(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0004714
(43) 공개일자 2025년01월08일

(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)
C23G 1/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22C 38/04 (2013.01)
C21D 8/0226 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7036687
(22) 출원일자(국제) 2023년02월27일
심사청구일자 2024년11월04일
(85) 번역문제출일자 2024년11월04일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2023/006923
(87) 국제공개번호 WO 2023/218729
국제공개일자 2023년11월16일
(30) 우선권주장
PCT/JP2022/019992 2022년05월11일 일본(JP)

(71) 출원인
제이에프이 스틸 가부시키가이샤
일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방 3고
(72) 발명자
왕 팡이
일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방 3고 제이에프이 스틸 가부시키가이샤 지테키자이산부 나이
가와사키 요시야스
일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방 3고 제이에프이 스틸 가부시키가이샤 지테키자이산부 나이
나카가이토 다츠야
일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방 3고 제이에프이 스틸 가부시키가이샤 지테키자이산부 나이
(74) 대리인
특허법인코리아나

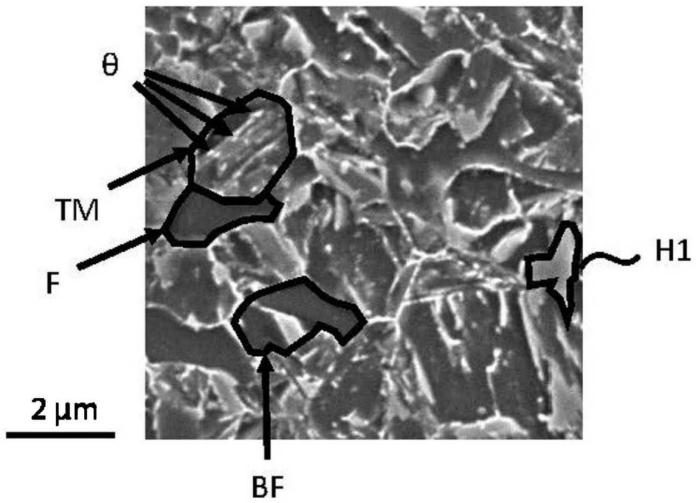
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **강판, 부재 및 그들의 제조 방법**

(57) 요 약

TS : 1180 ㎫ 이상이며, 또한, 높은 YS 와, 우수한 프레스 성형성 (연성, 구멍 확장성 및 굽힘성) 과, 압괴시의 내파단 특성 (굽힘 파단 특성 및 축 압괴 특성) 을 갖는 강판, 부재 및 그들의 제조 방법을 제공한다. 소지 강판을 소정의 성분 조성으로 하고, 소지 강판의 강 조직에서, 페라이트, 베이나이틱 페라이트, 템퍼드 마텐자이트, 잔류 오스테나이트, 프레시 마텐자이트를 소정의 범위로 하고, V-VDA 굽힘 시험을 최고 하중점까지 실시하고, V 굽힘 능선부 및 VDA 굽힘 능선부에 있어서, 전체 보이드 가운데, 경질상과 연질상의 경계의 보이드수와 경질상의 파괴에 의한 보이드수를 전체 보이드수로 나눈 값이 0.60 이하이며, V 굽힘 평탄부 및 VDA 굽힘 능선부에 있어서, 전체 보이드 가운데, 경질상과 연질상의 경계의 보이드수와 경질상의 파괴에 의한 보이드수를 전체 보이드수로 나눈 값이 0.20 이하이며, 탄화물의 평균 자유 행정이 0.20 ㎛ 이상이도록 한다.

대 표 도 - 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)
C23G 1/08 (2013.01)
C21D 2211/008 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

소지 강판을 구비하는 강판으로서, 상기 소지 강판은,

질량% 로,

C : 0.050 % 이상 0.400 % 이하,

Si : 0.75 % 초과 3.00 % 이하,

Mn : 2.00 % 이상 3.50 % 미만,

P : 0.001 % 이상 0.100 % 이하,

S : 0.0001 % 이상 0.0200 % 이하,

Al : 0.010 % 이상 2.000 % 이하 및

N : 0.0100 % 이하

를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성을 갖고,

상기 소지 강판은,

페라이트의 면적률 : 57.0 % 이하,

베이나이틱 페라이트와 템퍼드 마텐자이트의 합계의 면적률 : 40.0 % 이상 90.0 % 이하,

잔류 오스테나이트의 면적률 : 3.0 % 이상 10.0 % 이하,

프레시 마텐자이트의 면적률 : 10.0 % 이하이고,

템퍼드 마텐자이트의 면적률을 베이나이틱 페라이트와 템퍼드 마텐자이트의 합계의 면적률로 나눈 값이 0.70 이상인 강 조직을 갖고,

또한, V-VDA 굽힘 시험을 최고 하중점까지 실시하고,

V 굽힘 능선부 및 VDA 굽힘 능선부의 중복 영역에 있어서, 전체 보이드 가운데, 경질상과 접하는 보이드의 수를 전체 보이드수로 나눈 값이 0.60 이하이며,

V 굽힘 평탄부 및 VDA 굽힘 능선부의 중복 영역에 있어서, 전체 보이드 가운데, 경질상과 접하는 보이드의 수를 전체 보이드수로 나눈 값이 0.20 이하이며,

이하의 식 (1) 로 나타내는 탄화물의 평균 자유 행정 L_M 이 0.20 ㎛ 이상이며,

인장 강도가 1180 ㎫ 이상인, 강판.

$$L_M=(d_M/2)\times(400\pi/3f)^{1/3} \cdots \text{식 (1)}$$

여기서, L_M : 탄화물의 평균 자유 행정 (㎛), d_M : 탄화물의 평균의 원 상당 직경 (㎛), π : 원주율, f : 전체 탄화물의 체적 분율 (%) 이다.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 소지 강판의 성분 조성이, 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 종을 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,

강판 중의 전체 탄화물 중에서 선택되는 1 개의 탄화물 A 와, 그 탄화물 A 이외의 잔부 탄화물과의 간격의 표준 편차의 평균치 σ_c 가, 7.50 ㎛ 이하인, 강판.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 소지 강판은, 소지 강판 표면으로부터 판두께 방향으로 200 ㎛ 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 ㎛ × 50 ㎛ 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 대해 0.10 이하이며,

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

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, 강판.

청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

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

청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 기재된 강판을 사용하여 이루어지는, 부재.

청구항 8

제 1 항 또는 제 2 항에 기재된 성분 조성을 갖는 강슬래브에 열간 압연을 실시하여 열연 강판으로 하는, 열연 공정과,

그 열연 강판을 산세하는 산세 공정과,

그 산세 공정 후의 강판을, 어닐링 온도 : $(Ac_1+(Ac_3-Ac_1)\times 3/4)$ ℃ 이상 900 ℃ 이하 및 어닐링 시간 : 20 초 이상으로 어닐링하는, 어닐링 공정과,

그 어닐링 공정 후의 강판을 100 ℃ 이상 300 ℃ 이하의 제 1 냉각 정지 온도까지 냉각하는, 제 1 냉각 공정과,

그 제 1 냉각 공정 후의 강판을 350 ℃ 이상 550 ℃ 이하의 온도역에서 3 초 이상 80 초 미만 유지하는, 유지 공정과,

그 유지 공정 후의 강판을 50 ℃ 이하의 제 2 냉각 정지 온도까지 냉각하고,

그 냉각시, 상기 강판에 대해, 300 ℃ 이상 450 ℃ 이하의 온도역에서 2.0 kgf/㎟ 이상의 장력을 1 회 이상 부여하고,

그 후,

상기 강판을, 1 패스당 직경 500 ㎜ 이상 1500 ㎜ 이하의 롤에 롤 1/4 주분 접촉시키면서 4 패스 이상 부여하는 처리, 및

상기 강판을, 1 패스당 직경 500 ㎜ 이상 1500 ㎜ 이하의 롤에 롤 1/2 주분 접촉시키면서, 2 패스 이상 부여하는 처리를 실시하는, 제 2 냉각 공정을 포함하고, 혹은 나아가

상기 산세 공정 후, 또한 상기 어닐링 공정 전의 강판에, 냉간 압연하여 냉연 강판을 얻는, 냉연 공정을 포함하는, 강판의 제조 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 유지 공정 후, 또한 상기 제 2 냉각 공정 전의 상기 강판에 아연 도금 처리를 실시하고, 상기 강판에 아연

도금층을 형성하는 아연 도금 공정을 포함하는, 강판의 제조 방법.

청구항 10

제 8 항 또는 제 9 항에 있어서,

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

청구항 11

제 8 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

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

청구항 12

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 기재된 강판에, 성형 가공, 접합 가공 중 적어도 일방을 실시하여 부재로 하는 공정을 포함하는, 부재의 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

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

배 경 기 술

[0002] 최근, 지구 환경 보전의 견지에서, 자동차의 연비 향상이 중요한 과제가 되고 있다. 그 때문에, 자동차 부재의 소재가 되는 강판을 고강도화하고, 얇게 함으로써, 자동차 차체를 경량화하고자 하는 움직임이 활발해지고 있다.

[0003] 또, 자동차의 충돌 안전성 향상에 대한 사회적 요구가 보다 더 높아지고 있다. 그 때문에, 높은 강도를 갖는 것에 더하여, 자동차가 주행 중에 충돌한 경우의 내충격 특성 (이하, 간단히 내충격 특성이라고 한다) 이 우수한 강판의 개발이 요망되고 있다.

[0004] 이와 같은 자동차 부재의 소재가 되는 강판으로서, 예를 들어, 특허문헌 1 에는, 질량% 로 나타내고, 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 ㎛ 이하이고, 그 면적률이 5 % 이상인 것을 특징으로 하는 신장 플랜지성과 내충돌 특성이 우수한 고강도 강판이 개시되어 있다.

[0005] 또, 특허문헌 2 에는, 표면층을 두께 0.1 ㎛ 이상 연삭 제거된 냉연 강판 상에 Ni 를 0.2 g/㎡ 이상 2.0 g/㎡ 이하 프리 도금된 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 (㎫), 전체 신장률 EL (%), 구멍 확장률 λ (%) 로 하여 TS × EL 이 18000 ㎫ · % 이상, TS × λ 가 35000 ㎫ · % 이상이며, 인장 강도 980 ㎫ 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, $Hv1/(-982.1\times CM1^{2}+1676\times CM1+189)\leq 0.60$, 마텐자이트 [2] : C 농도 (CM2) 가 0.8 % 이상이며, 경도 Hv2 가, $Hv2/(-982.1\times CM2^{2}+1676\times CM2+18$

9)≤0.60, 마텐자이트 [3] : C 농도 (CM3) 가 0.8 % 이상이고, 경도 Hv3 이, Hv3/(-982.1×$CM3^2$+1676×CM3+189)≥0.80 이 개시되어 있다.

[0006] 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 포함) 이며, 또한, 그 다른 상으로서 마텐자이트상 : 3 % 이하 (0 % 를 포함), 베이나이틱 페라이트상 : 5 % 미만 (0 % 를 포함) 을 갖고, 상기 템퍼드 마텐자이트상의 평균 결정 입경이 8 ㎛ 이하, 상기 잔류 오스테나이트상 중의 C 량이 0.7 질량% 미만인 강판 조직을 갖는 고강도 용융 아연 도금 강판이 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 일본 특허공보 제3887235호

(특허문헌 0002) 일본 특허공보 제5953693호

(특허문헌 0003) 일본 특허공보 제6052472호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 그런데, 프론트 사이드 멤버나 리어 사이드 멤버로 대표되는 자동차의 충격 에너지 흡수 부재는, 인장 강도 (이하, TS 라고도 한다.) 가 590 ㎫ 급의 강판의 적용에 머물러 있는 것이 현상황이다.

[0009] 즉, 충격시의 흡수 에너지 (이하, 충격 흡수 에너지라고도 한다.) 를 높이려면, 항복 응력 (이하, YS 라고도 한다.) 의 향상이 유효하다. 그러나, 강판의 TS 및 YS 를 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 파손되어 버리는, 바꾸어 말하면, YS 의 값으로부터 상정될 정도로는 실제의 충격 흡수 에너지가 높아지지 않는다. 그 때문에, 상기 충격 에너지 흡수 부재는, TS 가 590 ㎫ 급인 강판의 적용에 머물러 있는 것이 현상황이다.

[0010] 실제, 특허문헌 1 ~ 3 에 개시되는 강판도, TS : 1180 ㎫ 이상이며, 또한, 높은 YS 와, 우수한 프레스 성형성 (연성, 구멍 확장성 및 굽힘성) 과, 압괴시의 내파단 특성 (굽힘 파단 특성 및 축 압괴 특성) 을 갖는 것이라고는 할 수 없다.

[0011] 본 발명은, 상기 현상황을 감안하여 개발된 것으로서, 인장 강도 TS : 1180 ㎫ 이상이며, 또한, 높은 항복 응력 YS 와, 우수한 프레스 성형성 (연성, 구멍 확장성 및 굽힘성) 과 압괴시의 내파단 특성 (굽힘 파단 특성 및 축 압괴 특성) 을 갖는 강판을, 그 유리한 제조 방법과 함께 제공하는 것을 목적으로 한다.

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

[0013] 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] 여기서, 인장 강도 TS 는, JIS Z 2241 (2011) 에 준거하는 인장 시험으로 측정된다.

[0015] 또, 높은 항복 응력 YS 와, 우수한 프레스 성형성 (연성, 구멍 확장성 및 굽힘성) 과, 압괴시의 내파단 특성 (굽힘 파단 특성 및 축 압괴 특성) 을 갖는다는 것은, 이하를 만족하는 것을 가리킨다.

[0016] 항복 응력 YS 가 높다는 것은, JIS Z 2241 (2011) 에 준거하는 인장 시험으로 측정되는 YS 가, 당해 인장 시험으로 측정되는 TS 에 따라, 이하의 (A) 또는 (B) 식을 만족하는 것을 가리킨다.

[0017] (A) 1180 ㎫≤TS＜1320 ㎫ 의 경우, 750 ㎫≤YS

[0018] (B) 1320 ㎫≤TS 의 경우, 850 ㎫≤YS

[0019] 또, 연성이 우수하다는 것은, JIS Z 2241 (2011) 에 준거하는 인장 시험으로 측정되는 전체 신장 (El) 이, 당해 인장 시험으로 측정되는 TS 에 따라, 이하의 (A) 또는 (B) 식을 만족하는 것을 가리킨다.

[0020] (A) 1180 ㎫≤TS＜1320 ㎫ 의 경우, 12.0 %≤El

[0021] (B) 1320 ㎫≤TS 의 경우, 10.0 %≤El

[0022] 또, 구멍 확장성이 우수하다는 것은, JIS Z 2256 (2020) 에 준거하는 구멍 확장 시험으로 측정되는 한계 구멍 확장률 (λ) 이 30 % 이상인 것을 가리킨다.

[0023] 또, 굽힘성이 우수하다는 것은, 독일 자동차 공업회에서 규정된 VDA 규격 (VDA238-100) 에 준거하는 굽힘 시험으로 측정되는 하중 최대시의 굽힘 각도 (α) 가 80° 이상인 것을 가리킨다.

[0024] 또, 굽힘 파단 특성이 우수하다는 것은, V-VDA 굽힘 시험으로 측정되는 하중 최대시의 스트로크 (S_{Fmax}) 가 26.0 ㎜ 이상인 것을 가리킨다.

[0025] 또, 축 압괴 특성이 우수하다는 것은, 축 압괴 시험 후에 파단 (외관 균열) 이, 도 5a(b) 의 하부 2 지점의 굽힘 능선부 (도 5a 중, 영역 Cx 참조) 의 R=5.0 ㎜, 200 ㎜ 의 영역 내에서 3 지점 이하인 것을 가리킨다.

[0026] 상기 El, λ 및 α 는 강판의 프레스 성형시의 성형 용이성을 나타내는 특성이다. 한편, V-VDA 굽힘 시험은 충돌 시험에서의 굽힘 능선부의 변형 및 파단 거동을 모의한 시험이며, V-VDA 굽힘 시험으로 측정되는 하중 최대시의 스트로크 (S_{Fmax}) 는 부재의 균열되기 어려움을 나타내는 특성이다.

과제의 해결 수단

[0027] 그래서, 본 발명자들은, 상기 목적을 달성하고자, 예의 검토를 거듭하였다.

