.0 % 이하이고,
- [0057] 베이나이트 및 템퍼드 베이나이트의 면적률 : 10.0 % 초과 70.0 % 이하이고,

- [0058] 템퍼드 마텐자이트의 면적률 : 30.0 % 이상 80.0 % 이하이고,
- [0059] 또한, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 섬상 프레시 마텐자이트와 섬상 잔류 오스테나이트의 평균 결정 입경이 2.00 μm 이하이고,
- [0060] 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 탄화물의 평균 결정 입경이 500 nm 이하이고,
- [0061] 또한, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 입경이 300 nm 이상인 탄화물의 개수 밀도가 3.0 개/ μm^2 이하인 강 조직
- [0062] 을 갖고,
- [0063] 상기 소지 강관에 포함되는 확산성 수소량이 0.50 질량ppm 이하이고, 인장 강도가 1180 MPa 이상인, 강관.
- [0064] [2] 상기 성분 조성은, 추가로, 질량% 로,
- [0065] Nb : 0.200 % 이하,
- [0066] Ti : 0.200 % 이하,
- [0067] V : 0.200 % 이하,
- [0068] B : 0.0100 % 이하,
- [0069] Cr : 1.000 % 이하,
- [0070] Ni : 1.000 % 이하,
- [0071] Mo : 1.000 % 이하,
- [0072] Sb : 0.200 % 이하,
- [0073] Sn : 0.200 % 이하,
- [0074] Cu : 1.000 % 이하,
- [0075] Ta : 0.100 % 이하,
- [0076] W : 0.500 % 이하,
- [0077] Mg : 0.0200 % 이하,
- [0078] Zn : 0.0200 % 이하,
- [0079] Co : 0.0200 % 이하,
- [0080] Zr : 0.1000 % 이하,
- [0081] Ca : 0.0200 % 이하,
- [0082] Se : 0.0200 % 이하,
- [0083] Te : 0.0200 % 이하,
- [0084] Ge : 0.0200 % 이하,
- [0085] As : 0.0500 % 이하,
- [0086] Sr : 0.0200 % 이하,
- [0087] Cs : 0.0200 % 이하,
- [0088] Hf : 0.0200 % 이하,
- [0089] Pb : 0.0200 % 이하,
- [0090] Bi : 0.0200 % 이하 및
- [0091] REM : 0.0200 % 이하

- [0092] 중에서 선택되는 적어도 1 종의 원소를 함유하는, 상기 [1] 에 기재된 강판.
- [0093] [3] 상기 강판의 편면 또는 양면에 있어서 최표층으로서 아연 도금층을 구비하는, 상기 [1] 또는 [2] 에 기재된 강판.
- [0094] [4] 상기 소지 강판은, 소지 강판 표면으로부터 판두께 방향으로 200 μm 이하의 영역을 표층으로 했을 때,
- [0095] 상기 표층에, 판두께 1/4 위치의 비커스 경도에 대해, 비커스 경도가 85 % 이하인 표층 연질층을 갖고,
- [0096] 상기 소지 강판 표면으로부터 상기 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치 및 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 각각에 있어서의 판면의 50 $\mu\text{m} \times 50 \mu\text{m}$ 의 영역에 있어서, 300 점 이상의 나노 경도를 측정했을 때,
- [0097] 상기 소지 강판 표면으로부터 상기 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도가 7.0 GPa 이상인 측정수 비율이, 상기 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 전체 측정수에 대하여 0.10 이하이고,
- [0098] 또한, 상기 소지 강판 표면으로부터 상기 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 가 1.8 GPa 이하이고,
- [0099] 또한, 상기 소지 강판 표면으로부터 상기 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 가 2.2 GPa 이하인, 상기 [1] ~ [3] 중 어느 하나에 기재된 강판.
- [0100] [5] 상기 강판의 편면 또는 양면에 있어서, 상기 소지 강판 상에 형성된 금속 도금층을 갖는, 상기 [1] ~ [4] 중 어느 하나에 기재된 강판.
- [0101] [6] 상기 [1] ~ [5] 중 어느 하나에 기재된 강판을 사용하여 이루어지는, 부재.
- [0102] [7] 상기 [1] 또는 [2] 에 기재된 성분 조성을 갖는 강 슬래브에,
- [0103] 마무리 압연 온도 : 820 $^{\circ}\text{C}$ 이상의 조건에서 열간 압연을 실시하여, 열연 강판을 얻는, 열간 압연 공정과,
- [0104] 그 열간 압연 공정 후의 강판을, 어닐링 온도 : $(Ac_1 + (Ac_3 - Ac_1) \times 5/8)$ $^{\circ}\text{C}$ 이상 950 $^{\circ}\text{C}$ 이하, 어닐링 시간 : 20 초 이상의 조건에서 어닐링하는, 어닐링 공정과,
- [0105] 그 어닐링 공정 후, 300 $^{\circ}\text{C}$ 이상 550 $^{\circ}\text{C}$ 이하의 온도역까지 냉각시키는, 제 1 냉각 공정과,
- [0106] 그 제 1 냉각 공정 후, 중간 유지 온도 : 300 $^{\circ}\text{C}$ 이상 550 $^{\circ}\text{C}$ 이하, 유지 시간 : 20 초 이상의 조건에서 유지하는, 중간 유지 공정과,
- [0107] 그 중간 유지 공정 후의 강판에 대해, 300 $^{\circ}\text{C}$ 이상 450 $^{\circ}\text{C}$ 이하의 온도역에서 2.0 kgf/mm^2 이상의 장력을 부여하고,
- [0108] 그 후, 상기 강판을, 1 패스당 직경 500 mm 이상 1500 mm 이하의 롤에 롤 1/4 주분 접촉시키면서, 5 패스 이상 통과시키고,
- [0109] 이어서, 300 $^{\circ}\text{C}$ 미만의 냉각 정지 온도까지 냉각시키는, 제 2 냉각 공정과,
- [0110] 그 제 2 냉각 공정 후, 강판을, 상기 냉각 정지 온도 이상 440 $^{\circ}\text{C}$ 이하의 온도역까지 재가열하여 20 초 이상 유지하는, 재가열 공정을 포함하고, 혹은 추가로
- [0111] 상기 열간 압연 공정 후, 또한 상기 어닐링 공정 전의 강판에, 압하율이 20 % 이상 80 % 이하인 냉간 압연을 실시하여, 냉연 강판을 얻는, 냉간 압연 공정을 포함하는, 강판의 제조 방법.
- [0112] [8] 상기 중간 유지 공정 후, 또한 상기 제 2 냉각 공정 전의 상기 강판에 아연 도금 처리를 실시하여, 상기 강판에 아연 도금층을 형성하는 아연 도금 공정을 포함하는, 상기 [7] 에 기재된 강판의 제조 방법.
- [0113] [9] 상기 어닐링 공정에 있어서의 어닐링을, 노점 : -30 $^{\circ}\text{C}$ 이상의 분위기하에서 실시하는, 상기 [7] 또는 [8] 에 기재된 아연 도금 강판의 제조 방법.
- [0114] [10] 상기 열간 압연 공정 후, 또한 상기 어닐링 공정 전에, 상기 강판의 편면 혹은 양면에 있어서, 금속 도금을 실시하여 금속 도금층을 형성하는 금속 도금 공정을 포함하는, 상기 [7] ~ [9] 중 어느 하나에 기재된 강판의 제조 방법.
- [0115] [11] 상기 [1] ~ [5] 중 어느 하나에 기재된 강판에, 성형 가공, 접합 가공 중 적어도 일방을 실시하여 부재로

하는 공정을 포함하는, 부재의 제조 방법.

발명의 효과

[0116] 본 발명에 의하면, 인장 강도 TS 가 1180 MPa 이상이고, 또한, 높은 항복 응력 YS 및 항복비 YR 과, 우수한 프레스 성형성 (연성, 구멍 확장성 및 굽힘성) 과, 충돌시의 내과단 특성 (굽힘 과단 특성 및 축 압괴 특성) 을 갖는 강판이 얻어진다.

[0117] 또, 본 발명의 강판을 소재로 하는 부재는, 고강도이고, 또한, 우수한 프레스 성형성과 내충격 특성을 갖기 때문에, 자동차의 골격 부재 및 충격 에너지 흡수 부재 등에 매우 유리하게 적용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0118] 도 1 은, 본 발명의 SEM 이미지의 일례이다 (실시예의 본 발명에 No.13).

도 2(a) 는, 실시예의 U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험에 있어서의, U 굽힘 가공 (일차 굽힘 가공) 을 설명하기 위한 도면이다. 도 2(b) 는, 실시예의 U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험에 있어서의, 밀착 굽힘 가공 (이차 굽힘 가공) 을 설명하기 위한 도면이다.

도 3(a) 는, 실시예의 V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험에 있어서의, V 굽힘 가공 (일차 굽힘 가공) 을 설명하기 위한 도면이다. 도 3(b) 는, 실시예의 V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험에 있어서의, 직교 VDA 굽힘 가공 (이차 굽힘 가공) 을 설명하기 위한 도면이다.

도 4(a) 는, 실시예의 축 압괴 시험을 하기 위해서 제조한, 헤트형 부재와, 강판을 스폿 용접한 시험용 부재의 정면도이다. 도 4(b) 는, 도 4(a) 에 나타내는 시험용 부재의 사시도이다. 도 4(c) 는, 실시예의 축 압괴 시험을 설명하기 위한 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0119] 본 발명을, 이하의 실시형태에 기초하여 설명한다.

[0120] [1. 강판]

[0121] 본 발명의 강판은, 소지 강판을 구비하는 강판으로서, 소지 강판은, 질량% 로, C : 0.030 % 이상 0.250 % 이하, Si : 0.01 % 이상 0.75 % 이하, Mn : 2.00 % 이상 3.50 % 미만, P : 0.001 % 이상 0.100 % 이하, S : 0.0200 % 이하, Al : 0.010 % 이상 2.000 % 이하, N : 0.0100 % 이하를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성과, 소지 강판의 판두께 1/4 위치의 조직으로서, 페라이트의 면적률 : 20.0 % 미만이고, 프레스 마텐자이트의 면적률 : 15.0 % 이하이고, 잔류 오스테나이트의 면적률 : 3.0 % 이하이고, 베이나이트 및 템퍼드 베이나이트의 면적률 : 10.0 % 초과 70.0 % 이하이고, 템퍼드 마텐자이트의 면적률 : 30.0 % 이상 80.0 % 이하이고, 또한, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 석상 프레스 마텐자이트와 석상 잔류 오스테나이트의 평균 결정 입경이 2.00 μm 이하이고, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 탄화물의 평균 결정 입경이 500 nm 이하이고, 또한, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 입경이 300 nm 이상인 탄화물의 개수 밀도가 3.0 개/ μm^2 이하인 강 조직을 갖고, 소지 강판에 포함되는 확산성 수소량이 0.50 질량ppm 이하이고, 인장 강도가 1180 MPa 이상이다.

[0122] 강판은, 그 강판의 편면 또는 양면에 있어서 최표층으로서 아연 도금층을 가지고 있어도 된다. 아연 도금층을 갖는 강판은, 아연 도금 강판으로 해도 된다.

[0123] 성분 조성

[0124] 먼저, 본 발명의 일 실시형태에 따른 강판의 소지 강판의 성분 조성에 대해 설명한다. 또한, 성분 조성에 있어서의 단위는 모두 「질량%」 이지만, 이하, 특별히 언급하지 않는 한, 간단히 「%」 로 나타낸다.

[0125] C : 0.030 % 이상 0.250 % 이하

[0126] C 는, 템퍼드 마텐자이트나 베이나이트 및 템퍼드 베이나이트 등을 적정량 생성시켜, 1180 MPa 이상의 TS 와, 높은 YS 및 높은 YR 을 확보하기 위해서 유효한 원소이다. 여기서, C 함유량이 0.030 % 미만에서는, 페라이트의 면적률이 증가하여, TS 를 1180 MPa 이상으로 하는 것이 곤란해진다. 또, YS 및 YR 의 저하도 초래한다.

- [0127] 한편, C 함유량이 0.250 % 를 초과하면, 프레스 마텐자이트의 면적률이 증가하여, TS 가 과도하게 높아지고, EI 이 저하된다. 또, 프레스 마텐자이트의 면적률이 증가하여, V 굽힘 시험의 굽힘성이 저하되고, 원하는 R/t (프레스 성형성) 가 얻어지지 않는다. 또한, 잔류 오스테나이트의 면적률이 증가하여, 구멍 확장 시험에서 강관에 타발 가공을 받았을 때, U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험에서 U 굽힘 가공을 받았을 때, 또는 V 굽힘 + 직교 VDA 시험에서 V 굽힘 가공을 받았을 때, 잔류 오스테나이트의 가공 야기 변태에 의해 생성된 단단한 프레스 마텐자이트가 생성되고, 그 후의 시험에서 보이드의 생성 및 균열의 진전이 발생하여, 원하는 λ (프레스 성형성), ST (충돌시의 내파단 특성) 및 SFmax (충돌시의 내파단 특성) 가 얻어지지 않는다. 따라서, C 함유량은, 0.030 % 이상 0.250 % 이하로 한다. C 함유량은, 바람직하게는 0.080 % 이상이다. 또, C 함유량은, 바람직하게는 0.160 % 이하이다.
- [0128] Si : 0.01 % 이상 0.75 % 이하
- [0129] Si 는, 어닐링 중 및 어닐링 후의 냉각 과정에 있어서의 페라이트 변태를 촉진시킨다. 즉, Si 는, 페라이트의 면적률에 영향을 미치는 원소이다. 여기서, Si 함유량이 0.01 % 미만에서는, 페라이트의 면적률이 감소하여, 연성이 저하된다.
- [0130] 한편, Si 함유량이 0.75 % 초과에서는, 잔류 오스테나이트의 체적률이 증가하여, 구멍 확장 시험에서 강관에 타발 가공을 받았을 때, U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험에서 U 굽힘 가공을 받았을 때, 또는 V 굽힘 + 직교 VDA 시험에서 V 굽힘 가공을 받았을 때, 잔류 오스테나이트의 가공 야기 변태에 의해 생성된 단단한 프레스 마텐자이트가 생성되고, 그 후의 시험에서 보이드의 생성 및 균열의 진전이 발생하여, 원하는 λ , ST 및 SFmax 가 얻어지지 않는다. 따라서, Si 함유량은, 0.01 % 이상 0.75 % 이하로 한다. Si 함유량은, 바람직하게는 0.10 % 이상이다. 또, Si 함유량은, 바람직하게는 0.70 % 이하이다.
- [0131] Mn : 2.00 % 이상 3.50 % 미만
- [0132] Mn 은, 템퍼드 마텐자이트, 베이나이트, 또한 템퍼드 베이나이트 등의 면적률을 조정하는 원소이다. 여기서, Mn 함유량이 2.00 % 미만에서는, 페라이트의 면적률이 증가하여, TS 를 1180 MPa 이상으로 하는 것이 곤란해진다. 또, YS 및 YR 의 저하도 초래한다.
- [0133] 한편, Mn 함유량이 3.50 % 이상이 되면, 마텐자이트 변태 개시 온도 Ms (이하 간단히, Ms 점 또는 Ms 라고도 한다.) 가 저하되어, 제 1 냉각 공정에서 생성되는 마텐자이트가 감소한다. 그 결과, 제 2 냉각 공정에서 생성되는 프레스 마텐자이트가 증가하고, 그 후의 재가열 공정에서 상기 프레스 마텐자이트가 충분히 템퍼링되지 않아, 프레스 마텐자이트의 면적률이 증가하고, V 굽힘 시험의 굽힘성이 저하되고, 원하는 R/t 가 얻어지지 않는다. 따라서, Mn 함유량은, 2.00 % 이상 3.50 % 미만으로 한다. Mn 함유량은, 바람직하게는, 2.30 % 이상이다. 또, Mn 함유량은, 바람직하게는 3.30 % 이하이다.
- [0134] P : 0.001 % 이상 0.100 % 이하
- [0135] P 는, 고용 강화의 작용을 갖고, 강관의 TS 및 YS 를 상승시키는 원소이다. 이와 같은 효과를 얻기 위해, P 함유량을 0.001 % 이상으로 한다.
- [0136] 한편, P 함유량이 0.100 % 를 초과하면, P 가 구오스테나이트 입계에 편석되어 입계를 취화시킨다. 그 때문에, V 굽힘 시험시, 구오스테나이트 입계를 따라 보이드의 생성 및 균열의 진전이 발생하여, 원하는 R/t 가 얻어지지 않는다. 또, 구멍 확장 시험에서 강관에 타발 가공을 받았을 때, U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험에서 U 굽힘 가공을 받았을 때, 또는 V 굽힘 + 직교 VDA 시험에서 V 굽힘 가공을 받았을 때, 구오스테나이트 입계를 따라 보이드의 생성 및 균열의 진전이 발생하여, 원하는 λ , ST 및 SFmax 가 얻어지지 않는다. 따라서, P 함유량은, 0.001 % 이상 0.100 % 이하로 한다. P 함유량은, 바람직하게는 0.030 % 이하이다.
- [0137] S : 0.0200 % 이하
- [0138] S 는, 강 중에서 황화물로서 존재한다. 특히, S 함유량이 0.0200 % 를 초과하면 V 굽힘 시험시, 상기 황화물을 기점으로 보이드의 생성 및 균열의 진전이 발생하여, 원하는 R/t 가 얻어지지 않는다. 또, 구멍 확장 시험에서 강관에 타발 가공을 받았을 때, U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험에서 U 굽힘 가공을 받았을 때, 또는 V 굽힘 + 직교 VDA 시험에서 V 굽힘 가공을 받았을 때, 상기 황화물을 기점으로 보이드의 생성 및 균열의 진전이 발생하여, 원하는 λ , ST 및 SFmax 가 얻어지지 않는다. 따라서, S 함유량은 0.0200 % 이하로 한다. S 함유량은, 바람직하게는 0.0080 % 이하이다.
- [0139] 또한, S 함유량의 하한은 특별히 규정하지 않지만, 생산 기술상의 제약으로부터, S 함유량은 0.0001 % 이상으

로 하는 것이 바람직하다.

- [0140] Al : 0.010 % 이상 2.000 % 이하
- [0141] Al 은, 어닐링 중 및 어닐링 후의 냉각 과정에 있어서의 페라이트 변태를 촉진시킨다. 즉, Al 은, 페라이트의 면적률에 영향을 미치는 원소이다. 여기서, Al 함유량이 0.010 % 미만에서는, 페라이트의 면적률이 감소하여, 연성이 저하된다.
- [0142] 한편, Al 함유량이 2.000 % 를 초과하면, 페라이트의 면적률이 과도하게 증가하여, TS 를 1180 MPa 이상으로 하는 것이 곤란해진다. 또, YS 및 YR 의 저하도 초래한다. 따라서, Al 함유량은, 0.010 % 이상 2.000 % 이하로 한다. Al 함유량은, 바람직하게는, 0.015 % 이상이다. 또, Al 함유량은, 바람직하게는 1.000 % 이하이다.
- [0143] N : 0.0100 % 이하
- [0144] N 은, 강 중에서 질화물로서 존재한다. 특히, N 함유량이 0.0100 % 를 초과하면 V 굽힘 시험시, 상기 질화물을 기점으로 보이드의 생성 및 균열의 진전이 발생하여, 원하는 R/t 가 얻어지지 않는다. 또, 구멍 확장 시험에서 강관에 타발 가공을 받았을 때, U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험에서 U 굽힘 가공을 받았을 때, 또는 V 굽힘 + 직교 VDA 시험에서 V 굽힘 가공을 받았을 때, 상기 질화물을 기점으로 보이드의 생성 및 균열의 진전이 발생하여, 원하는 λ , ST 및 SFmax 가 얻어지지 않는다. 따라서, N 함유량은 0.0100 % 이하로 한다. 또, N 함유량은, 바람직하게는 0.0050 % 이하이다.
- [0145] 또한, N 함유량의 하한은 특별히 규정하지 않지만, 생산 기술상의 제약으로부터, N 함유량은 0.0005 % 이상이 바람직하다.
- [0146] 이상, 본 발명의 일 실시형태에 따른 강관의 소지 강관의 기본 성분 조성에 대해 설명했지만, 본 발명의 일 실시형태에 따른 강관의 소지 강관은, 상기 기본 성분을 함유하고, 상기 기본 성분 이외의 잔부는 Fe (철) 및 불가피적 불순물을 포함하는 성분 조성을 갖는다. 여기서, 본 발명의 일 실시형태에 따른 강관의 소지 강관은, 상기 기본 성분을 함유하고, 잔부는 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성을 갖는 것이 바람직하다.
- [0147] 본 발명의 일 실시형태에 따른 강관의 소지 강관에는, 상기 기본 성분에 더하여, 이하에 나타내는 임의 성분 중에서 선택되는 적어도 1 종을 함유시켜도 된다. 또한, 이하에 나타내는 임의 성분은, 이하로 나타내는 상한량 이하로 함유하고 있으면, 본 발명의 효과가 얻어지기 때문에, 하한은 특별히 두지 않는다. 또한, 하기의 임의 원소를 후술하는 바람직한 하한치 미만으로 포함하는 경우, 당해 원소는 불가피적 불순물로서 포함되는 것으로 한다.
- [0148] Nb : 0.200 % 이하, Ti : 0.200 % 이하, V : 0.200 % 이하, B : 0.0100 % 이하, Cr : 1.000 % 이하, Ni : 1.000 % 이하, Mo : 1.000 % 이하, Sb : 0.200 % 이하, Sn : 0.200 % 이하, Cu : 1.000 % 이하, Ta : 0.100 % 이하, W : 0.500 % 이하, Mg : 0.0200 % 이하, Zn : 0.0200 % 이하, Co : 0.0200 % 이하, Zr : 0.1000 % 이하, Ca : 0.0200 % 이하, Se : 0.0200 % 이하, Te : 0.0200 % 이하, Ge : 0.0200 % 이하, As : 0.0500 % 이하, Sr : 0.0200 % 이하, Cs : 0.0200 % 이하, Hf : 0.0200 % 이하, Pb : 0.0200 % 이하, Bi : 0.0200 % 이하 및 REM : 0.0200 % 이하 중에서 선택되는 적어도 1 종
- [0149] Nb : 0.200 % 이하
- [0150] Nb 는, 열간 압연시나 어닐링시에, 미세한 탄화물, 질화물 또는 탄질화물을 형성함으로써, TS, YS 및 YR 을 상승시킨다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, Nb 함유량을 0.001 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. Nb 함유량은, 보다 바람직하게는 0.005 % 이상이다.
- [0151] 한편, Nb 함유량이 0.200 % 를 초과하면, 조대 (粗大) 한 석출물이나 개재물이 다량으로 생성되는 경우가 있다. 이와 같은 경우에, 조대한 석출물이나 개재물이 구멍 확장 시험시, V 굽힘 시험시, U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험시 또는 V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험시에, 보이드 및 균열의 기점이 되기 때문에, 원하는 λ , R/t, ST 및 SFmax 가 얻어지지 않는 경우가 있다. 따라서, Nb 를 함유시키는 경우, Nb 함유량은 0.200 % 이하가 바람직하다. Nb 함유량은, 보다 바람직하게는 0.060 % 이하이다.
- [0152] Ti : 0.200 % 이하
- [0153] Ti 는, Nb 와 동일하게, 열간 압연시나 어닐링시에, 미세한 탄화물, 질화물 또는 탄질화물을 형성함으로써, TS,

YS 및 YR 을 상승시킨다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, Ti 함유량을 0.001 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. Ti 함유량은, 보다 바람직하게는 0.005 % 이상이다.

[0154] 한편, Ti 함유량이 0.200 % 를 초과하면, 조대한 석출물이나 개재물이 다량으로 생성되는 경우가 있다. 이와 같은 경우에, 조대한 석출물이나 개재물이 구멍 확장 시험시, V 굽힘 시험시, U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험시 또는 V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험시에, 보이드 및 균열의 기점이 되기 때문에, 원하는 λ , R/t, ST 및 SFmax 가 얻어지지 않는 경우가 있다. 따라서, Ti 를 함유시키는 경우, Ti 함유량은 0.200 % 이하가 바람직하다. Ti 함유량은, 보다 바람직하게는 0.060 % 이하이다.

[0155] V : 0.200 % 이하

[0156] V 는, Nb 나 Ti 와 동일하게, 열간 압연시나 어닐링시에, 미세한 탄화물, 질화물 또는 탄질화물을 형성함으로써, TS 및 YS 를 상승시킨다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, V 함유량을 0.001 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. V 함유량은, 보다 바람직하게는 0.005 % 이상이다. V 함유량은, 0.010 % 이상인 것이 더욱 바람직하고, 0.030 % 이상인 것이 더욱 더 바람직하다.

[0157] 한편, V 함유량이 0.200 % 를 초과하면, 조대한 석출물이나 개재물이 다량으로 생성되는 경우가 있다. 이와 같은 경우에, 조대한 석출물이나 개재물이 구멍 확장 시험시, V 굽힘 시험시, U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험시 또는 V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험시에, 보이드 및 균열의 기점이 되기 때문에, 원하는 λ , R/t, ST 및 SFmax 가 얻어지지 않는 경우가 있다. 따라서, V 를 함유시키는 경우, V 함유량은 0.200 % 이하가 바람직하다. V 함유량은, 보다 바람직하게는 0.060 % 이하이다.

[0158] B : 0.0100 % 이하

[0159] B 는, 오스테나이트 입계에 편석됨으로써, 퀴칭성을 높이는 원소이다. 또, B 는, 어닐링 후의 냉각시에, 페라이트의 생성 및 입 성장을 제어하는 원소이다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, B 함유량을 0.0001 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. B 함유량은, 보다 바람직하게는 0.0002 % 이상이다.

[0160] B 함유량은, 0.0005 % 이상인 것이 더욱 바람직하고, 0.0007 % 이상인 것이 더욱 더 바람직하다.

[0161] 한편, B 함유량이 0.0100 % 를 초과하면, 열간 압연시에 강관 내부에 균열이 발생할 우려가 있다. 또, 구멍 확장 시험시, V 굽힘 시험시, U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험시 또는 V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험시에, 상기 내부 균열이 균열의 기점이 되기 때문에, 원하는 λ , R/t, ST 및 SFmax 가 얻어지지 않는 경우가 있다. 따라서, B 를 함유시키는 경우, B 함유량은 0.0100 % 이하로 하는 것이 바람직하다. B 함유량은, 보다 바람직하게는 0.0050 % 이하이다.

[0162] Cr : 1.000 % 이하

[0163] Cr 은, 퀴칭성을 높이는 원소이기 때문에, Cr 의 첨가에 의해 템퍼드 마텐자이트가 적정량 생성되기 때문에, TS, YS 및 YR 을 상승시킨다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, Cr 함유량은 0.0005 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또, Cr 함유량은, 보다 바람직하게는 0.010 % 이상이다.

[0164] Cr 은, 0.030 % 이상인 것이 더욱 바람직하고, 0.050 % 이상인 것이 더욱 더 바람직하다.

[0165] 한편, Cr 함유량이 1.000 % 를 초과하면, 프레스 마텐자이트의 면적률이 증가하여, 구멍 확장성이나 V 굽힘 시험의 굽힘성이 저하되고, 원하는 λ 및 R/t 가 얻어지지 않는 경우가 있다. 따라서, Cr 을 함유시키는 경우, Cr 함유량은 1.000 % 이하로 하는 것이 바람직하다. 또, Cr 함유량은, 보다 바람직하게는 0.800 % 이하, 더욱 바람직하게는 0.700 % 이하이다.

[0166] Ni : 1.000 % 이하

[0167] Ni 는, 퀴칭성을 높이는 원소이기 때문에, Ni 의 첨가에 의해 템퍼드 마텐자이트가 다량으로 생성되기 때문에, TS, YS 및 YR 을 상승시킨다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, Ni 함유량을 0.005 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. Ni 함유량은, 보다 바람직하게는, 0.020 % 이상이다. Ni 함유량은, 0.040 % 이상인 것이 더욱 바람직하고, 0.060 % 이상인 것이 더욱 더 바람직하다.

[0168] 한편, Ni 함유량이 1.000 % 를 초과하면, 프레스 마텐자이트의 면적률이 증가하여, 구멍 확장성이나 V 굽힘 시험의 굽힘성이 저하되고, 원하는 λ 및 R/t 가 얻어지지 않는 경우가 있다. 따라서, Ni 를 함유시키는 경우, Ni 함유량은 1.000 % 이하로 하는 것이 바람직하다. Ni 함유량은, 보다 바람직하게는 0.800 % 이하

이다.

- [0169] Ni 함유량은, 0.600 % 이하인 것이 더욱 바람직하고, 0.400 % 이하인 것이 더욱 더 바람직하다.
- [0170] Mo : 1.000 % 이하
- [0171] Mo 는, 퀀칭성을 높이는 원소이기 때문에, Mo 의 첨가에 의해 템퍼드 마텐자이트가 다량으로 생성되기 때문에, TS, YS 및 YR 을 상승시킨다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, Mo 함유량을 0.010 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. Mo 함유량은, 보다 바람직하게는, 0.030 % 이상이다.
- [0172] 한편, Mo 함유량이 1.000 % 를 초과하면, 프레스시 마텐자이트의 면적률이 증가하여, 구멍 확장성이나 V 굽힘 시험의 굽힘성이 저하되고, 원하는 λ 및 R/t 가 얻어지지 않는 경우가 있다. 따라서, Mo 를 함유시키는 경우, Mo 함유량은 1.000 % 이하로 하는 것이 바람직하다. Mo 함유량은, 보다 바람직하게는 0.500 % 이하이고, 더욱 바람직하게는 0.450 % 이하이고, 더욱 더 바람직하게는 0.400 % 이하이다. Mo 함유량은, 0.350 % 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.300 % 이하인 것이 더욱 더 바람직하다.
- [0173] Sb : 0.200 % 이하
- [0174] Sb 는, 어닐링 중의 강판 표면 근방에서의 C 의 확산을 억제하여, 강판 표면 근방에 있어서의 연질층의 형성을 제어하기 위해서 유효한 원소이다. 강판 표면 근방에 연질층이 과도하게 증가하면, TS 를 1180 Mpa 이상으로 하는 것이 곤란한 경우가 있다. 또, YS 의 저하를 초래할 가능성도 있다. 그 때문에, Sb 함유량을 0.002 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. Sb 함유량은, 보다 바람직하게는 0.005 % 이상이다.
- [0175] 한편, Sb 함유량이 0.200 % 를 초과하면, 강판 표면 근방에 연질층이 형성되지 않아, λ , R/t, ST 및 SFmax 의 저하를 초래할 우려가 있다. 따라서, Sb 를 함유시키는 경우, Sb 함유량은 0.200 % 이하로 하는 것이 바람직하다. Sb 함유량은, 보다 바람직하게는 0.020 % 이하이다.
- [0176] Sn : 0.200 % 이하
- [0177] Sn 은, Sb 와 동일하게, 어닐링 중의 강판 표면 근방에서의 C 의 확산을 억제하여, 강판 표면 근방에 있어서의 연질층의 형성을 제어하기 위해서 유효한 원소이다. 강판 표면 근방에 연질층이 과도하게 증가하면, TS 를 1180 Mpa 이상으로 하는 것이 곤란한 경우가 있다. 또, YS 의 저하를 초래할 가능성도 있다. 그 때문에, Sn 함유량을 0.002 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. Sn 함유량은, 보다 바람직하게는 0.005 % 이상이다.
- [0178] 한편, Sn 함유량이 0.200 % 를 초과하면, 강판 표면 근방에 연질층이 형성되지 않고, λ , R/t, ST 및 SFmax 의 저하를 초래할 우려가 있다. 따라서, Sn 을 함유시키는 경우, Sn 함유량은 0.200 % 이하로 하는 것이 바람직하다. Sn 함유량은, 보다 바람직하게는 0.020 % 이하이다.
- [0179] Cu : 1.000 % 이하
- [0180] Cu 는, 퀀칭성을 높이는 원소이기 때문에, Cu 의 첨가에 의해 템퍼드 마텐자이트가 다량으로 생성되기 때문에, TS, YS 및 YR 을 상승시킨다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, Cu 함유량을 0.005 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. Cu 함유량은, 0.008 % 이상인 것이 더욱 바람직하고, 0.010 % 이상인 것이 더욱 더 바람직하다. Cu 함유량은, 보다 바람직하게는 0.020 % 이상이다.
- [0181] 한편, Cu 함유량이 1.000 % 를 초과하면, 프레스시 마텐자이트의 면적률이 과도하게 증가하는 경우가 있다. 또, 조대한 석출물이나 개재물이 다량으로 생성되는 경우가 있다. 이와 같은 경우에, 과도하게 생성된 프레스시 마텐자이트와 조대한 석출물이나 개재물이 구멍 확장 시험시, V 굽힘 시험시, U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험시 또는 V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험시에, 보이드 및 균열의 기점이 되기 때문에, 원하는 λ , R/t, ST 및 SFmax 가 얻어지지 않는 경우가 있다. 따라서, Cu 를 함유시키는 경우, Cu 함유량은 1.000 % 이하로 하는 것이 바람직하다. Cu 의 함유량은, 보다 바람직하게는 0.200 % 이하이다.
- [0182] Ta : 0.100 % 이하
- [0183] Ta 는, Ti, Nb 및 V 와 동일하게, 열간 압연이나 어닐링시에, 미세한 탄화물, 질화물 또는 탄질화물을 형성함으로써, TS, YS 및 YR 을 상승시킨다. 추가로, Ta 는, Nb 탄화물이나 Nb 탄질화물에 일부 고용되어, (Nb, Ta) (C, N) 과 같은 복합 석출물을 생성한다. 이로써, 석출물의 조대화를 억제하고, 석출 강화를 안정화시킨다. 이로써, TS, YS 를 더욱 향상시킨다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, Ta 함유량을 0.001 % 이

상으로 하는 것이 바람직하다. Ta 함유량은, 0.002 % 이상인 것이 더욱 바람직하고, 0.004 % 이상인 것이 더욱 더 바람직하다.

[0184] 한편, Ta 함유량이 0.100 % 를 초과하면, 조대한 석출물이나 개재물이 다량으로 생성되는 경우가 있다. 이와 같은 경우에, 과도한 석출물이나 개재물이 구멍 확장 시험시, V 굽힘 시험시, U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험시 또는 V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험시에, 보이드 및 균열의 기점이 되기 때문에, 원하는 λ , R/t, ST 및 SFmax 가 얻어지지 않는 경우가 있다. 따라서, Ta 를 함유시키는 경우, Ta 함유량은 0.100 % 이하가 바람직하다.

[0185] Ta 함유량은, 0.090 % 이하인 것이 더욱 바람직하고, 0.080 % 이하인 것이 더욱 더 바람직하다.

[0186] W : 0.500 % 이하

[0187] W 는, 퀀칭성을 높이는 원소이기 때문에, W 의 첨가에 의해 템퍼드 마텐자이트가 다량으로 생성되기 때문에, TS, YS 및 YR 을 상승시킨다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, W 함유량을 0.001 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. W 함유량은, 보다 바람직하게는 0.030 % 이상이다.

[0188] 한편, W 함유량이 0.500 % 를 초과하면, 프레시 마텐자이트의 면적률이 증가하여, 구멍 확장성이나 V 굽힘 시험의 굽힘성이 저하되고, 원하는 λ 및 R/t 가 얻어지지 않는 경우가 있다. 따라서, W 를 함유시키는 경우, W 함유량은 0.500 % 이하로 하는 것이 바람직하다. W 함유량은, 보다 바람직하게는 0.450 % 이하, 더욱 바람직하게는 0.400 % 이하이다. W 함유량은, 0.300 % 이하인 것이 더욱 더 바람직하다.

[0189] Mg : 0.0200 % 이하

[0190] Mg 는, 황화물이나 산화물 등의 개재물의 형상을 구상화하여, 강판의 구멍 확장성 및 굽힘성을 향상시키기 위해서 유효한 원소이다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, Mg 함유량을 0.0001 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. Mg 함유량은, 0.0005 % 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.0010 % 이상인 것이 더욱 바람직하다.

[0191] 한편, Mg 함유량이 0.0200 % 를 초과하면, 조대한 석출물이나 개재물이 다량으로 생성되는 경우가 있다. 이와 같은 경우에, 과도한 석출물이나 개재물이 구멍 확장 시험시, V 굽힘 시험시, U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험시 또는 V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험시에, 보이드 및 균열의 기점이 되기 때문에, 원하는 λ , R/t, ST 및 SFmax 가 얻어지지 않는 경우가 있다. 따라서, Mg 를 함유시키는 경우, Mg 함유량은 0.0200 % 이하로 하는 것이 바람직하다. Mg 함유량은, 0.0180 % 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.0150 % 이하인 것이 더욱 바람직하다.

[0192] Zn : 0.0200 % 이하

[0193] Zn 은, 개재물의 형상을 구상화하여, 강판의 구멍 확장성 및 굽힘성을 향상시키기 위해서 유효한 원소이다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, Zn 함유량은, 0.0010 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. Zn 함유량은, 0.0020 % 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.0030 % 이상인 것이 더욱 바람직하다.

[0194] 한편, Zn 함유량이 0.0200 % 를 초과하면, 조대한 석출물이나 개재물이 다량으로 생성되는 경우가 있다. 이와 같은 경우에, 과도한 석출물이나 개재물이 구멍 확장 시험시, V 굽힘 시험시, U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험시 또는 V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험시에, 보이드 및 균열의 기점이 되기 때문에, 원하는 λ , R/t, ST 및 SFmax 가 얻어지지 않는 경우가 있다. 따라서, Zn 을 함유시키는 경우, Zn 함유량은 0.0200 % 이하로 하는 것이 바람직하다. Zn 함유량은, 0.0180 % 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.0150 % 이하인 것이 더욱 바람직하다.

[0195] Co : 0.0200 % 이하

[0196] Co 는, Zn 과 동일하게, 개재물의 형상을 구상화하여, 강판의 구멍 확장성 및 굽힘성을 향상시키기 위해서 유효한 원소이다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, Co 함유량은, 0.0010 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. Co 함유량은, 0.0020 % 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.0030 % 이상인 것이 더욱 바람직하다.

[0197] 한편, Co 함유량이 0.0200 % 를 초과하면, 조대한 석출물이나 개재물이 다량으로 생성되는 경우가 있다. 이와 같은 경우에, 과도한 석출물이나 개재물이 구멍 확장 시험시, V 굽힘 시험시, U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험시 또는 V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험시에, 보이드 및 균열의 기점이 되기 때문에, 원하는 λ , R/t, ST 및 SFmax 가 얻어지지 않는 경우가 있다. 따라서, Co 를 함유시키는 경우, Co 함유량은 0.0200 % 이하로 하는 것이 바람직하다. Co 함유량은, 0.0180 % 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.0150 % 이하인 것이 더욱 바람직하다.

- [0198] Zr : 0.1000 % 이하
- [0199] Zr 은, Zn 및 Co 와 동일하게, 개재물의 형상을 구상화하여, 강관의 구멍 확장성 및 굽힘성을 향상시키기 위해서 유효한 원소이다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, Zr 함유량은, 0.0010 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. 한편, Zr 함유량이 0.1000 % 를 초과하면, 이와 같은 경우에, 과도한 석출물이나 개재물이 구멍 확장 시험시, V 굽힘 시험시, U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험시 또는 V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험시에, 보이드 및 균열의 기점이 되기 때문에, 원하는 λ , R/t, ST 및 SFmax 가 얻어지지 않는 경우가 있다. 따라서, Zr 을 함유시키는 경우, Zr 함유량은 0.1000 % 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0200] Zr 함유량은, 0.0300 % 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.0100 % 이하인 것이 더욱 바람직하다.
- [0201] Ca : 0.0200 % 이하
- [0202] Ca 는, 강 중에서 개재물로서 존재한다. 여기서, Ca 함유량이 0.0200 % 를 초과하면, 과도한 개재물이 다량으로 생성되는 경우가 있다. 이와 같은 경우에, 과도한 석출물이나 개재물이 구멍 확장 시험시, V 굽힘 시험시, U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험시 또는 V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험시에, 보이드 및 균열의 기점이 되기 때문에, 원하는 λ , R/t, ST 및 SFmax 가 얻어지지 않는 경우가 있다. 따라서, Ca 를 함유시키는 경우, Ca 함유량은 0.0200 % 이하로 하는 것이 바람직하다. Ca 함유량은, 바람직하게는 0.0020 % 이하이다. Ca 함유량은, 0.0019 % 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.0018 % 이하인 것이 더욱 바람직하다. 또한, Ca 함유량의 하한은 특별히 한정되는 것은 아니지만, Ca 함유량은 0.0005 % 이상이 바람직하다. 또, 생산 기술상의 제약으로부터, Ca 함유량은 0.0010 % 이상이 보다 바람직하다.
- [0203] Se : 0.0200 % 이하, Te : 0.0200 % 이하, Ge : 0.0200 % 이하, As : 0.0500 % 이하, Sr : 0.0200 % 이하, Cs : 0.0200 % 이하, Hf : 0.0200 % 이하, Pb : 0.0200 % 이하, Bi : 0.0200 % 이하 및 REM : 0.0200 % 이하
- [0204] Se, Te, Ge, As, Sr, Cs, Hf, Pb, Bi 및 REM 은 모두, 강관의 구멍 확장성 및 굽힘성을 향상시키기 위해서 유효한 원소이다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, Se, Te, Ge, As, Sr, Cs, Hf, Pb, Bi 및 REM 의 함유량은 각각 0.0001 % 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- [0205] 한편, Se, Te, Ge, Sr, Cs, Hf, Pb, Bi 및 REM 의 함유량이 각각 0.0200 % 를 초과하면, 또는 As 의 함유량이 각각 0.0500 % 를 초과하면, 과도한 석출물이나 개재물이 다량으로 생성되는 경우가 있다. 이와 같은 경우에, 과도한 석출물이나 개재물이 구멍 확장 시험, V 굽힘 시험, U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험 및 V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험시에, 보이드 및 균열의 기점이 되기 때문에, 원하는 λ , R/t, ST 및 SFmax 가 얻어지지 않는 경우가 있다. 따라서, Se, Te, Ge, As, Sr, Cs, Hf, Pb, Bi 및 REM 중의 적어도 1 종을 함유시키는 경우, Se, Te, Ge, As, Sr, Cs, Hf, Pb, Bi 및 REM 의 함유량은 각각 0.0200 % 이하, As 함유량은 0.0500 % 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0206] Se 함유량은, 0.0005 % 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.0008 % 이상인 것이 더욱 바람직하다. Se 함유량은, 0.0180 % 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.0150 % 이하인 것이 더욱 바람직하다.
- [0207] Te 함유량은, 0.0005 % 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.0008 % 이상인 것이 더욱 바람직하다. Te 함유량은, 0.0180 % 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.0150 % 이하인 것이 더욱 바람직하다.
- [0208] Ge 함유량은, 0.0005 % 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.0008 % 이상인 것이 더욱 바람직하다. Ge 함유량은, 0.0180 % 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.0150 % 이하인 것이 더욱 바람직하다.
- [0209] As 함유량은, 0.0010 % 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.0015 % 이상인 것이 더욱 바람직하다. As 함유량은, 0.0400 % 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.0300 % 이하인 것이 더욱 바람직하다.
- [0210] Sr 함유량은, 0.0005 % 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.0008 % 이상인 것이 더욱 바람직하다. Sr 함유량은, 0.0180 % 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.0150 % 이하인 것이 더욱 바람직하다.
- [0211] Cs 함유량은, 0.0005 % 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.0008 % 이상인 것이 더욱 바람직하다. Cs 함유량은, 0.0180 % 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.0150 % 이하인 것이 더욱 바람직하다.
- [0212] Hf 함유량은, 0.0005 % 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.0008 % 이상인 것이 더욱 바람직하다. Hf 함유량은, 0.0180 % 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.0150 % 이하인 것이 더욱 바람직하다.

- [0213] Pb 함유량은, 0.0005 % 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.0008 % 이상인 것이 더욱 바람직하다. Pb 함유량은, 0.0180 % 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.0150 % 이하인 것이 더욱 바람직하다.
- [0214] Bi 함유량은, 0.0005 % 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.0008 % 이상인 것이 더욱 바람직하다. Bi 는, 0.0180 % 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.0150 % 이하인 것이 더욱 바람직하다.
- [0215] REM 은, 0.0005 % 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.0008 % 이상인 것이 더욱 바람직하다. REM 은, 0.0180 % 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.0150 % 이하인 것이 더욱 바람직하다.
- [0216] 또한, 본 발명에서 말하는 REM 이란, 원자 번호 21 번의 스칸듐 (Sc) 과 원자 번호 39 번의 이트륨 (Y), 및 원자 번호 57 번의 란타 (La) 에서 71 번의 루테튬 (Lu) 까지의 란타노이드를 가리킨다. 본 발명에 있어서의 REM 농도란, 상기 서술한 REM 에서 선택된 1 종 또는 2 종 이상의 원소의 총함유량이다.
- [0217] REM 으로는, 특별히 한정되지 않지만, Sc, Y, Ce, La 인 것이 바람직하다.
- [0218] 강 조직
- [0219] 다음으로, 본 발명의 일 실시형태에 따른 강관의 소지 강관의 강 조직에 대해 설명한다.
- [0220] 페라이트의 면적률 : 20.0 % 미만 (0.0 % 를 포함한다)
- [0221] 페라이트의 면적률이 과도하게 증가하면, TS 를 1180 MPa 이상으로 하는 것이 곤란해진다. 또, YS 및 YR 의 저하도 초래한다. 그 때문에, 페라이트의 면적률은 20.0 % 미만 (0.0 % 를 포함한다) 으로 한다. 또, 페라이트의 면적률은, 바람직하게는 15.0 % 이하이다.
- [0222] 프레시 마텐자이트의 면적률 : 15.0 % 이하 (0.0 % 를 포함한다)
- [0223] 본 발명에 있어서, 프레시 마텐자이트의 면적률이 과도하게 증가하면, 구멍 확장 시험의 구멍 확장 가공시 또는 V 굽힘 시험의 굽힘 가공시, 프레시 마텐자이트가 보이드 생성 기점이 되기 때문에, 원하는 λ 및 R/t 가 얻어지지 않는다. 그 때문에, 프레시 마텐자이트의 면적률은 15.0 % 이하로 한다. 또, 프레시 마텐자이트의 면적률은, 바람직하게는 10.0 % 이하이다.
- [0224] 또한, 프레시 마텐자이트의 면적률의 하한에 대해서는 특별히 한정되지 않고, 0.0 % 여도 된다. 여기서 말하는 프레시 마텐자이트란, 퀴칭된 채의 (템퍼링을 받지 않은) 마텐자이트이다. 또, 여기서 말하는 프레시 마텐자이트에는, 후술하는 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 (고립된) 섬상 프레시 마텐자이트도 포함된다.
- [0225] 잔류 오스테나이트의 면적률 : 3.0 % 이하 (0.0 % 를 포함한다)
- [0226] 본 발명에 있어서, 잔류 오스테나이트의 면적률이 과도하게 증가하면, 구멍 확장 시험에서 강관에 타발 가공을 받았을 때, U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험에서 U 굽힘 가공을 받았을 때, 또는 V 굽힘 + 직교 VDA 시험에서 V 굽힘 가공을 받았을 때, 잔류 오스테나이트의 가공 야기 변태에 의해 생성된 단단한 프레시 마텐자이트가 생성되고, 그 후의 시험에서 보이드의 생성 및 균열의 진전이 발생하여, 원하는 λ , ST 및 SFmax 가 얻어지지 않는다. 그 때문에, 잔류 오스테나이트의 면적률을 3.0 % 이하로 한다. 잔류 오스테나이트의 면적률은, 바람직하게는 2.5 % 이하이고, 보다 바람직하게는 2.0 % 이하이다.
- [0227] 잔류 오스테나이트의 면적률의 하한은 특별히 한정되지 않지만, 바람직하게는 0.1 % 이상이고, 보다 바람직하게는 0.2 % 이상이다.
- [0228] 여기서 말하는 잔류 오스테나이트에는, 후술하는 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 (고립된) 섬상 잔류 오스테나이트도 포함된다.
- [0229] 여기서, 후술하는 제조 방법에 있어서의 제 2 냉각 공정시에, 300 °C 이상 450 °C 이하의 온도역에서 2.0 kgf/mm² 이상의 장력을 강관에 부여하고, 그 후, 강관을, 1 패스당 직경 500 mm 이상 1500 mm 이하의 물에 물 1/4 주 분 접촉시키면서, 강관을 5 패스 이상 통과시킴으로써, 미변태 오스테나이트가 가공 야기 변태되어, 프레시 마텐자이트가 되고, 그 후의 재가열 공정에서 상기 프레시 마텐자이트가 템퍼링되어, 최종적으로 프레시 마텐자이트의 면적률이 15.0 % 이하, 잔류 오스테나이트의 면적률이 3.0 % 이하가 되도록 제어함으로써, 원하는 템퍼드 마텐자이트의 면적률의 확보가 가능해진다.
- [0230] 베이나이트 및 템퍼드 베이나이트의 면적률 : 10.0 % 초과 70.0 % 이하

- [0231] 베이나이트 (B) 란, 도 1 에 나타내는 바와 같이, 제 1 냉각 공정 및 중간 유지 공정에서 생성되는 조직이다.
또, 여기서 말하는 템퍼드 베이나이트 (BT) 란, 도 1 에 나타내는 바와 같이, 재가열 공정에서 생성되는 상기 베이나이트가 템퍼링을 받은 조직이다. 또한, 도 1 중, F : 페라이트, M : 마텐자이트, RA : 잔류 오스테나이트, TM : 템퍼드 마텐자이트, θ : 탄화물이다.
- [0232] 베이나이트 및 템퍼드 베이나이트의 면적률이 10.0 % 이하인 경우, 양호한 연성의 확보, 즉, 원하는 EI 을 얻는 것이 곤란해진다. 그 때문에, 베이나이트 및 템퍼드 베이나이트의 면적률은 10.0 % 초과로 한다.
- [0233] 한편, 베이나이트 및 템퍼드 베이나이트의 면적률이 70.0 % 를 초과하여 과도하게 증가하면, 1180 MPa 이상의 TS 의 확보가 곤란해진다. 그 때문에, 베이나이트 및 템퍼드 베이나이트의 면적률은 70.0 % 이하로 한다.
또, 베이나이트 및 템퍼드 베이나이트의 면적률은, 바람직하게는 15.0 % 이상이다. 또, 베이나이트 및 템퍼드 베이나이트의 면적률은, 바람직하게는 65.0 % 이하이다.
- [0234] 템퍼드 마텐자이트의 면적률 : 30.0 % 이상 80.0 % 이하
- [0235] 템퍼드 마텐자이트는 재가열 공정에서 얻어지는 조직이다. 여기서, 경질 제 2 상 (프레시 마텐자이트 + 잔류 오스테나이트) 은, 원하는 TS 확보에 유효한 조직이지만, 프레스 성형시 및 충돌시에 보이드의 생성 및 균열의 진전을 조장하는 조직이기 때문에, 프레시 마텐자이트의 면적률은 15.0 % 이하, 잔류 오스테나이트의 체적률은 3.0 % 이하일 필요가 있다. 특히, 후술하는 제조 방법에 있어서의 제 2 냉각 공정시에, 300 °C 이상 450 °C 이하의 온도역에서 2.0 kgf/mm² 이상의 장력을 부여하고, 그 후, 강관을, 1 패스당 직경 500 mm 이상 1500 mm 이하의 물에 물 1/4 주 (周) 분 접촉시키면서, 5 패스 이상 통과시킴으로써, 미변태 오스테나이트가 가공 야기 변태되어, 프레시 마텐자이트가 되고, 그 후의 재가열 공정에서 상기 프레시 마텐자이트가 템퍼링되어, 템퍼드 마텐자이트가 된다. 즉, 상기 템퍼드 마텐자이트는, 원하는 λ , R/t, ST 및 SFmax 를 얻는 데에 필요한 조직이다. 그 때문에, 템퍼드 마텐자이트의 면적률은 30.0 % 이상으로 한다. 템퍼드 마텐자이트의 면적률은, 바람직하게는 35.0 % 이상이다.
- [0236] 한편, 템퍼드 마텐자이트의 면적률은 과도하게 증가한 경우, 원하는 베이나이트 및 템퍼드 베이나이트의 면적률이 얻어지지 않고, 양호한 연성의 확보, 즉, 원하는 EI 을 얻는 것이 곤란해진다. 그 때문에, 템퍼드 마텐자이트의 면적률은 70.0 % 이하로 한다. 템퍼드 마텐자이트의 면적률은, 바람직하게는 60.0 % 이하이다.
- [0237] 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 섬상 프레시 마텐자이트와 섬상 잔류 오스테나이트의 평균 결정 입경 : 2.00 μ m 이하
- [0238] 본 발명에 있어서, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 고립된 섬상 프레시 마텐자이트와 고립된 섬상 잔류 오스테나이트의 평균 결정 입경이 작은 경우, 1180 MPa 이상의 TS 를 확보하면서, 보다 보이드의 생성을 억제할 수 있어, 보다 양호한 λ , R/t, ST 및 SFmax 를 얻을 수 있다. 그 때문에, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 고립된 섬상 프레시 마텐자이트와 고립된 섬상 잔류 오스테나이트의 평균 결정 입경은 2.00 μ m 이하로 한다.
- [0239] 또한, 본 발명에 있어서, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 고립된 섬상 프레시 마텐자이트와 고립된 섬상 잔류 오스테나이트의 평균 결정 입경은, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 섬상 프레시 마텐자이트와 섬상 잔류 오스테나이트의 평균 결정 입경으로 할 수 있다. 즉, 본 발명에서는, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 섬상 프레시 마텐자이트와 섬상 잔류 오스테나이트의 평균 결정 입경을 2.00 μ m 이하로 한다.
- [0240] 또, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 섬상 프레시 마텐자이트와 섬상 잔류 오스테나이트의 평균 결정 입경은, 바람직하게는 1.00 μ m 이하이다.
- [0241] 하한은 특별히 한정되지 않지만, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 섬상 프레시 마텐자이트와 섬상 잔류 오스테나이트의 평균 결정 입경은, 바람직하게는 0.10 μ m 이상이고, 보다 바람직하게는 0.20 μ m 이상이다.
- [0242] 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 탄화물의 평균 결정 입경 : 500 nm 이하
- [0243] 본 발명에 있어서, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 탄화물의 평균 결정 입경이 작은 경우, 1180 MPa 이상의 TS 를 확보하면서, 보다 보이드의 생성을 억제할 수 있어, 보다 양호한 λ , R/t, ST 및 SFmax 를 얻을 수 있다. 그 때문에, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 탄화물의 평균 결정 입경은 500 nm 이하로 한다. 또한, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 탄화물의 평균 결정 입경은, 바람직하게

는 300 nm 이하이다.