[0028] 그 결과, 강판의 소지 강판의 성분 조성을 적정하게 조정하고, 또한, 강판의 그 소지 강판의 강 조직은, 페라이트의 면적률 : 57.0 % 이하, 베이나이틱 페라이트와 템퍼드 마텐자이트의 합계의 면적률 : 40.0 % 이상 90.0 % 이하, 잔류 오스테나이트의 면적률 : 3.0 % 이상 10.0 % 이하, 프레시 마텐자이트의 면적률 : 10.0 % 이하이며, 템퍼드 마텐자이트의 면적률을 베이나이틱 페라이트와 템퍼드 마텐자이트의 합계의 면적률로 나눈 값이 0.70 이상이며, 또한, V-VDA 굽힘 시험을 최고 하중점까지 실시하고, V 굽힘 능선부 및 VDA 굽힘 능선부에 있어서, 전체 보이드 가운데, 경질상과 접하는 보이드의 수 (경질상과 연질상의 경계의 보이드수와 경질상의 파괴에 의해 형성된 보이드수) 를 전체 보이드수로 나눈 값이 0.60 이하이며, V 굽힘 평탄부 및 VDA 굽힘 능선부에 있어서, 전체 보이드 가운데, 경질상과 접하는 보이드의 수 (경질상과 연질상의 경계의 보이드수와 경질상의 파괴에 의해 형성된 보이드수) 를 전체 보이드수로 나눈 값이 0.20 이하이며, 탄화물의 무게 중심의 평균 자유 행정을 0.20 ㎛ 이상으로 함으로써, TS : 1180 ㎫ 이상이며, 또한, 높은 YS 와, 우수한 프레스 성형성 (연성, 구멍 확장성 및 굽힘성) 과, 압괴시의 내파단 특성 (굽힘 파단 특성 및 축 압괴 특성) 을 갖는 강판이 얻어지는 것을 지견하였다.

[0029] 본 발명은, 상기 지견에 기초하여, 추가로 검토를 더해 완성된 것이다.

[0030] 즉, 본 발명의 요지 구성은 다음과 같다.

[0031] [1] 소지 강판을 구비하는 강판으로서, 상기 소지 강판은,

[0032] 질량% 로,

[0033] C : 0.050 % 이상 0.400 % 이하,

[0034] Si : 0.75 % 초과 3.00 % 이하,

[0035] Mn : 2.00 % 이상 3.50 % 미만,

[0036] P : 0.001 % 이상 0.100 % 이하,

[0037] S : 0.0001 % 이상 0.0200 % 이하,

[0038] Al : 0.010 % 이상 2.000 % 이하 및

[0039] N : 0.0100 % 이하

[0040] 를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성을 갖고,

[0041] 상기 소지 강판은,

[0042] 페라이트의 면적률 : 57.0 % 이하,

[0043] 베이나이틱 페라이트와 템퍼드 마텐자이트의 합계의 면적률 : 40.0 % 이상 90.0 % 이하,

[0044] 잔류 오스테나이트의 면적률 : 3.0 % 이상 10.0 % 이하,

[0045] 프레시 마텐자이트의 면적률 : 10.0 % 이하이고,

[0046] 템퍼드 마텐자이트의 면적률을 베이나이틱 페라이트와 템퍼드 마텐자이트의 합계의 면적률로 나눈 값이 0.70 이상인 강 조직을 갖고,

[0047] 또한, V-VDA 굽힘 시험을 최고 하중점까지 실시하고,

[0048] V 굽힘 능선부 및 VDA 굽힘 능선부의 중복 영역에 있어서, 전체 보이드 가운데, 경질상과 접하는 보이드의 수를 전체 보이드수로 나눈 값이 0.60 이하이며,

[0049] V 굽힘 평탄부 및 VDA 굽힘 능선부의 중복 영역에 있어서, 전체 보이드 가운데, 경질상과 접하는 보이드의 수를 전체 보이드수로 나눈 값이 0.20 이하이며,

[0050] 이하의 식 (1) 로 나타내는 탄화물의 평균 자유 행정 L_M 이 0.20 ㎛ 이상이며,

[0051] 인장 강도가 1180 ㎫ 이상인, 강판.

[0052] $L_M=(d_M/2)\times(400\pi/3f)^{1/3}$ · · · 식 (1)

[0053] 여기서, L_M : 탄화물의 평균 자유 행정 (㎛), d_M : 탄화물의 평균의 원 상당 직경 (㎛), π : 원주율, f : 전체 탄화물의 체적 분율 (%) 이다.

[0054] [2] 상기 소지 강판의 성분 조성이, 추가로, 질량% 로,

[0055] Nb : 0.200 % 이하,

[0056] Ti : 0.200 % 이하,

[0057] V : 0.200 % 이하,

[0058] B : 0.0100 % 이하,

[0059] Cr : 1.000 % 이하,

[0060] Ni : 1.000 % 이하,

[0061] Mo : 1.000 % 이하,

[0062] Sb : 0.200 % 이하,

[0063] Sn : 0.200 % 이하,

[0064] Cu : 1.000 % 이하,

[0065] Ta : 0.100 % 이하,

[0066] W : 0.500 % 이하,

[0067] Mg : 0.0200 % 이하,

[0068] Zn : 0.0200 % 이하,

[0069] Co : 0.0200 % 이하,

[0070] Zr : 0.1000 % 이하,

[0071] Ca : 0.0200 % 이하,

[0072] Se : 0.0200 % 이하,

[0073] Te : 0.0200 % 이하,

[0074] Ge : 0.0200 % 이하,

[0075] As : 0.0500 % 이하,

[0076] Sr : 0.0200 % 이하,

[0077] Cs : 0.0200 % 이하,

[0078] Hf : 0.0200 % 이하,

[0079] Pb : 0.0200 % 이하,

[0080] Bi : 0.0200 % 이하 및

[0081] REM : 0.0200 % 이하

[0082] 중에서 선택되는 적어도 1 종을 함유하는, 상기 [1] 에 기재된 강판.

[0083] [3] 상기 강판의 편면 또는 양면에 있어서 최표층으로서 아연 도금층을 구비하는, 상기 [1] 또는 [2] 에 기재된 강판.

[0084] [4] 강판 중의 전체 탄화물 중에서 선택되는 1 개의 탄화물 A 와, 그 탄화물 A 이외의 잔부 탄화물과의 간격의 표준 편차의 평균치 σ_C 가, 7.50 ㎛ 이하인, 상기 [1] ~ [3] 중 어느 하나에 기재된 강판.

[0085] [5] 상기 소지 강판은, 소지 강판 표면으로부터 판두께 방향으로 200 ㎛ 이하의 영역을 표층으로 했을 때,

[0086] 상기 표층에, 판두께 1/4 위치의 비커스 경도에 대해, 비커스 경도가 85 % 이하인 표층 연질층을 갖고,

[0087] 상기 소지 강판 표면으로부터 상기 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치 및 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 각각에 있어서의 판면의 50 ㎛ × 50 ㎛ 의 영역에 있어서, 300 점 이상의 나노 경도를 측정했을 때,

[0088] 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 대해 0.10 이하이며,

[0089] 또한, 상기 소지 강판 표면으로부터 상기 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 가 1.8 GPa 이하이며,

[0090] 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] ~ [4] 중 어느 하나에 기재된 강판.

[0091] [6] 상기 강판의 편면 또는 양면에 있어서, 상기 소지 강판 상에 형성된 금속 도금층을 갖는, 상기 [1] ~ [5] 중 어느 하나에 기재된 강판.

[0092] [7] 상기 [1] ~ [6] 중 어느 하나에 기재된 강판을 사용하여 이루어지는, 부재.

[0093] [8] 상기 [1] 또는 [2] 에 기재된 성분 조성을 갖는 강슬래브에 열간 압연을 실시하여 열연 강판으로 하는, 열연 공정과,

[0094] 그 열연 강판을 산세하는 산세 공정과,

[0095] 그 산세 공정 후의 강판을, 어닐링 온도 : $(Ac_1+(Ac_3-Ac_1)\times 3/4)$ ℃ 이상 900 ℃ 이하 및 어닐링 시간 : 20 초 이상으로 어닐링하는, 어닐링 공정과,

[0096] 그 어닐링 공정 후의 강판을 100 ℃ 이상 300 ℃ 이하의 제 1 냉각 정지 온도까지 냉각하는, 제 1 냉각 공정과,

[0097] 그 제 1 냉각 공정 후의 강판을 350 ℃ 이상 550 ℃ 이하의 온도역에서 3 초 이상 80 초 미만 유지하는, 유지 공정과,

[0098] 그 유지 공정 후의 강판을 50 ℃ 이하의 제 2 냉각 정지 온도까지 냉각하고,

[0099] 그 냉각시, 상기 강판에 대해, 300 ℃ 이상 450 ℃ 이하의 온도역에서 2.0 kgf/㎟ 이상의 장력을 1 회 이상 부여하고,

[0100] 그 후,

[0101] 상기 강판을, 1 패스당 직경 500 ㎜ 이상 1500 ㎜ 이하의 롤에 롤 1/4 주분 접촉시키면서 4 패스 이상 부여하는 처리, 및

[0102] 상기 강판을, 1 패스당 직경 500 ㎜ 이상 1500 ㎜ 이하의 롤에 롤 1/2 주분 접촉시키면서, 2 패스 이상 부여하는 처리를 실시하는, 제 2 냉각 공정을 포함하고, 혹은 나아가

[0103] 상기 산세 공정 후, 또한 상기 어닐링 공정 전의 강판에, 냉간 압연하여 냉연 강판을 얻는, 냉연 공정을 포함하는, 강판의 제조 방법.

[0104] [9] 상기 유지 공정 후, 또한 상기 제 2 냉각 공정 전의 상기 강판에 아연 도금 처리를 실시하고, 상기 강판에 아연 도금층을 형성하는 아연 도금 공정을 포함하는, 상기 [8] 에 기재된 강판의 제조 방법.

[0105] [10] 상기 어닐링 공정에 있어서의 어닐링을, 노점 -30 ℃ 이상의 분위기하에서 실시하는, 상기 [8] 또는 [9] 에 기재된 제조 방법.

[0106] [11] 상기 산세 공정의 후, 또한 상기 어닐링 공정의 전에, 상기 강판의 편면 또는 양면에 있어서, 금속 도금을 실시하여 금속 도금층을 형성하는 금속 도금 공정을 포함하는, 상기 [8] ~ [10] 에 기재된 강판의 제조 방법.

[0107] [12] 상기 [1] ~ [6] 중 어느 하나에 기재된 강판에, 성형 가공, 접합 가공 중 적어도 일방을 실시하여 부재로 하는 공정을 갖는, 부재의 제조 방법.

발명의 효과

[0108] 본 발명에 의하면, 인장 강도 TS 가 1180 ㎫ 이상이며, 또한, 높은 항복 응력 YS 와, 우수한 프레스 성형성 (연성, 구멍 확장성 및 굽힘성) 과, 압괴시의 내파단 특성 (굽힘 파단 특성 및 축 압괴 특성) 을 갖는 강판이 얻어진다.

[0109] 또, 본 발명의 강판을 소재로 하는 부재는, 고강도이며, 또한, 우수한 내충격 특성을 가지므로, 자동차의 충격 에너지 흡수 부재 등에 매우 유리하게 적용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0110] 도 1 은, 조직의 동정에 사용한 SEM 에 의한 조직 화상의 일례이다.

도 2a(a) 는, 실시예의 V-VDA 굽힘 시험에 있어서의, V 굽힘 가공 (1 차 굽힘 가공) 을 설명하기 위한 도면이다. 도 2a(b) 는, 실시예의 V-VDA 굽힘 시험에 있어서의, VDA 굽힘 (2 차 굽힘 가공) 을 설명하기 위한 도면이다.

도 2b(c) 는, V-VDA 에 있어서의 V 굽힘 가공 (1 차 굽힘 가공) 을 실시한 시험편을 나타내는 사시도이다. 도 2b(d) 는, V-VDA 에 있어서의 VDA 굽힘 (2 차 굽힘 가공) 을 실시한 시험편을 나타내는 사시도이다.

도 2c(e) 는, V-VDA 에 있어서의 VDA 굽힘 (2 차 굽힘 가공) 을 실시한 시험편의 L 단면 관찰면에 있어서, 베이나이틱 페라이트의 판두께 방향의 입경의 가공 전후에서의 변화량의 측정 지점을 나타내는 단면도이다.

도 3 은, V-VDA 시험을 실시했을 때에 얻어진 스트로크-하중 곡선의 모식도이다.

도 4(a) 는, 경질상과 연질상의 경계의 보이드를 나타내는 SEM 에 의한 조직 화상의 일례이다. 도 4(b) 는, 경질상의 파괴에 의한 보이드를 나타내는 SEM 에 의한 조직 화상의 일례이다. 도 4(c) 는, 탄화물에 기인하는 보이드를 나타내는 SEM 에 의한 조직 화상의 일례이다.

도 5a(a) 는, 실시예의 축 압괴 시험을 하기 위해서 제조한, 해트형 부재와, 강판을 스폿 용접한 시험용 부재의 정면도이다. 도 5a(b) 는, 도 5a(a) 에 나타내는 시험용 부재의 사시도이다.

도 5b(c) 는, 실시예의 축 압괴 시험을 설명하기 위한 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0111] 본 발명을, 이하의 실시형태에 기초하여 설명한다.

[0112] [1. 강판]

[0113] 본 발명의 강판은, 소지 강판을 구비하는 강판으로서, 소지 강판은, 질량% 로, C : 0.050 % 이상 0.400 % 이하, Si : 0.75 % 초과 3.00 % 이하, Mn : 2.00 % 이상 3.50 % 미만, P : 0.001 % 이상 0.100 % 이하, S : 0.0001 % 이상 0.0200 % 이하, Al : 0.010 % 이상 2.000 % 이하 및 N : 0.0100 % 이하를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성을 갖고, 소지 강판은, 페라이트의 면적률 : 57.0 % 이하, 베이나이틱 페라이트와 템퍼드 마텐자이트의 합계의 면적률 : 40.0 % 이상 90.0 % 이하, 잔류 오스테나이트의 면적률 : 3.0 % 이상 10.0 % 이하, 프레시 마텐자이트의 면적률 : 10.0 % 이하이고, 템퍼드 마텐자이트의 면적률을 베이나이틱 페라이트와 템퍼드 마텐자이트의 합계의 면적률로 나눈 값이 0.70 이상인 강 조직을 갖고, 또한, V-VDA 굽힘 시험을 최고 하중점까지 실시하고, V 굽힘 능선부 및 VDA 굽힘 능선부의 중복 영역에 있어서, 전체 보이드 가운데, 경질상과 접하는 보이드의 수를 전체 보이드수로 나눈 값이 0.60 이하이며, V 굽힘 평탄부 및 VDA 굽힘 능선부에 있어서, 전체 보이드 가운데, 경질상과 접하는 보이드의 수를 전체 보이드수로 나눈 값이 0.20 이하이며, 이하의 식 (1) 로 나타내는 탄화물의 평균 자유 행정 L_M 이 0.20 ㎛ 이상이며, 인장 강도가 1180 ㎫ 이상이다.

[0114] $L_M=(d_M/2)\times(400\pi/3f)^{1/3}$ · · · 식 (1)

[0115] 여기서, L_M : 탄화물의 평균 자유 행정 (㎛), d_M : 탄화물의 평균의 원 상당 직경 (㎛), π : 원주율, f : 전체 탄화물의 체적 분율 (%) 이다.

[0116] 강판은, 그 강판의 편면 또는 양면에 있어서 최표층으로서 아연 도금층을 갖고 있어도 된다. 아연 도금층을 갖는 강판은, 아연 도금 강판으로 해도 된다.

[0117] 성분 조성

[0118] 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.

[0119] C : 0.050 % 이상 0.400 % 이하

[0120] C 는, 프레시 마텐자이트, 템퍼드 마텐자이트, 베이나이틱 페라이트 및 잔류 오스테나이트를 적정량 생성시켜, 1180 ㎫ 이상의 인장 강도 TS 와, 높은 YS 를 확보하기 위해서 유효한 원소이다. 여기서, C 함유량이 0.050 % 미만에서는, 페라이트의 면적률이 증가하여, TS 를 1180 ㎫ 이상으로 할 수 없는 경우가 있다. 또, YS 의 저하도 초래하는 경우도 있다.

[0121] 한편, C 함유량이 0.400 % 를 초과하면, 구멍 확장 시험으로 강판에 타발 가공을 받았을 때 또는 V-VDA 시험으로 V 굽힘 가공을 받았을 때에 가공 유기 변태에 의해 생성된 프레시 마텐자이트의 경도가 대폭 증가하고, 그 후의 보이드의 생성 및 균열 진전이 촉진되어, 원하는 λ 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 없다.

[0122] 따라서, C 함유량은, 0.050 % 이상 0.400 % 이하로 한다. C 함유량은, 바람직하게는 0.100 % 이상이다. 또, C 함유량은, 바람직하게는 0.300 % 이하이다.

[0123] Si : 0.75 % 초과 3.00 % 이하

[0124] Si 는, 어닐링 후의 냉각 유지 중의 탄화물 생성을 억제하고, 잔류 오스테나이트의 생성을 촉진한다. 즉, Si 는, 잔류 오스테나이트의 체적률에 영향을 미치는 원소이다. 여기서, Si 함유량이 0.75 % 이하에서는, 잔류 오스테나이트의 체적률이 감소하고, 연성이 저하된다.

[0125] 한편, Si 함유량이 3.00 % 를 초과하면, 페라이트의 면적률이 과도하게 증가하고, TS 를 1180 ㎫ 이상으로 할 수 없는 경우가 있다. 또, YS 의 저하도 초래하는 경우도 있다. 더불어, 어닐링 중의 오스테나이트 중의 C 농도가 과도하게 증가하여, 원하는 λ 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 없다.

[0126] 따라서, Si 함유량은, 0.75 % 초과 3.00 % 이하로 한다. Si 함유량은, 바람직하게는 2.00 % 이하이다.

[0127] Mn : 2.00 % 이상 3.50 % 미만

[0128] Mn 은, 베이나이틱 페라이트나 템퍼드 마텐자이트 등의 면적률을 조정하는 원소이다. 여기서, Mn 함유량이

2.00 % 미만에서는, 페라이트의 면적률이 과도하게 증가하여, TS 를 1180 ㎫ 이상으로 하는 것이 곤란해진다. 또, YS 의 저하도 초래한다.

[0129] 한편, Mn 함유량이 3.50 % 이상이 되면, 마텐자이트 변태 개시 온도 Ms (이하 간단히, Ms 점 또는 Ms 라고도 한다.) 가 저하되고, 제 1 냉각 공정에서 생성되는 마텐자이트가 감소한다. 그 결과, 제 2 냉각 공정에서 생성되는 마텐자이트가 증가하고, 그 때에 생성되는 마텐자이트가 충분히 템퍼링되지 않아, 경질인 프레시 마텐자이트의 면적률이 증가한다. 프레시 마텐자이트가 구멍 확장 시험시, VDA 굽힘 시험시 또는 V-VDA 굽힘 시험시에 보이드 생성의 기점이 되고, 프레시 마텐자이트의 면적률이 10.0 % 를 초과하면, 원하는 λS_{Fmax} 를 달성할 수 없다. 또, 원하는 α 가 얻어지지 않는 경우도 있다.

[0130] 따라서, Mn 함유량은, 2.00 % 이상 3.50 % 미만으로 한다. Mn 함유량은, 바람직하게는 2.50 % 이상이다. 또, Mn 함유량은, 바람직하게는 3.20 % 이하이다.

[0131] P : 0.001 % 이상 0.100 % 이하

[0132] P 는, 고용 강화의 작용을 갖고, 강판의 TS 및 YS 를 상승시키는 원소이다. 이와 같은 효과를 얻기 위해, P 함유량을 0.001 % 이상으로 한다. 한편, P 함유량이 0.100 % 를 초과하면, P 가 구오스테나이트 입계에 편석하여 입계를 취화시킨다. 그 때문에, 강판에 타발 가공을 실시한 후 또는 V-VDA 굽힘 시험으로 V 굽힘 가공을 실시한 후, 보이드의 생성량이 증가하여, 원하는 λ 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 없다.

[0133] 따라서, P 함유량은, 0.001 % 이상 0.100 % 이하로 한다. P 함유량은, 바람직하게는 0.030 % 이하이다.

[0134] S : 0.0001 % 이상 0.0200 % 이하

[0135] S 는, 강 중에서 황화물로서 존재한다. 특히, S 함유량이 0.0200 % 를 초과하면, 강판에 타발 가공을 실시한 후 또는 V-VDA 굽힘 시험으로 V 굽힘 가공을 실시한 후, 보이드의 생성량이 증가하여, 원하는 λ 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 없다.

[0136] 따라서, S 함유량은 0.0200 % 이하로 한다. S 함유량은, 바람직하게는 0.0080 % 이하이다. 또, 생산 기술상의 제약으로부터, S 함유량은 0.0001 % 이상으로 한다.

[0137] Al : 0.010 % 이상 2.000 % 이하

[0138] Al 은, 어닐링 후의 냉각 유지 중의 탄화물 생성을 억제함과 함께, 잔류 오스테나이트의 생성을 촉진한다. 즉, Al 은, 잔류 오스테나이트의 체적률에 영향을 미치는 원소이다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서, Al 함유량을 0.010 % 이상으로 한다.

[0139] 한편, Al 함유량이 2.000 % 를 초과하면, 페라이트의 면적률이 과도하게 증가하고, TS 를 1180 ㎫ 이상으로 하는 것이 곤란해진다. 또, YS 의 저하도 초래한다. 더불어, 어닐링 중의 오스테나이트 중의 C 농도가 과도하게 증가하여, 원하는 λ 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 없다.

[0140] 따라서, Al 의 함유량은, 0.010 % 이상 2.000 % 이하로 한다. Al 함유량은, 바람직하게는, 0.015 % 이상이다. 또, Al 함유량은, 바람직하게는 1.000 % 이하이다.

[0141] N : 0.0100 % 이하

[0142] N 은, 강 중에서 질화물로서 존재한다. 특히, N 함유량이 0.0100 % 를 초과하면, 강판에 타발 가공을 실시한 후 또는 V-VDA 굽힘 시험으로 V 굽힘 가공을 실시한 후, 보이드의 생성량이 증가하여, 원하는 λ 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 없다.

[0143] 따라서, N 함유량은 0.0100 % 이하로 한다. 또, N 함유량은, 바람직하게는 0.0050 % 이하이다. 또한, N 함유량의 하한은 특별히 규정하지 않지만, 생산 기술상의 제약으로부터, N 함유량은 0.0005 % 이상이 바람직하다.

[0144] 이상, 본 발명의 일 실시형태에 따른 강판의 소지 강판의 기본 성분 조성에 대해 설명했지만, 본 발명의 일 실시형태에 따른 강판의 소지 강판은, 상기 기본 성분을 함유하고, 상기 기본 성분 이외의 잔부는 Fe (철) 및 불가피적 불순물을 포함하는 성분 조성을 갖는다. 여기서, 본 발명의 일 실시형태에 따른 강판의 소지 강판은, 상기 기본 성분을 함유하고, 잔부는 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성을 갖는 것이 바람

직하다.

[0145] 본 발명의 일 실시형태에 따른 강판의 소지 강판에는, 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 마련하지 않는다. 또한, 하기 임의 원소를 후술하는 바람직한 하한치 미만으로 포함하는 경우, 당해 원소는 불가피적 불순물로서 포함되는 것으로 한다.

[0146] 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

[0147] Nb : 0.200 % 이하

[0148] Nb 는, 열간 압연시나 어닐링시에, 미세한 탄화물, 질화물 또는 탄질화물을 형성함으로써, TS 및 YS 를 상승시킨다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, Nb 함유량을 0.001 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. Nb 함유량은, 보다 바람직하게는 0.005 % 이상이다. 한편, Nb 함유량이 0.200 % 를 초과하면, 조대한 석출물이나 개재물이 다량으로 생성되는 경우가 있다. 이와 같은 경우에, 조대한 석출물이나 개재물이 구멍 확장 시험시, VDA 굽힘 시험시 또는 V-VDA 굽힘 시험시에 균열의 기점이 되어, 원하는 λ, α 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 없을 우려가 있다. 따라서, Nb 를 함유시키는 경우, Nb 함유량은 0.200 % 이하가 바람직하다. Nb 함유량은, 보다 바람직하게는 0.060 % 이하이다.

[0149] Ti : 0.200 % 이하

[0150] Ti 는, Nb 와 마찬가지로, 열간 압연시나 어닐링시에, 미세한 탄화물, 질화물 또는 탄질화물을 형성함으로써, TS 및 YS 를 상승시킨다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, Ti 함유량을 0.001 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. Ti 함유량은, 보다 바람직하게는 0.005 % 이상이다. 한편, Ti 함유량이 0.200 % 초과하면, 조대한 석출물이나 개재물이 다량으로 생성되는 경우가 있다. 이와 같은 경우에, 조대한 석출물이나 개재물이 구멍 확장 시험, VDA 굽힘 시험시 또는 V-VDA 굽힘 시험시에 균열의 기점이 되어, 원하는 λ, α 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 없을 우려가 있다. 따라서, Ti 를 함유시키는 경우, Ti 함유량은 0.200 % 이하가 바람직하다. Ti 함유량은, 보다 바람직하게는 0.060 % 이하이다.

[0151] V : 0.200 % 이하

[0152] V 는, Nb 나 Ti 와 마찬가지로, 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. V함유량은, 보다 바람직하게는 0.005 % 이상이다. V 함유량은, 0.010 % 이상인 것이 더욱 바람직하고, 0.030 % 이상인 것이 더욱더 바람직하다. 한편, V 함유량이 0.200 % 초과하면, 조대한 석출물이나 개재물이 다량으로 생성되는 경우가 있다. 이와 같은 경우에, 조대한 석출물이나 개재물이 구멍 확장 시험시, VDA 굽힘 시험시 또는 V-VDA 굽힘 시험시에 균열의 기점이 되어, 원하는 λ, α 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 없을 우려가 있다. 따라서, V 를 함유시키는 경우, V 함유량은 0.200 % 이하가 바람직하다. V 함유량은, 보다 바람직하게는 0.060 % 이하이다.

[0153] B : 0.0100 % 이하

[0154] B 는, 오스테나이트 입계에 편석함으로써, 퀜칭성을 높이는 원소이다. 또, B 는, 어닐링 후의 냉각시에, 페라이트의 생성 및 입성장을 억제하는 원소이다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, B 함유량을 0.0001 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. B 함유량은, 보다 바람직하게는 0.0002 % 이상이다.

[0155] B 함유량은, 0.0005 % 이상인 것이 더욱 바람직하고, 0.0007 % 이상인 것이 더욱더 바람직하다.

[0156] 한편, B 함유량이 0.0100 % 를 초과하면, 열간 압연시에 강판 내부에 균열이 발생할 우려가 있다. 또, 강판에 타발 가공을 실시한 후 또는 V-VDA 굽힘 시험으로 V 굽힘 가공을 실시한 후, 보이드의 생성량이 증가하여,

원하는 λ 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 없을 우려가 있다.

[0157] 따라서, B 를 함유시키는 경우, B 함유량은 0.0100 % 이하로 하는 것이 바람직하다. B 함유량은, 보다 바람직하게는 0.0050 % 이하이다.

[0158] Cr : 1.000 % 이하

[0159] Cr 은, 퀜칭성을 높이는 원소이기 때문에, Cr 의 첨가에 의해 템퍼드 마텐자이트가 다량으로 생성되어, 1180 ㎫ 이상의 TS 와 높은 YS 를 확보할 수 있다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, Cr 함유량은 0.0005 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또, Cr 함유량은, 보다 바람직하게는 0.010 % 이상이다.

[0160] Cr 은, 0.030 % 이상인 것이 더욱 바람직하고, 0.050 % 이상인 것이 더욱더 바람직하다.

[0161] 한편, Cr 함유량이 1.000 % 를 초과하면, 경질인 프레시 마텐자이트의 면적률이 과도하게 증가하여, 구멍 확장 시험, VDA 굽힘 시험 또는 V-VDA 굽힘 시험에서, 프레시 마텐자이트가 보이드 생성 기점이 되어, 원하는 λ, α 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 없을 우려가 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.

[0162] Ni : 1.000 % 이하

[0163] Ni 는, 퀜칭성을 높이는 원소이기 때문에, Ni 의 첨가에 의해 템퍼드 마텐자이트가 다량으로 생성되어, 1180 ㎫ 이상의 TS 와 높은 YS 를 확보할 수 있다. 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 더욱더 바람직하다.

[0164] 한편, Ni 의 함유량이 1.000 % 를 초과하면, 프레시 마텐자이트의 면적률이 과도하게 증가하여, 구멍 확장 시험, VDA 굽힘 시험 또는 V-VDA 굽힘 시험에서, 프레시 마텐자이트가 보이드 생성 기점이 되어, 원하는 λ, α 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 없을 우려가 있다. 따라서, Ni 를 함유시키는 경우, Ni 함유량은 1.000 % 이하로 하는 것이 바람직하다. Ni 함유량은, 보다 바람직하게는 0.800 % 이하이다.

[0165] Ni 함유량은, 0.600 % 이하인 것이 더욱 바람직하고, 0.400 % 이하인 것이 더욱더 바람직하다.

[0166] Mo : 1.000 % 이하

[0167] Mo 는, 퀜칭성을 높이는 원소이기 때문에, Mo 의 첨가에 의해 템퍼드 마텐자이트가 다량으로 생성되어, 1180 ㎫ 이상의 TS 와 높은 YS 를 확보할 수 있다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, Mo 함유량을 0.010 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. Mo 함유량은, 보다 바람직하게는, 0.030 % 이상이다.

[0168] 한편, Mo 함유량이 1.000 % 를 초과하면, 프레시 마텐자이트의 면적률이 과도하게 증가하여, 구멍 확장 시험, VDA 굽힘 시험 또는 V-VDA 굽힘 시험에서, 프레시 마텐자이트가 보이드 생성 기점이 되어, 원하는 λ, α 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 없을 우려가 있다. 따라서, Mo 를 함유시키는 경우, Mo 함유량은 1.000 % 이하로 하는 것이 바람직하다. Mo 함유량은, 보다 바람직하게는 0.500 % 이하이며, 더욱 바람직하게는 0.450 % 이하, 더욱더 바람직하게는 0.400 % 이하이다. Mo 함유량은, 0.350 % 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.300 % 이하인 것이 더욱더 바람직하다.

[0169] Sb : 0.200 % 이하

[0170] 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 ㎫ 이상으로 하는 것이 곤란해진다. 또, YS 의 저하도 초래한다. 그 때문에, Sb 함유량을 0.002 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. Sb 함유량은, 보다 바람직하게는 0.005 % 이상이다. 한편, Sb 함유량이 0.200 % 를 초과하면, 강판 표면 근방에 연질층이 형성되지 않아, 구멍 확장성 및 굽힘성의 저하를 초래할 우려가 있다. 따라서, Sb 를 함유시키는 경우, Sb 함유량은 0.200 % 이하로 하는 것이 바람직하다. Sb 함유량은, 보다 바람직하게는 0.020 % 이하이다.

[0171] Sn : 0.200 % 이하

[0172] Sn 은, Sb 와 마찬가지로, 어닐링 중의 강판 표면 근방에서의 C 의 확산을 억제하여, 강판 표면 근방에 있어서

의 연질층의 형성을 제어하기 위해서 유효한 원소이다. 강판 표면 근방에 연질층이 과도하게 증가하면, TS 를 1180 ㎫ 이상으로 하는 것이 곤란해진다. 또, YS 의 저하도 초래한다. 그 때문에, Sn 함유량을 0.002 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. Sn 함유량은, 보다 바람직하게는 0.005 % 이상이다.

[0173] 한편, Sn 함유량이 0.200 % 를 초과하면, 강판 표면 근방에 연질층이 형성되지 않아, 구멍 확장성 및 굽힘성의 저하를 초래할 우려가 있다. 따라서, Sn 을 함유시키는 경우, Sn 함유량은 0.200 % 이하로 하는 것이 바람직하다. Sn 함유량은, 보다 바람직하게는 0.020 % 이하이다.

[0174] Cu : 1.000 % 이하

[0175] Cu 는, 퀜칭성을 높이는 원소이기 때문에, Cu 의 첨가에 의해 템퍼드 마텐자이트가 다량으로 생성되어, 1180 ㎫ 이상의 TS 와 높은 YS 를 확보할 수 있다. 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 더욱더 바람직하다. Cu 함유량은, 보다 바람직하게는 0.020 % 이상이다.