- [0244] 하한은 특별히 한정되지 않지만, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 탄화물의 평균 결정 입경은, 바람직하게는 50 nm 이상이고, 보다 바람직하게는 80 nm 이상이다.
- [0245] 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 입경이 300 nm 이상인 탄화물의 개수 밀도 : $3.0 \text{ 개}/\mu\text{m}^2$ 이하
- [0246] 본 발명에 있어서, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 입경이 300 nm 이상인 탄화물의 개수 밀도가 작은 경우, 1180 MPa 이상의 TS 를 확보하면서, 보다 보이드의 생성을 억제할 수 있어, 보다 양호한 λ , R/t, ST 및 SFmax 를 얻을 수 있다. 그 때문에, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 입경이 300 nm 이상인 탄화물의 개수 밀도는 $3.0 \text{ 개}/\mu\text{m}^2$ 이하로 한다. 또한, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 입경이 300 nm 이상인 탄화물의 개수 밀도는, 바람직하게는 $2.5 \text{ 개}/\mu\text{m}^2$ 이하이다.
- [0247] 하한은 특별히 한정되지 않지만, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 탄화물의 개수 밀도는, 바람직하게는 $0.2 \text{ 개}/\mu\text{m}^2$ 이상이고, 보다 바람직하게는 $0.5 \text{ 개}/\mu\text{m}^2$ 이상이다.
- [0248] 또한, 전술한 페라이트, 프레스시 마텐자이트, 잔류 오스테나이트, 베이나이트, 템퍼드 베이나이트, 템퍼드 마텐자이트 이외의 잔부 조직의 면적률은 10.0 % 이하로 하는 것이 바람직하다. 잔부 조직의 면적률은, 보다 바람직하게는 5.0 % 이하이다. 또, 잔부 조직의 면적률은 0.0 % 여도 된다.
- [0249] 잔부 조직으로는, 특별히 한정되지 않고, 예를 들어, 미재결정 페라이트나 펄라이트 등을 들 수 있다. 또한, 잔부 조직의 종류는, 예를 들어, SEM (Scanning Electron Microscope ; 주사 전자 현미경) 에 의한 관찰로 확인할 수 있다.
- [0250] 여기서, 페라이트, 베이나이트, 템퍼드 베이나이트, 템퍼드 마텐자이트 및 경질 제 2 상 (프레스시 마텐자이트 + 잔류 오스테나이트) 의 면적률은, 소지 강판의 판두께 1/4 위치에 있어서, 이하와 같이 측정한다.
- [0251] 즉, 강판의 압연 방향에 평행한 판두께 단면 (L 단면) 이 관찰면이 되도록 시료를 잘라낸다. 이어서, 시료의 관찰면에, 다이아몬드 페이스트에 의한 연마를 실시하고, 이어서, 알루미늄을 사용하여 마무리 연마를 실시한다. 이어서, 시료의 관찰면을 3 vol.% 나이탈로 에칭하여, 조직을 현출 (現出) 시킨다. 이어서, 강판의 판두께의 1/4 위치를 관찰 위치로 하고, SEM 에 의해, 배율 : 3000 배로 5 시야 관찰한다. 얻어진 조직 화상으로부터, Adobe Systems 사의 Adobe Photoshop 을 사용하여, 각 구성 조직 (페라이트, 베이나이트, 템퍼드 베이나이트, 템퍼드 마텐자이트 및 경질 제 2 상 (프레스시 마텐자이트 + 잔류 오스테나이트)) 의 면적을 측정 면적으로 나눈 면적률을 5 시야분 산출하고, 그들의 값을 평균하여 각 조직의 면적률로 한다.
- [0252] 페라이트 : 흑색을 나타낸 영역이고, 형태는 괴상이다. 또, 탄화물을 거의 내포하지 않는다. 또, 페라이트립 내의 고립된 섬상 프레스시 마텐자이트와 고립된 섬상 잔류 오스테나이트는, 페라이트의 면적률에 포함하지 않는다.
- [0253] 베이나이트 및 템퍼드 베이나이트 : 흑색 내지 진한 회색을 나타낸 영역이고, 형태는 괴상이나 부정형 등이다. 또, 비교적 소수의 탄화물을 내포한다.
- [0254] 템퍼드 마텐자이트 : 회색을 나타낸 영역이고, 형태는 부정형이다. 또, 탄화물을 비교적 다수 내포한다.
- [0255] 경질 제 2 상 (잔류 오스테나이트 + 프레스시 마텐자이트) : 백색 내지 옅은 회색을 나타내는 영역이고, 형태는 부정형이다. 또, 탄화물을 내포하지 않는다.
- [0256] 탄화물 : 백색을 나타내는 영역이고, 형태는 점상이나 선상이다. 베이나이트, 템퍼드 베이나이트 및 템퍼드 마텐자이트에 내포된다.
- [0257] 잔부 조직 : 상기 서술한 미재결정 페라이트나 펄라이트 등을 들 수 있고, 이들의 형태 등은 공지된 바와 같다.
- [0258] 상기의 조직 분율 측정에 사용한 SEM 이미지로부터, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 고립된 섬상 프레스시 마텐자이트와 고립된 섬상 잔류 오스테나이트를 손 도포로 추출하고, 오픈 소스의 ImageJ 를 사용하여, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 고립된 섬상 프레스시 마텐자이트와 고립된 섬상 잔류 오스테나이트의 평균 결정 입경을 구한다.
- [0259] 상기의 평균 결정 입경은, 섬상 프레스시 마텐자이트, 섬상 잔류 오스테나이트의 면적의 합계를, 섬상 프레스시 마텐자이트, 섬상 잔류 오스테나이트의 개수로 나누고, 평균 면적을 구하고, 상기 평균 면적을 원주율 π 로 나누

고, 그 제공근에 2 를 곱함으로써 얻어지는 원 상당 직경을 평균 결정 입경으로 한다.

- [0260] 또한, 1 개의 고립된 섬상 프레시 마텐자이트 또는 고립된 섬상 잔류 오스테나이트에 대해서는, SEM 이미지에 있어서, 외주가 베이나이트 및/또는 템퍼드 베이나이트에 둘러싸여, 끊어지지 않고 일체 형성된 섬상의 영역을 1 개로 하여 측정한다.
- [0261] 또, 상기의 조직 분율 측정에 사용한 SEM 이미지로부터, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 탄화물 만을 손 도포로 추출하고, 오픈 소스의 ImageJ 를 사용하여, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 탄화물의 평균 결정 입경, 및 상기 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 탄화물 중, 입경이 300 nm 이상 인 탄화물의 개수 밀도를 구한다.
- [0262] 상기의 평균 결정 입경은, 탄화물의 면적의 합계를, 탄화물의 개수로 나누어, 평균 면적을 구하고, 상기 평균 면적을 원주율 π 로 나누고, 그 제공근에 2 를 곱함으로써 얻어지는 원 상당 직경을 평균 결정 입경으로 한다.
- [0263] 또한, 1 개의 탄화물에 대해서는, SEM 이미지에 있어서, 외주가 베이나이트 및/또는 템퍼드 베이나이트에 둘러싸여, 끊어지지 않고 일체 형성된 섬상의 영역을 1 개로 하여 측정한다.
- [0264] 또, 잔류 오스테나이트의 면적률은, 이하와 같이 측정한다.
- [0265] 즉, 소지 강판을 관두께 방향 (깊이 방향) 으로 관두께의 1/4 위치까지 기계 연삭한 후, 육상산에 의한 화학 연마를 실시하여, 관찰면으로 한다. 이어서, 관찰면을, X 선 회절법에 의해 관찰한다. 입사 X 선에는 MoK α 선을 사용하고, bcc 철의 (200), (211) 및 (220) 각 면의 회절 강도에 대한 fcc 철 (오스테나이트) 의 (200), (220) 및 (311) 각 면의 회절 강도의 비를 구하고, 각 면의 회절 강도의 비로부터, 잔류 오스테나이트의 체적률을 산출한다. 그리고, 잔류 오스테나이트가 삼차원적으로 균질한 것으로 간주하고, 잔류 오스테나이트의 체적률을, 잔류 오스테나이트의 면적률로 한다.
- [0266] 또, 프레시 마텐자이트의 면적률은, 상기와 같이 하여 구한 경질 제 2 상의 면적률로부터, 잔류 오스테나이트의 면적률을 뺀으로써 구한다.
- [0267] [프레시 마텐자이트의 면적률 (%)] = [경질 제 2 상의 면적률 (%)] - [잔류 오스테나이트의 면적률 (%)]
- [0268] 또, 잔부 조직의 면적률은, 100.0 % 에서 상기와 같이 하여 구한 페라이트의 면적률, 베이나이트 및 템퍼드 베이나이트의 면적률, 템퍼드 마텐자이트의 면적률, 경질 제 2 상의 면적률을 뺀으로써 구한다.
- [0269] [잔부 조직의 면적률 (%)] = 100.0 - [페라이트의 면적률 (%)] - [베이나이트 및 템퍼드 베이나이트의 면적률 (%)] - [템퍼드 마텐자이트의 면적률 (%)] - [경질 제 2 상의 면적률 (%)]
- [0270] 소지 강판에 포함되는 (강 중의) 확산성 수소량 : 0.50 질량ppm 이하
- [0271] 강판 중의 확산성 수소량이 0.50 질량ppm 초과인 경우, 원하는 λ , R/t, ST 및 SFmax 가 얻어지지 않는다.
- [0272] 또한, 강판 중의 확산성 수소량은, 바람직하게는 0.25 질량ppm 이하로 한다. 또, 강판 중의 확산성 수소량의 하한은 특별히 규정하지 않지만, 생산 기술상의 제약으로부터, 강판 중의 확산성 수소량은 0.01 질량ppm 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- [0273] 또한, 확산성 수소량을 측정하는 소지 강판은, 도금 처리 전의 고강도 강판 외에, 아연 도금 처리 후 가공 전의 고강도 아연 도금 강판의 소지 강판이어도 된다. 또, 아연 도금 처리 후, 타발 가공 및 신장 플랜지 성형 등의 가공이 실시된 강판의 소지 강판이어도 되고, 또한 가공 후의 강판을 용접하여 제조된 제품의 소지 부분이어도 상관없다.
- [0274] 여기서, 강판 중의 확산성 수소량의 측정 방법은 이하와 같다. 길이가 30 mm, 폭이 5 mm 인 시험편을 채취하고, 강판에 아연 도금층이 형성되어 있는 경우에는, 용융 아연 도금층 또는 합금화 용융 아연 도금층을 알칼리 제거한다. 그 후, 시험편으로부터 방출되는 수소량을 승온 탈리 분석법에 의해 측정한다. 구체적으로는, 실온 (-5 ~ 55 °C) 에서 300 °C 까지를 승온 속도 200 °C/h 로 연속 가열한 후, 실온까지 냉각시키고, 실온에서 210 °C 까지 시험편으로부터 방출된 적산 수소량을 측정하여, 강판 중의 확산성 수소량으로 한다. 확산성 수소량의 측정은, 강판의 제조 완료 후에 실시하는 것이 바람직하다. 또한, 수소량의 측정은, 강판의 제조 완료 후 1 주간 이내에 실시하는 것이 보다 바람직하다.
- [0275] 또한, 실온은 세계 각국에서의 생산을 근거로 한 경우, 현지에서의 1 년간에서의 기온의 변화의 범위 내로 한다. 일반적으로는, 10 ~ 50 °C 의 범위인 것이 바람직하다.

- [0276] 표층 연질층
- [0277] 본 발명의 일 실시형태에 수반하는 강관의 소지 강관에서는, 소지 강관 표면에 표층 연질층을 갖는 것이 바람직하다. 프레스 성형시 및 차체 충돌시에 표층 연질층이 굽힘 균열 진전의 억제에 기여하기 때문에, 내굽힘 파단 특성이 더욱 향상된다. 또한, 표층 연질층이란, 탈탄층을 의미하고, 판두께 1/4 위치의 단면의 비커스 경도에 대해, 85 % 이하의 비커스 경도의 표층 영역을 말한다.
- [0278] 여기서, 표층 연질층은, 소지 강관 표면으로부터 판두께 방향으로 200 μm 이하의 영역에서 형성되어 있다. 표층 연질층이 형성되는 영역은, 소지 강관 표면으로부터 판두께 방향으로, 바람직하게는 150 μm 이하이고, 보다 바람직하게는 120 μm 이하이다. 또한, 표층 연질층의 두께의 하한에 대해서는, 특별히 정하지 않지만, 7 μm 이상이 바람직하고, 14 μm 초과가 보다 바람직하다. 또, 표층 연질층은, 바람직하게는 30 μm 이상이고, 보다 바람직하게는 40 μm 이상이다.
- [0279] 또, 상기의 비커스 경도를 측정하는 소지 강관의 판두께 1/4 위치는, 비표층 연질층 (본 발명에서 규정되는 표층 연질층의 경도의 조건을 만족하지 않는 층) 이다.
- [0280] 비커스 경도는, JIS Z 2244-1(2020) 에 기초하여, 하중을 10 gf 로 하여 측정한다.
- [0281] 표층 연질층의 나노 경도
- [0282] 소지 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치 및 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 각각에 있어서의 판면의 50 $\mu\text{m} \times 50 \mu\text{m}$ 의 영역에 있어서, 300 점 이상의 나노 경도를 측정했을 때, 소지 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도가 7.0 GPa 이상인 측정수 비율이, 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 전체 측정수에 대하여 0.10 이하
- [0283] 본 발명에 있어서, 프레스 성형시의 우수한 굽힘성과 충돌시의 우수한 굽힘 파단 특성을 얻기 위해서는, 소지 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치 및 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 각각에 있어서의 판면의 50 $\mu\text{m} \times 50 \mu\text{m}$ 의 영역에 있어서, 300 점 이상의 나노 경도를 측정했을 때, 소지 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도가 7.0 GPa 이상인 측정수 비율이, 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 전체 측정수에 대하여 0.10 이하인 것이 바람직하다. 나노 경도가 7.0 GPa 이상인 비율이 0.10 이하인 경우, 경질인 조직 (마텐자이트 등), 개재물 등의 비율이 작은 것을 의미하고, 경질인 조직 (마텐자이트 등), 개재물 등의 프레스 성형시 및 충돌시의 보이드의 생성이나 연결, 나아가서는 균열의 진전을 보다 억제하는 것이 가능해져, 우수한 R/t 및 SFmax 가 얻어진다.
- [0284] 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 가 1.8 GPa 이하이고, 또한, 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 가 2.2 GPa 이하
- [0285] 본 발명에 있어서, 프레스 성형시의 우수한 굽힘성과 충돌시의 우수한 굽힘 파단 특성을 얻기 위해서는, 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 가 1.8 GPa 이하이고, 또한, 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 가 2.2 GPa 이하인 것이 바람직하다. 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 가 1.8 GPa 이하이고, 또한, 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 가 2.2 GPa 이하인 경우, 마이크로 영역에 있어서의 조직 정도차가 작은 것을 의미하고, 프레스 성형시 및 충돌시의 보이드의 생성이나 연결, 나아가서는 균열의 진전을 보다 억제하는 것이 가능해져, 우수한 R/t 및 SFmax 가 얻어진다.
- [0286] 또, 소지 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 의 바람직한 범위는, 1.7 GPa 이하인 것이 바람직하다. 소지 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 는, 보다 바람직하게는, 1.3 GPa 이하이다. 하한은 특별히 한정되지 않지만, 소지 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 는, 0.5 GPa 이상으로 해도 된다.
- [0287] 소지 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 의 보다 바람직한 범위는, 2.1 GPa 이하이다. 소지 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 는, 보다 바람직하게는, 1.7 GPa 이하이다. 하한은 특별히 한정되지 않지만, 소지 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차

σ 는, 0.6 GPa 이상으로 해도 된다.

- [0288] 여기서, 판두께 방향 깊이의 1/4 위치, 1/2 위치의 판면의 나노 경도란, 이하의 방법에 의해 측정되는 경도이다.
- [0289] 먼저, 도금층이 형성되어 있는 경우에는, 도금층 박리 후, 소지 강판의 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 의 위치 - 5 μm 의 위치까지 기계 연마를 실시하고, 소지 강판의 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치까지 다이아몬드 및 알루미늄나로의 버프 연마를 실시하고, 또한 콜로이달 실리카 연마를 실시한다. 여기서, 박리하는 도금층은, 아연 도금층이 형성되어 있는 경우에는, 아연 도금층이고, 금속 도금층이 형성되어 있는 경우에는, 금속 도금층이고, 아연 도금층 및 금속 도금층이 형성되어 있는 경우에는, 아연 도금층 및 금속 도금층이다.
- [0290] Hysitron 사의 tribo-950 을 사용하여, 베르코비치 형상의 다이아몬드 압자에 의해, 하중 : 500 μN , 측정 영역 : 50 μm \times 50 μm , 타점 간격 : 2 μm 의 조건에서 나노 경도를 측정한다.
- [0291] 또, 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/2 위치까지 기계 연마를 실시하고, 다이아몬드 및 알루미늄나로의 버프 연마를 실시하고, 또한 콜로이달 실리카 연마를 실시한다. 그리고, Hysitron 사의 tribo-950 을 사용하여, 베르코비치 형상의 다이아몬드 압자에 의해, 하중 : 500 μN , 측정 영역 : 50 μm \times 50 μm , 타점 간격 : 2 μm 의 조건에서 나노 경도를 측정한다.
- [0292] 판두께 방향 깊이의 1/4 위치에서 300 점 이상의 나노 경도를 측정하고, 또, 판두께 방향 깊이의 1/2 위치에서도 300 점 이상의 나노 경도를 측정한다.
- [0293] 예를 들어, 표층 연질층 두께가 100 μm 인 경우, 1/4 위치는 표층 연질층의 표면으로부터 25 μm 위치가 되고, 1/2 위치는 표층 연질층의 표면으로부터 50 μm 위치가 된다. 이 25 μm 위치에서 300 점 이상의 나노 경도를 측정하고, 또, 50 μm 위치에서도 300 점 이상의 나노 경도를 측정한다.
- [0294] 금속 도금층 (제 1 도금층)
- [0295] 또한, 본 발명의 일 실시형태에 수반하는 강판은, 소지 강판의 편면 또는 양면의 표면 상에 있어서, 금속 도금층 (제 1 도금층, 프리도금층) (또한, 금속 도금층 (제 1 도금층) 은, 용융 아연 도금층, 합금화 용융 아연 도금층의 아연 도금층을 제외한다) 을 갖는 것이 바람직하다. 금속 도금층은 금속 전기 도금층으로 하는 것이 바람직하고, 이하에서는, 금속 전기 도금층을 예로 설명한다.
- [0296] 금속 전기 도금층이 강판 표면에 형성됨으로써, 프레스 성형시 및 차체 충돌시에 최표층의 상기 금속 전기 도금층이 굽힘 균열 발생의 억제에 기여하기 때문에, 내굽힘 파단 특성이 더욱 향상된다.
- [0297] 본 발명에서는, 노점을 -20 $^{\circ}\text{C}$ 초과로 함으로써, 연질층의 두께를 보다 크게 할 수 있고, 축 압괴 특성을 매우 우수한 것으로 하는 것이 가능해진다. 이 점에서, 본 발명에서는, 금속 도금층을 가짐으로써, 노점을 -20 $^{\circ}\text{C}$ 이하에서, 연질층 두께가 작아도, 연질층 두께가 큰 경우와 동등한 축 압괴 특성을 얻을 수 있다.
- [0298] 금속 전기 도금층의 금속종으로는, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Ga, Ge, As, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Os, Ir, Rt, Au, Hg, Ti, Pb, Bi 중 어느 것이어도 상관없지만, Fe 인 것이 보다 바람직하다. 이하에서는, Fe 계 전기 도금층을 예로 설명하지만, 다른 금속종에서도 이하의 Fe 에 있어서의 조건을 동일하게 채용할 수 있다.
- [0299] Fe 계 전기 도금층의 부착량은, 0 g/m^2 초과로 하고, 바람직하게는 2.0 g/m^2 이상으로 한다. Fe 계 전기 도금층의 편면당의 부착량의 상한은 특별히 한정되지 않지만, 비용의 관점에서, Fe 계 전기 도금층의 편면당의 부착량을 60 g/m^2 이하로 하는 것이 바람직하다. Fe 계 전기 도금층의 부착량은, 바람직하게는 50 g/m^2 이하이고, 보다 바람직하게는 40 g/m^2 이하이고, 더욱 바람직하게는 30 g/m^2 이하로 한다.
- [0300] Fe 계 전기 도금층의 부착량은, 이하와 같이 측정한다. Fe 계 전기 도금 강판으로부터 10 \times 15 mm 사이즈의 샘플을 채취하여 수지에 매립하고, 단면 매립 샘플로 한다. 동 단면의 임의의 3 지점을 주사형 전자 현미경 (Scanning Electron Microscope ; SEM) 을 사용하여 가속 전압 15 kV 로, Fe 계 도금층의 두께에 따라 배율 2000 ~ 10000 배로 관찰하고, 3 시야의 두께의 평균치에 철의 비중을 곱함으로써, Fe 계 전기 도금층의 편면당의 부착량으로 환산한다.
- [0301] Fe 계 전기 도금층으로는, 순 Fe 외에, Fe-B 합금, Fe-C 합금, Fe-P 합금, Fe-N 합금, Fe-O 합금, Fe-Ni 합금, Fe-Mn 합금, Fe-Mo 합금, Fe-W 합금 등의 합금 도금층을 사용할 수 있다. Fe 계 전기 도금층의 성분 조성은

특별히 한정되지 않지만, B, C, P, N, O, Ni, Mn, Mo, Zn, W, Pb, Sn, Cr, V 및 Co 로 이루어지는 군에서 선택되는 1 또는 2 이상의 원소를 합계로 10 질량% 이하 포함하고, 잔부는 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성으로 하는 것이 바람직하다. Fe 이외의 원소의 양을 합계로 10 질량% 이하로 함으로써, 전해 효율의 저하를 방지하여, 저비용으로 Fe 계 전기 도금층을 형성할 수 있다. Fe-C 합금의 경우, C의 함유량은 0.08 질량% 이하로 하는 것이 바람직하다.