[0176] 한편, Cu 함유량이 1.000 % 를 초과하면, 프레시 마텐자이트의 면적률이 과도하게 증가하고, 조대한 석출물이나 개재물이 다량으로 생성되는 경우가 있다. 이와 같은 경우에, 프레시 마텐자이트 및 조대한 석출물이나 개재물이 구멍 확장 시험, VDA 굽힘 시험시 또는 V-VDA 굽힘 시험시에 보이드 및 균열의 기점이 되어, 원하는 λ, α 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 없을 우려가 있다. 따라서, Cu 를 함유시키는 경우, Cu 함유량은 1.000 % 이하로 하는 것이 바람직하다. Cu 함유량은, 보다 바람직하게는 0.200 % 이하이다.

[0177] Ta : 0.100 % 이하

[0178] Ta 는, Ti, Nb 및 V 와 마찬가지로, 열간 압연시나 어닐링시에, 미세한 탄화물, 질화물 또는 탄질화물을 형성함으로써, TS 및 YS 를 상승시킨다. 더불어, Ta 는, Nb 탄화물이나 Nb 탄질화물에 일부 고용되고, (Nb, Ta)(C, N) 와 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 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. Ta 함유량은, 0.002 % 이상인 것이 더욱 바람직하고, 0.004 % 이상인 것이 더욱더 바람직하다.

[0179] 한편, Ta 함유량이 0.100 % 를 초과하면, 조대한 석출물이나 개재물이 다량으로 생성되는 경우가 있다. 이와 같은 경우에, 조대한 석출물이나 개재물이 구멍 확장 시험, VDA 굽힘 시험 또는 V-VDA 굽힘 시험시에 균열의 기점이 되어, 원하는 λ, α 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 없을 우려가 있다. 따라서, Ta 를 함유시키는 경우, Ta 함유량은 0.100 % 이하가 바람직하다.

[0180] Ta 함유량은, 0.090 % 이하인 것이 더욱 바람직하고, 0.080 % 이하인 것이 더욱더 바람직하다.

[0181] W : 0.500 % 이하

[0182] W 는, 퀜칭성을 높이는 원소이기 때문에, W 의 첨가에 의해 템퍼드 마텐자이트가 다량으로 생성되어, 1180 ㎫ 이상의 TS 와 높은 YS 를 확보할 수 있다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, W 함유량을 0.001 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. W 함유량은, 보다 바람직하게는 0.030 % 이상이다.

[0183] 한편, W 함유량이 0.500 % 를 초과하면, 경질인 프레시 마텐자이트의 면적률이 과도하게 증가하여, 구멍 확장 시험, VDA 굽힘 시험 또는 V-VDA 굽힘 시험에서, 프레시 마텐자이트가 보이드 생성 기점이 되어, 원하는 λ, α 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 없을 우려가 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 더욱더 바람직하다.

[0184] Mg : 0.0200 % 이하

[0185] Mg 는, 황화물이나 산화물 등의 개재물의 형상을 구상화하고, 강판의 구멍 확장성을 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.

[0186] 한편, Mg 함유량이 0.0200 % 를 초과하면, 조대한 석출물이나 개재물이 다량으로 생성되는 경우가 있다. 이와 같은 경우에, 조대한 석출물이나 개재물이 구멍 확장 시험시, VDA 굽힘 시험시 또는 V-VDA 굽힘 시험시에 균열의 기점이 되어, 원하는 λ, α 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 없을 우려가 있다. 따라서, Mg 를 함유시키는 경

우, Mg 함유량은 0.0200 % 이하로 하는 것이 바람직하다. Mg 함유량은, 0.0180 % 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.0150 % 이하인 것이 더욱 바람직하다.

[0187] Zn : 0.0200 % 이하

[0188] Zn 은, 개재물의 형상을 구상화하고, 강판의 구멍 확장성을 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.

[0189] 한편, Zn 함유량이 0.0200 % 를 초과하면, 조대한 석출물이나 개재물이 다량으로 생성되는 경우가 있다. 이와 같은 경우에, 조대한 석출물이나 개재물이 구멍 확장 시험, VDA 굽힘 시험 또는 V-VDA 굽힘 시험시에 균열의 기점이 되어, 원하는 λ, α 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 없을 우려가 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.

[0190] Co : 0.0200 % 이하

[0191] Co 는, Zn 과 마찬가지로, 개재물의 형상을 구상화하여, 강판의 구멍 확장성을 향상시키기 위해서 유효한 원소이다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, Co함유량은, 0.0010 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. Co 함유량은, 0.0020 % 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.0030 % 이상인 것이 더욱 바람직하다.

[0192] 한편, Co 함유량이 0.0200 % 를 초과하면, 조대한 석출물이나 개재물이 다량으로 생성되는 경우가 있다. 이와 같은 경우에, 조대한 석출물이나 개재물이 구멍 확장 시험시, VDA 굽힘 시험시 또는 V-VDA 굽힘 시험시에 균열의 기점이 되어, 원하는 λ, α 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 없을 우려가 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.

[0193] Zr : 0.1000 % 이하

[0194] Zr 은, Zn 및 Co 와 마찬가지로, 개재물의 형상을 구상화하여, 강판의 구멍 확장성을 향상시키기 위해서 유효한 원소이다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, Zr 함유량은, 0.0010 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. 한편, Zr 함유량이 0.1000 % 를 초과하면, 조대한 석출물이나 개재물이 다량으로 생성되는 경우가 있다. 이와 같은 경우에, 조대한 석출물이나 개재물이 구멍 확장 시험시, VDA 굽힘 시험시 또는 V-VDA 굽힘 시험시에 균열의 기점이 되어, 원하는 λ, α 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 없을 우려가 있다. 따라서, Zr 을 함유시키는 경우, Zr 함유량은 0.1000 % 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0195] Zr 함유량은, 0.0300 % 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.0100 % 이하인 것이 더욱 바람직하다.

[0196] Ca : 0.0200 % 이하

[0197] Ca 는, 강 중에서 개재물로서 존재한다. 여기서, Ca 함유량이 0.0200 % 를 초과하면, 조대한 개재물이 다량으로 생성되는 경우가 있다. 이와 같은 경우에, 조대한 석출물이나 개재물이 구멍 확장 시험, VDA 굽힘 시험시 또는 V-VDA 굽힘 시험시에 균열의 기점이 되어, 원하는 λ, α 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 없을 우려가 있다. 따라서, Ca 를 함유시키는 경우, Ca 함유량은 0.0200 % 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0198] Ca 함유량은, 바람직하게는 0.0020 % 이하이다. 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.

[0199] 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, REM : 0.0200 % 이하

[0200] Se, Te, Ge, As, Sr, Cs, Hf, Pb, Bi 및 REM 은 모두, 강판의 구멍 확장성을 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.

[0201] 한편, Se, Te, Ge, Sr, Cs, Hf, Pb, Bi 및 REM 의 함유량이 각각 0.0200 % 를 초과하면, 또, As 의 함유량이

각각 0.0500 % 를 초과하면, 조대한 석출물이나 개재물이 다량으로 생성되는 경우가 있다. 이와 같은 경우에, 조대한 석출물이나 개재물이 구멍 확장 시험, VDA 굽힘 시험 또는 V-VDA 굽힘 시험시에 균열의 기점이 되어, 원하는 λ, α 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 없을 우려가 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, As의 함유량은 0.0500 % 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0202] 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.

[0203] 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.

[0204] 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.

[0205] 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.

[0206] 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.

[0207] 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.

[0208] 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.

[0209] 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.

[0210] 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.

[0211] 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.

[0212] 또한, 본 발명에서 말하는 REM 이란, 원자 번호 21 번의 스칸듐 (Sc) 과 원자 번호 39 번의 이트륨 (Y) 및, 원자 번호 57 번의 란탄 (La) 으로부터 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.

[0213] REM 으로는, 특별히 한정되지 않지만, Sc, Y, Ce, La 인 것이 바람직하다.

[0214] 즉, 본 발명의 일 실시형태에 따른 강판의 소지 강판은, 질량% 로, C : 0.050 % 이상 0.400 % 이하, Si : 0.75 % 초과 3.00 % 이하, Mn : 2.00 % 이상 3.50 % 미만, P : 0.001 % 이상 0.100 % 이하, S : 0.0001 % 이상 0.0200 % 이하, Al : 0.010 % 이상 2.000 % 이하 및 N : 0.0100 % 이하이며, 임의로, 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 종을 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물인, 성분 조성을 갖는다.

[0215] 강 조직

[0216] 다음으로, 본 발명의 일 실시형태에 따른 강판의 소지 강판의 강 조직에 대해 설명한다.

[0217] 본 발명의 일 실시형태에 따른 강판의 소지 강판의 강 조직은, 페라이트의 면적률 : 57.0 % 이하, 베이나이틱 페라이트와 템퍼드 마텐자이트의 합계의 면적률 : 40.0 % 이상 90.0 % 이하, 잔류 오스테나이트의 면적률 : 3.0 % 이상 10.0 % 이하, 프레시 마텐자이트의 면적률 : 10.0 % 이하이고, 템퍼드 마텐자이트의 면적률을 베

이나이틱 페라이트와 템퍼드 마텐자이트의 합계의 면적률로 나눈 값이 0.70 이상이며, 또한, V-VDA 굽힘 시험을 최고 하중점까지 실시하고, V 굽힘 능선부 및 VDA 굽힘 능선부에 있어서, 전체 보이드 가운데, 경질상과 접하는 보이드의 수를 전체 보이드수로 나눈 값이 0.60 이하이며, V 굽힘 평탄부 및 VDA 굽힘 능선부에 있어서, 전체 보이드 가운데, 경질상과 접하는 보이드의 수를 전체 보이드수로 나눈 값이 0.20 이하이며, 탄화물의 평균 자유 행정 L_M 이 0.20 ㎛ 이상이다.

[0218] 이하, 각각의 한정 이유에 대해 설명한다.

[0219] 페라이트의 면적률 : 57.0 % 이하 (0.0 % 를 포함)

[0220] 연질인 페라이트는 연성을 향상시키는 상이다. 그러나, 페라이트의 면적률이 과도하게 증가하면, TS 를 1180 ㎫ 이상으로 하는 것이 곤란해진다. 또, YS 의 저하도 초래한다. 더불어, 어닐링 중의 오스테나이트 중의 C 농도가 과도하게 증가하여, 원하는 λ 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 없다. 따라서, 페라이트의 면적률은 57.0 % 이하로 한다. 페라이트의 면적률은, 바람직하게는 30.0 % 이하, 보다 바람직하게는 20.0 % 이하이다. 페라이트의 면적률의 하한에 대해서는 특별히 한정되지 않고, 0.0 % 여도 된다.

[0221] 베이나이틱 페라이트와 템퍼드 마텐자이트 (잔류 오스테나이트를 제외한다) 의 합계의 면적률 : 40.0 % 이상 90.0 % 이하

[0222] 베이나이틱 페라이트 및 템퍼드 마텐자이트는, 연질인 페라이트와 경질인 프레시 마텐자이트 등과 비교하면, 중간의 경도를 갖고, 양호한 구멍 확장성, 굽힘성, 굽힘 파단 특성 및 축 압괴 특성을 확보하기 위해서 중요한 상이다. 또, 베이나이틱 페라이트는, 베이나이틱 페라이트로부터 미변태 오스테나이트로의 C 의 확산을 활용하여, 적정량의 잔류 오스테나이트를 얻기 위해서도 유용한 상이다. 템퍼드 마텐자이트는, TS 를 향상시키는 데에 유효하다. 그 때문에, 베이나이틱 페라이트와 템퍼드 마텐자이트 (잔류 오스테나이트를 제외한다) 의 합계의 면적률을 40.0 % 이상으로 한다. 베이나이틱 페라이트와 템퍼드 마텐자이트 (잔류 오스테나이트를 제외한다) 의 합계의 면적률은, 바람직하게는 60.0 % 이상이다. 한편, 베이나이틱 페라이트와 템퍼드 마텐자이트 (잔류 오스테나이트를 제외한다) 의 합계의 면적률이 과도하게 증가하면, 연성이 저하된다. 그 때문에, 베이나이틱 페라이트와 템퍼드 마텐자이트 (잔류 오스테나이트를 제외한다) 의 합계의 면적률을 90.0 % 이하로 한다. 베이나이틱 페라이트와 템퍼드 마텐자이트 (잔류 오스테나이트를 제외한다) 의 합계의 면적률은, 바람직하게는 87.0 % 이하이며, 보다 바람직하게는 85.0 % 이하이다.

[0223] 또한, 베이나이틱 페라이트란, 비교적 고온역에서 생성되는 탄화물이 적은 상부 베이나이트이다.

[0224] 잔류 오스테나이트의 면적률 : 3.0 % 이상 10.0 % 이하

[0225] 양호한 연성을 얻는 관점에서, 잔류 오스테나이트의 면적률은 3.0 % 이상으로 한다. 잔류 오스테나이트의 면적률은, 바람직하게는 5.0 % 이상이다. 한편, 잔류 오스테나이트의 면적률이 과도하게 증가하면, 구멍 확장 시험에서 강판이 타발 가공을 받았을 때, 또는 V-VDA 시험에서 V 굽힘 가공을 받았을 때, 가공 유기 변태에 의해 생성된 프레시 마텐자이트가 보이드 생성 기점이 되어, 원하는 λ 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 없다. 따라서, 잔류 오스테나이트의 면적률을 10.0 % 이하로 한다. 잔류 오스테나이트의 면적률은, 바람직하게는 9.0 % 이하이며, 보다 바람직하게는 8.0 % 이하이다.

[0226] 예를 들어, 후술하는 제조 방법에 있어서의 제 2 냉각 공정시의 장력의 제어에 의해 잔류 오스테나이트의 면적률을 10.0 % 이하로 억제할 수 있다. 유지 공정 후 (아연 도금 처리를 실시하는 경우에는, 아연 도금 처리 후 (필요에 따라, 합금화 처리 후)) 에 2.0 kgf/㎟ 이상의 장력을 1 회 이상 부여하고, 그 후, 강판을, 1 패스당 직경 500 ㎜ 이상 1500 ㎜ 이하의 롤에 롤 1/4 주분 접촉시키면서 4 패스 이상 부여하는 처리, 및 강판을, 1 패스당 직경 500 ㎜ 이상 1500 ㎜ 이하의 롤에 롤 1/2 주분 접촉시키면서, 2 패스 이상 부여하는 처리를 실시함으로써, 불안정한 잔류 오스테나이트가 가공 유기 변태하여, 프레시 마텐자이트가 되고, 그 후의 냉각 중에 템퍼링되어, 최종적으로 템퍼드 마텐자이트가 된다.

[0227] 프레시 마텐자이트의 면적률 : 10.0 % 이하 (0.0 % 를 포함)

[0228] 프레시 마텐자이트의 면적률이 과도하게 증가하면, 구멍 확장 시험, VDA 굽힘 시험 또는 V-VDA 굽힘 시험에서, 프레시 마텐자이트가 보이드 생성 기점이 되어, 원하는 λ, α 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 없다. 양호한 구멍 확장성 및 굽힘성을 확보하는 관점에서, 프레시 마텐자이트의 면적률은 10.0 % 이하, 바람직하게는 5.0 % 이하로 한다. 또한, 프레시 마텐자이트의 면적률의 하한에 대해서는 특별히 한정되지 않고, 0.0 % 여도 된다.

[0229] 또한, 프레시 마텐자이트란, 퀜칭된 그대로의 (템퍼링을 받지 않은) 마텐자이트이다.

[0230] 템퍼드 마텐자이트의 면적률을 베이나이틱 페라이트와 템퍼드 마텐자이트의 합계의 면적률로 나눈 값 : 0.70 이상

[0231] 베이나이틱 페라이트로부터 미변태 오스테나이트로의 C 의 확산에 의해, 잔류 오스테나이트의 면적률이 증가한다. 잔류 오스테나이트의 면적률을 10.0 % 이하로 확보하기 위해, 템퍼드 마텐자이트의 면적률을 베이나이틱 페라이트와 템퍼드 마텐자이트의 합계의 면적률로 나눈 값을 0.70 이상으로 한다. 템퍼드 마텐자이트의 면적률을 베이나이틱 페라이트와 템퍼드 마텐자이트의 합계의 면적률로 나눈 값은, 바람직하게는, 0.75 이상이다. 상한은 특별히 한정되지 않고, 템퍼드 마텐자이트의 면적률을 베이나이틱 페라이트와 템퍼드 마텐자이트의 합계의 면적률로 나눈 값은, 1.00 이어도 된다.

[0232] 또한, 상기 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.

[0233] 또한, 잔부 조직으로는, 특별히 한정되지 않고, 예를 들어, 하부 베이나이트나 펄라이트, 시멘타이트 등의 탄화물을 들 수 있다. 또한, 잔부 조직의 종류는, 예를 들어, SEM (Scanning Electron Microscope ; 주사 전자 현미경) 에 의한 관찰로 확인할 수 있다.