- [0302] 다음으로, 본 발명의 일 실시형태에 따른 강관의 기계 특성에 대해 설명한다.
- [0303] 인장 강도 (TS) : 1180 MPa 이상
- [0304] 본 발명의 일 실시형태에 따른 강관의 인장 강도는 1180 MPa 이상이다.
- [0305] 또한, 본 발명의 일 실시형태에 따른 강관의 항복 응력 (YS), 항복비 (YR), 전연신 (E1), 한계 구멍 확장률 (λ), U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험에서의 한계 스페이서 두께 (ST) 및 V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험에서의 하중 최대시의 스트로크 (SFmax)의 기준치, 그리고 축 압괴 시험에서의 파단 (외관 균열)의 유무에 대해서는 상기 서술한 바와 같다.
- [0306] 또, 인장 강도 (TS), 항복 응력 (YS), 항복비 (YR) 및 전연신 (E1)은, 실시예에 있어서 후술하는 JIS Z 2241(2011)에 준거하는 인장 시험에 의해 측정한다. 한계 구멍 확장률 (λ)은, 실시예에 있어서 후술하는 JIS Z 2256(2020)에 준거하는 구멍 확장 시험에 의해 측정한다. 한계 스페이서 두께 (ST)는, 실시예에 있어서 후술하는 U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험에 의해 측정한다. V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험에서의 하중 최대시의 스트로크 (SFmax)는 실시예에 있어서 후술하는 V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험에 의해 측정한다. 축 압괴 시험에서의 파단 (외관 균열)의 유무는 실시예에 있어서 후술하는 축 압괴 시험에 의해 측정한다.
- [0307] 아연 도금층 (제 2 도금층)
- [0308] 본 발명의 일 실시형태에 따른 강관은, 최표층으로서 소지 강관 상 (소지 강관 표면 상 또는 금속 도금층이 형성된 경우에는 금속 도금층 표면 상)에 형성된 아연 도금층을 가지고 있어도 되고, 이 아연 도금층은, 소지 강관의 일방의 표면 상에만 형성해도 되고, 양면 상에 형성해도 된다. 아연 도금층을 갖는 강관은, 아연 도금 강관으로 해도 된다.
- [0309] 즉, 본 발명의 강관은, 소지 강관을 갖고, 그 소지 강관 상에 제 2 도금층 (아연 도금층, 알루미늄 도금층 등)이 형성되고 있어도 되고, 또, 소지 강관을 갖고, 그 소지 강관 상에 금속 도금층 (제 1 도금층 (아연 도금층의 제 2 도금층을 제외한다))과 제 2 도금층 (아연 도금층, 알루미늄 도금층 등)이 순서대로 형성되어 있어도 된다.
- [0310] 또한, 여기서 말하는 아연 도금층은, Zn을 주성분 (Zn 함유량이 50.0 % 이상)으로 하는 도금층을 가리키고, 예를 들어, 용융 아연 도금층이나 합금화 용융 아연 도금층을 들 수 있다.
- [0311] 여기서, 용융 아연 도금층은, 예를 들어, Zn과, 20.0 질량% 이하의 Fe, 0.001 질량% 이상 1.0 질량% 이하의 Al에 의해 구성하는 것이 바람직하다. 또, 용융 아연 도금층에는, 임의로, Pb, Sb, Si, Sn, Mg, Mn, Ni, Cr, Co, Ca, Cu, Li, Ti, Be, Bi 및 REM으로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 또는 2종 이상의 원소를 합계로 0.0 질량% 이상 3.5 질량% 이하 함유시켜도 된다. 또, 용융 아연 도금층의 Fe 함유량은, 보다 바람직하게는 7.0 질량% 미만이다. 또한, 상기의 원소 이외의 잔부는, 불가피적 불순물이다.
- [0312] 또, 합금화 용융 아연 도금층은, 예를 들어, Zn과, 20.0 질량% 이하의 Fe, 0.001 질량% 이상 1.0 질량% 이하의 Al에 의해 구성하는 것이 바람직하다. 또, 합금화 용융 아연 도금층에는, 임의로, Pb, Sb, Si, Sn, Mg, Mn, Ni, Cr, Co, Ca, Cu, Li, Ti, Be, Bi 및 REM으로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 또는 2종 이상의 원소를 합계로 0.0 질량% 이상 3.5 질량% 이하 함유시켜도 된다. 합금화 용융 아연 도금층의 Fe 함유량은, 보다 바람직하게는 7.0 질량% 이상, 더욱 바람직하게는 8.0 질량% 이상이다. 또, 합금화 용융 아연 도금층의 Fe 함유량은, 보다 바람직하게는 15.0 질량% 이하, 더욱 바람직하게는 12.0 질량% 이하이다. 또한, 상기의 원소 이외의 잔부는, 불가피적 불순물이다.
- [0313] 추가로, 아연 도금층의 편면당의 도금 부착량은, 특별히 한정되는 것은 아니지만, 20 g/m² 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또, 아연 도금층의 편면당의 도금 부착량은, 80 g/m² 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0314] 또한, 아연 도금층의 도금 부착량은, 이하와 같이 하여 측정한다.
- [0315] 즉, 10 질량% 염산 수용액 1 L에 대해, Fe에 대한 부식 억제제 (아사히 화학 공업 (주) 제조 「이비트 700BK

」(등록상표))를 0.6 g 첨가한 처리액을 조정한다. 이어서, 그 처리액에, 공시제가 되는 강판을 침지시켜, 아연 도금층을 용해시킨다. 그리고, 용해 전후에서의 공시제의 질량 감소량을 측정하고, 그 값을, 소지 강판의 표면적(도금으로 피복되어 있던 부분의 표면적)으로 나눔으로써, 도금 부착량(g/m²)을 산출한다.

[0316] 또한, 본 발명의 일 실시형태에 따른 강판의 판두께는, 특별히 한정되지 않지만, 바람직하게는 0.5 mm 이상이다.

[0317] 판두께는, 보다 바람직하게는 0.8 mm 초과이다. 판두께는, 더욱 바람직하게는 0.9 mm 이상이다. 판두께는, 보다 바람직하게는 1.0 mm 이상이다. 판두께는, 더욱 바람직하게는 1.2 mm 이상이다.

[0318] 또, 강판의 판두께는, 바람직하게는 3.5 mm 이하이다. 판두께는, 보다 바람직하게는 2.3 mm 이하이다.

[0319] 또, 본 발명의 강판의 판폭은, 특별히 한정되지 않지만, 500 mm 이상으로 하는 것이 바람직하고, 750 mm 이상으로 하는 것이 보다 바람직하다. 또, 강판의 판폭은, 1600 mm 이하로 하는 것이 바람직하고, 1450 mm 이하로 하는 것이 보다 바람직하다.

[0320] [2. 강판의 제조 방법]

[0321] 다음으로, 본 발명의 일 실시형태에 따른 강판의 제조 방법에 대해 설명한다.

[0322] 본 발명의 강판의 제조 방법은, 상기 서술한 성분 조성을 갖는 강 슬래브에, 마무리 압연 온도 : 820 °C 이상의 조건에서 열간 압연을 실시하여, 열간 강판을 얻는, 열간 압연 공정과, 그 열간 압연 공정 후의 강판을, 어닐링 온도 : $(Ac_1 + (Ac_3 - Ac_1) \times 5/8)$ °C 이상 950 °C 이하, 어닐링 시간 : 20 초 이상의 조건에서 어닐링하는, 어닐링 공정과, 어닐링 공정 후, 300 °C 이상 550 °C 이하의 온도역까지 냉각시키는, 제 1 냉각 공정과, 제 1 냉각 공정 후, 중간 유지 온도 : 300 °C 이상 550 °C 이하, 유지 시간 : 20 초 이상의 조건에서 유지하는, 중간 유지 공정과, 중간 유지 공정 후, 강판에 대해, 300 °C 이상 450 °C 이하의 온도역에서 2.0 kgf/mm² 이상의 장력을 부여하고, 그 후, 강판을, 1 패스당 직경 500 mm 이상 1500 mm 이하의 롤에 롤 1/4 주분 접촉시키면서, 5 패스 이상 통과시키고, 이어서, 300 °C 미만의 냉각 정지 온도까지 냉각시키는, 제 2 냉각 공정과, 제 2 냉각 공정 후, 강판을, 실온에서부터 300 °C 미만의 냉각 정지 온도까지 냉각시키고, 이어서, 냉각 정지 온도 이상 440 °C 이하의 온도역까지 재가열하여 20 초 이상 유지하는, 재가열 공정을 포함하고, 혹은 추가로 열간 압연 공정 후, 또한 어닐링 공정 전의 강판에, 압하율이 20 % 이상 80 % 이하인 냉간 압연을 실시하여, 냉간 강판을 얻는, 냉간 압연 공정을 포함한다.

[0323] 본 발명에 있어서, 강 소재(강 슬래브)의 용제 방법은 특별히 한정되지 않고, 전로나 전기로 등, 공지된 용제 방법 모두가 적합하다. 또, 강 슬래브(슬래브)는, 매크로 편석을 방지하기 위해, 연속 주조법으로 제조하는 것이 바람직하지만, 조괴법이나 박슬래브 주조법 등에 의해 제조하는 것도 가능하다. 또, 강 슬래브를 제조한 후, 일단 실온까지 냉각시키고, 그 후 다시 가열하는 종래법에 더하여, 실온까지 냉각시키지 않고, 온편(溫片)인 채로 가열로에 장입(裝入)하거나, 혹은, 약간의 보열을 실시한 후에 즉시 압연하는 직송 압연·직접 압연 등의 에너지 절약 프로세스도 문제 없이 적용할 수 있다.

[0324] (열간 압연 공정)

[0325] 슬래브를 가열하는 경우에는, 탄화물의 용해나, 압연 하중의 저감의 관점에서, 슬래브 가열 온도를 1100 °C 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또, 스케일 로스의 증대를 방지하기 위해, 슬래브 가열 온도는 1300 °C 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0326] 또한, 슬래브 가열 온도는 슬래브 표면의 온도이다. 또, 슬래브는 통상적인 조건에서 조(粗) 압연에 의해 시트 바로 되지만, 가열 온도를 낮게 한 경우에는, 열간 압연시의 트러블을 방지하는 관점에서, 마무리 압연 전에 바 히터 등을 사용하여 시트 바를 가열하는 것이 바람직하다.

[0327] 마무리 압연 온도 : 820 °C 이상

[0328] 마무리 압연은, 압연 부하의 증대나, 오스테나이트의 미재결정 상태에서의 압하율이 높아져, 압연 방향으로 신장한 이상 조직이 발달한 결과, 최종재의 연성, 구멍 확장성 및 굽힘성을 저하시킨다. 이 때문에, 마무리 압연 온도는 820 °C 이상으로 한다. 마무리 압연 온도는, 바람직하게는 830 °C 이상이고, 보다 바람직하게는 850 °C 이상이다. 또, 마무리 압연 온도는, 바람직하게는 1080 °C 이하이고, 보다 바람직하게는 1050 °C 이하이다.

- [0329] 또, 열간 압연 후의 권취 온도에 대해서는, 특별히 한정되지 않지만, 최종재의 연성, 구멍 확장성 및 굽힘성을 저하시키는 경우를 고려할 필요가 있다. 이 때문에, 열간 압연 후의 권취 온도는 300 °C 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또, 열간 압연 후의 권취 온도는 700 °C 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0330] 또한, 열간 압연시에 조압연판끼리를 접합하여 연속적으로 마무리 압연을 실시해도 된다. 또, 조압연판을 일단 권취해도 상관없다. 또, 열간 압연시의 압연 하중을 저감시키기 위해서 마무리 압연의 일부 또는 전부를 윤활 압연으로 해도 된다. 윤활 압연을 실시하는 것은, 강판 형상의 균일화, 재질의 균일화의 관점에서도 유효하다. 또한, 윤활 압연시의 마찰 계수는, 0.10 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또, 윤활 압연시의 마찰 계수는, 0.25 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0331] (산세 공정)
- [0332] 상기와 같이 하여 제조한 열연 강판에, 산세를 실시해도 된다. 산세는 강판 표면의 산화물의 제거가 가능한 점에서, 최종 제품의 고강도 강판에 있어서의 양호한 화성 처리성이나 도금 품질의 확보를 위해서 실시할 수 있다. 또, 산세는, 1 회여도 되고, 복수회로 나누어도 된다.
- [0333] (냉간 압연 공정)
- [0334] 상기와 같이 하여 얻어진 열연 후 산세 처리판 또는 열연 강판에, 필요에 따라, 냉간 압연을 실시한다. 냉간 압연을 실시하는 경우, 열간 압연 후, 산세 처리판인 채로 냉간 압연을 실시해도 되고, 열처리를 실시한 후에 냉간 압연을 실시해도 된다. 또, 임의로, 냉간 압연 후에 얻어진 냉연 강판에 산세를 실시해도 된다.
- [0335] 냉간 압연은, 예를 들어, 텐덤식의 다(多) 스탠드 압연이나 리버스 압연 등의, 2 패스 이상의 패스수를 필요로 하는 다패스 압연에 의해 실시한다.
- [0336] 필요에 따라, 냉간 압연의 압하율 : 20 % 이상 80 % 이하
- [0337] 냉간 압연을 실시하는 경우, 냉간 압연의 압하율(누적 압하율)은 특별히 한정되지 않지만, 20 % 이상 80 % 이하로 하는 것이 바람직하다. 냉간 압연의 압하율이 20 % 미만에서는, 어닐링 공정에 있어서 강 조직의 조대화나 불균일화가 발생하기 쉬워져, 최종 제품에 있어서 TS 나 굽힘성이 저하될 우려가 있다. 따라서, 냉간 압연의 압하율은, 20 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. 한편, 냉간 압연의 압하율이 80 % 를 초과하면, 강판의 형상 불량 발생하기 쉬워져, 아연 도금의 부착량이 불균일해질 우려가 있다. 따라서, 냉간 압연의 압하율은, 80 % 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0338] (금속 도금(금속 전기 도금, 제 1 도금) 공정)
- [0339] 본 발명의 일 실시형태에 있어서는, 열간 압연 공정 후(냉간 압연을 실시하는 경우에는, 냉간 압연 공정 후), 또한 어닐링 공정 전의 강판의 편면 혹은 양면에 있어서, 금속 도금을 실시하여, 금속 도금층(제 1 도금층)을 형성하는 제 1 도금 공정을 포함하고 있어도 된다.
- [0340] 예를 들어, 상기와 같이 하여 얻어진 열연 강판 또는 냉연 강판의 표면에 금속 전기 도금 처리를 실시하여, 어닐링 전 금속 전기 도금층이 적어도 편면에 형성된 어닐링 전 금속 전기 도금 강판으로 해도 된다. 또한, 여기서 말하는 금속 도금은, 아연 도금(제 2 도금)을 제외한다.
- [0341] 금속 전기 도금 처리 방법은 특별히 한정되지 않지만, 전술한 바와 같이 소지 강판 상에 형성시키는 금속 도금층으로는, 금속 전기 도금층으로 하는 것이 바람직하기 때문에, 금속 전기 도금 처리를 실시하는 것이 바람직하다.
- [0342] 예를 들어, Fe 계 전기 도금욕에서는 황산욕, 염산욕 혹은 양자의 혼합 등을 적용할 수 있다. 또, 어닐링 전 금속 전기 도금층의 부착량은, 통전 시간 등에 의해 조정할 수 있다. 또한, 어닐링 전 금속 전기 도금 강판이란, 금속 전기 도금층이 어닐링 공정을 거치지 않은 것을 의미하고, 금속 전기 도금 처리 전의 열연 강판, 열연 후 산세 처리판 또는 냉연 강판에 대해 미리 어닐링된 양태를 제외하는 것은 아니다.
- [0343] 여기서, 전기 도금층의 금속종으로는, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Ga, Ge, As, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Os, Ir, Rt, Au, Hg, Ti, Pb, Bi 중 어느 것이어도 상관없지만, Fe 인 것이 보다 바람직하다. 이하에서는, Fe 계 전기 도금을 예로 설명하지만, 다른 금속계 전기 도금에서도 이하의 Fe 계 전기 도금에 있어서의 조건을 동일하게 채용할 수 있다.
- [0344] 통전 개시 전의 Fe 계 전기 도금욕 중의 Fe 이온 함유량은, Fe²⁺로서 0.5 mol/L 이상으로 하는 것이

바람직하다. Fe 계 전기 도금욕 중의 Fe 이온 함유량이, Fe^{2+} 로서 0.5 mol/L 이상이면, 충분한 Fe 부착량을 얻을 수 있다. 또, 충분한 Fe 부착량을 얻기 위해서, 통전 개시 전의 Fe 계 전기 도금욕 중의 Fe 이온 함유량은, 2.0 mol/L 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0345] 또, Fe 계 전기 도금욕 중에는 Fe 이온과, B, C, P, N, O, Ni, Mn, Mo, Zn, W, Pb, Sn, Cr, V 및 Co 로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 1 종의 원소를 함유할 수 있다. Fe 계 전기 도금욕 중에서의 이들 원소의 합계 함유량은, 어닐링 전 Fe 계 전기 도금층 중에서 이들 원소의 합계 함유량이 10 질량% 이하가 되도록 하는 것이 바람직하다. 또한, 금속 원소는 금속 이온으로서 함유하면 되고, 비금속 원소는 붕산, 인산, 질산, 유기산 등의 일부로서 함유할 수 있다. 또, 황산칼륨 도금액 중에는, 황산나트륨, 황산칼륨 등의 전도도 보조제나, 킬레이트제, pH 완충제가 포함되어 있어도 된다.

[0346] Fe 계 전기 도금욕의 그 밖의 조건에 대해서도 특별히 한정되지 않는다. Fe 계 전기 도금액의 온도는, 정온(定溫) 유지성을 생각하면, 30 °C 이상으로 하는 것이 바람직하고, 85 °C 이하가 바람직하다. Fe 계 전기 도금욕의 pH 도 특별히 규정하지 않지만, 수소 발생에 의한 전류 효율의 저하를 방지하는 관점에서 1.0 이상으로 하는 것이 바람직하고, 또, Fe 계 전기 도금욕의 전기 전도도를 고려하면, 3.0 이하가 바람직하다. 전류 밀도는, 생산성의 관점에서 10 A/dm² 이상으로 하는 것이 바람직하고, Fe 계 전기 도금층의 부착량 제어를 용이하게 하는 관점에서 150 A/dm² 이하로 하는 것이 바람직하다. 통관 속도는, 생산성의 관점에서 5 mpm 이상으로 하는 것이 바람직하고, 부착량을 안정적으로 제어하는 관점에서 150 mpm 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0347] 또한, Fe 계 전기 도금 처리를 실시하기 전의 처리로서, 강판 표면을 청정화하기 위한 탈지 처리 및 수세, 나아가서는, 강판 표면을 활성화하기 위한 산세 처리 및 수세를 실시할 수 있다. 이들 전처리에 계속해서 Fe 계 전기 도금 처리를 실시한다. 탈지 처리 및 수세의 방법은 특별히 한정되지 않고, 통상적인 방법을 사용할 수 있다. 산세 처리에 있어서는, 황산, 염산, 질산, 및 이들의 혼합물 등 각종 산을 사용할 수 있다. 그 중에서도, 황산, 염산 혹은 이들의 혼합이 바람직하다. 산의 농도는 특별히 규정하지 않지만, 산화 피막의 제거 능력, 및 과산세에 의한 표면 거칠(표면 결함) 방지 등을 고려하면, 1 ~ 20 mass% 가 바람직하다. 또, 산세 처리액에는, 소포제, 산세 촉진제, 산세 억제제 등을 함유해도 된다.

[0348] (어닐링 공정)

[0349] 본 발명의 일 실시형태에 있어서는, 열간 압연 공정 후(냉간 압연을 실시하는 경우에는, 냉간 압연 공정 후, 금속 도금층(제 1 도금층)을 형성하는 금속 도금을 실시하는 경우에는, 금속 도금 공정 후, 냉간 압연 및 금속 도금을 실시하는 경우에는, 금속 도금 공정 후), 강판에 대해, 어닐링 온도 : $(Ac_1 + (Ac_3 - Ac_1) \times 5/8)$ °C 이상 950 °C 이하, 유지 시간 : 20 초 이상의 조건에서 어닐링하는 어닐링 공정을 포함한다.

[0350] 어닐링 온도 : $(Ac_1 + (Ac_3 - Ac_1) \times 5/8)$ °C 이상 950 °C 이하

[0351] 어닐링 온도가 $(Ac_1 + (Ac_3 - Ac_1) \times 5/8)$ °C 미만인 경우, 페라이트와 오스테나이트의 2 상역에서의 가열 중에 있어서의 오스테나이트의 생성 비율이 불충분해진다. 그 때문에, 어닐링 후에 페라이트의 면적률이 과도하게 증가하여, 원하는 TS, YS 및 YR 이 얻어지지 않는다.

[0352] 한편, 어닐링 온도가 950 °C 를 초과하면, 오스테나이트의 입경이 조대해져, 최종적으로 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 고립된 섬상 프레스 마텐자이트와 고립된 섬상 잔류 오스테나이트의 평균 결정 입경이 2.00 μm 초과가 되어, 양호한 λ, R/t, ST 및 SFmax 를 얻는 것이 곤란해진다.

[0353] 따라서, 어닐링 온도는 $(Ac_1 + (Ac_3 - Ac_1) \times 5/8)$ °C 이상 950 °C 이하로 한다. 어닐링 온도는, 바람직하게는 900 °C 이하이다. 또한, 어닐링 온도는, 어닐링 공정에서의 최고 도달 온도이다.

[0354] Ac₁ 점(°C), Ac₃ 점(°C) 은 이하의 식에 의해 산출할 수 있다.

[0355] Ac₁ 점(°C) = 727.0 - 32.7 × [%C] + 14.9 × [%Si] + 2.0 × [%Mn]

[0356] Ac₃ 점(°C) = 912.0 - 230 × [%C] + 31.6 × [%Si] - 20.4 × [%Mn]

[0357] 여기서, [%C] : C 함유량(질량%), [%Si] : Si 함유량(질량%), [%Mn] : Mn 함유량(질량%) 이다.

[0358] 어닐링 시간 : 20 초 이상

- [0359] 어닐링 시간이 20 초 미만이면, 페라이트와 오스테나이트의 2 상역에서의 가열 중에 있어서의 오스테나이트의 생성 비율이 불충분해진다. 그 때문에, 어닐링 후에 페라이트의 면적률이 과도하게 증가하여, TS, YS 및 YR 이 얻어지지 않는다. 그 때문에, 어닐링 시간은 20 초 이상으로 한다. 어닐링 시간은, 바람직하게는 30 초 이상이고, 보다 바람직하게는 50 초 이상이다.
- [0360] 또한, 어닐링 시간의 상한은 특별히 한정되지 않지만, 어닐링 시간은 900 초 이하로 하는 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 800 초 이하이다. 어닐링 시간은 300 초 이하로 하는 것이 더욱 바람직하고, 더욱 더 바람직하게는 220 초 이하이다.
- [0361] 또한, 어닐링 시간이란, (어닐링 온도 - 40 °C) 이상 어닐링 온도 이하의 온도역에서의 유지 시간이다. 즉, 어닐링 시간에는, 어닐링 온도에서의 유지 시간에 더하여, 어닐링 온도에 도달하기 전후의 가열 및 냉각에 있어서의 (어닐링 온도 - 40 °C) 이상 어닐링 온도 이하의 온도역에서의 체류 시간도 포함된다.
- [0362] 또한, 어닐링 횟수는 2 회 이상이어도 되지만, 에너지 효율의 관점에서 1 회가 바람직하다.
- [0363] 어닐링 공정의 분위기 (어닐링 분위기) 의 노점 : -30 °C 이상
- [0364] 본 발명의 일 실시형태에 있어서는, 어닐링 공정의 분위기 (어닐링 분위기) 의 노점을 -30 °C 이상으로 하는 것이 바람직하다. 어닐링 공정에 있어서의 어닐링 분위기의 노점을 -30 °C 이상으로 하여 어닐링을 실시함으로써, 탈탄 반응이 촉진되어, 표층 연질층을 보다 깊게 형성할 수 있다. 어닐링 공정의 어닐링 분위기의 노점은, 보다 바람직하게는 -25 °C 이상, 더욱 바람직하게는 -20 °C 초과, 더욱 더 바람직하게는 -15 °C 이상, 가장 바람직하게는 -5 °C 이상이다.
- [0365] 어닐링 공정의 어닐링 분위기의 노점의 상한은 특별히 정하지 않지만, Fe 계 전기 도금층 표면의 산화를 바람직하게 방지하여, 아연 도금층을 형성할 때의 도금 밀착성을 양호하게 하기 위해, 어닐링 공정의 어닐링 분위기의 노점은 30 °C 이하로 하는 것이 바람직하다. 어닐링 공정의 어닐링 분위기의 노점은 25 °C 이하로 하는 것이 보다 바람직하고, 20 °C 이하로 하는 것이 더욱 바람직하다.
- [0366] (제 1 냉각 공정)
- [0367] 본 발명에서는, 어닐링 공정 후, 제 1 냉각 정지 온도 : 300 °C 이상 550 °C 이하로 하여, 이 제 1 냉각 정지 온도까지 냉각시키는 제 1 냉각 공정을 포함한다.
- [0368] 제 1 냉각 정지 온도 : 300 °C 이상 550 °C 이하
- [0369] 제 1 냉각 정지 온도가 300 °C 미만 또는 550 °C 초과가 되면, 베이나이트 및 템퍼드 베이나이트의 면적률이 10.0 % 이하가 되어, 양호한 연성의 확보, 즉, 원하는 E1 을 얻는 것이 곤란해진다.
- [0370] 또, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 고립된 섬상 프레시 마텐자이트와 고립된 섬상 잔류 오스테나이트의 평균 결정 입경이 2.00 μm 초과가 된다. 또, 추가로, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 탄화물의 평균 결정 입경이 500 nm 초과가 되고, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 입경이 300 nm 이상인 탄화물의 개수 밀도가 3.0 개/μm² 초과가 되는 경우도 있다. 이로써, 양호한 λ, R/t, ST 및 SFmax 를 얻는 것이 곤란해진다. 따라서, 본 발명에서는, 어닐링 공정 후, 제 1 냉각 정지 온도 : 300 °C 이상 550 °C 이하로 하여, 이 제 1 냉각 정지 온도까지 냉각시킨다.
- [0371] (중간 유지 공정)
- [0372] 중간 유지 온도 : 300 °C 이상 550 °C 이하, 중간 유지 시간 : 20 초 이상
- [0373] 본 발명에 있어서, 제 1 냉각 공정 후, 중간 유지 공정에 있어서, 중간 유지 온도 : 300 °C 이상 550 °C 이하, 유지 시간 : 20 초 이상의 조건에서 유지를 실시한다.
- [0374] 중간 유지 온도가 300 °C 미만 혹은 550 °C 초과가 되면, 또는 유지 시간 (중간 유지 시간) 이 20 초 이상이 되면, 베이나이트 및 템퍼드 베이나이트의 면적률이 10.0 % 이하가 되어, 양호한 연성의 확보, 즉, 원하는 E1 을 얻는 것이 곤란해진다. 또, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 고립된 섬상 프레시 마텐자이트와 고립된 섬상 잔류 오스테나이트의 평균 결정 입경이 2.00 μm 초과가 된다. 또, 추가로, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 탄화물의 평균 결정 입경이 500 nm 초과가 되고, 베이나이트립 내 및 템퍼드 베이나이트립 내의 입경이 300 nm 이상인 탄화물의 개수 밀도가 3.0 개/μm² 초과가 되는 경우도 있다. 이로써,

양호한 λ , R/t, ST 및 SFmax 를 얻는 것이 곤란해진다.

- [0375] 따라서, 본 발명에서는, 중간 유지 공정에 있어서, 중간 유지 온도 : 300 °C 이상 550 °C 이하, 유지 시간 (중간 유지 시간) : 20 초 이상의 조건에서 유지를 실시한다.
- [0376] 아연 도금 공정 (제 2 도금 공정))
- [0377] 본 발명에서는, 중간 유지 공정 후, 강관에 아연 도금 처리를 실시해도 된다. 아연 도금 처리를 실시함으로써, 아연 도금 강관을 얻을 수 있다.
- [0378] 아연 도금 처리로는, 예를 들어, 용융 아연 도금 처리나 합금화 아연 도금 처리를 들 수 있다.
- [0379] 용융 아연 도금 처리의 경우, 강관을 440 °C 이상 500 °C 이하의 아연 도금욕 중에 침지시킨 후, 가스 와이핑 등에 의해, 도금 부착량을 조정하는 것이 바람직하다. 용융 아연 도금욕으로는, 상기한 아연 도금층의 조성 이 되면 특별히 한정되는 것은 아니지만, 예를 들어, Al 함유량이 0.10 질량% 이상이고, 잔부가 Zn 및 불가피 적 불순물로 이루어지는 조성의 도금욕을 사용하는 것이 바람직하다. 상기의 Al 함유량은 0.23 질량% 이하 인 것이 바람직하다.
- [0380] 또, 합금화 아연 도금 처리의 경우, 상기의 요령으로 용융 아연 도금 처리를 실시한 후, 용융 아연 도금 강관을 450 °C 이상의 합금화 온도로 가열하여 합금화 처리를 실시하는 것이 바람직하다. 상기의 합금화 온도는, 600 °C 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0381] 합금화 온도가 450 °C 미만에서는, Zn-Fe 합금화 속도가 느려져, 합금화가 곤란해지는 경우가 있다. 한편, 합금화 온도가 600 °C 를 초과하면, 미변태 오스테나이트가 펄라이트로 변태되어, TS 를 1180 MPa 이상으로 하는 것이 곤란해진다. 또한, 합금화 온도는, 보다 바람직하게는 500 °C 이상이고, 더욱 바람직하게는 510 °C 이 상이다. 또, 합금화 온도는, 보다 바람직하게는 570 °C 이하이다.
- [0382] 또, 용융 아연 도금 강관 (GI) 및 합금화 용융 아연 도금 강관 (GA) 의 도금 부착량은 모두, 편면당 20 g/m² 이 상으로 하는 것이 바람직하다. 또, 아연 도금층의 편면당의 도금 부착량은, 80 g/m² 이하로 하는 것이 바람 직하다. 또한, 도금 부착량은, 가스 와이핑 등에 의해 조절하는 것이 가능하다.
- [0383] (제 2 냉각 공정)
- [0384] 본 발명에서는, 중간 유지 공정 후 (아연 도금 공정을 거치는 경우에는, 아연 도금 공정 후), 강관에 대해, 300 °C 이상 450 °C 이하의 온도역에서 2.0 kgf/mm² 이상의 장력을 부여하고, 강관을, 1 패스당 직경 500 mm 이상 1500 mm 이하의 물에 물 1/4 주분 접촉시키면서, 5 패스 이상 통과시키고, 이어서, 300 °C 미만의 냉각 정지 온 도 (제 2 냉각 정지 온도) 까지 냉각시키는 제 2 냉각 공정을 포함한다.
- [0385] 300 °C 이상 450 °C 이하의 온도역에서 부여하는 장력 : 2.0 kgf/mm² 이상
- [0386] 본 발명에 있어서, 상기와 같이 강관에 대해 2.0 kgf/mm² 이상의 장력을 1 회 이상 부여함으로써, 오스테나이트 의 대부분이 가공 (응력·변형) 야기 변태에 의해 마텐자이트가 되고, 그 후, 재가열 공정에서 템퍼링을 받기 때문에, 최종 조직의 프레스 마텐자이트의 면적률을 저감시킬 수 있고, 또한, 템퍼드 마텐자이트를 적정량 확보 할 수 있다. 또, 제 2 냉각 공정 직후의 오스테나이트의 양을 저감시킬 수 있어, 최종 조직의 잔류 오스테 나이트의 체적률을 저감시킬 수 있다. 그 결과, 원하는 λ , R/t, ST 및 SFmax 가 얻어진다.
- [0387] 여기서, 장력은, 물 좌우의 로드 셀의 하중 (kgf) 의 합계치를, 강관의 단면적 (= 관두께 (mm) × 관폭 (mm)) (mm²) 으로 나눔으로써 얻어진다. 또한, 로드 셀의 배치는, 장력 방향과 평행하게 할 필요가 있다.
- [0388] 로드 셀의 배치 위치는, 물 양단부로부터 200 mm 위치로 하는 것이 바람직하다. 또, 사용하는 물의 몸통 길 이는, 1500 mm 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또, 사용하는 물의 몸통 길이는, 2500 mm 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0389] 또, 이 장력은, 바람직하게는 2.2 kgf/mm² 이상이고, 보다 바람직하게는 2.4 kgf/mm² 이상이다. 또, 이 장력 은, 바람직하게는 15.0 kgf/mm² 이하이고, 보다 바람직하게는 10.0 kgf/mm² 이하이다. 이 장력은, 더욱 바람 직하게는 7.0 kgf/mm² 이하이고, 더욱 더 바람직하게는 4.0 kgf/mm² 이하이다.
- [0390] 강관을, 1 패스당 직경 500 mm 이상 1500 mm 이하의 물에 물 1/4 주분 접촉시키면서, 통과시키는 패스수 : 5 패 스 이상
- [0391] 본 발명에 있어서, 강관을, 직경 500 mm 이상 1500 mm 이하의 물에 1 패스당 물 1/4 주분 접촉시키면서, 강관을

5 패스 이상 통과시킴으로써, 오스테나이트의 대부분이 가공 (응력·변형) 야기 변태에 의해 마텐자이트가 되고, 그 후, 재가열 공정에서 템퍼링을 받기 때문에, 최종 조직의 프레스 마텐자이트의 면적률을 저감시킬 수 있고, 또한, 템퍼드 마텐자이트를 적정량 확보할 수 있다. 또, 제 2 냉각 공정 직후의 오스테나이트의 양을 저감시킬 수 있어, 최종 조직의 잔류 오스테나이트의 체적률을 저감시킬 수 있다. 그 결과, 원하는 λ , R/t, ST 및 SFmax 가 얻어진다.

- [0392] 이 패스수는, 바람직하게는 6 패스 이상이고, 보다 바람직하게는 7 패스 이상이다.
- [0393] 상한은 특별히 한정되지 않지만, 이 패스수는, 바람직하게는 10 패스 이하이고, 보다 바람직하게는 9 패스 이하이다.
- [0394] 제 2 냉각 정지 온도 : 300 °C 미만
- [0395] 제 2 냉각 공정의 냉각 조건은 특정하게 한정되지 않고, 통상적인 방법에 따르면 된다. 냉각 방법으로는, 예를 들어, 가스 제트 냉각, 미스트 냉각, 물 냉각, 수랭 및 공랭 등을 적용할 수 있다. 제 2 냉각 정지 온도를 300 °C 미만으로 함으로써, 적정량의 오스테나이트가 마텐자이트로 변태되고, 그 후, 재가열 공정에서 템퍼링을 받기 때문에, 최종 조직의 프레스 마텐자이트의 면적률을 저감시킬 수 있고, 또한, 템퍼드 마텐자이트를 적정량 확보할 수 있다. 또, 제 2 냉각 공정 직후의 오스테나이트의 양을 저감시킬 수 있어, 최종 조직의 잔류 오스테나이트의 체적률을 저감시킬 수 있다. 그 결과, 원하는 λ , R/t, ST 및 SFmax 가 얻어진다. 또한, 표면의 산화 방지의 관점에서, 250 °C 이하까지 냉각시키는 것이 바람직하다. 하한은 특별히 한정되지 않지만, 실온 (-5 °C 이상 55 °C 이하) 으로 하는 것이 바람직하다. 평균 냉각 속도는, 예를 들어, 1 °C /초 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또, 평균 냉각 속도는, 50 °C/초 이하로 하는 것이 바람직하다. 여기서, 평균 냉각 속도 (°C/s) 는, (냉각 개시 온도 (°C) - 냉각 정지 온도 (°C))/냉각 시간 (s) 으로부터 산출된다.
- [0396] (재가열 공정)
- [0397] 제 2 냉각 공정 후, 재가열 공정으로서, 강관을, 상기 냉각 정지 온도 (제 2 냉각 정지 온도) 이상 440 °C 이하의 온도역까지 재가열하여 20 초 이상 유지한다.
- [0398] 재가열 온도 : 상기 냉각 정지 온도 (제 2 냉각 정지 온도) 이상 440 °C 이하의 온도역
- [0399] 재가열 유지 시간 : 20 초 이상
- [0400] 본 발명에 있어서, 냉각 정지 온도 (제 2 냉각 정지 온도) 이상까지 재가열하는 것 및 20 초 이상 유지함으로써, 강 중의 확산성 수소가 방출된다. 또, 최종 조직의 프레스 마텐자이트의 면적률을 저감시킬 수 있어, 템퍼드 마텐자이트를 적정량 확보할 수 있다. 또, 제 2 냉각 공정 직후의 오스테나이트의 양을 저감시킬 수 있어, 최종 조직의 잔류 오스테나이트의 체적률을 저감시킬 수 있다. 그 결과, 원하는 λ , R/t, ST 및 SFmax 가 얻어진다.
- [0401] 한편, 재가열 온도가 440 °C 를 초과하는 경우, 아연 도금 처리를 실시하는 경우, 아연 도금이 일부 용해되고, 롤에 부착되어 버려, 균일하게 아연 도금된 용융 아연 도금 강관이 얻어지지 않는다. 또, 재가열 유지 시간이 20 초 미만인 경우, 강 중의 확산성 수소가 원하는 양 방출되지 않는다.
- [0402] 따라서, 본 발명에서는, 제 2 냉각 정지 온도 이상 440 °C 이하의 온도역까지 재가열하고, 20 초 이상 유지한다.
- [0403] 재가열 온도는, 바람직하게는 40 °C 이상이고, 보다 바람직하게는 160 °C 이상이다.
- [0404] 또, 재가열 온도는, 바람직하게는 420 °C 이하이고, 보다 바람직하게는 320 °C 이하이다.
- [0405] 재가열 유지 시간은, 바람직하게는 25 초 이상이고, 보다 바람직하게는 30 초 이상이다.
- [0406] 또, 재가열 유지 시간은, 바람직하게는 300 초 이하이고, 보다 바람직하게는 200 초 이하이다.
- [0407] 또, 상기와 같이 하여 얻은 강관에, 추가로, 조질 압연을 실시해도 된다. 조질 압연의 압하율은 2.00 % 를 초과하면, 항복 응력이 상승하여, 강관을 부재로 성형할 때의 치수 정밀도가 저하될 우려가 있다. 그 때문에, 조질 압연의 압하율은 2.00 % 이하가 바람직하다. 또한, 조질 압연의 압하율의 하한은 특별히 한정되는 것은 아니지만, 생산성의 관점에서 0.05 % 이상이 바람직하다. 또, 조질 압연은 상기 서술한 각 공정을 실시하기 위한 어닐링 장치와 연속된 장치 상 (온라인) 에서 실시해도 되고, 각 공정을 실시하기 위한 어닐링

장치와는 불연속인 장치 상 (오프라인) 에서 실시해도 된다. 또, 조질 압연의 압연 횟수는, 1 회여도 되고, 2 회 이상이어도 된다. 또한, 조질 압연과 동등한 신장률을 부여할 수 있으면, 레벨러 등에 의한 압연이어도 상관없다.

[0408] 그 밖의 제조 방법의 조건은, 특별히 한정되지 않지만, 생산성의 관점에서, 상기의 어닐링, 용융 아연 도금, 아연 도금의 합금화 처리 등의 일련의 처리는, 용융 아연 도금 라인인 CGL (Continuous Galvanizing Line) 로 실시하는 것이 바람직하다. 용융 아연 도금 후에는, 도금의 겹보기 중량을 조정하기 위해서, 와이핑이 가능하다. 또한, 상기한 조건 이외의 도금 등의 조건은, 용융 아연 도금의 통상적인 방법에 의할 수 있다.

[0409] [3. 부재]

[0410] 다음으로, 본 발명의 일 실시형태에 따른 부재에 대해 설명한다.

[0411] 본 발명의 일 실시형태에 따른 부재는, 상기의 강관을 사용하여 이루어지는 (소재로 하는) 부재이다. 예를 들어, 소재인 강관에, 성형 가공 또는 접합 가공 중 적어도 일방을 실시하여 부재로 한다.

[0412] 여기서, 상기의 강관은, TS : 1180 MPa 이상이고, 또한, 높은 YS 및 YR 과, 우수한 프레스 성형성 (연성, 구멍 확장성 및 굽힘성) 과, 충돌시의 내파단 특성 (굽힘 파단 특성 및 축 압괴 특성) 을 갖는다. 그 때문에, 본 발명의 일 실시형태에 따른 부재는, 고강도이고, 또한, 내충격 특성도 우수하다. 따라서, 본 발명의 일 실시형태에 따른 부재는, 자동차 분야에서 사용되는 충격 에너지 흡수 부재에 적용하기에 특히 바람직하다.

[0413] [4. 부재의 제조 방법]

[0414] 다음으로, 본 발명의 일 실시형태에 따른 부재의 제조 방법에 대해 설명한다.

[0415] 본 발명의 일 실시형태에 따른 부재의 제조 방법은, 상기의 강관 (예를 들어, 상기의 강관의 제조 방법에 의해 제조된 강관) 에, 성형 가공, 접합 가공 중 적어도 일방을 실시하여 부재로 하는 공정을 갖는다.

[0416] 여기서, 성형 가공 방법은, 특별히 한정되지 않고, 예를 들어, 프레스 가공 등의 일반적인 가공 방법을 사용할 수 있다. 또, 접합 가공 방법도, 특별히 한정되지 않고, 예를 들어, 스폿 용접, 레이저 용접, 아크 용접 등의 일반적인 용접이나, 리벳 접합, 코킹 접합 등을 사용할 수 있다. 또한, 성형 조건 및 접합 조건에 대해서는 특별히 한정되지 않고, 통상적인 방법에 따르면 된다.

[0417] 실시에

[0418] 표 1 에 나타내는 성분 조성 (잔부는 Fe 및 불가피적 불순물) 을 갖는 강 소재를 전로에서 용제하고, 연속 주조법으로 강 슬래브로 하였다. 표 1 중, - 는 불가피적 불순물 레벨의 함유량을 나타낸다.

[0419] 표 1 에 나타내는 계산 변태점 Ac₁ 점 (°C), Ac₃ 점 (°C) 은 다음 식에 의해 계산하였다.

[0420]
$$Ac_1 \text{ 점 } (^\circ\text{C}) = 727.0 - 32.7 \times [\%C] + 14.9 \times [\%Si] + 2.0 \times [\%Mn]$$

[0421]
$$Ac_3 \text{ 점 } (^\circ\text{C}) = 912.0 - 230 \times [\%C] + 31.6 \times [\%Si] - 20.4 \times [\%Mn]$$

[0422] 여기서, [%C] : C 함유량, [%Si] : Si 함유량, [%Mn] : Mn 함유량이다.

[0423] 얻어진 강 슬래브를 1200 °C 로 가열하고, 가열 후, 강 슬래브에 조압연과 열간 압연을 실시하여, 열연 강관으로 하였다. 이어서, 얻어진 열연 강관의 No.1 ~ No.56, No.60 ~ No.83, No.92 ~ No.106, No.112 ~ No.117 에, 산세 및 냉간 압연을 실시하여, 표 3, 표 5, 표 7 에 나타내는 판두께의 냉연 강관으로 하였다. 또, 얻어진 열연 강관의 No.57 ~ No.59, No.84 ~ No.91, No.107 ~ No.111 에 산세를 실시하여, 표 3, 표 5, 표 7 에 나타내는 판두께의 열연 강관 (백피) 으로 하였다.

[0424] 이어서, 얻어진 냉연 강관 또는 열연 강관 (백피) 에, 표 2 에 나타내는 조건에서, 어닐링 공정, 제 1 냉각 공정, 중간 유지 공정, 아연 도금 공정, 제 2 냉각 공정 및 재가열 공정에 있어서의 처리를 실시하고,

[0425] 또, 표 4 에 나타내는 조건에서, 제 1 도금 공정 (금속 도금 공정), 어닐링 공정, 제 1 냉각 공정, 중간 유지 공정, 제 2 도금 공정 (아연 도금 공정), 제 2 냉각 공정 및 재가열 공정에 있어서의 처리를 실시하여, 강관 (아연 도금 강관) 을 얻었다.

[0426] 또, 표 6 에 나타내는 조건에서, 제 1 도금 공정 (금속 도금 공정), 어닐링 공정, 제 1 냉각 공정, 중간 유지 공정, 제 2 냉각 공정 및 재가열 공정에 있어서의 처리를 실시하여, 강관을 얻었다.

- [0427] 여기서, 아연 도금 공정에서는, 용융 아연 도금 처리 또는 합금화 아연 도금 처리를 실시하여, 용융 아연 도금 강판 (이하, GI 라고도 한다) 또는 합금화 용융 아연 도금 강판 (이하, GA 라고도 한다) 을 얻었다. 또한, 표 2 에서는, 도금 공정의 종류에 대해서도, 「GI」 및 「GA」 로 표시하고 있다. 표 2, 표 4 중, GI 강판의 경우에 합금화 처리를 실시하지 않기 때문에 합금화 온도를 - 로 나타낸다. 또, 표 6 에서는, 아연 도금 처리는 실시하지 않고, CR (냉연 강판 (도금 없음)) 또는 HR (열연 강판 (도금 없음)) 로 표시하고 있다.
- [0428] 아연 도금옥은은, GI 및 GA 중 어느 것을 제조하는 경우에도, 470 °C 로 하였다.
- [0429] 아연 도금 부착량은, GI 를 제조하는 경우에는, 편면당 45 ~ 72 g/m² 로 하고, GA 를 제조하는 경우에는, 편면당 45 g/m² 로 하였다.
- [0430] 또한, 최종적으로 얻어진 용융 아연 도금 강판의 아연 도금층의 조성은, GI 에서는, Fe : 0.1 ~ 1.0 질량%, Al : 0.2 ~ 0.33 질량% 를 함유하고, 잔부가 Zn 및 불가피적 불순물이었다. 또, GA 에서는, Fe : 8.0 ~ 12.0 질량%, Al : 0.1 ~ 0.23 질량% 를 함유하고, 잔부가 Zn 및 불가피적 불순물이었다.
- [0431] 또, 아연 도금층은 모두, 소지 강판의 양면에 형성하였다.
- [0432] 얻어진 강판을 사용하여, 상기 서술한 요령에 의해, 소지 강판의 강 조직의 동정을 실시하였다. 측정 결과를 표 3, 표 5, 표 7 에 나타낸다. 표 3, 표 5, 표 7 중, F 는 페라이트, M 은 마텐자이트, RA 는 잔류 오스테나이트, B 및 BT 는 베이나이트 및 템퍼드 베이나이트, TM 은 템퍼드 마텐자이트, P 는 펄라이트, θ 는 탄화물, F' 는 미세결정 페라이트이다.
- [0433] 표층 연질층의 측정 방법은 이하와 같다. 강판의 압연 방향에 평행한 판두께 단면 (L 단면) 을 습식 연마에 의해 평활화한 후, JIS Z 2244-1(2020) 에 기초하여, 비커스 경도계를 사용하여, 하중 10 gf 로, 강판 표면으로부터 판두께 방향으로 1 μ m 의 위치에서부터, 판두께 방향 100 μ m 의 위치까지, 1 μ m 간격으로 측정을 실시하였다. 그 후에는 판두께 중심까지 20 μ m 간격으로 측정을 실시하였다. 경도가 판두께 1/4 위치의 경도에 비해 85 % 이하로 감소한 영역을 연질층 (표층 연질층) 으로 정의하고, 당해 영역의 판두께 방향의 두께를 연질층의 두께로 정의한다.
- [0434] 표 1 ~ 7 중 하선부는 본 발명의 적정 범위 외를 나타낸다.
- [0435] 또, 이하의 요령에 의해, 인장 시험, 구멍 확장 시험, V 굽힘 시험, U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험, V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험 및 축 압괴 시험을 실시하고, 이하의 기준에 의해, 인장 강도 (TS), 항복 응력 (YS), 항복비 (YR), 전연신 (E1), 한계 구멍 확장률 (λ), V 굽힘 시험에서의 R/t, U 굽힘 + 밀착 굽힘 굽힘 시험에서의 한계 스페이서 두께 (ST), V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험에서 측정되는 하중 최대시의 스트로크 (SFmax), 및 축 압괴 시험에서의 과단 (외관 균열) 유무를 평가하였다.
- [0436] · TS
- [0437] ○ (합격) : 1180 MPa 이상
- [0438] × (불합격) : 1180 MPa 미만
- [0439] · YS
- [0440] ○ (합격) :
- [0441] (A) 1180 MPa \leq TS < 1320 MPa 의 경우, 750 MPa \leq YS
- [0442] (B) 1320 MPa \leq TS 의 경우, 850 MPa \leq YS
- [0443] × (불합격) :
- [0444] (A) 1180 MPa \leq TS < 1320 MPa 의 경우, 750 MPa > YS
- [0445] (B) 1320 MPa \leq TS 의 경우, 850 MPa > YS
- [0446] · YR
- [0447] ○ (합격) : 0.64 \leq YR
- [0448] × (불합격) : 0.64 > YR

- [0449] · E1
- [0450] ○ (합격) :
- [0451] (A) $1180 \text{ MPa} \leq \text{TS} < 1320 \text{ MPa}$ 의 경우, $8.0 \% \leq \text{E1}$
- [0452] (B) $1320 \text{ MPa} \leq \text{TS}$ 의 경우, $7.0 \% \leq \text{E1}$
- [0453] × (불합격) :
- [0454] (A) $1180 \text{ MPa} \leq \text{TS} < 1320 \text{ MPa}$ 의 경우, $8.0 \% > \text{E1}$
- [0455] (B) $1320 \text{ MPa} \leq \text{TS}$ 의 경우, $7.0 \% > \text{E1}$
- [0456] · λ
- [0457] ○ (합격) : 25 % 이상
- [0458] × (불합격) : 25 % 미만
- [0459] · R/t
- [0460] ○ (합격) :
- [0461] (A) $1180 \text{ MPa} \leq \text{TS} < 1320 \text{ MPa}$ 의 경우, $2.5 \geq \text{R/t}$
- [0462] (B) $1320 \text{ MPa} \leq \text{TS}$ 의 경우, $3.0 \geq \text{R/t}$
- [0463] × (불합격) :
- [0464] (A) $1180 \text{ MPa} \leq \text{TS} < 1320 \text{ MPa}$ 의 경우, $2.5 < \text{R/t}$
- [0465] (B) $1320 \text{ MPa} \leq \text{TS}$ 의 경우, $3.0 < \text{R/t}$
- [0466] · ST
- [0467] ○ (합격) :
- [0468] (A) $1180 \text{ MPa} \leq \text{TS} < 1320 \text{ MPa}$ 의 경우, $5.5 \text{ mm} \geq \text{ST}$
- [0469] (B) $1320 \text{ MPa} \leq \text{TS}$ 의 경우, $6.0 \text{ mm} \geq \text{ST}$
- [0470] × (불합격) :
- [0471] (A) $1180 \text{ MPa} \leq \text{TS} < 1320 \text{ MPa}$ 의 경우, $5.5 \text{ mm} < \text{ST}$
- [0472] (B) $1320 \text{ MPa} \leq \text{TS}$ 의 경우, $6.0 \text{ mm} < \text{ST}$
- [0473] · SFmax
- [0474] ○ (합격) :
- [0475] (A) $1180 \text{ MPa} \leq \text{TS} < 1320 \text{ MPa}$ 의 경우, $25.5 \text{ mm} \leq \text{SFmax}$
- [0476] (B) $1320 \text{ MPa} \leq \text{TS}$, $24.5 \text{ mm} \leq \text{SFmax}$
- [0477] × (불합격) :
- [0478] (A) $1180 \text{ MPa} \leq \text{TS} < 1320 \text{ MPa}$ 의 경우, $25.5 \text{ mm} > \text{SFmax}$
- [0479] (B) $1320 \text{ MPa} \leq \text{TS}$ 의 경우, $24.5 \text{ mm} > \text{SFmax}$
- [0480] · 축 압괴 파단 (외관 균열) 유무
- [0481] ◎ (합격) : 축 압괴 시험 후의 샘플에 외관 균열이 관찰되지 않았다.
- [0482] ○ (합격) : 축 압괴 시험 후의 샘플에 외관 균열이 1 개 지점 이하 관찰되었다
- [0483] × (불합격) : 축 압괴 시험 후의 샘플에 외관 균열이 2 개 지점 이상 관찰되었다
- [0484] (1) 인장 시험

[0485] 인장 시험은, JIS Z 2241(2011) 에 준거하여 실시하였다. 즉, 얻어진 강판으로부터, 길이 방향이 소지 강판의 압연 방향에 대해 직각이 되도록 JIS 5 호 시험편을 채취하였다. 채취한 시험편을 사용하여, 크로스 헤드 속도가 10 mm/min 인 조건에서 인장 시험을 실시하여, TS, YS, YR 및 EI 을 측정하였다. 결과를 표 3, 표 5, 표 7 에 나타낸다.

[0486] (2) 구멍 확장 시험

[0487] 구멍 확장 시험은, JIS Z 2256(2020) 에 준거하여 실시하였다. 즉, 얻어진 강판으로부터, 100 mm × 100 mm 의 시험편을 전단 가공에 의해 채취하였다. 그 시험편에, 클리어런스를 12.5 % 로 하여 직경 10 mm 의 구멍을 타발하였다. 이어서, 내경 : 75 mm 의 다이스를 사용하여 구멍의 주위에 주름 누름력 : 9 ton (88.26 kN) 을 가하고, 꼭지각 : 60° 의 원뿔 펀치를 구멍에 압입하여, 균열 발생 한계 (균열 발생시) 에 있어서의 시험편의 구멍의 직경을 측정하였다. 그리고, 다음 식에 의해, 한계 구멍 확장률 : λ (%) 를 구하였다. 또한, λ 는, 신장 플랜지성을 평가하는 지표가 되는 것이다. 결과를 표 3, 표 5, 표 7 에 나타낸다.

[0488]
$$\lambda (\%) = \{(D_f - D_0)/D_0\} \times 100$$

[0489] 여기서,

[0490] D_f : 균열 발생시의 시험편의 구멍의 직경 (mm)

[0491] D_0 : 초기의 시험편의 구멍의 직경 (mm)

[0492] 이다.

[0493] (3) V 굽힘 시험

[0494] V (90°) 굽힘 시험은, JIS Z 2248(2014) 에 준거하여 실시하였다.

[0495] 얻어진 강판으로부터, 100 mm × 35 mm 의 시험편을 전단·단면 연삭 가공에 의해 채취하였다. 여기서, 100 mm 의 변은 폭 (C) 방향에 평행하다.

[0496] 굽힘 반경 R : 0.5 mm 피치로 변화

[0497] 시험 방법 : 다이 지지, 펀치 압입

[0498] 성형 하중 : 10 ton

[0499] 시험 속도 : 30 mm/min

[0500] 유지 시간 : 5 s

[0501] 굽힘 방향 : 압연 직각 (C) 방향

[0502] 3 회 평가를 실시하여, 모두 균열이 나오지 않는 최소의 굽힘 반경 (한계 굽힘 반경) R 을 판두께 t 로 나눈 R/t 를 산출하였다. 또, 라이카 제조 실체 현미경을 사용하여, 25 배의 배율로 길이가 200 μm 이상인 균열을 균열로 판단하였다. 또한, R/t 는, 프레스 성형성의 굽힘성을 평가하는 지표가 되는 것이다. 결과를 표 3, 표 5, 표 7 에 나타낸다.