[0234] 페라이트, 베이나이틱 페라이트, 템퍼드 마텐자이트 및 경질상 (경질 제 2 상 (잔류 오스테나이트 + 프레시 마텐자이트)) 의 면적률은, 소지 강판의 판두께 1/4 위치에 있어서, 이하와 같이 측정한다.

[0235] 즉, 소지 강판의 압연 방향에 평행한 판두께 단면이 관찰면이 되도록, 소지 강판으로부터 시료를 자른다. 이어서, 다이아몬드 페이스트를 사용하여 시료의 관찰면을 경면 연마한다. 이어서, 시료의 관찰면에 콜로이달 실리카를 사용하여 마무리 연마를 실시한 후, 3 vol.% 나이탈로 에칭하여 조직을 현출시킨다.

[0236] 그리고, SEM (Scanning Electron Microscope ; 주사 전자 현미경) 에 의해, 가속 전압 : 15 kV, 배율 : 5000 배의 조건에서, 시료의 관찰면의 25.6 ㎛ × 17.6 ㎛ 의 시야를 3 시야 촬영한다.

[0237] 얻어진 조직 화상 (도 1 참조) 으로부터, 이하와 같이 하여, 페라이트, 베이나이틱 페라이트, 템퍼드 마텐자이트 및 경질상 (경질 제 2 상 (잔류 오스테나이트 + 프레시 마텐자이트)) 을 동정한다.

[0238] 도 1 중, 부호 BF 는 베이나이틱 페라이트를 나타내고, 부호 F 는 페라이트를 나타내고, 부호 TM 은 템퍼드 마텐자이트를 나타낸다. 또, 도 1 중, θ 는 탄화물을 나타내고, H1 은 경질상을 나타낸다.

[0239] 페라이트 : 흑색을 나타낸 영역이며, 형태는 괴상이다. 또, 철계 탄화물을 거의 내포하지 않는다. 단, 철계 탄화물을 내포하는 경우에는, 페라이트의 면적에 철계 탄화물의 면적도 포함하는 것으로 한다. 또, 후술하는 베이나이틱 페라이트 및 템퍼드 마텐자이트에 대해서도 동일하다.

[0240] 베이나이틱 페라이트 : 흑색 내지 진한 회색을 나타낸 영역이며, 형태는 괴상이나 부정형 등이다. 또, 철계 탄화물을 내포하지 않거나, 비교적 소수 내포한다.

[0241] 템퍼드 마텐자이트 : 회색을 나타낸 영역이며, 형태는 부정형이다. 또, 철계 탄화물을 비교적 다수 내포한다.

[0242] 경질상 (경질 제 2 상 (잔류 오스테나이트 + 프레시 마텐자이트)) : 백색 내지 옅은 회색을 나타내는 영역이며, 형태는 부정형이다. 또, 철계 탄화물을 내포하지 않는다. 또한, 사이즈가 비교적 큰 경우에는, 타조직과의 계면으로부터 멀어짐에 따라 점차 색이 진해져, 내부는 진한 회색을 나타내는 경우가 있다.

[0243] 탄화물 : 백색을 나타내는 영역이며, 형태는 점상이나 선상이다. 템퍼드 마텐자이트, 베이나이틱 페라이트, 및 페라이트에 내포된다.

[0244] 잔부 조직 : 상기 서술한 하부 베이나이트나 펄라이트 등을 들 수 있고, 이들의 형태 등은 공지된 바와 같다.

[0245] 이어서, 조직 화상에 있어서 동정한 각 상의 영역은 이하의 수법에 의해 산출한다. 상기 배율 5000 배의 SEM 이미지 상의, 실장 23.1 ㎛ × 17.6 ㎛ 의 영역 상에 등간격의 20 × 20 의 격자를 두고, 각 상 위에 있는 점수를 세는 포인트 카운팅법에 의해, 페라이트, 베이나이틱 페라이트, 템퍼드 마텐자이트 및 경질상 (경질 제 2 상) 의 면적률을 산출한다. 면적률은 배율 5000 배의 각각의 SEM 이미지로 구한 3 개의 면적률의 평균치로 한다.

[0246] 또, 잔류 오스테나이트의 면적률은, 이하와 같이 측정한다.

[0247] 즉, 소지 강판을 판두께 방향 (깊이 방향) 으로 판두께의 1/4 위치까지 기계연삭한 후, 옥살산에 의한 화학 연마를 실시하고, 관찰면으로 한다. 이어서, 관찰면을, X 선 회절법에 의해 관찰한다. 입사 X 선에는 MoKα 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 균질하다고 간주하여, 잔류 오스테나이트의 체적률을, 잔류 오스테나이트의 면적률로 한다.

[0248] 또, 프레시 마텐자이트의 면적률은, 상기와 같이 하여 구한 경질상 (경질 제 2 상) 의 면적률로부터, 잔류 오스테나이트의 면적률을 뺌으로써 구한다.

[0249] [프레시 마텐자이트의 면적률 (%)] = [경질 제 2 상의 면적률 (%)] - [잔류 오스테나이트의 면적률 (%)]

[0250] 또, 잔부 조직의 면적률은, 100.0 % 로부터 상기와 같이 하여 구한 페라이트의 면적률, 베이나이틱 페라이트의 면적률, 템퍼드 마텐자이트의 면적률, 경질상 (경질 제 2 상) 의 면적률을 뺌으로써 구한다.

[0251] [잔부 조직의 면적률 (%)] = 100.0 - [페라이트의 면적률 (%)] - [베이나이틱 페라이트의 면적률 (%)] - [템퍼드 마텐자이트의 면적률 (%)] - [경질 제 2 상의 면적률 (%)]

[0252] 표층 연질층

[0253] 본 발명의 일 실시형태에 수반되는 강판의 소지 강판에서는, 소지 강판 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.

[0254] 여기서, 표층 연질층은, 소지 강판 표면으로부터 판두께 방향으로 200 ㎛ 이하의 영역에서 형성되어 있다. 표층 연질층이 형성되는 영역은, 소지 강판 표면으로부터 판두께 방향으로, 바람직하게는 150 ㎛ 이하이며, 보다 바람직하게는 120 ㎛ 이하이다. 또한, 표층 연질층의 두께의 하한에 대해서는, 특별히 정하지 않지만, 표층 연질층의 두께는, 7 ㎛ 이상인 것이 바람직하고, 11 ㎛ 이상인 것이 보다 바람직하다. 또, 표층 연질층은, 바람직하게는 30 ㎛ 이상이며, 보다 바람직하게는 40 ㎛ 이상이다.

[0255] 또, 상기 비커스 경도를 측정하는 소지 강판의 판두께 1/4 위치는, 비표층 연질층 (본 발명에서 규정되는 표층 연질층의 경도의 조건을 만족하지 않는 층) 이다.

[0256] 비커스 경도는, JIS Z 2244-1 (2020) 에 기초하여, 하중을 10 gf 로 하여 측정한다.

[0257] 표층 연질층의 나노 경도

[0258] 소지 강판 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치 및 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 각각에 있어서의 판면의 50 ㎛ × 50 ㎛ 의 영역에 있어서, 300 점 이상의 나노 경도를 측정했을 때, 소지 강판 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 대해 0.10 이하

[0259] 본 발명에 있어서, 프레스 성형시의 우수한 굽힘성과 충돌시의 우수한 굽힘 파단 특성을 얻기 위해서는, 소지 강판 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치 및 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 각각에 있어서의 판면의 50 ㎛ × 50 ㎛ 의 영역에 있어서, 300 점 이상의 나노 경도를 측정했을 때, 소지 강판 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 대해 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, α 및 SFmax 가 얻어진다.

[0260] 강판 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 가 1.8 GPa 이하이며, 또한, 강판 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 가 2.2 GPa 이하

[0261] 본 발명에 있어서, 프레스 성형시의 우수한 굽힘성과 충돌시의 우수한 굽힘 파단 특성을 얻기 위해서는, 강판

표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 가 1.8 GPa 이하이며, 또한, 강판 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 가 2.2 GPa 이하인 것이 바람직하다. 강판 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 가 1.8 GPa 이하이며, 또한, 강판 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 경도차가 작은 것을 의미하기 때문에, 마이크로 영역에 있어서의 조직 경도차가 작기 때문에, 프레스 성형시 및 충돌시의 보이드의 생성·연결 및 균열의 진전을 보다 억제하는 것이 가능해져, 우수한 R/t, α 및 SFmax 가 얻어진다.

[0262] 소지 강판 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 강판 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 강판 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 는, 0.5 GPa 이상으로 해도 된다.

[0263] 소지 강판 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 의 보다 바람직한 범위는, 2.1 GPa 이하이다. 소지 강판 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 강판 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 는, 0.6 GPa 이상으로 해도 된다.

[0264] 여기서, 판두께 방향 깊이의 1/4 위치, 1/2 위치의 판면의 나노 경도란, 이하의 방법에 의해 측정되는 경도이다.

[0265] 도금층이 형성되어 있는 경우에는, 도금층 박리 후, 소지 강판의 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 위치 -5 ㎛ 의 위치까지 기계 연마를 실시하고, 소지 강판의 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치까지 다이아몬드 및 알루미나에 의한 버프 연마 및 콜로이달 실리카 연마를 실시한다. 여기서, 박리하는 도금층은, 아연 도금층이 형성되어 있는 경우에는, 아연 도금층이고, 금속 도금층이 형성되어 있는 경우에는, 금속 도금층이며, 아연 도금층 및 금속 도금층이 형성되어 있는 경우에는, 아연 도금층 및 금속 도금층이다.

[0266] Hysitron 사의 tribo-950 을 사용하고, 베르코비치 형상의 다이아몬드 압자에 의해, 하중 : 500 μN, 측정 영역 : 50 ㎛ × 50 ㎛, 타점 간격 : 2 ㎛ 의 조건에서 나노 경도를 측정한다.

[0267] 이어서, 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/2 위치까지 기계 연마, 다이아몬드 및 알루미나에 의한 버프 연마 및 콜로이달 실리카 연마를 실시하였다. Hysitron 사의 tribo-950 을 사용하고, 베르코비치 형상의 다이아몬드 압자에 의해, 하중 : 500 μN, 측정 영역 : 50 ㎛ × 50 ㎛, 타점 간격 : 2 ㎛ 의 조건에서 나노 경도를 측정한다.

[0268] 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.

[0269] 예를 들어, 표층 연질층 두께가 100 ㎛ 인 경우, 1/4 위치는 표층 연질층의 표면으로부터 25 ㎛ 위치가 되고, 1/2 위치는 표층 연질층의 표면으로부터 50 ㎛ 위치가 된다. 이 25 ㎛ 위치에서 300 점 이상의 나노 경도를 측정하고, 또, 50 ㎛ 위치에서도 300 점 이상의 나노 경도를 측정한다.

[0270] 금속 도금층 (제 1 도금층)

[0271] 또한, 본 발명의 일 실시형태에 수반되는 강판은, 소지 강판의 편면 또는 양면의 표면 상에 있어서, 금속 도금층 (제 1 도금층, 프리 도금층) (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.

[0272] 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.

[0273] 본 발명에서는, 노점을 -5 ℃ 초과로 함으로써, 연질층의 두께를 보다 크게 할 수 있고, 축 압괴 특성을 매우 우수한 것으로 할 수 있다. 이 점, 본 발명에서는, 금속 도금층을 가짐으로써, 노점을 -5 ℃ 이하로 함으로

써, 연질층 두께가 작아도, 연질층 두께가 큰 경우와 동등한 축 압괴 특성이 얻어진다.

[0274] 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.

[0275] Fe 계 전기 도금층의 부착량은, 0 g/㎡ 초과로 하고, 바람직하게는 2.0 g/㎡ 이상으로 한다. Fe 계 전기 도금층의 편면당 부착량의 상한은 특별히 한정되지 않지만, 비용의 관점에서, Fe 계 전기 도금층의 편면당 부착량을 60 g/㎡ 이하로 하는 것이 바람직하다. Fe 계 전기 도금층의 부착량은, 바람직하게는 50 g/㎡ 이하이며, 보다 바람직하게는 40 g/㎡ 이하이며, 더욱 바람직하게는 30 g/㎡ 이하로 한다.

[0276] Fe 계 전기 도금층의 부착량은, 이하와 같이 측정한다. Fe 계 전기 도금 강판으로부터 10 × 15 ㎜ 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 편면당 부착량으로 환산한다.

[0277] 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 방지하고, 저비용으로 Fe 계 전기 도금층을 형성할 수 있다. Fe-C 합금의 경우, C 의 함유량은 0.08 질량% 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0278] Fe 계 전기 도금층의 아래에 표층 연질층을 갖고 있는 것이 보다 바람직하고, 이로써, 내굽힘 파단 특성을 대폭 향상시킬 수 있다. Fe 계 전기 도금층을 갖는 경우, Fe 계 전기 도금층과 소지 강판의 계면으로부터, 상기 서술한 방법으로 판두께 방향을 향해 비커스 경도 분포를 측정하고, 표층 연질층의 판두께 방향 깊이를 평가한다.

[0279] V-VDA 굽힘 시험을 최고 하중점까지 실시하고, V 굽힘 능선부 및 VDA 굽힘 능선부의 중복 영역에 있어서, 전체 보이드 가운데, 경질상과 접하는 보이드의 수 (경질상과 연질상의 경계의 보이드수와 경질상의 파괴에 의해 형성된 보이드수) 를 전체 보이드수로 나눈 값 : 0.60 이하

[0280] V 굽힘 평탄부 및 VDA 굽힘 능선부의 중복 영역에 있어서, 전체 보이드 가운데, 경질상과 접하는 보이드의 수 (경질상과 연질상의 경계의 보이드수와 경질상의 파괴에 의해 형성된 보이드수) 를 전체 보이드수로 나눈 값 : 0.20 이하

[0281] 본 발명에 있어서, 상기 보이드 제어를 함으로써 V-VDA 굽힘 시험에서의 높은 굽힘 파단 특성이 얻어진다. 강판 조직 중의 보이드가 경질상에 인접하여 생성되면, 보이드가 경질상과 연질상의 경계를 따라 진전하기 쉽고, 최종적으로 균열을 발생시킨다. 보이드가 경질상에 인접하지 않는 경우, 예를 들어, 탄화물에 인접하여 생성될 때에는, 보이드의 연결 및 진전은 발생하기 어렵다고 생각된다. V 굽힘 능선부 및 VDA 굽힘 능선부에 있어서, V 굽힘시에 가공 유기 변태에 의해 생성된 프레시 마텐자이트에 의해 경질상의 면적률이 증가한다. 본 발명에서는, V 굽힘 능선부 및 VDA 굽힘 능선부의 중복 영역에 있어서, 전체 보이드 가운데, 경질상과 접하는 보이드의 수 (경질상과 연질상의 경계의 보이드수와 경질상의 파괴에 의해 형성된 보이드수) 를 전체 보이드수로 나눈 값을 0.60 이하로 한다. 바람직하게는, 이 값은 0.59 이하이며, 보다 바람직하게는 0.58 이하이다. 하한은 특별히 한정되지 않고, 이 값은 0.00 이어도 된다.

[0282] 한편, V 굽힘 평탄부 및 VDA 굽힘 능선부에 있어서는, 경질상의 면적률이 비교적 적다. 본 발명에서는, V 굽힘 평탄부 및 VDA 굽힘 능선부의 중복 영역에 있어서, 전체 보이드 가운데, 경질상과 접하는 보이드의 수를 전체 보이드수로 나눈 값을 0.20 이하로 한다. 바람직하게는, 이 값은 0.19 이하이며, 보다 바람직하게는 0.18 이하이다. 하한은 특별히 한정되지 않고, 이 값은 0.00 이어도 된다.

[0283] 본 발명에서, 연질상은, 경질상 이외의 상을 가리킨다.

[0284] 상기 V-VDA 굽힘 시험은 이하와 같이 하여 실시한다.