[0503] (4) U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험

[0504] U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험은 이하와 같이 하여 실시하였다.

[0505] 얻어진 강판으로부터, 60 mm × 30 mm 의 시험편을 전단·단면 연삭 가공에 의해 채취하였다. 여기서, 60 mm 의 변은 폭 (C) 방향에 평행하다. 곡률 반경/판두께 : 4.2 이고 압연 (L) 방향을 축으로 폭 (C) 방향으로 U 굽힘 가공 (일차 굽힘 가공) 을 실시하여, 시험편을 준비하였다. U 굽힘 가공 (일차 굽힘 가공) 에서는, 도 2(a) 에 나타내는 바와 같이, 롤 (A1) 위에 얹은 강판에 대해, 펀치 (B1) 를 압입하여 시험편 (T1) 을 얻었다. 다음으로, 도 2(b) 에 나타내는 바와 같이, 하측 금형 (A2) 위에 얹은 시험편 (T1) 에 대해, 상측 금형 (B2) 으로 눌러 찌부러뜨리는 밀착 굽힘 (이차 굽힘 가공) 을 실시하였다. 도 2(a) 에 있어서, D1 은 폭 (C) 방향, D2 는 압연 (L) 방향을 나타내고 있다. 또한, 시험편 사이에는, 후술하는 스페이서 (S) 를 삽입하고 있다.

[0506] U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험에 있어서의 U 굽힘의 조건은 이하와 같다.

- [0507] 시험 방법 : 롤 지지, 펀치 압입
- [0508] 펀치 선단 R : 5.0 mm
- [0509] 롤과 펀치의 클리어런스 : 판두께 + 0.1 mm
- [0510] 스트로크 속도 : 10 mm/min
- [0511] 굽힘 방향 : 압연 직각 (C) 방향
- [0512] U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험에 있어서의 밀착 굽힘의 조건은 이하와 같다.
- [0513] 스페이서 두께 : 0.5 mm 피치로 변화
- [0514] 시험 방법 : 다이 지지, 펀치 압입
- [0515] 성형 하중 : 10 ton
- [0516] 시험 속도 : 10 mm/min
- [0517] 유지 시간 : 5 s
- [0518] 굽힘 방향 : 압연 직각 (C) 방향
- [0519] 상기 U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험을 3 회 실시하고, 3 회 모두 균열이 발생하지 않았을 때의 한계 스페이서 두께 (ST) 로 하였다. 또, 라이카 제조 실체 현미경을 사용하여, 25 배의 배율로 길이가 200 μ m 이상인 균열을 균열로 판단하였다. 또한, ST 는, 충돌시의 내파단 특성 (축 압괴 시험에 있어서의 세로벽부의 내파단 특성) 을 평가하는 지표가 되는 것이다. 결과를 표 3, 표 5, 표 7 에 나타낸다.
- [0520] (5) V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험
- [0521] V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험은 이하와 같이 하여 실시한다.
- [0522] 얻어진 강판으로부터, 60 mm \times 65 mm 의 시험편을 전단·단면 연삭 가공에 의해 채취하였다. 여기서, 60 mm 의 변은 압연 (L) 방향에 평행하다. 곡률 반경/판두께 : 4.2 이고 폭 (C) 방향을 축으로 압연 (L) 방향으로 90° 굽힘 가공 (일차 굽힘 가공) 을 실시하여, 시험편을 준비하였다. 90° 굽힘 가공 (일차 굽힘 가공) 에서는, 도 3(a) 에 나타내는 바와 같이, V 홈을 갖는 다이 (A3) 위에 얹은 강판에 대해, 펀치 (B3) 를 압입하여 시험편 (T1) 을 얻었다. 다음으로, 도 3(b) 에 나타내는 바와 같이, 지지 롤 (A4) 상에 얹은 시험편 (T1) 에 대해, 굽힘 방향이 압연 직각 방향이 되도록 하고, 펀치 (B4) 를 압입하여 직교 굽힘 (이차 굽힘 가공) 을 실시하였다. 도 3(a) 및 도 3(b) 에 있어서, D1 은 폭 (C) 방향, D2 는 압연 (L) 방향을 나타내고 있다.
- [0523] V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험에 있어서의 V 굽힘의 조건은 이하와 같다.
- [0524] 시험 방법 : 다이 지지, 펀치 압입
- [0525] 성형 하중 : 10 ton
- [0526] 시험 속도 : 30 mm/min
- [0527] 유지 시간 : 5 s
- [0528] 굽힘 방향 : 압연 (L) 방향
- [0529] V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험에 있어서의 VDA 굽힘의 조건은 이하와 같다.
- [0530] 시험 방법 : 롤 지지, 펀치 압입
- [0531] 롤 직경 : ϕ 30 mm
- [0532] 펀치 선단 R : 0.4 mm
- [0533] 롤간 거리 : (판두께 \times 2) + 0.5 mm
- [0534] 스트로크 속도 : 20 mm/min
- [0535] 시험편 사이즈 : 60 mm \times 60 mm

- [0536] 굽힘 방향 : 압연 직각 (C) 방향
- [0537] 상기 VDA 굽힘을 실시했을 때에 얻어지는 스트로크-하중 곡선에 있어서, 하중 최대시의 스트로크를 구한다. 상기 V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험을 3 회 실시했을 때의 당해 하중 최대시의 스트로크의 평균치를 SFmax (mm) 로 하였다. 또한, SFmax 는, 충돌시의 내과단 특성 (축 압괴 시험에 있어서의 굽힘 능선부의 내과단 특성) 을 평가하는 지표가 되는 것이다. 결과를 표 3, 표 5, 표 7 에 나타낸다.
- [0538] (6) 축 압괴 시험
- [0539] 얻어진 강관으로부터, 160 mm × 200 mm 의 시험편을 전단 가공에 의해 채취하였다. 여기서, 160 mm 의 변은 압연 (L) 방향에 평행하다. 편치 솔더 반경이 5.0 mm 이고, 다이 솔더 반경이 5.0 mm 인 금형을 사용하여, 깊이 40 mm 가 되도록 성형 가공 (굽힘 가공) 하여, 도 4(a) 및 도 4(b) 에 나타내는 헤트형 부재 (10) 를 제조하였다. 또, 헤트형 부재의 소재로서 사용한 강관을, 80 mm × 100 mm 의 크기로 별도로 잘라내었다. 다음으로, 그 잘라낸 후의 강관 (20) 과, 헤트형 부재 (10) 를 스폿 용접하여, 도 4(a) 및 도 4(b) 에 나타내는 바와 같은 시험용 부재 (30) 를 제조하였다. 도 4(a) 는, 헤트형 부재 (10) 와 강관 (20) 을 스폿 용접하여 제조한 시험용 부재 (30) 의 정면도이다. 도 4(b) 는, 시험용 부재 (30) 의 사시도이다. 스폿 용접부 (40) 의 위치는, 도 4(b) 에 나타내는 바와 같이, 강관의 단부와 용접부가 10 mm, 용접부간이 45 mm 의 간격이 되도록 하였다. 다음으로, 도 4(c) 에 나타내는 바와 같이, 시험용 부재 (30) 를 지판 (50) 과 TIG 용접에 의해 접합하여 축 압괴 시험용 샘플을 제조하였다. 다음으로, 제조한 축 압괴 시험용 샘플에 임팩터 (60) 를 충돌 속도 10 mm/min 으로 등속 충돌시켜, 축 압괴 시험용의 샘플을 70 mm 압괴하였다. 도 4(c) 에 나타내는 바와 같이, 압괴 방향 (D3) 은, 시험용 부재 (30) 의 길이 방향과 평행한 방향으로 하였다. 결과를 표 3, 표 5, 표 7 에 나타낸다.
- [0540] 판두께 1.2 mm 초과와 강관의 U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험, V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험 및 축 압괴 시험에서는 판두께의 영향을 고려하여, 모두 판두께 1.2 mm 의 강관으로 실시하였다. 판두께 1.2 mm 초과와 강관은 편면 연삭하여, 판두께를 1.2 mm 로 하였다.
- [0541] 연삭 가공에 의해 강관 표면의 굽힘성이 영향을 받을 우려가 있기 때문에, U 굽힘 + 밀착 굽힘 굽힘 시험에서는 연삭면을 굽힘 내측 (골측) 으로 하고, V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험에서는 V 굽힘 시험시에 연삭면을 굽힘 외측 (산측) 으로 하고, 그 후의 VDA 굽힘 시험시에 연삭면을 굽힘 내측 (골측) 으로 하였다. 한편, 판두께 1.2 mm 이하의 강관의 U 굽힘 + 밀착 굽힘 시험, V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험 및 축 압괴 시험에서는, 판두께의 영향이 작기 때문에, 연삭 처리 없이 시험을 실시하였다.
- [0542] <나노 경도 측정>
- [0543] 프레스 성형시의 우수한 굽힘성과 충돌시의 우수한 굽힘 파단 특성을 얻기 위해서는, 소지 표층으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치 및 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 각각에 있어서의 판면의 50 μm × 50 μm 의 영역에 있어서, 300 점 이상의 나노 경도를 측정했을 때, 소지 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도가 7.0 GPa 이상인 측정수가, 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 전체 측정수에 대하여 0.10 이하인 것이 보다 바람직하다. 나노 경도가 7.0 GPa 이상인 비율이 0.10 이하인 경우, 경질인 조직 (마텐자이트 등), 개재물 등의 비율이 작은 것을 의미하기 때문에, 경질인 조직 (마텐자이트 등), 개재물 등의 프레스 성형시 및 충돌시의 보이드의 생성·연결 및 균열의 진전을 보다 억제하는 것이 가능해져, 우수한 R/t 및 SFmax 가 얻어졌다.
- [0544] 본 실시예에서는, 도금을 실시한 경우에는, 도금층 박리 후, 소지 강관의 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치 - 5 μm 까지 기계 연마하고, 소지 강관의 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치까지 다이아몬드 및 알루미늄나로의 버프 연마 후, 콜로이드알 실리카 연마를 실시하였다. Hysitron 사의 tribo-950 을 사용하여, 베르코비치 형상의 다이아몬드 압자에 의해,
- [0545] 하중 : 500 μN
- [0546] 측정 영역 : 50 μm × 50 μm
- [0547] 타점 간격 : 2 μm
- [0548] 의 조건에서 합계 512 점의 나노 경도를 측정하였다.
- [0549] 이어서, 상기 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/2 위치까지 기계 연마, 다이아몬드 및 알루미늄나로의 버프 연

마 및 콜로이달 실리카 연마를 실시하였다. Hysitron 사의 tribo-950 을 사용하여, 베르코비치 형상의 다이아몬드 압자에 의해,

[0550] 하중 : 500 μ N

[0551] 측정 영역 : 50 μ m \times 50 μ m

[0552] 타점 간격 : 2 μ m

[0553] 의 조건에서 합계 512 점의 나노 경도를 측정하였다.

[0554] [표 1-1]

강종	성분 조성 (질량%)											계산 변태점 (°C)		비고
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	기타	Ac1	Ac3				
A	0.125	0.55	2.88	0.008	0.0007	0.039	0.0035	—	737	842	적합강			
B	0.119	0.35	2.96	0.009	0.0011	0.740	0.0032	—	734	835	적합강			
C	0.141	0.66	3.21	0.011	0.0010	0.036	0.0028	—	739	835	적합강			
D	0.320	0.45	2.80	0.013	0.0012	0.032	0.0029	—	729	796	비교강			
E	0.008	0.50	2.82	0.010	0.0015	0.028	0.0049	—	740	868	비교강			
F	0.128	2.20	2.75	0.012	0.0018	0.035	0.0032	—	761	896	비교강			
G	0.123	0.48	3.95	0.011	0.0008	0.029	0.0038	—	738	818	비교강			
H	0.125	0.54	1.40	0.014	0.0014	0.027	0.0042	—	734	872	비교강			
I	0.121	0.62	2.70	0.012	0.0012	0.041	0.0038	Nb:0.033	738	849	적합강			
J	0.118	0.57	2.72	0.010	0.0008	0.032	0.0045	Ti:0.040	737	847	적합강			
K	0.115	0.63	2.65	0.009	0.0009	0.035	0.0030	—	738	851	적합강			
L	0.124	0.59	2.62	0.010	0.0012	0.046	0.0033	Ti:0.028, B:0.0022	737	849	적합강			
M	0.121	0.45	2.51	0.011	0.0012	0.029	0.0032	Nb:0.018, Ti:0.022, B:0.0014	735	847	적합강			
N	0.137	0.69	3.12	0.009	0.0008	0.032	0.0035	Nb:0.035, Ti:0.015, B:0.0012, Cr:0.580	739	839	적합강			
O	0.165	0.57	2.52	0.011	0.0009	0.039	0.0022	Nb:0.012, Ti:0.023, B:0.0015	735	841	적합강			
P	0.075	0.61	2.55	0.014	0.0015	0.034	0.0051	Nb:0.025, Ti:0.025, B:0.0010, Cr:0.520	735	841	적합강			
Q	0.115	0.73	2.53	0.012	0.0025	0.035	0.0033	Nb:0.035, Ti:0.020, B:0.0014, Cr:0.440	739	862	적합강			
R	0.119	0.07	2.50	0.015	0.0038	0.054	0.0038	Nb:0.040, Ti:0.010, B:0.0014, Cr:0.680	739	857	적합강			
S	0.121	0.43	3.35	0.018	0.0020	0.042	0.0029	Nb:0.015, Ti:0.015, B:0.0020, Cr:0.350	729	836	적합강			
T	0.116	0.58	2.15	0.012	0.0014	0.031	0.0026	Nb:0.025, Ti:0.015, B:0.0012, Cr:0.550	736	829	적합강			
U	0.125	0.60	2.63	0.010	0.0012	0.032	0.0035	Nb:0.020, Ti:0.020, B:0.0015, Cr:0.600	736	860	적합강			
V	0.130	0.55	2.78	0.009	0.0012	0.045	0.0032	V:0.055	737	849	적합강			
W	0.113	0.50	2.72	0.010	0.0010	0.038	0.0019	Cu:0.180	737	843	적합강			
X	0.109	0.18	2.95	0.008	0.0009	0.052	0.0026	Cr:0.590	736	846	적합강			
Y	0.121	0.45	2.76	0.009	0.0023	0.041	0.0037	Ni:0.150	732	832	적합강			
Z	0.120	0.40	2.85	0.007	0.0008	0.040	0.0034	Mo:0.200	735	842	적합강			
								Sb:0.008	735	839	적합강			

* 상기 이외의 잔부는 Fe 및 불가피적 불순물이다.

[0555]

[0556]

[표 1-2]

강종	성분 조성 (질량%)											계산 변태점(°C)		비고
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	기타	Ac1	Ac3				
AA	0.105	0.55	2.92	0.009	0.0009	0.033	0.0036	Sn:0.015	738	846	적합강			
AB	0.118	0.32	2.72	0.011	0.0012	0.035	0.0022	Nb:0.032, Ta:0.007	733	839	적합강			
AC	0.098	0.51	2.98	0.010	0.0005	0.052	0.0025	Ta:0.008	737	845	적합강			
AD	0.155	0.48	2.48	0.015	0.0029	0.049	0.0044	W:0.090	734	841	적합강			
AE	0.122	0.56	2.81	0.004	0.0018	0.030	0.0053	Mg:0.0050	737	844	적합강			
AF	0.117	0.62	2.72	0.009	0.0020	0.032	0.0034	Zn:0.0060	738	849	적합강			
AG	0.139	0.47	2.32	0.011	0.0015	0.038	0.0032	Co:0.0080	734	848	적합강			
AH	0.110	0.53	2.73	0.016	0.0009	0.025	0.0027	Zr:0.0030	737	848	적합강			
AI	0.100	0.58	2.82	0.012	0.0016	0.042	0.0038	Ca:0.0018	738	850	적합강			
AJ	0.117	0.49	2.78	0.045	0.0009	0.028	0.0032	Se:0.0075	736	844	적합강			
AK	0.112	0.53	2.73	0.018	0.0078	0.037	0.0065	Te:0.0140	737	847	적합강			
AL	0.127	0.28	2.68	0.027	0.0007	0.032	0.0027	Ge:0.0060	732	837	적합강			
AM	0.118	0.45	2.71	0.016	0.0032	0.039	0.0071	As:0.0210	735	844	적합강			
AN	0.091	0.60	3.18	0.009	0.0017	0.034	0.0035	Sr:0.0070	739	845	적합강			
AO	0.122	0.52	2.69	0.007	0.0021	0.019	0.0039	Cs:0.0100	736	845	적합강			
AP	0.099	0.41	3.29	0.010	0.0036	0.030	0.0031	Hf:0.0070	736	835	적합강			
AQ	0.115	0.47	2.75	0.021	0.0019	0.031	0.0033	Pb:0.0100	736	844	적합강			
AR	0.117	0.50	2.72	0.013	0.0011	0.042	0.0035	Bi:0.0050	736	845	적합강			
AS	0.116	0.48	2.77	0.011	0.0015	0.035	0.0042	REM:0.0040	736	844	적합강			
AT	0.102	0.23	2.14	0.013	0.0010	0.031	0.0034	Nb:0.190, Ti:0.190, V:0.180, Cr:0.950, Ni:0.960, Mo:0.950, Sb:0.190, Sn:0.180, Cu:0.900, Ta:0.095, W:0.450, Mg:0.0170, Zn:0.0180, Co:0.0180, Zr:0.0930, Ca:0.0180, Se:0.0190, Te:0.0185, Ge:0.0190, As:0.0400, Sr:0.0180, Cs:0.0185, Hf:0.0185, Pb:0.0190, Bi:0.0190, REM:0.0190	731	926	적합강			

*상기 이외의 잔부는 Fe 및 불가피적 불순물이다.

[0557]

[0558]

[표 2-1]

No.	강종	열간 압연 공정		냉간 압연 공정		제 1 냉각 공정			중간 유지 공정		아연 도금 공정		제 2 냉각 공정			제 3 냉각 공정		비고
		마무리 압연 온도 (°C)	압하율 (%)	Ac1+ (Ac3-Ac1) × 5/8 (°C)	아닐링 온도 (°C)	아닐링 시간 (초)	제 1 냉각 장치 온도 (°C)	제 1 냉각 장치 온도 (°C)	유지 온도 (°C)	유지 시간 (초)	종류	합금화 온도 (°C)	장력 (kgf/mm ²)	패스수	제 2 냉각 장치 온도 (°C)	제 3 냉각 온도 (°C)	유지 시간 (초)	
1	A	880	57.1	802	830	150	480	480	460	40	GA	520	2.7	8	40	300	60	본 발명에
2	B	870	50.0	797	820	120	400	400	400	45	GA	530	2.5	9	50	280	70	본 발명에
3	C	900	64.7	799	840	180	500	470	40	GA	510	2.6	8	45	300	100	본 발명에	
4	D	870	50.0	771	820	120	470	480	50	GA	520	3.2	10	55	320	60	비교예	
5	E	860	53.8	820	840	100	490	490	60	GA	530	2.4	8	40	300	50	비교예	
6	F	910	48.4	845	850	150	450	420	40	GA	530	2.3	7	45	270	80	비교예	
7	G	900	57.1	788	800	80	500	470	45	GI	-	2.2	9	35	330	100	비교예	
8	H	870	46.2	820	850	200	480	480	60	GA	510	2.6	7	50	310	60	비교예	
9	I	890	47.8	807	835	180	480	480	90	GA	520	2.8	11	90	300	130	본 발명에	
10	J	910	42.9	806	830	80	490	490	50	GA	510	2.9	8	60	310	80	본 발명에	
11	K	920	54.3	809	840	280	400	400	80	GI	-	2.5	9	35	270	70	본 발명에	
12	L	890	56.3	807	835	120	420	390	40	GA	530	3.4	7	50	310	100	본 발명에	
13	M	870	58.6	805	840	150	400	400	50	GA	540	2.9	9	40	290	60	본 발명에	
14	M	720	56.3	805	830	100	500	480	40	GA	520	2.7	7	50	310	90	비교예	
15	M	860	50.0	805	710	120	480	470	70	GI	-	2.6	8	40	300	50	비교예	
16	M	880	58.6	805	830	8	490	480	50	GA	520	3.1	9	30	280	70	비교예	
17	M	900	41.7	805	840	100	650	620	40	GA	530	2.5	8	50	320	100	비교예	
18	M	880	58.6	805	830	200	200	170	50	GI	-	2.8	10	40	310	90	비교예	
19	M	890	48.4	805	835	150	450	450	5	GA	530	2.2	9	50	300	70	비교예	
20	M	850	43.8	805	840	120	480	480	60	GA	520	0.7	10	35	290	50	비교예	
21	M	870	60.0	805	830	150	470	470	40	GA	520	2.2	3	45	300	60	비교예	
22	M	890	56.5	805	840	120	500	480	50	GA	530	3.4	8	370	270	80	비교예	
23	M	880	52.0	805	830	180	480	470	40	GA	520	2.7	7	140	60	90	비교예	
24	M	890	51.7	805	835	200	490	480	50	GA	520	2.5	8	50	280	5	비교예	
25	N	900	60.0	801	820	150	480	480	45	GA	530	2.8	8	60	300	100	본 발명에	
26	O	880	54.8	801	830	180	500	470	40	GA	520	2.7	11	30	320	80	본 발명에	
27	P	870	58.6	816	840	200	400	400	50	GA	540	2.4	8	50	370	60	본 발명에	
28	Q	860	47.8	813	840	100	480	480	70	GI	-	2.8	6	40	300	70	본 발명에	
29	R	900	48.4	796	820	180	500	490	50	GA	530	2.3	9	60	290	50	본 발명에	

[0559]

[0560]

[표 2-2]

No.	각종	냉각 공정		이닐링 공정			제 1 냉각 공정		중간 유지 공정		아연 도금 공정		제 2 냉각 공정			재가열 공정		비고
		냉각 온도 (°C)	이닐링 온도 (°C)	Ac1+ (A ₆₃ -Ac1) × 5/8 (°C)	이닐링 온도 (°C)	이닐링 시간 (초)	제 1 냉각 정지 온도 (°C)	유지 온도 (°C)	유지 시간 (초)	종류	함금화 온도 (°C)	강력 (kgf/mm ²)	패스수 (회)	제 2 냉각 정지 온도 (°C)	재가열 온도 (°C)	유지 시간 (초)		
30	S	870	600	794	830	70	390	360	40	GA	510	2.8	13	50	320	100	본 발명에	
31	T	860	520	813	850	90	400	400	60	GA	500	3.2	8	200	420	80	본 발명에	
32	U	920	500	807	840	60	480	480	40	GA	530	2.8	7	50	290	280	본 발명에	
33	V	890	61.3	803	830	200	500	480	70	GA	510	2.8	8	150	300	110	본 발명에	
34	W	850	38.5	805	820	250	420	420	50	GA	500	2.5	7	50	280	50	본 발명에	
35	X	880	43.8	795	810	500	490	480	50	GA	520	2.6	8	50	300	60	본 발명에	
36	Y	850	47.4	802	820	120	520	490	40	GA	490	3.6	9	60	330	90	본 발명에	
37	Z	870	36.0	800	830	150	480	470	70	GA	530	3.8	11	50	290	100	본 발명에	
38	AA	890	47.8	805	840	200	430	480	50	GI	-	2.9	10	40	320	60	본 발명에	
39	AB	860	58.8	800	830	300	380	380	60	GA	530	4.2	7	60	280	80	본 발명에	
40	AC	910	50.0	804	840	100	500	500	100	GA	520	3.2	8	80	160	100	본 발명에	
41	AD	880	63.0	801	820	180	480	480	40	GA	510	3.5	9	290	300	150	본 발명에	
42	AE	830	57.1	804	840	90	490	480	45	GA	530	2.7	8	100	310	80	본 발명에	
43	AF	920	60.0	807	830	140	360	400	40	GA	580	3.0	10	70	290	80	본 발명에	
44	AG	880	51.7	805	830	170	470	470	50	GI	-	2.7	7	50	300	90	본 발명에	
45	AH	970	42.9	806	840	220	500	490	60	GA	520	2.4	9	60	280	110	본 발명에	
46	AI	900	68.2	808	920	180	480	470	40	GA	540	2.9	8	40	300	70	본 발명에	
47	AJ	890	61.3	803	840	200	400	400	30	GA	530	3.1	11	35	270	170	본 발명에	
48	AK	870	41.7	806	830	40	440	480	50	GA	530	3.7	9	50	320	90	본 발명에	
49	AL	860	44.8	798	860	150	490	480	60	GA	510	2.1	7	70	290	50	본 발명에	
50	AM	900	56.3	803	900	120	320	310	40	GA	530	2.5	8	40	310	140	본 발명에	
51	AN	880	42.9	805	840	200	420	420	45	GA	520	2.8	9	50	300	60	본 발명에	
52	AO	860	44.0	804	830	240	480	480	40	GA	500	2.9	9	40	280	150	본 발명에	
53	AP	900	56.3	798	830	180	500	490	50	GA	540	2.6	8	50	300	110	본 발명에	
54	AQ	890	46.2	804	840	100	540	530	60	GA	550	3.5	7	60	290	80	본 발명에	
55	AR	870	71.4	804	850	90	490	480	40	GA	510	2.8	8	25	310	60	본 발명에	
56	AS	860	42.9	803	840	80	400	400	50	GI	-	3.2	9	40	320	30	본 발명에	
57	M	870	-	805	830	200	480	480	70	GA	520	2.9	9	50	300	90	본 발명에	
58	M	880	-	805	830	180	480	480	65	GA	510	3.3	8	50	300	90	본 발명에	
59	M	890	-	805	830	200	480	480	75	GA	530	3.5	9	40	300	90	본 발명에	

[0561]

[0562]

[표 3-1]

No.	간종	판두께 (mm)	각 상의 만직률(*1)										강 조직			강 중 확산성 수소량 (질량ppm)	YS (MPa)	TS (MPa)	YR (-)	EI (%)	λ (%)	R/A	U 굽힘 + V 굽힘 + 밀착 굽힘 VDA 굽힘 ST (mm)	SFmax (mm)	축 압괴 특징 (외관 균열)	종류	비고
			각 상의 만직률(*1)			전부 조직 (*1)	평균 결정 입경 (μm) (*2)	평균 결정 입경 결정 입경 (mm) (*3)	계수 밀도 (개/μm ³) (*4)																		
			F (%)	M (%)	RA (%)					B+BT (%)	TM (%)																
1	A	1.2	3.8	2.9	1.1	35.4	55.6	θ	0.32	105	0.7	0.03	864	1237	0.70	9.8	43	1.67	4.5	26.4	◎	GA	본 발명에				
2	B	1.6	3.1	3.5	1.4	42.2	49.2	θ	0.52	97	0.9	0.09	892	1243	0.72	10.9	38	1.56	4.5	25.9	◎	GA	본 발명에				
3	C	1.2	0.0	4.5	2.3	22.2	69.2	θ	1.30	296	2.1	0.07	953	1341	0.71	8.2	30	2.50	5.5	25.0	◎	GA	본 발명에				
4	D	1.4	2.2	32.9	5.9	18.5	39.3	θ	3.02	554	5.2	0.09	991	1463	0.68	5.2	13	4.64	9.5	23.1	×	GA	비교예				
5	E	1.2	87.3	7.3	0.4	0.3	3.9	θ	0.06	34	0.2	0.15	343	567	0.57	24.8	60	0.42	2.0	30.2	○	GA	비교예				
6	F	1.6	32.2	11.6	13.8	8.4	33.0	θ	0.12	87	0.3	0.08	923	1207	0.76	10.2	19	2.50	6.5	24.6	×	GA	비교예				
7	G	1.2	10.8	36.3	8.8	0.5	42.1	θ	0.04	26	0.2	0.06	1022	1456	0.70	6.1	28	5.00	9.0	23.8	×	GI	비교예				
8	H	1.4	79.4	6.5	0.3	10.8	2.2	θ	0.18	75	0.5	0.12	372	623	0.60	26.1	62	0.71	1.5	30.1	○	GA	비교예				
9	I	1.2	4.3	4.2	1.7	31.9	57.6	θ	0.37	99	0.7	0.13	855	1241	0.69	10.5	47	1.67	4.5	26.3	◎	GA	본 발명에				
10	J	1.6	6.3	2.4	1.1	34.7	55.1	θ	0.58	185	1.2	0.15	958	1233	0.78	10.3	41	1.25	4.0	26.5	◎	GA	본 발명에				
11	K	1.6	1.4	3.1	1.4	37.1	56.5	θ	0.45	169	0.8	0.05	886	1197	0.74	11.4	45	0.94	4.0	25.9	◎	GI	본 발명에				
12	L	1.4	1.9	5.1	1.2	35.0	58.2	θ	0.61	200	0.6	0.12	1042	1220	0.85	9.6	49	1.07	4.5	26.6	◎	GA	본 발명에				
13	M	1.2	3.2	2.3	1.5	35.1	56.9	θ	0.35	94	0.8	0.07	894	1220	0.73	10.5	42	1.25	4.0	26.7	◎	GA	본 발명에				
14	M	1.4	5.4	6.4	4.2	28.4	35.2	θ/F	2.40	245	2.2	0.06	948	1195	0.79	6.5	21	3.21	6.5	24.3	×	GA	비교예				
15	M	1.4	63.4	4.1	1.3	0.7	7.5	θ/F	0.02	21	0.2	0.08	381	769	0.50	23.1	50	1.79	2.5	26.2	○	GI	비교예				
16	M	1.2	61.8	5.5	1.1	0.5	7.9	θ/F	0.03	25	0.3	0.15	412	793	0.52	20.8	39	1.67	3.0	27.9	○	GA	비교예				
17	M	1.4	5.8	13.9	1.2	4.8	56.9	θ/P	2.32	343	2.5	0.09	896	1223	0.73	6.8	19	3.57	7.0	24.1	×	GA	비교예				
18	M	1.2	6.7	14.5	1.4	8.3	67.9	θ	2.56	320	2.7	0.06	934	1231	0.76	6.5	17	3.75	7.5	23.9	×	GI	비교예				
19	M	1.6	7.9	10.5	2.2	8.9	69.2	θ	2.29	264	2.2	0.07	911	1204	0.76	6.9	22	3.13	6.5	24.4	×	GA	비교예				
20	M	1.8	8.5	23.2	5.1	36.2	26.5	θ	1.18	221	1.9	0.04	1012	1293	0.78	8.9	18	3.06	7.0	24.3	×	GA	비교예				
21	M	1.0	7.1	24.1	5.7	35.0	26.1	θ	1.22	189	2.2	0.07	984	1288	0.76	8.7	17	3.50	6.5	24.8	×	GA	비교예				
22	M	1.0	7.5	23.5	5.2	40.3	22.7	θ	1.05	258	1.8	0.11	958	1295	0.74	9.0	16	3.50	7.0	24.1	×	GA	비교예				
23	M	1.2	8.3	22.5	5.3	36.2	26.4	θ	1.25	159	2.1	0.62	995	1300	0.77	8.6	11	5.00	9.5	23.2	×	GA	비교예				
24	M	1.4	7.1	23.4	5.5	37.1	25.1	θ	1.30	190	2.0	0.71	986	1289	0.76	9.8	12	4.29	9.0	23.6	×	GA	비교예				
25	N	1.2	0.4	5.9	2.6	19.6	71.2	θ	1.20	276	1.9	0.04	1011	1341	0.75	8.2	32	2.50	5.0	25.4	◎	GA	본 발명에				
26	O	1.4	2.8	12.9	1.8	30.4	50.9	θ	1.87	423	2.8	0.13	982	1362	0.72	8.6	27	2.86	6.0	24.6	○	GA	본 발명에				
27	P	1.2	18.2	2.3	0.3	28.5	49.3	θ	0.75	195	1.6	0.12	858	1185	0.72	9.2	45	2.08	5.0	26.1	◎	GA	본 발명에				
28	Q	1.2	8.5	8.9	2.7	30.1	46.2	θ/P	0.95	223	1.5	0.05	905	1224	0.74	9.0	31	2.50	5.5	25.7	○	GI	본 발명에				
29	R	1.6	2.7	4.9	0.2	42.2	49.2	θ	0.28	173	2.5	0.11	915	1184	0.77	9.5	39	2.19	5.0	26.2	◎	GA	본 발명에				

(*1) F: 플라이트, M: 프레스 마틴자이트, RA: 잔류 오스테나이트, B: 베이타이트, BT: 템퍼드 마틴자이트, TM: 템퍼드 마틴자이트, P: 플라이트, θ: 탄화물, F: 미세결정 페라이트

(*2) B 및 BT 임 내의 성분 M 과 성분 RA 의 평균 결정 입경(μm)

(*3) B 및 BT 임 내의 θ 의 평균 결정 입경(mm)

(*4) B 및 BT 임 내의 밀도가 300 nm 이상인 θ 의 계수 밀도(개/μm³)

[0563]

[0564] [표 3-2]

No.	강종 (mm)	광 조적										강 종			YS (MPa)	YR (%)	EI (%)	λ (%)	R/t	U 굽힘 + 인장 굽힘 ST (mm)	V 굽힘 + VDA 굽힘 SFmax (mm)	축 압과 특성 (외관 견형)	종류	비고
		각 상의 면적률(%)					간부 조적 (*)	평균 결정 입径 (μm) (*)	평균 결정 입径 (nm) (*)	계수 밀도 (개/μm ³) (**)	확산성 수소량 (점당ppm)													
		F (%)	M (%)	RA (%)	B+BT (%)	TM (%)																		
30	S	1.2	15.7	13.6	2.8	13.7	53.1	φ	1.75	374	2.4	0.08	969	1375	0.70	8.2	28	2.50	6.0	24.7	○	GA	본 발명예	
31	T	1.2	18.7	3.4	1.0	38.7	36.2	φ	0.24	134	0.9	0.06	894	1189	0.75	9.4	40	1.67	5.0	26.2	◎	GA	본 발명예	
32	U	1.4	2.9	6.3	2.1	37.8	48.7	φ	0.86	226	0.4	0.19	928	1211	0.77	11.0	53	1.79	4.5	25.8	◎	GA	본 발명예	
33	V	1.2	5.9	6.0	0.9	31.2	54.9	φ	0.41	180	1.2	0.08	833	1244	0.87	9.9	53	1.25	4.0	25.8	◎	GA	본 발명예	
34	W	1.6	5.8	5.0	1.6	48.2	38.8	φ	0.93	296	0.7	0.12	862	1220	0.71	10.6	46	1.56	4.5	25.6	◎	GA	본 발명예	
35	X	1.8	6.5	6.2	1.7	24.8	58.8	φ	0.81	313	2.1	0.17	976	1270	0.77	12.5	30	1.39	5.0	26.1	◎	GA	본 발명예	
36	Y	2.0	6.3	3.8	1.1	36.2	51.7	φ	0.87	102	0.5	0.04	934	1288	0.74	9.5	52	1.25	4.0	26.4	◎	GA	본 발명예	
37	Z	1.6	4.3	4.2	1.4	24.6	64.9	φ	0.85	185	0.7	0.10	862	1273	0.68	9.7	48	1.56	4.5	25.9	◎	GA	본 발명예	
38	AA	1.2	3.2	3.8	1.2	42.6	49.0	φ	1.20	218	1.7	0.14	937	1278	0.73	10.6	28	1.67	5.0	25.9	◎	GI	본 발명예	
39	AB	1.4	4.3	3.1	2.1	49.5	39.8	φ	1.30	97	2.0	0.29	958	1187	0.81	12.1	41	1.07	4.0	25.8	◎	GA	본 발명예	
40	AC	1.6	6.3	7.1	2.1	33.3	50.9	φ	1.19	170	2.0	0.28	998	1271	0.79	11.4	38	1.56	4.5	25.8	◎	GA	본 발명예	
41	AD	1.0	2.7	2.9	1.6	46.3	45.7	φ	0.90	104	2.5	0.28	855	1234	0.69	10.0	29	1.50	5.0	26.0	◎	GA	본 발명예	
42	AE	1.2	3.4	1.4	1.2	40.1	53.7	φ	0.46	167	0.5	0.10	819	1243	0.86	10.5	47	2.08	4.5	26.5	◎	GA	본 발명예	
43	AF	1.2	6.7	1.0	0.9	40.1	51.0	φ	0.49	169	1.6	0.24	1048	1247	0.84	9.6	30	2.08	4.5	26.5	◎	GA	본 발명예	
44	AG	1.4	1.9	0.9	1.7	31.9	62.8	φ	0.69	99	1.2	0.16	950	1241	0.77	9.5	29	1.79	5.0	25.8	◎	GI	본 발명예	
45	AH	1.6	1.4	4.4	2.1	24.8	67.1	φ	1.25	84	2.0	0.06	886	1260	0.70	11.8	51	1.56	4.0	26.3	◎	GA	본 발명예	
46	AI	0.8	2.6	1.9	1.3	40.3	53.6	φ	1.24	281	1.5	0.12	1089	1233	0.88	9.8	51	1.88	4.5	26.4	◎	GA	본 발명예	
47	AJ	1.2	3.1	5.1	1.4	43.7	46.3	φ	0.52	88	0.2	0.22	1087	1251	0.87	10.3	41	1.25	5.0	26.1	◎	GA	본 발명예	
48	AK	1.4	1.9	4.2	0.6	37.1	55.0	φ	1.04	98	1.2	0.05	776	1188	0.65	11.1	34	1.79	4.0	25.6	◎	GA	본 발명예	
49	AL	1.6	4.9	2.4	0.9	27.1	64.5	φ	0.86	74	1.5	0.14	981	1260	0.78	12.3	34	0.94	4.5	26.0	◎	GA	본 발명예	
50	AM	1.4	1.5	1.7	2.0	38.3	55.7	φ	0.60	83	0.8	0.05	961	1203	0.80	11.8	49	1.79	5.0	26.1	◎	GA	본 발명예	
51	AN	1.6	1.2	4.9	1.5	34.7	57.5	φ	0.48	272	1.2	0.28	998	1279	0.78	9.0	37	1.56	4.5	26.3	◎	GA	본 발명예	
52	AO	1.4	4.7	1.4	0.3	35.0	58.5	φ	1.12	200	1.9	0.12	953	1256	0.77	11.2	40	1.07	4.5	26.5	◎	GA	본 발명예	
53	AP	1.4	6.4	4.6	2.0	40.0	46.7	φ	1.30	284	0.6	0.13	863	1276	0.68	12.4	38	1.79	5.0	25.8	◎	GA	본 발명예	
54	AQ	1.4	5.5	3.3	1.6	38.5	50.8	φ	1.18	272	0.6	0.15	941	1255	0.75	12.4	40	1.43	4.0	26.0	◎	GA	본 발명예	
55	AR	1.2	4.1	4.3	1.2	37.1	52.1	φ	1.05	87	2.5	0.05	956	1197	0.80	11.6	50	1.25	4.5	26.0	◎	GA	본 발명예	
56	AS	1.6	3.2	3.0	1.1	41.6	45.7	φ	0.90	81	0.5	0.19	841	1255	0.66	8.7	30	1.56	5.0	26.2	◎	GI	본 발명예	
57	M	2.6	7.0	5.3	1.4	28.6	66.6	φ	0.78	255	2.2	0.13	906	1204	0.75	10.0	38	1.92	4.0	25.8	◎	GA	본 발명예	
58	M	2.9	2.7	3.9	0.4	26.2	66.6	φ	0.44	276	1.9	0.12	902	1195	0.75	9.6	31	1.72	4.5	26.4	◎	GA	본 발명예	
59	M	3.2	2.0	2.9	2.2	33.3	58.8	φ	0.37	133	2.4	0.05	829	1242	0.67	11.6	53	1.88	4.5	26.3	◎	GA	본 발명예	

(*) F : 페라이트, M : 포렌시 마텐자이트, RA : 잔류 오스테나이트, B : 배이나이트, BT : 템퍼드 배이나이트, TM : 템퍼드 마텐자이트, P : 판화물, F : 미세결정 페라이트
 (**) B 및 BT 림 내의 성분 M 과 성분 RA 의 평균 결정 입径(μm)
 (***) B 및 BT 림 내의 θ 의 평균 결정 입径(nm)
 (***) B 및 BT 림 내의 입径이 300 nm 이상인 θ 의 계수 밀도(개/μm³)

[0566]

[표 4]

No.	강종	열간 공정		냉간 공정		제 1 도금 공정 (금속 도금 공정)		제 1 도금 공정 (금속 도금 공정)		냉간 공정		제 1 냉각 공정		제 1 냉각 공정		제 2 도금 공정 (아연 도금 공정)		제 2 도금 공정		제 2 냉각 공정		제 2 냉각 공정		제 2 냉각 공정		비고	
		매우리 압연 온도 (°C)	압하율 (%)	유무 (도금종)	Ag ⁺ (Ac3-Ac1) × 5/8 (°C)	이닐링 온도 (°C)	이닐링 시간 (초)	이닐링 노점 (°C)	제 1 냉각 장지 온도 (°C)	중간 유지 온도 (°C)	유지 시간 (초)	종류	합금화 온도 (°C)	장력 (kgf/mm ²)	패스수	제 2 냉각 장지 온도 (°C)	유지 온도 (°C)	유지 시간 (초)	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에		본 발명에
60	A	880	57.1	무	802	827	132	-30	502	502	73	GA	520	2.8	9	44	298	35	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
61	A	880	57.1	무	802	827	153	10	484	60	GA	510	3.6	7	40	315	61	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
62	A	880	57.1	유(Fe)	802	819	154	-30	501	501	72	GA	520	3.0	10	35	310	52	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
63	A	880	57.1	유(Fe)	802	821	165	10	488	488	45	GA	510	2.5	8	44	298	60	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
64	A	880	57.1	유(Ni)	802	832	163	10	474	474	56	GA	510	3.5	8	52	284	37	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
65	A	880	57.1	무	802	835	171	10	509	509	81	GI	-	-	2.9	10	49	297	37	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
66	A	880	57.1	유(Fe)	802	819	175	-30	494	494	83	GI	-	-	2.5	9	48	306	32	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
67	A	880	57.1	유(Fe)	802	819	170	10	502	502	74	GI	-	-	2.6	9	42	285	63	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
68	M	870	58.6	무	805	825	167	-27	498	498	81	GA	530	2.9	10	53	284	52	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
69	M	870	58.6	무	805	835	178	7	477	63	GA	520	3.0	8	60	303	30	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
70	M	870	58.6	유(Fe)	805	818	151	-27	501	501	55	GA	530	2.7	7	55	299	36	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
71	M	870	58.6	유(Fe)	805	838	178	7	472	472	70	GA	510	3.0	10	50	281	58	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
72	M	870	58.6	유(Ni)	805	816	123	7	481	481	59	GA	520	2.5	8	59	288	45	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
73	M	870	58.6	무	805	824	152	7	505	505	67	GI	-	-	2.6	7	47	301	37	本發明例	本發明例	本發明例	本發明例	本發明例	本發明例	本發明例	
74	M	870	58.6	유(Fe)	805	820	148	-27	486	486	78	GI	-	-	3.2	7	60	300	43	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
75	M	870	58.6	유(Fe)	805	823	127	7	507	507	81	GI	-	-	3.2	10	43	287	35	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
76	N	900	60.0	무	801	839	146	-28	486	486	43	GA	530	3.1	6	44	307	47	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
77	N	900	60.0	무	801	828	158	9	491	491	64	GA	510	3.1	8	39	312	53	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
78	N	900	60.0	유(Fe)	801	819	120	-28	507	507	57	GA	520	3.6	10	48	299	42	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
79	N	900	60.0	유(Fe)	801	820	142	9	473	473	55	GA	530	2.8	9	45	300	59	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
80	N	900	60.0	유(Ni)	801	819	180	9	502	502	55	GA	530	3.4	6	51	320	59	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
81	N	900	60.0	무	801	820	157	9	476	476	46	GI	-	-	2.8	10	44	284	59	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
82	N	900	60.0	유(Fe)	801	824	164	-28	489	489	70	GI	-	-	2.7	6	48	286	46	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
83	N	900	60.0	유(Fe)	801	839	168	9	478	478	57	GI	-	-	3.5	8	34	301	34	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
84	M	890	-	무	805	831	132	-30	485	485	62	GA	530	3.5	9	42	300	51	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
85	M	890	-	무	805	829	162	9	479	479	71	GA	520	2.8	6	58	300	49	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
86	M	890	-	유(Fe)	805	830	145	-28	473	473	62	GA	510	3.1	10	49	311	38	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
87	M	890	-	유(Fe)	805	821	123	9	493	493	56	GA	530	2.6	6	41	285	36	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
88	M	890	-	유(Ni)	805	832	177	10	486	486	44	GA	510	3.1	9	41	307	65	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
89	M	890	-	무	805	823	130	9	488	488	61	GI	-	-	3.2	8	51	316	63	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
90	M	890	-	유(Fe)	805	816	156	-28	482	482	51	GI	-	-	3.3	8	58	314	66	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	
91	M	890	-	유(Fe)	805	820	179	9	504	504	75	GI	-	-	3.3	10	41	287	57	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에	본 발명에

[0567]

[0568]

[표 5-1]

No.	강종 (mm)	만두께 (mm)	각 상의 면적률(%)						각 조적			강종 평균 입장 (μm) (*)2	평균 경질 입장 (μm) (*)3	개수 밀도 (개/ μm^2) (*)4	강종 확산성 수소량 ($\mu\text{mol}/\text{cm}^2$) (*)5	표종 연질층 두께 (μm) (*)6	연질층 속도 부착량 (g/m^2) (*)7	편면 나노 경도			종류	비고
			F		M		RA		B+BT	TM	Hn 7.0GPa 이상 비율 (%) (*)8							Hh 표준 편차 (GPa) (*)9	Hh 표준 편차 (GPa) (*)10			
			(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)														
60	A	1.2	3.4	2.8	1.7	35.9	55.3	0	0.30	105	0.8	0.12	9	0.19	1.9	2.3	GA	본 발명에				
61	A	1.2	3.9	3.0	2.2	36.0	54.1	0	0.35	99	0.8	0.08	38	—	1.6	1.6	GA	본 발명에				
62	A	1.2	3.5	2.2	1.6	34.1	56.6	0	0.34	116	0.9	0.04	12	10.0	0.20	1.7	2.0	GA	본 발명에			
63	A	1.2	4.4	2.4	1.5	33.2	56.3	0	0.33	100	0.5	0.12	48	10.0	0.01	0.7	0.8	GA	본 발명에			
64	A	1.2	4.4	2.4	1.1	34.4	56.9	0	0.33	116	0.6	0.10	48	10.0	0.02	0.8	1.0	GA	본 발명에			
65	A	1.2	3.9	2.8	0.5	36.0	56.6	0	0.30	112	0.5	0.05	38	—	0.05	1.4	1.5	GI	본 발명에			
66	A	1.2	2.8	2.8	2.1	34.2	57.2	0	0.40	110	0.9	0.07	12	10.0	0.19	1.6	1.9	GI	본 발명에			
67	A	1.2	2.6	2.5	2.2	35.7	56.5	0	0.36	95	0.7	0.07	48	10.0	0.01	0.6	0.7	GI	본 발명에			
68	M	1.2	3.8	2.9	1.9	34.7	56.3	0	0.38	98	0.7	0.06	7	—	0.22	2.1	2.4	GA	본 발명에			
69	M	1.2	3.8	2.7	1.0	35.1	56.0	0	0.39	112	0.9	0.06	34	—	0.10	1.8	2.0	GA	본 발명에			
70	M	1.2	3.9	3.0	1.7	35.0	55.8	0	0.34	94	0.8	0.08	9	16.0	0.21	1.7	2.0	GA	본 발명에			
71	M	1.2	4.1	3.0	1.8	33.1	56.4	0	0.37	109	0.8	0.04	44	16.0	0.04	0.8	1.2	GA	본 발명에			
72	M	1.2	4.4	2.2	1.1	34.8	56.1	0	0.32	99	0.8	0.12	42	16.0	0.04	0.9	1.3	GA	본 발명에			
73	M	1.2	2.9	2.2	1.2	33.9	56.8	0	0.30	104	0.7	0.07	36	—	0.09	1.5	1.9	GI	본 발명에			
74	M	1.2	3.4	2.5	0.7	35.6	56.4	0	0.39	112	0.6	0.12	10	16.0	0.23	1.8	2.1	GI	본 발명에			
75	M	1.2	2.6	2.4	0.6	35.6	57.9	0	0.37	93	0.9	0.10	49	16.0	0.03	0.7	1.1	GI	본 발명에			
76	N	1.2	1.3	6.5	1.2	20.6	70.1	0	1.19	261	2.0	0.10	6	—	0.16	2.0	2.4	GA	본 발명에			
77	N	1.2	0.9	6.2	0.3	19.3	69.5	0	1.28	280	2.0	0.13	29	—	0.05	1.3	1.4	GA	본 발명에			
78	N	1.2	1.4	6.5	0.9	22.0	69.1	0	1.15	254	1.8	0.11	9	13.0	0.18	1.7	1.9	GA	본 발명에			
79	N	1.2	1.2	6.4	0.9	22.0	69.1	0	1.36	264	2.0	0.13	37	13.0	0.03	0.4	0.6	GA	본 발명에			
80	N	1.2	2.2	6.5	0.9	19.7	69.6	0	1.38	253	1.6	0.08	35	13.0	0.03	0.7	1.0	GA	본 발명에			
81	N	1.2	1.9	6.3	1.0	21.9	68.4	0	1.20	251	2.1	0.10	30	—	0.04	1.2	1.3	GI	본 발명에			
82	N	1.2	1.9	5.8	1.9	19.7	70.2	0	1.15	257	1.7	0.06	9	13.0	0.17	1.6	1.8	GI	본 발명에			
83	N	1.2	0.8	6.1	1.6	19.1	69.1	0	1.21	254	1.7	0.11	40	13.0	0.02	0.3	0.5	GI	본 발명에			
84	M	3.2	3.0	2.6	1.8	35.6	56.3	0	0.35	93	2.1	0.06	10	—	0.19	1.9	2.3	GA	본 발명에			
85	M	3.2	3.1	2.7	1.1	34.9	57.4	0	0.33	99	2.3	0.07	38	—	0.08	1.5	1.6	GA	본 발명에			
86	M	3.2	3.0	2.8	2.2	34.1	56.6	0	0.36	104	1.9	0.07	13	10.0	0.20	1.7	2.0	GA	본 발명에			
87	M	3.2	3.5	2.7	2.0	34.9	56.7	0	0.38	90	2.0	0.09	48	10.0	0.01	0.7	0.8	GA	본 발명에			
88	M	3.2	4.1	2.7	0.8	33.3	56.8	0	0.40	120	2.4	0.11	46	10.0	0.02	0.8	1.0	GA	본 발명에			
89	M	3.2	2.9	2.7	0.9	34.8	56.2	0	0.30	101	2.2	0.05	38	—	0.05	1.4	1.5	GI	본 발명에			
90	M	3.2	3.2	2.8	1.4	35.9	56.1	0	0.32	100	2.0	0.09	14	10.0	0.19	1.6	1.9	GI	본 발명에			
91	M	3.2	3.1	3.0	1.6	34.6	56.5	0	0.37	97	2.4	0.04	48	10.0	0.01	0.6	0.7	GI	본 발명에			

(*)1) F: 페라이트, M: 프러시 마텐자이트, RA: 잔류 오스테나이트, B: 배니나이트, BT: 템퍼드 배니나이트, TM: 템퍼드 마텐자이트, θ : 탄화물
 (*)2) B 및 BT 레인의 성장 M 과 성장 RA 의 평균 경질 인장(nm)
 (*)3) B 및 BT 레인의 θ 의 평균 경질 인장(nm)
 (*)4) 크롬 도금 부하량(g/m^2), θ : 개수 밀도(개/ μm^2)
 (*)5) 크롬 도금 부하량(g/m^2), θ : 개수 밀도(개/ μm^2)
 (*)6) 소지 강판 표면으로부터 표종 연질층의 만두께 방향 20마이크로미터의 1/4 위치의 편면의 나노 경도의 표준 편차(GPa)
 (*)7) 소지 강판 표면으로부터 표종 연질층의 만두께 방향 20마이크로미터의 1/2 위치의 편면의 나노 경도의 표준 편차(GPa)
 (*)8) 소지 강판 표면으로부터 표종 연질층의 만두께 방향 20마이크로미터의 1/2 위치의 편면의 나노 경도의 표준 편차(GPa)

[0569]

[0570] [표 5-2]