[0285] 얻어진 강판으로부터, 60 ㎜ × 65 ㎜ 의 시험편을 전단 가공에 의해 채취한다. 여기서, 60 ㎜ 의 변은 압연 (L) 방향에 평행이다. 곡률 반경/판두께 : 4.2 로 폭 (C) 방향을 축으로 압연 (L) 방향으로 90° 굽힘 가공 (1 차 굽힘 가공) 을 실시하고, 시험편을 준비한다. 90° 굽힘 가공 (1 차 굽힘 가공) 에서는, 도 2a(a) 에 나타내는 바와 같이, V 홈을 갖는 다이 (A1) 의 위에 실은 강판에 대해, 펀치 (B1) 를 압입하여 시험편 (T1) 을 얻는다. 다음으로, 도 2a(b) 에 나타내는 바와 같이, 지지 롤 (A2) 의 위에 실은 시험편 (T1) 에 대해, 굽힘 방향이 압연 직각 방향이 되도록 하여, 펀치 (B2) 를 압입하여 직교 굽힘 (2 차 굽힘 가공) 을 실시한다. 도 2a(a) 및 도 2a(b) 에 있어서, 부호 D1 은 폭 (C) 방향, 부호 D2 는 압연 (L) 방향을 나타내고 있다.

[0286] V-VDA 시험을 실시했을 때에 얻어진 스트로크-하중 곡선의 모식도를 도 3 에 나타낸다. V-VDA 시험을 최고 하중점 (P) 까지 실시하고, 그 후, 하중이 최고 하중의 94.9 ~ 99.9 % 가 될 때 (도 3 중, 부호 R 참조) 에 제하한 샘플은, V-VDA 굽힘 시험에 있어서의 평가 샘플로 한다.

[0287] V-VDA 굽힘 시험에 있어서, 강판에 대해 V 굽힘 가공 (1 차 굽힘 가공) 을 실시한 시험편 (T1) 을 도 2b(c) 에 나타낸다. 또, 시험편 (T1) 에 대해 VDA 굽힘 (2 차 굽힘 가공) 을 실시한 시험편 (T2) 을 도 2b(d) 에 나타낸다. 도 2b(d) 의 시험편 (T2) 에 파선으로 나타낸 위치는, 상기 V 굽힘 능선부이며, VDA 굽힘을 실시하기 전의 도 2b(c) 의 시험편 (T1) 에 파선으로 나타낸 위치에 대응하고 있다. V 굽힘 능선부 및 VDA 굽힘 능선부 a (V 굽힘 능선부 및 VDA 굽힘 능선부의 중복 영역 a), 및 V 굽힘 평탄부 (비가공부) 및 VDA 굽힘 능선부 b 는 각각 도 2b(d) 에 나타낸다.

[0288] 여기서, V 굽힘 능선부는, V 굽힘이 실시되어, 폭방향으로 연장 형성되는 V 굽힘 모서리부 (정점) 로부터 양측 5 ㎜ 까지의 범위의 영역을 가리킨다.

[0289] 또, V 굽힘 평탄부는 강판 중, V 굽힘 능선부 이외의 영역을 가리킨다.

[0290] VDA 굽힘 능선부는, VDA 굽힘이 실시되어, 압연 방향으로 연장 형성되는 VDA 굽힘 모서리부 (정점) 로부터 양측 5 ㎜ 까지의 범위의 영역을 가리킨다.

[0291] D2 방향이 지면에 수직이며, D1 방향이 지면에 평행일 때의 L 단면 AL 을 도 2c(e) 에 나타낸다.

[0292] 상기 V 굽힘 능선부 및 VDA 굽힘 능선부의 보이드와, 상기 V 굽힘 평탄부 및 VDA 굽힘 능선부의 보이드는, 다음과 같이 측정한다. V-VDA 굽힘 시험 후의 강판을 V 굽힘 능선부 및 VDA 굽힘 능선부 a 및 V 굽힘 평탄부 및 VDA 굽힘 능선부 b 에서 압연 직교 방향으로 절단한 판두께 단면을 연마 후, VDA 굽힘 외측의 굽힘 정점부의 강판 표면으로부터 0 ~ 100 ㎛ 영역 내 (도 2c(e) 의 점선으로 나타내는 AB 영역) 의 C 단면을 SEM (주사형 전자현미경) 으로 3000 배의 배율로 3 시야 촬영한다. 얻어진 화상에서, 보이드의 주변 조직은 상기와 같이 판단하고, 보이드는 페라이트보다 진한 흑색으로 각 조직과 명확하게 구별할 수 있다. 전체 보이드 가운데, 둘레 길이의 0 % 초과가 경질상 (경질 제 2 상 (잔류 오스테나이트 + 프레시 마텐자이트)) 과 접하는 보이드수는, 경질상과 연질상의 경계의 보이드수와 경질상의 파괴에 의해 형성된 보이드수의 합계이다.

[0293] 본 발명에서 규정하는 경질상과 접하는 보이드수를 전체 보이드수로 나눈 값은, 3 시야분의 둘레 길이의 0 % 초과가 경질상과 접하는 보이드수 (경질상과 연질상의 경계의 보이드수와 경질상의 파괴에 의해 형성된 보이드수의 합계) 를 전체 보이드수로 나눈 값을 평균함으로써 산출한다. 이 측정은, V-VDA 굽힘 시험을 최대 하중까지 실시하고, 그 후, 하중이 최대 하중의 94.9 ~ 99.9 % (예를 들어, 95 %) 에 도달한 시점 (도 3 재참조) 에서 제하한 시험편으로 실시한다.

[0294] 1 개의 보이드에 대해서는, SEM 이미지에 있어서, 외주가 조직에 둘러싸여, 도중에 끊기지 않고 일체 형성된 섬 형상의 영역을 1 개로 하여 측정한다.

[0295] 탄화물의 평균 자유 행정 L_M : 0.20 ㎛ 이상

[0296] 도 4(a) ~ (c) 는, 각각 보이드를 설명하기 위한 조직 화상의 예를 나타낸다. 도 4 중, 부호 H1 은 경질상을 나타내고, 부호 S1 은 연질상을 나타낸다. 또, 도 4(a) 의 부호 V1 은 경질상과 연질상의 경계의 보이드를 나타내고, 도 4(b) 의 부호 V2 는 경질상의 파괴에 의해 형성된 보이드를 나타내고, 도 4(c) 의 부호 V3 은 탄화물에 기인하는 보이드를 나타내고, 부호 θ 는 탄화물을 나타낸다.

[0297] 본 발명에 있어서, 도 4 에 나타내는 바와 같이 (특히, 도 4(c) 참조), V-VDA 굽힘을 최대 하중까지 실시한 후, 강판 조직에 있어서의 보이드의 생성은 탄화물에 기인하는 경우도 있다 (부호 V3, θ 참조). 그 때, 탄화물의 평균 자유 행정이 0.20 ㎛ 미만이 되면, 탄화물에 기인하는 보이드간의 거리가 길어지고, 보이드가 생성되는

지점에 응력이 집중되어, 보이드가 연결되기 쉬워진다. 그 결과, 원하는 S_{Fmax} 를 달성할 수 없게 된다. 따라서, 강판 (V-VDA 굽힘 시험을 실시하지 않은 강판) 에 있어서, 탄화물의 평균 자유 행정 L_M 을 0.20 ㎛ 이상으로 한다. L_M 은 바람직하게는, 0.25 ㎛ 이상이며, 보다 바람직하게는, 0.30 ㎛ 이상이다. L_M 은 바람직하게는, 0.50 ㎛ 이하이며, 보다 바람직하게는, 0.45 ㎛ 이하이다.

[0298] 강판 중의 전체 탄화물 중에서 선택되는 1 개의 탄화물 A 와, 그 탄화물 A 이외의 잔부 탄화물과의 간격의 표준 편차의 평균치 σ_C : 7.50 ㎛ 이하

[0299] 탄화물 분포의 편차는, 보이드의 생성 및 연결에 영향을 미친다. 탄화물의 간격의 표준 편차의 평균치 σ_C 가 7.50 ㎛ 를 초과하면, 탄화물에 기인하는 보이드의 분포의 편차가 커지기 때문에, 보이드가 대부분 생성되는 지점에 응력이 집중되어, 보이드가 연결되기 쉬워진다. 그 결과, 원하는 S_{Fmax} 를 달성할 수 없게 된다. 따라서, 강판 (V-VDA 굽힘 시험을 실시하지 않은 강판) 에 있어서, 탄화물의 간격의 표준 편차의 평균치 σ_C 는 7.50 ㎛ 이하로 한다. σ_C 는 바람직하게는, 7.30 ㎛ 이하이며, 보다 바람직하게는, 7.00 ㎛ 이하이다. σ_C 는 바람직하게는, 5.00 ㎛ 이상이며, 보다 바람직하게는, 6.00 ㎛ 이상이다.

[0300] 여기서, 탄화물의 평균 자유 행정 L_M 및 표준 편차는, 각각 이하와 같이 하여 측정한다. 강판 (V-VDA 굽힘 시험을 실시하지 않은 강판) 의 25.6 ㎛ × 17.6 ㎛ 의 영역에 있어서, 상기 조직 분율 측정에 사용한 SEM 에 의한 조직 화상을 손으로 칠하여 탄화물을 색 분류하여 추출하고, 탄화물만의 화상으로 한다. 그 후, 오픈 소스의 ImageJ 를 사용하여, 전체 탄화물의 면적 분율 및 각 탄화물의 무게 중심 좌표, 원 상당 직경을 구한다. 또, 탄화물이 삼차원적으로 균질하다고 간주하여, 탄화물의 면적 분율을, 탄화물의 체적 분율로 한다.

[0301] 탄화물의 평균 자유 행정 L_M 은 다음 식에 의해 계산한다.

[0302] $L_M=(d_M/2)\times((400\pi/3f)^{1/3})$ ・・・식 (1)

[0303] 여기서, L_M : 탄화물의 평균 자유 행정 (탄화물의 무게 중심의 평균 자유 행정), d_M : 탄화물의 평균 (수평균) 의 원 상당 직경 (㎛), π : 원주율, f : 전체 탄화물의 체적 분율 (%) 이다.

[0304] 탄화물의 간격의 표준 편차의 평균치 σ_C 는 다음 식 (2) 에 의해 계산한다 :

[0305] [수학식 1]

$$\sigma_c = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{j=1}^{n-1}(d_{ij}-d_{iave})^2} \quad \cdots 식(2)$$

[0306]

[0307] 식 (2) 에 있어서의, n, i, j, d_{ij}, d_{iave} 는, 이하와 같다.

[0308] n : 시야 내 (25.6 ㎛ × 17.6 ㎛) 의 전체 탄화물의 수이다.

[0309] i : 다른 탄화물과의 간격을 측정하기 위한 탄화물 (전체 탄화물 중에서 임의로 선택되는 1 개의 탄화물 A) 의 번호이며, i 가 취할 수 있는 값은 1 내지 n 의 정수이다.

[0310] j : 탄화물 A 이외의 탄화물의 번호이며, j 가 취할 수 있는 값은 i 이외의 1 내지 n 의 정수이다.

[0311] d_{ij} : i 번째의 탄화물 (탄화물 A) 과 j 번째의 탄화물의 사이의 간격 (㎛) 이다.

[0312] d_{iave} : 시야 내의 전체 탄화물 (i 번째의 탄화물을 제외한다) 과 i 번째의 탄화물의 거리의 평균치 (㎛) 이다.

[0313] 다음으로, 본 발명의 일 실시형태에 따른 강판의 기계 특성에 대해 설명한다.

[0314] 인장 강도 (TS) : 1180 MPa 이상

[0315] 본 발명의 일 실시형태에 따른 강판의 인장 강도 TS 는, 1180 MPa 이상이다. 상한은 특별히 규정하지

않지만, 인장 강도 TS 는, 1470 ㎫ 미만인 것이 바람직하다.

[0316] 또한, 본 발명의 일 실시형태에 따른 강판의 항복 응력 (YS), 전체 신장 (El), 한계 구멍 확장률 (λ), VDA 굽힘 시험에서의 한계 굽힘 각도 (α), V-VDA 굽힘 시험에서의 하중 최대시의 스트로크 (S_{Fmax}) 및 축 압괴 파단 유무에 대해서는 상기 서술한 바와 같다.

[0317] 또, 인장 강도 (TS), 항복 응력 (YS) 및 전체 신장 (El) 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. VDA 굽힘 시험에서의 한계 굽힘 각도 (α) 는, 실시예에 있어서 후술하는 VDA238-100 에 준거하는 VDA 굽힘 시험에 의해 측정한다. V-VDA 굽힘 시험에서의 하중 최대시의 스트로크 (S_{Fmax}) 는 실시예에 있어서 후술하는 V-VDA 굽힘 시험에 의해 측정한다. 축 압괴 파단 유무는 실시예에 있어서 후술하는 축 압괴 시험에 의해 측정한다.

[0318] 아연 도금층 (제 2 도금층)

[0319] 본 발명의 일 실시형태에 따른 강판은, 최표층으로서 소지 강판의 위 (소지 강판 표면 상 또는 금속 도금층이 형성된 경우에는 금속 도금층 표면 상) 에 형성된 아연 도금층을 갖고 있어도 되고, 이 아연 도금층은, 소지 강판의 일방의 표면 위에만 형성해도 되고, 양면의 위에 형성해도 된다.

[0320] 즉, 본 발명의 강판은, 소지 강판을 갖고, 그 소지 강판 상에 제 2 도금층 (아연 도금층) 이 형성되어 있어도 되고, 또, 소지 강판을 갖고, 그 소지 강판 상에 금속 도금층 (제 1 도금층 (아연 도금층의 제 2 도금층을 제외한다)) 과 제 2 도금층 (아연 도금층) 이 차례로 형성되어 있어도 된다.

[0321] 아연 도금층을 갖는 강판은, 아연 도금 강판으로 해도 된다.

[0322] 또한, 여기서 말하는 아연 도금층은, Zn 을 주성분 (Zn 함유량이 50.0 % 이상) 으로 하는 도금층을 가리키고, 예를 들어, 용융 아연 도금층이나 합금화 용융 아연 도금층을 들 수 있다.

[0323] 여기서, 용융 아연 도금층은, 예를 들어, Zn 과, 20.0 질량% 이하의 Fe, 0.001 질량% 이상 1.0 질량% 이하의 Al 에 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 REM 으로 이루어지는 군에서 선택되는 1 종 또는 2 종 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, 상기 원소 이외의 잔부는, 불가피적 불순물이다.

[0324] 또, 합금화 용융 아연 도금층은, 예를 들어, Zn 과, 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 REM 으로 이루어지는 군에서 선택되는 1 종 또는 2 종 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, 상기 원소 이외의 잔부는, 불가피적 불순물이다.

[0325] 더불어, 아연 도금층의 편면당 도금 부착량은, 특별히 한정되는 것은 아니지만, 20 g/㎡ 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또, 아연 도금층의 편면당 도금 부착량은, 80 g/㎡ 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0326] 또한, 아연 도금층의 도금 부착량은, 이하와 같이 하여 측정한다.

[0327] 즉, 10 질량% 염산 수용액 1 L 에 대해, Fe 에 대한 부식 억제제 (아사히 화학공업 (주) 제조「이비트 700 BK」 (등록상표)) 를 0.6 g 첨가한 처리액을 조정한다. 이어서, 그 처리액에, 공시재가 되는 강판을 침지하고, 아연 도금층을 용해시킨다. 그리고, 용해 전후에서의 공시재의 질량 감소량을 측정하고, 그 값을, 소지 강판의 표면적 (도금으로 피복되어 있던 부분의 표면적) 으로 나눔으로써, 도금 부착량 (g/㎡) 을 산출한다.

[0328] 또한, 본 발명의 일 실시형태에 따른 강판의 판두께는, 특별히 한정되지 않지만, 바람직하게는 0.5 ㎜ 이상이며, 보다 바람직하게는 0.6 ㎜ 이상이다.

[0329] 판두께는, 보다 바람직하게는 0.8 ㎜ 초과이다. 판두께는, 더욱 바람직하게는 0.9 ㎜ 이상이다. 판두께는, 보다 바람직하게는 1.0 ㎜ 이상이다. 판두께는, 더욱 바람직하게는 1.2 ㎜ 이상이다.

[0330] 또, 강판의 판두께는, 바람직하게는 3.5 ㎜ 이하이다. 판두께는, 보다 바람직하게는 2.3 ㎜ 이하이다.

[0331] 또, 본 발명의 강판의 판폭은, 특별히 한정되지 않지만, 500 ㎜ 이상으로 하는 것이 바람직하고, 750 ㎜ 이상으로 하는 것이 보다 바람직하다. 또, 강판의 판폭은, 1600 ㎜ 이하로 하는 것이 바람직하고, 1450 ㎜ 이하로 하는 것이 보다 바람직하다.

[0332] [2. 강판의 제조 방법]

[0333] 다음으로, 본 발명의 일 실시형태에 따른 강판의 제조 방법에 대해 설명한다.