No.	YS (MPa)	TS (MPa)	YR (-)	EI (%)	λ (%)	R/t	U 굽힘 + 밀착 굽힘 ST (mm)	V 굽힘 + VDA 굽힘 SFmax (mm)	축 압괴 특성 (외관 균열)	종류	비고
60	943	1212	0.78	10.0	51	1.67	4.5	26.4	○	GA	본 발명에
61	875	1230	0.71	10.6	41	0.83	3.5	27.1	◎	GA	본 발명에
62	894	1257	0.71	10.7	41	1.25	4.0	26.8	◎	GA	본 발명에
63	938	1229	0.76	11.1	49	0.00	3.0	27.7	◎	GA	본 발명에
64	914	1208	0.76	10.8	41	0.00	3.0	27.6	◎	GA	본 발명에
65	860	1235	0.70	11.5	54	0.83	3.5	27.1	◎	GI	본 발명에
66	975	1212	0.80	10.1	48	1.25	4.0	26.8	◎	GI	본 발명에
67	967	1259	0.77	10.9	54	0.00	3.0	27.7	◎	GI	본 발명에
68	908	1209	0.75	11.0	42	1.67	4.0	26.7	○	GA	본 발명에
69	873	1239	0.70	10.7	54	0.83	3.0	27.4	◎	GA	본 발명에
70	964	1233	0.78	10.5	46	1.25	3.5	27.0	◎	GA	본 발명에
71	940	1250	0.75	9.9	40	0.00	2.5	27.9	◎	GA	본 발명에
72	865	1255	0.69	10.4	41	0.00	2.5	27.8	◎	GA	본 발명에
73	955	1239	0.77	10.9	55	0.83	3.0	27.4	◎	GI	본 발명에
74	957	1204	0.79	11.2	52	1.25	3.5	27.0	◎	GI	본 발명에
75	899	1211	0.74	10.0	42	0.00	2.5	27.9	◎	GI	본 발명에
76	894	1335	0.67	8.2	34	2.50	5.0	25.4	○	GA	본 발명에
77	944	1351	0.70	8.6	28	1.25	4.0	26.3	◎	GA	본 발명에
78	1011	1339	0.76	8.6	30	1.67	4.5	25.9	◎	GA	본 발명에
79	945	1332	0.71	8.8	28	0.83	3.5	26.9	◎	GA	본 발명에
80	900	1350	0.67	8.5	30	0.83	3.5	26.8	◎	GA	본 발명에
81	1022	1331	0.77	8.9	34	1.25	4.0	26.3	◎	GI	본 발명에
82	974	1333	0.73	8.2	28	1.67	4.5	25.9	◎	GI	본 발명에
83	1024	1344	0.76	8.5	29	0.83	3.5	26.9	◎	GI	본 발명에
84	970	1242	0.78	10.1	50	1.88	4.5	26.3	○	GA	본 발명에
85	939	1212	0.77	11.1	41	0.94	3.5	27.1	◎	GA	본 발명에
86	884	1247	0.71	10.3	50	1.25	4.0	26.8	◎	GA	본 발명에
87	931	1208	0.77	11.1	43	0.31	3.0	27.7	◎	GA	본 발명에
88	887	1225	0.72	10.6	45	0.31	3.0	27.6	◎	GA	본 발명에
89	872	1246	0.70	10.4	55	0.94	3.5	27.1	◎	GI	본 발명에
90	963	1214	0.79	10.9	50	1.25	4.0	26.8	◎	GI	본 발명에
91	903	1224	0.74	11.4	51	0.31	3.0	27.7	◎	GI	본 발명에

[0571]

[0572]

[표 6]

No.	강종	열간 압연 공정		냉간 압연 공정		제 1 도금 공정 (금속 도금 용액)		제 1 도금 공정 (아연 도금 용액)				제 1 냉각 공정		중간 유지 공정		제 2 도금 공정 (아연 도금 용액)		제 2 냉각 공정			제 1 열간 공정		비고
		압연 온도 (°C)	압연 속도 (%)	압연율 (%)	유무 (도금종)	Ac1+ (Ac3-Ac1) × 5/8 (°C)	아연링 온도 (°C)	아연링 시간 (초)	노점 (°C)	제 1 냉각 정지 온도 (°C)	유지 온도 (°C)	유지 시간 (초)	종류	한급화 온도 (°C)	정격 (kgf/mm ²)	패스수	제 2 냉각 정지 온도 (°C)	제 1 냉각 정지 온도 (°C)	유지 온도 (°C)	유지 시간 (초)	제 1 냉각 정지 온도 (°C)	제 2 냉각 정지 온도 (°C)	
92	A	870	57.1		무	802	826	92	-30	501	500	59	CR	-	2.7	7	37	252	46	본 발명에			
93	A	875	57.1		무	802	828	110	-30	490	487	55	CR	-	3.5	7	36	270	55	본 발명에			
94	A	880	57.1		유(Fe)	802	820	104	-30	503	501	64	CR	-	3.2	9	33	260	52	본 발명에			
95	A	870	57.1		유(Fe)	802	822	101	10	485	482	40	CR	-	2.6	9	37	258	48	본 발명에			
96	A	875	57.1		유(Ni)	802	830	123	10	474	472	50	CR	-	3.3	8	35	240	40	본 발명에			
97	M	890	58.6		무	805	826	117	-27	496	491	68	CR	-	2.9	10	39	244	52	본 발명에			
98	M	880	58.6		무	805	832	108	7	479	477	57	CR	-	3.0	9	35	262	55	본 발명에			
99	M	890	58.6		유(Fe)	805	819	111	-27	500	498	54	CR	-	2.8	7	37	255	51	본 발명에			
100	M	875	58.6		유(Fe)	805	831	98	7	478	474	55	CR	-	3.1	10	32	241	58	본 발명에			
101	M	880	58.6		유(Ni)	805	820	83	7	483	481	44	CR	-	2.6	9	37	244	45	본 발명에			
102	N	855	60.0		무	801	832	106	-28	486	483	36	CR	-	3.1	7	38	260	47	본 발명에			
103	N	860	60.0		무	801	825	118	9	490	488	47	CR	-	2.9	8	37	271	53	본 발명에			
104	N	865	60.0		유(Fe)	801	821	80	-28	503	500	44	CR	-	3.5	10	40	259	42	본 발명에			
105	N	860	60.0		유(Fe)	801	822	102	9	478	473	40	CR	-	2.9	8	37	271	59	본 발명에			
106	N	855	60.0		유(Ni)	801	824	110	9	507	503	39	CR	-	3.2	7	38	266	60	본 발명에			
107	M	890	-		무	805	831	92	-30	485	480	47	HR	-	3.3	9	39	262	51	본 발명에			
108	M	880	-		무	805	830	122	9	479	479	56	HR	-	2.9	6	38	264	49	본 발명에			
109	M	885	-		유(Fe)	805	833	105	-28	477	476	47	HR	-	3.1	9	33	268	48	본 발명에			
110	M	890	-		유(Fe)	805	828	83	9	495	494	41	HR	-	2.9	7	30	249	46	본 발명에			
111	M	885	-		유(Ni)	805	834	90	10	489	487	34	HR	-	3.4	8	34	267	57	본 발명에			
112	AI	895	60.0		무	805	900	95	5	482	478	37	CR	-	2.9	9	40	260	48	본 발명에			
113	AT	855	47.8		무	853	872	112	-15	487	485	66	CR	-	3.1	8	39	294	55	본 발명에			
114	AT	850	47.8		무	853	881	123	6	481	480	48	CR	-	3.3	9	37	250	50	본 발명에			
115	AT	880	47.8		유(Fe)	853	870	134	-15	485	485	40	CR	-	2.9	8	36	260	54	본 발명에			
116	AT	865	47.8		유(Fe)	853	874	125	6	489	486	55	CR	-	3.1	8	34	258	58	본 발명에			
117	AT	860	47.8		유(Ni)	853	876	113	6	486	483	44	CR	-	3.0	9	35	255	60	본 발명에			

[0573]

[0574]

[표 7-1]

No.	각종 판두께 (mm)	각 조적										간 종				표 종				편면 나노 경도				종류	비고
		각 상의 면적률(%)					평균 결정		평균 결정		개 수		입질층 두께 (μm) (*5)	금속 도금 부착량 (g/m ²) (*6)	Hn 7.0GPa 이상 비율 (*6)	1/4 위치		1/2 위치							
		F (%)	M (%)	RA (%)	B+BT (%)	TM (%)	진부 조적 (*1)	면적 (μm)	입경 (nm) (*2)	개 수 (개/μm ²) (*4)	밀도 (g/cm ³) (*4)	Hn (GPa) (*7)				Hn (GPa) (*7)									
92	A	1.2	3.1	3.2	1.2	34.3	57.3	θ	0.38	106	0.7	0.13	8	-	0.18	1.9	2.3	CR	본 발명에						
93	A	1.2	3.6	3.0	1.8	34.7	56.1	θ	0.37	103	0.8	0.09	39	-	0.06	1.4	1.6	CR	본 발명에						
94	A	1.2	3.3	2.8	1.3	34.3	56.7	θ	0.39	98	0.9	0.07	11	10.0	0.20	1.6	1.9	CR	본 발명에						
95	A	1.2	3.8	2.6	1.2	33.9	57.5	θ	0.37	110	0.7	0.11	50	10.0	0.02	0.7	0.9	CR	본 발명에						
96	A	1.2	3.9	2.7	1.1	34.2	57.2	θ	0.34	101	0.6	0.12	49	10.0	0.03	0.8	1.0	CR	본 발명에						
97	M	1.2	3.5	3.1	1.9	33.9	56.6	θ	0.38	92	0.8	0.09	9	-	0.21	2.0	2.3	CR	본 발명에						
98	M	1.2	3.3	2.9	1.8	34.1	57.1	θ	0.42	90	0.9	0.11	36	-	0.09	1.6	2.0	CR	본 발명에						
99	M	1.2	3.6	3.0	1.6	35.0	56.2	θ	0.36	94	0.8	0.12	12	16.0	0.20	1.6	1.9	CR	본 발명에						
100	M	1.2	4.0	3.2	1.8	34.5	56.0	θ	0.40	96	0.9	0.08	51	16.0	0.03	0.8	1.2	CR	본 발명에						
101	M	1.2	3.5	2.8	1.3	34.2	57.1	θ	0.34	98	0.8	0.14	53	16.0	0.02	0.8	1.1	CR	본 발명에						
102	N	1.2	1.1	6.1	1.0	20.9	70.2	θ	1.22	253	2.4	0.10	7	-	0.15	1.9	2.3	CR	본 발명에						
103	N	1.2	0.9	6.3	0.6	19.1	71.5	θ	1.28	274	2.3	0.10	31	-	0.06	1.3	1.5	CR	본 발명에						
104	N	1.2	1.2	6.2	0.9	20.7	70.1	θ	1.14	263	1.9	0.13	10	13.0	0.13	1.7	2.0	CR	본 발명에						
105	N	1.2	1.0	6.3	1.0	21.2	69.9	θ	1.31	258	2.2	0.07	45	13.0	0.03	0.5	0.8	CR	본 발명에						
106	N	1.2	1.6	6.1	0.8	19.5	70.6	θ	1.37	263	1.9	0.15	48	13.0	0.02	0.6	0.9	CR	본 발명에						
107	M	3.2	3.2	2.8	1.8	35.3	56.1	θ	0.34	90	2.0	0.06	11	-	0.18	2.0	2.3	HR	본 발명에						
108	M	3.2	3.4	2.7	1.6	34.2	57.8	θ	0.31	91	2.1	0.07	40	-	0.05	1.4	1.6	HR	본 발명에						
109	M	3.2	3.1	2.6	2.2	33.9	56.2	θ	0.38	102	2.3	0.12	16	10.0	0.15	1.5	1.8	HR	본 발명에						
110	M	3.2	3.6	2.5	1.7	34.2	55.3	θ	0.34	94	2.2	0.14	53	10.0	0.02	0.6	0.9	HR	본 발명에						
111	M	3.2	3.8	2.7	1.1	33.5	57.8	θ	0.41	118	2.7	0.15	55	10.0	0.03	0.5	0.8	HR	본 발명에						
112	AT	0.9	2.9	2.0	1.2	40.6	52.6	θ	1.35	253	1.8	0.07	32	-	0.06	1.5	1.8	CR	본 발명에						
113	AT	1.2	3.9	2.9	1.7	34.1	56.1	θ	0.32	89	0.7	0.12	7	-	0.21	2.1	2.4	CR	본 발명에						
114	AT	1.2	3.7	3.0	1.2	34.4	56.0	θ	0.37	95	1.2	0.06	32	-	0.09	1.7	2.0	CR	본 발명에						
115	AT	1.2	3.6	3.1	1.6	35.0	55.8	θ	0.34	102	0.9	0.06	10	8.0	0.20	1.7	2.0	CR	본 발명에						
116	AT	1.2	4.0	3.0	1.7	33.4	55.8	θ	0.33	105	0.8	0.16	50	8.0	0.04	0.8	1.0	CR	본 발명에						
117	AT	1.2	4.1	2.8	1.3	33.1	56.9	θ	0.35	101	0.7	0.13	48	8.0	0.03	0.7	0.9	CR	본 발명에						

(*1) F : 페라이트, M : 오스테나이트, RA : 잔류 오스테나이트, B : 배이나이트, BT : 템퍼드 배이나이트, TM : 템퍼드 마텐자이트, θ : 단축률
 (*2) B 및 BT 템 내의 성장 배 과 성장 RA의 평균 결정 입경(nm)
 (*3) B 및 BT 템 내의 θ의 평균 결정 입경(nm)
 (*4) B 및 BT 템 내의 입경이 300 nm 이상인 θ의 개 수 밀도(개/μm²)
 (*5) 금속 도금 부착량 (g/m²): 제 1 도금 부착량(g/m²)
 (*6) 소지 강판 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 각이의 1/4 위치에 있어서, 나노 경도의 전체 측정수에 대한 나노 경도가 7.0 GPa 이상인 측정수 비율
 (*7) 소지 강판 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 각이의 1/4 위치의 편면의 나노 경도의 표준 편차σ(GPa)
 (*8) 소지 강판 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 각이의 1/2 위치의 편면의 나노 경도의 표준 편차σ(GPa)

[0575]

[0576] [표 7-2]

No.	YS (MPa)	TS (MPa)	YR (-)	EI (%)	λ (%)	R/t	U 굽힘 + 밀착 굽힘 ST (mm)	V 굽힘 + VDA 굽힘 SFmax (mm)	축 압괴 특성 (외관 균열)	종류	비고
92	901	1243	0.72	10.4	48	1.67	4.5	26.7	○	CR	본 발명에
93	878	1221	0.72	10.7	43	0.83	3.5	27.2	◎	CR	본 발명에
94	881	1238	0.71	10.8	41	1.25	4.0	26.9	◎	CR	본 발명에
95	865	1210	0.71	11.0	45	0.00	3.0	27.8	◎	CR	본 발명에
96	876	1211	0.72	10.9	42	0.00	3.0	27.9	◎	CR	본 발명에
97	885	1229	0.72	10.7	45	1.67	4.0	26.5	○	CR	본 발명에
98	872	1211	0.72	10.9	43	0.83	3.0	27.5	◎	CR	본 발명에
99	893	1223	0.73	10.7	42	1.25	3.5	27.1	◎	CR	본 발명에
100	887	1206	0.74	10.9	47	0.00	2.5	28.0	◎	CR	본 발명에
101	890	1204	0.74	11.0	50	0.00	2.5	27.9	◎	CR	본 발명에
102	1012	1352	0.75	8.5	35	2.50	5.0	25.2	○	CR	본 발명에
103	1024	1335	0.77	8.4	31	1.25	4.0	26.1	◎	CR	본 발명에
104	1018	1345	0.76	8.6	30	1.67	4.5	25.7	◎	CR	본 발명에
105	1026	1330	0.77	8.9	29	0.83	3.5	26.7	◎	CR	본 발명에
106	1009	1331	0.76	8.5	31	0.83	3.5	26.8	◎	CR	본 발명에
107	901	1248	0.72	10.4	48	1.88	4.5	26.4	○	HR	본 발명에
108	913	1217	0.75	11.0	42	0.94	3.5	27.2	◎	HR	본 발명에
109	896	1240	0.72	10.8	48	1.25	4.0	26.8	◎	HR	본 발명에
110	906	1207	0.75	10.6	43	0.31	3.0	27.7	◎	HR	본 발명에
111	891	1205	0.74	10.9	44	0.31	3.0	27.8	◎	HR	본 발명에
112	912	1236	0.74	10.3	50	0.56	4.5	27.1	◎	CR	본 발명에
113	885	1229	0.72	10.8	43	1.67	4.0	26.3	○	CR	본 발명에
114	876	1201	0.73	10.5	52	0.83	3.0	27.5	◎	CR	본 발명에
115	889	1222	0.73	10.3	48	1.25	3.5	27.0	◎	CR	본 발명에
116	875	1192	0.73	11.0	44	0.00	2.5	27.8	◎	CR	본 발명에
117	868	1190	0.73	10.8	47	0.00	2.5	27.7	◎	CR	본 발명에

[0577]

[0578] 표 3, 표 5, 표 7 에 나타난 바와 같이, 발명예에서는 모두, 인장 강도 (TS), 항복 응력 (YS), 항복비 (YR), 전연신 (EI), 한계 구멍 확장률 (λ), V 굽힘 시험에서의 R/t, U 굽힘 + 밀착 굽힘 굽힘 시험에서의 한계 스페이서 두께 (ST), 및 V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험에서 측정되는 하중 최대시의 스트로크 (SFmax) 모두가 합격이고, 축 압괴 시험에서의 파단 (외관 균열) 은 없었다.

[0579] 한편, 비교예에서는, 인장 강도 (TS), 항복 응력 (YS), 항복비 (YR), 전연신 (EI), 한계 구멍 확장률 (λ), V 굽힘 시험에서의 R/t, U 굽힘 + 밀착 굽힘 굽힘 시험에서의 한계 스페이서 두께 (ST), V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험에서 측정되는 하중 최대시의 스트로크 (SFmax), 및 축 압괴 시험에서의 파단 (외관 균열) 유무 의 적어도 1 개가 충분하지 않았다.

[0580] 또한, 표 5, 표 7 에 있어서, 노점이 -30 °C 이상 -20 °C 이하인 범위에서는, 표층의 연질층 두께가 14 μ m 이하가 되어, 축 압괴 시험에서의 파단 (외관 균열) 의 판정은 「○」 인 것도 있지만, 표층의 연질층 두께가 14 μ m 이하인 경우에도 금속 도금층을 갖는 경우에는, 축 압괴 시험에서의 파단 (외관 균열) 의 판정은 「◎」 였다.

[0581] 또, 본 발명예의 강관을 사용하여, 성형 가공을 실시하여 얻은 부재 또는 접합 가공을 실시하여 얻은 부재는, 인장 강도 (TS), 항복 응력 (YS), 항복비 (YR), 전연신 (EI), 한계 구멍 확장률 (λ), V 굽힘 시험에서의 R/t, U 굽힘 + 밀착 굽힘 굽힘 시험에서의 한계 스페이서 두께 (ST), 및 V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험에서 측정되는 하중 최대시의 스트로크 (SFmax) 모두가 본 발명에서 특징으로 하는 우수한 특성을 갖고, 축 압괴 시험에서의 파단 (외관 균열) 은 없고, 본 발명에서 특징으로 하는 우수한 특성을 갖는 것을 알 수 있었다.

부호의 설명

- [0582] 10 : 헤트형 부재
- 20 : 강관
- 30 : 시험용 부재
- 40 : 스폿 용접부

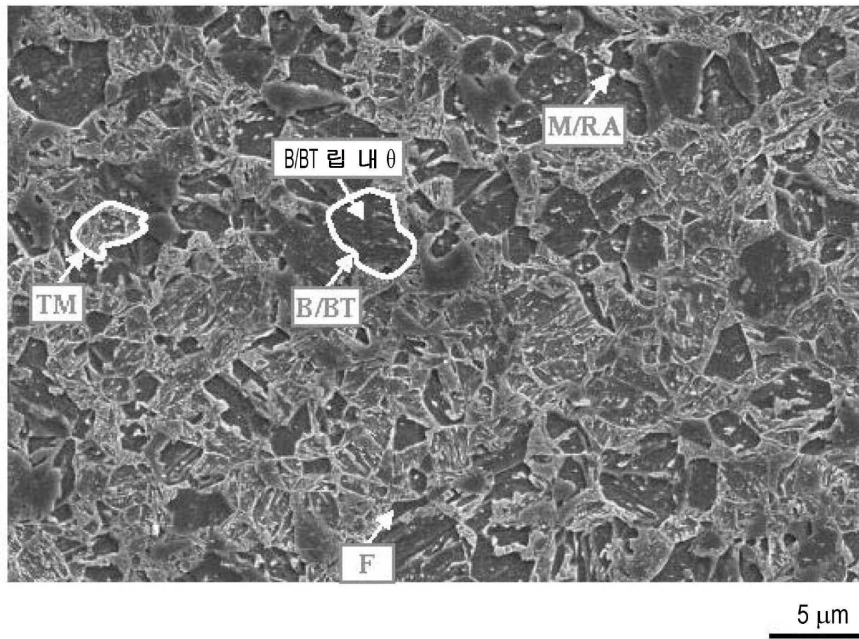
- 50 : 지판
- 60 : 임팩터
- A1 : 다이
- A2 : 지지 롤
- A3 : 다이
- A4 : 지지 롤
- B1 : 펀치
- B2 : 펀치
- B3 : 펀치
- B4 : 펀치
- D1 : 폭 (C) 방향
- D2 : 압연 (L) 방향
- D3 : 압괴 방향
- S : 스페이서
- T1 : 시험편
- F : 페라이트
- M : 마텐자이트
- RA : 잔류 오스테나이트
- B : 베이나이트
- BT : 템퍼드 베이나이트
- TM : 템퍼드 마텐자이트
- Θ : 탄화물

산업상 이용가능성

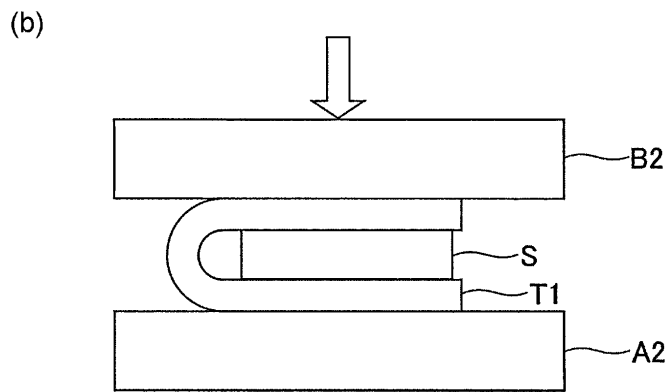
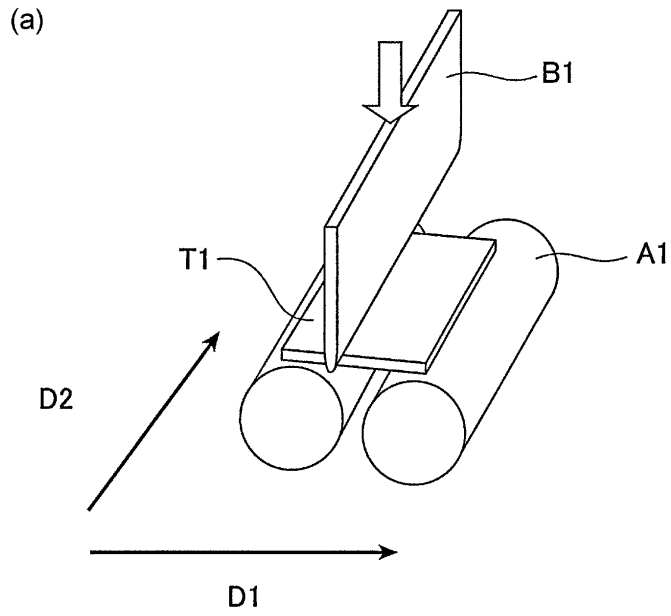
본 발명에 의하면, TS : 1180 MPa 이상이고, 또한, 높은 YS 및 YR 과, 우수한 프레스 성형성 (연성, 구멍 확장성 및 굽힘성) 과, 충돌시의 내파단 특성 (굽힘 파단 특성 및 축 압괴 특성) 을 갖는 강판 및 부재의 제조가 가능해진다. 또, 본 발명의 방법에 따라서 얻어진 강판 및 부재를, 예를 들어, 자동차 구조 부재에 적용함으로써 차체 경량화에 의한 연비 향상을 도모할 수 있어, 산업상의 이용 가치는 매우 크다.

도면

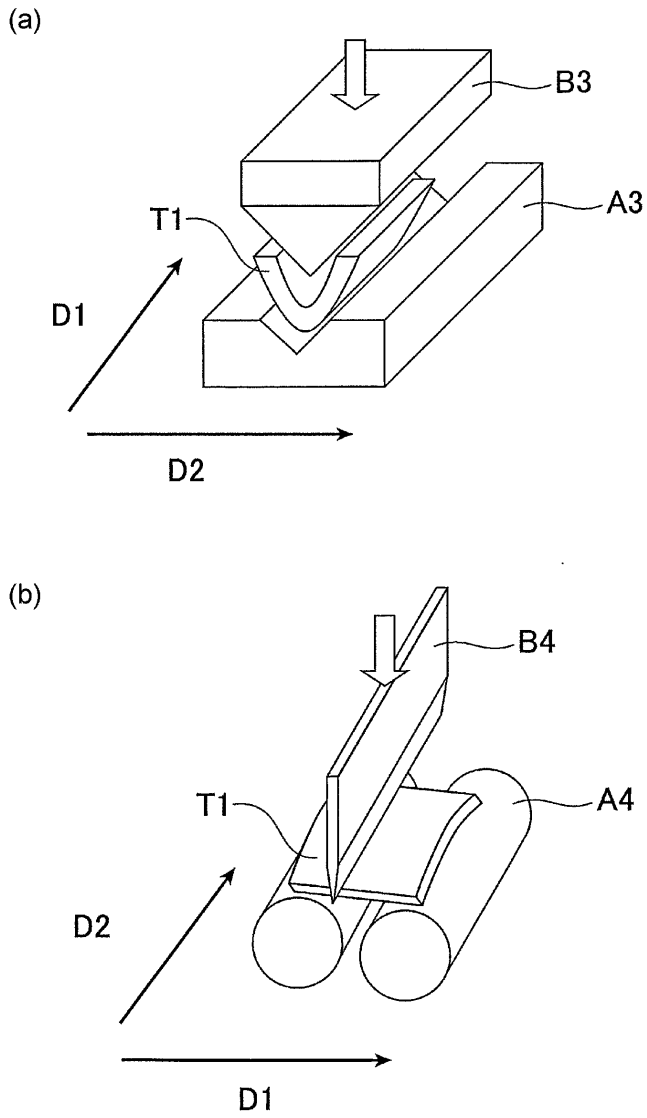
도면1



도면2



도면3



도면4