[0334] 본 발명의 일 실시형태에 따른 강판의 제조 방법은, 상기 서술한 성분 조성을 갖는 강슬래브에 열간 압연을 실시하여 열연 강판으로 하는, 열연 공정과, 열연 강판을 산세하는 산세 공정과, 그 산세 공정 후의 강판을, 어닐링 온도 : $(Ac_1+(Ac_3-Ac_1)\times3/4)$ ℃ 이상 900 ℃ 이하 및 어닐링 시간 : 20 초 이상으로 어닐링하는, 어닐링 공정과, 그 어닐링 공정 후의 강판을 100 ℃ 이상 300 ℃ 이하의 제 1 냉각 정지 온도까지 냉각하는, 제 1 냉각 공정과, 그 제 1 냉각 공정 후의 강판을 350 ℃ 이상 550 ℃ 이하의 온도역에서 3 초 이상 80 초 미만 유지하는, 유지 공정과,

[0335] 그 유지 공정 후의 강판을 50 ℃ 이하의 제 2 냉각 정지 온도까지 냉각하고, 그 냉각시, 강판에 대해, 300 ℃ 이상 450 ℃ 이하의 온도역에서 2.0 kgf/㎟ 이상의 장력을 1 회 이상 부여하고, 그 후, 강판을, 1 패스당 직경 500 ㎜ 이상 1500 ㎜ 이하의 롤에 롤 1/4 주분 접촉시키면서 4 패스 이상 부여하는 처리, 및 강판을, 1 패스당 직경 500 ㎜ 이상 1500 ㎜ 이하의 롤에 롤 1/2 주분 접촉시키면서, 2 패스 이상 부여하는 처리를 실시하는, 제 2 냉각 공정을 포함하고, 혹은 추가로 산세 공정 후, 또한 어닐링 공정 전의 강판에, 냉간 압연하여 냉연 강판을 얻는, 냉연 공정을 포함한다.

[0336] 또한, 상기 각 온도는, 특별한 설명이 없는 한, 강슬래브 및 강판의 표면 온도를 의미한다.

[0337] 먼저, 상기 서술한 성분 조성을 갖는 강슬래브를 준비한다. 예를 들어, 강 소재를 용제하여 상기 성분 조성을 갖는 용강으로 한다. 용제 방법은 특별히 한정되지 않고, 전로 용제나 전기로 용제 등, 공지된 용제 방법을 이용할 수 있다. 이어서, 얻어진 용강을 굳혀 강슬래브로 한다. 용강으로부터 강슬래브를 얻는 방법은 특별히 한정되지 않고, 예를 들어, 연속 주조법, 조괴법 또는 박슬래브 주조법 등을 이용할 수 있다. 매크로 편석을 방지하는 관점에서, 연속 주조법이 바람직하다.

[0338] [열연 공정]

[0339] 이어서, 열연 공정에 있어서, 강슬래브에 열간 압연을 실시하여 열연 강판으로 한다.

[0340] 열간 압연은, 에너지 절약 프로세스를 적용하여 실시해도 된다. 에너지 절약 프로세스로는, 직송 압연 (강슬래브를 실온까지 냉각하지 않고, 온편인 채로 가열로에 장입하여, 열간 압연하는 방법) 또는 직접 압연 (강슬래브에 약간의 보열을 실시한 후에 즉시 압연하는 방법) 등을 들 수 있다.

[0341] 열간 압연 조건에 대해서는 특별히 한정되지 않고, 예를 들어, 이하의 조건으로 실시할 수 있다.

[0342] 즉, 강슬래브를, 일단 실온까지 냉각하고, 그 후, 재가열하고 나서 압연한다. 슬래브 가열 온도 (재가열 온도) 는, 탄화물의 용해나 압연 하중의 저감과 같은 관점에서, 1100 ℃ 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또, 스케일 로스의 증대를 방지하기 위해, 슬래브 가열 온도는 1300 ℃ 이하로 하는 것이 바람직하다. 또한, 슬래브 가열 온도는, 강슬래브 표면의 온도를 기준으로 한다.

[0343] 이어서, 강슬래브에, 통상적인 방법에 따라 조압연을 실시하여, 조압연판 (이하, 시트 바라고도 한다) 으로 한다. 이어서, 시트 바에 마무리 압연을 실시하여, 열연 강판으로 한다. 또한, 슬래브 가열 온도를 낮게 한 경우에는, 마무리 압연시의 트러블을 방지하는 관점에서, 마무리 압연 전에 바 히터 등을 사용하여 시트 바를 가열하는 것이 바람직하다. 마무리 압연 온도는, 압연 부하를 저감하기 위해, 800 ℃ 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또, 오스테나이트의 미재결정 상태에서의 압하율이 높아지면, 압연 방향으로 신장된 이상 조직이 발달하여, 어닐링판의 가공성을 저하시킬 우려가 있다. 또한, 마무리 압연 온도를 800 ℃ 이상으로 함으로써, 열연 강판 단계의 강 조직, 나아가서는, 최종 제품의 강 조직도 균일해지기 쉽다. 또한, 강 조직이 불균일해지면, 굽힘성이 저하되는 경향이 있다.

[0344] 한편, 마무리 압연 온도가 950 ℃ 를 초과하면, 산화물 (스케일) 생성량이 많아진다. 그 결과, 지철과 산화물의 계면이 거칠어져, 산세 및 냉간 압연 후의 강판의 표면 품질이 열화될 우려가 있다. 또, 결정립이 조

대해짐으로써, 강판의 강도나 굽힘성을 저하시키는 원인이 될 우려도 있다. 그 때문에, 마무리 압연 온도는, 950 ℃ 이상의 범위로 하는 것이 바람직하다. 이상으로부터, 마무리 압연 온도는, 800 ℃ 이상 950 ℃ 이상의 범위로 하는 것이 바람직하다.

[0345] 마무리 압연 후, 열연 강판을 권취한다. 권취 온도는, 450 ℃ 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또, 권취 온도는 750 ℃ 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0346] 또한, 열연시에 시트 바끼리를 접합하고, 연속적으로 마무리 압연을 실시해도 된다. 또, 시트 바를 마무리 압연 전에 일단 권취해도 상관없다. 또, 열간 압연시의 압연 하중을 저감하기 위해서, 마무리 압연의 일부 또는 전부를 윤활 압연으로 해도 된다. 윤활 압연을 실시하는 것은, 강판 형상의 균일화 및 재질의 균일화의 관점에서도 유효하다. 또한, 윤활 압연시의 마찰 계수는, 0.10 이상 0.25 이하의 범위로 하는 것이 바람직하다.

[0347] 조압연 및 마무리 압연을 포함하는 열연 공정 (열간 압연 공정) 에서는, 일반적으로 강슬래브는 조압연으로 시트 바가 되고, 마무리 압연에 의해 열연 강판이 된다. 단, 밀 능력 등에 따라서는 그러한 구분에 구애받지 않고, 소정의 사이즈가 되면 문제없다.

[0348] [산세 공정]

[0349] 열연 공정 후의 열연 강판을 산세한다. 산세에 의해, 강판 표면의 산화물을 제거할 수 있고, 양호한 화성처리성이나 도금 품질이 확보된다. 또한, 산세는, 1 회만 실시해도 되고, 복수회로 나누어 실시해도 된다. 산세 조건에 대해서는 특별히 한정되지 않고, 통상적인 방법에 따르면 된다.

[0350] [냉연 공정]

[0351] 이어서, 필요에 따라, 열연 강판에 냉간 압연을 실시하여 냉연 강판으로 한다. 냉간 압연은, 예를 들어, 탠덤식의 다스탠드 압연이나 리버스 압연 등의, 2 패스 이상의 패스수를 필요로 하는 다패스 압연에 의해 실시한다.

[0352] 냉간 압연의 압하율 (누적 압하율) 은 특별히 한정되지 않지만, 20 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또, 냉간 압연의 압하율은 80 % 이하로 하는 것이 바람직하다. 냉간 압연의 압하율이 20 % 미만에서는, 어닐링 공정에 있어서 강 조직의 조대화나 불균일화가 발생하기 쉽고, 최종 제품에 있어서 TS 나 굽힘성이 저하될 우려가 있다. 한편, 냉간 압연의 압하율이 80 % 를 초과하면, 강판의 형상 불량이 발생하기 쉬워져, 아연 도금의 부착량이 불균일해질 우려가 있다.

[0353] 또, 임의로, 냉간 압연 후에 얻어진 냉연 강판에 산세를 실시해도 된다.

[0354] [금속 도금 (금속 전기 도금, 제 1 도금) 공정]

[0355] 본 발명의 일 실시형태에 있어서는, 열연 공정 후 (산세 공정 후, 또, 냉간 압연을 실시하는 경우에는, 산세 공정 후의 냉연 공정 후), 또한 어닐링 공정의 전의 강판의 편면 혹은 양면에 있어서, 금속 도금을 실시하여, 금속 도금층 (제 1 도금층) 을 형성하는 제 1 도금 공정을 포함하고 있어도 된다.

[0356] 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.

[0357] 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.

[0358] 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.

[0359] 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 도금의 제조 방법을 예로 서술하지만, 다른 금속계 전기 도금에서도 이하의 Fe 계 전기 도금에 있어

서의 조건을 동일하게 채용할 수 있다.

[0360] 통전 개시 전의 Fe 계 전기 도금욕 중의 Fe 이온 함유량은, Fe^{2+} 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.

[0361] 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, 황산철 도금액 중에는, 황산나트륨, 황산칼륨 등의 전도도 보조제나, 킬레이트제, pH 완충제가 포함되어 있어도 된다.

[0362] Fe 계 전기 도금욕의 그 밖의 조건에 대해서도 특별히 한정하지 않는다. Fe 계 전기 도금액의 온도는, 일정한 온도 유지성을 생각하면, 30 ℃ 이상으로 하는 것이 바람직하고, 85 ℃ 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/㎡ 이상으로 하는 것이 바람직하고, Fe 계 전기 도금층의 부착량 제어를 용이하게 하는 관점에서 150 A/㎡ 이하로 하는 것이 바람직하다. 통판 속도는, 생산성의 관점에서 5 mpm 이상으로 하는 것이 바람직하고, 부착량을 안정적으로 제어하는 관점에서 150 mpm 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0363] 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 이어서 Fe 계 전기 도금 처리를 실시한다. 탈지 처리 및 수세 방법은 특별히 한정되지 않고, 통상적인 방법을 이용할 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 거칠음 (표면 결함) 방지 등을 고려하면, 1 ~ 20 mass% 정도가 바람직하다. 또, 산세 처리액에는, 소포제, 산세 촉진제, 산세 억제제 등을 함유 해도 된다.

[0364] [어닐링 공정]

[0365] 이어서, 본 발명의 일 실시형태에 있어서는, 산세 공정 후 (냉간 압연을 실시하는 경우에는, 냉연 공정 후, 금속 도금층 (제 1 도금층) 을 형성하는 금속 도금을 실시하는 경우에는, 금속 도금 (제 1 도금) 공정 후, 냉간 압연 및 금속 도금을 실시하는 경우에는, 금속 도금 (제 1 도금) 공정 후), 상기와 같이 하여 얻어진 강판을, 어닐링 온도 : $(Ac_1+(Ac_3-Ac_1)\times3/4)$ ℃ 이상 900 ℃ 이하 및 어닐링 시간 : 20 초 이상으로 어닐링한다. 또한, 어닐링 횟수는 2 회 이상이어도 되지만, 에너지 효율의 관점에서 1 회가 바람직하다.

[0366] 어닐링 온도 : $(Ac_1+(Ac_3-Ac_1)\times3/4)$ ℃ 이상 900 ℃ 이하

[0367] 어닐링 온도가 $(Ac_1+(Ac_3-Ac_1)\times3/4)$ ℃ 미만인 경우, 페라이트와 오스테나이트의 2 상역에서의 가열 중에 있어서의 오스테나이트의 생성 비율이 불충분해진다. 그 때문에, 어닐링 후에 페라이트의 면적률이 과도하게 증가하여, YS 가 저하된다. 더불어, 어닐링 중의 오스테나이트 중의 C 농도가 과도하게 증가하여, 원하는 λ 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 없다. 또한, TS 를 1180 ㎫ 이상으로 하는 것이 곤란해진다.

[0368] 한편, 어닐링 온도가 900 ℃ 를 초과하면, 오스테나이트의 입성장이 과도하게 일어나, Ms 점이 상승하고, 탄화물을 포함하는 템퍼드 마텐자이트가 대량으로 생성되어, 3.0 % 이상의 잔류 오스테나이트를 얻는 것이 곤란해져, 연성이 저하된다. 따라서, 어닐링 온도는 $(Ac_1+(Ac_3-Ac_1)\times3/4)$ ℃ 이상 900 ℃ 이하로 한다. 어닐링 온도는, 바람직하게는 880 ℃ 이하이다. 어닐링 온도는, 보다 바람직하게는 870 ℃ 이하이다. 또, 어닐링 온도는, 바람직하게는 $(Ac_1+(Ac_3-Ac_1)\times4/5)$ ℃ 이상이며, 보다 바람직하게는 $(Ac_1+(Ac_3-Ac_1)\times5/6)$ ℃ 이상이다.

[0369] 또한, 어닐링 온도는, 어닐링 공정에서의 최고 도달 온도이다.

[0370] Ac_1 점 (℃) 및 Ac_3 점 (℃) 은 다음 식에 의해 계산한다 :

[0371] Ac_1 점 (℃) = 727.0-32.7×[%C]+14.9×[%Si]+2.0×[%Mn]

[0372] Ac_3 점 (℃) = 912.0-230×[%C]+31.6×[%Si]-20.4×[%Mn]

[0373] 여기서, [%C] : C 함유량 (질량%), [%Si] : Si 함유량 (질량%), [%Mn] : Mn 함유량 (질량%) 이다.

[0374] 어닐링 시간 : 20 초 이상

[0375] 어닐링 시간이 20 초 미만이 되면, 페라이트와 오스테나이트의 2 상역에서의 가열 중에 있어서의 오스테나이트의 생성 비율이 불충분해진다. 그 때문에, 어닐링 후에 페라이트의 면적률이 과도하게 증가하여, YS 가 저하된다. 더불어, 어닐링 중의 오스테나이트 중의 C 농도가 과도하게 증가하여, 원하는 λ 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 없다. 또한, TS 를 1180 ㎫ 이상으로 하는 것이 곤란해진다. 그 때문에, 어닐링 시간은 20 초 이상으로 한다. 어닐링 시간은, 바람직하게는 30 초 이상이며, 보다 바람직하게는 50 초 이상이다. 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, 더욱더 바람직하게는 220 초 이하이다.

[0376] 또한, 어닐링 시간이란, (어닐링 온도 -40 ℃) 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 ℃) 이상 어닐링 온도 이하의 온도역에서의 체류 시간도 포함된다.

[0377] 어닐링 공정의 어닐링 분위기의 노점 : -30 ℃ 이상

[0378] 본 발명의 일 실시형태에 있어서는, 어닐링 공정의 분위기 (어닐링 분위기) 의 노점을 -30 ℃ 로 하는 것이 바람직하다. 어닐링 공정에 있어서의 어닐링 분위기의 노점을 -30 ℃ 이상으로 하여 어닐링을 실시함으로써, 탈탄 반응이 촉진되어, 표층 연질층을 보다 깊게 형성할 수 있다. 어닐링 공정의 어닐링 분위기의 노점은, 보다 바람직하게는 -25 ℃ 이상, 더욱더 바람직하게는 -15 ℃ 이상, 가장 바람직하게는 -5 ℃ 초과이다.

[0379] 어닐링 공정의 어닐링 분위기의 노점의 상한은 특별히 정하지 않지만, Fe 계 전기 도금층 표면의 산화를 바람직하게 방지하고, 아연 도금층을 형성할 때의 도금 밀착성을 양호하게 하기 위해, 어닐링 공정의 어닐링 분위기의 노점은 30 ℃ 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0380] [제 1 냉각 공정]

[0381] 이어서, 상기와 같이 하여 어닐링을 실시한 강판을, 100 ℃ 이상 300 ℃ 이하의 제 1 냉각 정지 온도까지 냉각한다.

[0382] 제 1 냉각 정지 온도 : 100 ℃ 이상 300 ℃ 이하

[0383] 제 1 냉각 공정은, 후공정인 재가열 공정에서 생성되는 템퍼드 마텐자이트의 면적률 및 잔류 오스테나이트의 체적률을 소정의 범위로 제어하기 위해서 필요한 공정이다. 여기서, 제 1 냉각 정지 온도가 100 ℃ 미만에서는, 당해 제 1 냉각 공정에 있어서 강 중에 존재하는 미변태 오스테나이트가, 거의 전체량 마텐자이트로 변태한다. 이로써, 최종적으로 템퍼드 마텐자이트의 면적률이 과도하게 증가하고, 면적률로 3.0 % 이상의 잔류 오스테나이트를 얻는 것이 곤란해져, 연성이 저하된다. 한편, 제 2 냉각 정지 온도가 300 ℃ 를 초과하면, 템퍼드 마텐자이트의 면적률이 감소하고, 프레시 마텐자이트의 면적률이 증가한다. 그 결과, 구멍 확장 시험, VDA 굽힘 시험 및 V-VDA 굽힘 시험에서, 프레시 마텐자이트가 보이드 생성 기점이 되어, 원하는 λ, α 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 없다. 따라서, 제 1 냉각 정지 온도는 100 ℃ 이상 300 ℃ 이하로 한다. 제 1 냉각 정지 온도는, 바람직하게는 120 ℃ 이상이다. 또, 제 1 냉각 정지 온도는, 바람직하게는 280 ℃ 이하이다.

[0384] [유지 공정]

[0385] 제 1 냉각 공정 후, 강판을 350 ℃ 이상 550 ℃ 이하의 온도역 (이하, 유지 온도역이라고도 한다) 에서 3 초 이상 80 초 미만 유지한다.

[0386] 유지 온도역 : 350 ℃ 이상 550 ℃ 이하

[0387] 유지 온도역에서의 유지 시간 : 3 초 이상 80 초 미만

[0388] 유지 공정에서는, 베이나이틱 페라이트가 생성됨과 함께, 생성된 베이나이틱 페라이트로부터 그 베이나이틱 페라이트에 인접하는 미변태의 오스테나이트로의 C 의 확산이 발생한다. 그 결과, 소정량의 잔류 오스테나이트의 면적률이 확보된다.

[0389] 여기서, 유지 온도가 350 ℃ 미만이면, 템퍼드 마텐자이트의 면적률을 베이나이틱 페라이트와 템퍼드 마텐자이트의 합계의 면적률로 나눈 값을 원하는 범위로 알 수 없어, 원하는 α, S_{Fmax} 를 얻을 수 없다. 또, 우수한 축 압괴 특성도 얻어지지 않는다.

[0390] 한편, 유지 온도가 550 ℃ 를 초과하면, 잔류 오스테나이트의 면적률이 3.0 % 미만이 되어, 프레시 마텐자이트의 면적률이 10.0 % 를 초과하고, 원하는 연성이 얻어지지 않고, 나아가서는, 원하는 원하는 α, S_{Fmax} 를 얻을 수 없다. 또, 우수한 축 압괴 특성도 얻어지지 않는다.

[0391] 따라서, 유지 온도역은, 350 ℃ 이상 550 ℃ 이하로 한다. 유지 온도역은, 바람직하게는 360 ℃ 이상이며, 보다 바람직하게는 370 ℃ 이상이다. 유지 온도역은, 바람직하게는 530 ℃ 이하이며, 보다 바람직하게는 510 ℃ 이하이다.

[0392] 또, 유지 온도역에서의 유지 시간이 3 초 미만이 되면, 3.0 % 이상의 잔류 오스테나이트를 얻는 것이 곤란해져, 연성이 저하된다.

[0393] 한편, 유지 온도역에서의 유지 시간이 80 초 이상이 되면, 베이나이틱 페라이트의 면적률이 과도하게 증가하고, YS 가 저하된다. 또, 베이나이틱 페라이트로부터 미변태 오스테나이트로의 C 의 확산이 과도하게 발생하고, 잔류 오스테나이트의 면적률이 10.0 % 를 초과하여, 원하는 S_{Fmax} 를 달성할 수 없다. 또, 원하는 λ 가 얻어지지 않는 경우도 있다.

[0394] 따라서, 유지 온도역에서의 유지 시간은, 3 초 이상 80 초 미만으로 한다. 유지 온도역에서의 유지 시간은, 바람직하게는 5 초 이상이다. 또, 유지 온도역에서의 유지 시간은, 바람직하게는 60 초 미만이다. 또한, 유지 온도역에서의 유지 시간에는, 도금 공정에 있어서 용융 아연 도금 처리를 실시한 후의 당해 온도역에서의 체류 시간은 포함하지 않는다.

[0395] [아연 도금 공정 (제 2 도금 공정)]

[0396] 유지 공정 후, 강판에 아연 도금 처리를 실시해도 된다. 아연 도금 처리를 실시함으로써, 아연 도금 강판을 얻을 수 있다. 아연 도금 처리로는, 예를 들어, 용융 아연 도금 처리나 합금화 아연 도금 처리를 들 수 있다.

[0397] 용융 아연 도금 처리의 경우, 강판을 440 ℃ 이상 500 ℃ 이하의 아연 도금욕 중에 침지시킨 후, 가스 와이핑 등에 의해, 도금 부착량을 조정하는 것이 바람직하다. 용융 아연 도금욕으로는, 상기한 아연 도금층의 조성이 되면 특별히 한정되는 것은 아니지만, 예를 들어, Al 함유량이 0.10 질량% 이상이며, 잔부가 Zn 및 불가피적 불순물로 이루어지는 조성의 도금욕을 사용하는 것이 바람직하다. 상기 Al 함유량은 0.23 질량% 이하인 것이 바람직하다.

[0398] 또, 합금화 아연 도금 처리의 경우, 상기 요령으로 용융 아연 도금 처리를 실시한 후, 아연 도금 강판을 450 ℃ 이상의 합금화 온도로 가열하여 합금화 처리를 실시하는 것이 바람직하다. 상기 합금화 온도는, 600 ℃ 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0399] 합금화 온도가 450 ℃ 미만에서는, Zn-Fe 합금화 속도가 느려져, 합금화가 곤란해지는 경우가 있다. 또, 합금화 온도가 450 ℃ 미만에서는, 제 1 냉각 공정에 있어서 생성되는 마텐자이트가 충분히 템퍼링되지 않고, 프레시 마텐자이트의 면적률이 과도하게 증가하여, 원하는 λ, α 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 없을 우려가 있다. 한편, 합금화 온도가 600 ℃ 를 초과하면, 미변태 오스테나이트가 펄라이트로 변태하고, TS 를 1180 ㎫ 이상으로 하는 것이 곤란해져, 연성이 저하된다. 또한, 합금화 온도는, 보다 바람직하게는 510 ℃ 이상이다. 또, 합금화 온도는, 보다 바람직하게는 570 ℃ 이하이다.

[0400] 또, 용융 아연 도금 강판 (GI) 및 합금화 용융 아연 도금 강판 (GA) 의 도금 부착량은 모두, 편면당 20 g/㎡ 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또, 아연 도금층의 편면당 도금 부착량은, 80 g/㎡ 이하로 하는 것이 바람직하다. 또한, 도금 부착량은, 가스 와이핑 등에 의해 조절하는 것이 가능하다.

[0401] [제 2 냉각 공정]

[0402] 이어서, 유지 공정 후의 강판을, 50 ℃ 이하의 제 2 냉각 정지 온도까지 냉각한다.

[0403] 강판을 50 ℃ 이하의 제 2 냉각 정지 온도까지 냉각할 때, 300 ℃ 이상 450 ℃ 이하의 온도역에서 2.0 kgf/㎟ 이상의 장력을 1 회 이상 부여한다.

[0404] 그리고, 상기 장력을 부여한 후의 강판을, 1 패스당 직경 500 ㎜ 이상 1500 ㎜ 이하의 롤에 롤 1/4 주분 접촉시키면서, 4 패스 이상 부여하는 처리, 및, 강판을, 1 패스당 직경 500 ㎜ 이상 1500 ㎜ 이하의 롤에 롤 1/2 주분 접촉시키면서, 2 패스 이상 부여하는 처리를 실시한다.

[0405] 상기와 같이 강판에 대해, 2.0 kgf/㎟ 이상의 장력을 1 회 이상 부여하는 것, 및, 규정된 패스수 부여함으로써 강판 조직 중에 과도하게 생성된 잔류 오스테나이트가 가공 유기 변태하여 마텐자이트가 되고, 또한, 그 후의 냉각 중에 템퍼드 마텐자이트가 된다. 그 결과, 원하는 λ 및 S_{Fmax} 를 달성할 수 있다.

[0406] 상기 롤 1/4 주분 접촉시키면서 강판에 부여하는 패스수는, 바람직하게는 5 패스 이상이며, 보다 바람직하게는 6 패스 이상이다.

[0407] 상한은 특별히 한정되지 않지만, 상기 롤 1/4 주분 접촉시키면서 강판에 부여하는 패스수는, 바람직하게는 12 패스 이하이며, 보다 바람직하게는 10 패스 이하이다.

[0408] 상기 롤 1/2 주분 접촉시키면서 강판에 부여하는 패스수는, 바람직하게는 3 패스 이상이며, 보다 바람직하게는 4 패스 이상이다.

[0409] 상한은 특별히 한정되지 않지만, 상기 롤 1/2 주분 접촉시키면서 강판에 부여하는 패스수는, 바람직하게는 6 패스 이하이며, 보다 바람직하게는 5 패스 이하이다.

[0410] 여기서, 장력은, 롤 좌우의 로드 셀의 하중 (kgf) 의 합계치를, 강판의 단면적 (= 판두께 (㎜) × 판폭 (㎜)) (㎟) 으로 나눔으로써 얻어진다. 또한, 로드 셀의 배치는, 장력 방향과 평행하게 할 필요가 있다.

[0411] 여기서, 로드 셀의 배치 위치는, 롤 양단부로부터 200 ㎜ 위치로 하는 것이 바람직하다. 또, 사용하는 롤의 몸통 길이는, 1500 ㎜ 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또, 사용하는 롤의 몸통 길이는, 2500 ㎜ 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0412] 또, 이 장력은, 바람직하게는 2.2 kgf/㎟ 이상이며, 보다 바람직하게는 2.4 kgf/㎟ 이상이다.

[0413] 또, 이 장력은, 바람직하게는 15.0 kgf/㎟ 이하이며, 보다 바람직하게는 10.0 kgf/㎟ 이하이다. 이 장력은, 더욱 바람직하게는 7.0 kgf/㎟ 이하이며, 더욱더 바람직하게는 4.0 kgf/㎟ 이하이다.

[0414] 또, 장력을 1 회 이상 부여한다는 것에 대해서, 예를 들어, 장력을 2 회 부여한다는 것은, 먼저, 2.0 kgf/㎟ 이상의 장력을 1 회 부여하고, 그 후, 장력이 2.0 kgf/㎟ 미만이 되고 나서, 2 회째의 2.0 kgf/㎟ 이상의 장력을 부여하는 것을 말한다. 또, 장력을 3 회 부여한다는 것은, 먼저, 2.0 kgf/㎟ 이상의 장력을 1 회 부여하고, 그 후, 장력이 2.0 kgf/㎟ 미만이 되고 나서, 2 회째의 2.0 kgf/㎟ 이상의 장력을 부여하고, 그 후, 장력이 2.0 kgf/㎟ 미만이 되고 나서, 3 회째의 2.0 kgf/㎟ 이상의 장력을 부여하는 것을 말한다.

[0415] 제 2 냉각 정지 온도 : 50 ℃ 이하

[0416] 제 2 냉각 공정의 냉각 조건은 특정하게 한정되지 않고, 통상적인 방법에 따르면 된다. 냉각 방법으로는, 예를 들어, 가스 제트 냉각, 미스트 냉각, 롤 냉각, 수랭 및 공랭 등을 적용할 수 있다.

[0417] 또, 표면의 산화 방지의 관점에서, 50 ℃ 이하까지 냉각하는 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 실온까지 냉각한다. 평균 냉각 속도는, 예를 들어, 1 ℃/초 이상 50 ℃/초 이하가 바람직하다. 여기서, 평균 냉각 속도는「(냉각 개시 온도 (℃) - 제 2 냉각 정지 온도 (℃)」/냉각 시간 (s)」에 의해 산출할 수 있다.

[0418] 또, 상기와 같이 하여 얻은 강판에, 추가로, 조질 압연을 실시해도 된다. 조질 압연의 압하율은 2.00 % 를 초과하면, 항복 응력이 상승하고, 강판을 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 연속한 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 압연이어

도 상관없다.

[0419] 상기 이외의 조건에 대해서는 특별히 한정되지 않고, 통상적인 방법에 따르면 된다.

[0420] [3. 부재]

[0421] 다음으로, 본 발명의 일 실시형태에 따른 부재에 대해 설명한다.

[0422] 본 발명의 일 실시형태에 따른 부재는, 상기 강판을 사용하여 이루어지는 (소재로 하는) 부재이다. 예를 들어, 소재인 강판에, 성형 가공, 접합 가공 중 적어도 일방을 실시하여 부재로 한다.

[0423] 여기서, 상기 강판은, TS : 1180 ㎫ 이상이며, 또한, 높은 YS 와, 우수한 프레스 성형성 (연성, 구멍 확장성 및 굽힘성) 과 압괴시의 내파단 특성 (굽힘 파단 특성 및 축 압괴 특성) 을 갖는다. 그 때문에, 본 발명의 일 실시형태에 따른 부재는, 고강도이며, 또한, 내충격 특성도 우수하다. 따라서, 본 발명의 일 실시형태에 따른 부재는, 자동차 분야에서 사용되는 충격 에너지 흡수 부재에 적용하기에 특히 바람직하다.

[0424] [4. 부재의 제조 방법]

[0425] 다음으로, 본 발명의 일 실시형태에 따른 부재의 제조 방법에 대해 설명한다.

[0426] 본 발명의 일 실시형태에 따른 부재의 제조 방법은, 상기 강판 (예를 들어, 상기 강판의 제조 방법에 의해 제조된 강판) 에, 성형 가공, 접합 가공 중 적어도 일방을 실시하여 부재로 하는 공정을 갖는다.

[0427] 여기서, 성형 가공 방법은, 특별히 한정되지 않고, 예를 들어, 프레스 가공 등의 일반적인 가공 방법을 이용할 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.

[0428] 실시예

[0429] 표 1 에 나타내는 성분 조성 (잔부는 Fe 및 불가피적 불순물) 을 갖는 강 소재를 전로에서 용제하고, 연속 주조법으로 강슬래브로 하였다. 표 1 중, - 은 불가피적 불순물 레벨의 함유량을 나타낸다.

[0430] 표 1 에 나타내는 계산 변태점 Ac_1 점 (℃) 및 Ac_3 점 (℃) 은 다음 식에 의해 계산한다 :

[0431] Ac_1 점 (℃) = 727.0-32.7×[%C]+14.9×[%Si]+2.0×[%Mn]

[0432] Ac_3 점 (℃) = 912.0-230×[%C]+31.6×[%Si]-20.4×[%Mn]

[0433] 여기서, [%C] : C 함유량 (질량%), [%Si] : Si 함유량 (질량%), [%Mn] : Mn 함유량 (질량%) 이다.

[0434] 얻어진 강슬래브를 1200 ℃ 로 가열하고, 가열 후, 강슬래브에 조압연과, 마무리 압연 온도를 900 ℃ 로 하는 마무리 압연으로 이루어지는 열간 압연을 실시하여, 열연 강판으로 하였다. 이어서, 얻어진 열연 강판의 No.1 ~ No.57, No.60 ~ No.74, No.80 ~ 93, No.100 ~ No.105 에, 산세 및 냉간 압연 (압하율 : 50 %) 을 실시하여, 표 3, 표 6, 표 9 에 나타내는 판두께의 냉연 강판으로 하였다. 또, 얻어진 열연 강판의 No.58 ~ No.59, No.75 ~ No.79, No.95 ~ 99 에 산세를 실시하여, 표 3, 표 6, 표 9 에 나타내는 판두께의 열연 강판 (백피) 으로 하였다. 이어서, 얻어진 냉연 강판 또는 열연 강판 (백피) 에, 표 2 에 나타내는 조건으로, 어닐링 공정, 제 1 냉각 공정, 유지 공정, 도금 공정, 제 2 냉각 공정 및 재가열 공정을 실시하고, 또, 표 5, 표 8 에 나타내는 조건으로, 제 1 도금 공정 (금속 도금 공정), 어닐링 공정, 제 1 냉각 공정, 유지 공정, 제 2 도금 공정 (아연 도금 공정), 제 2 냉각 공정 및 재가열 공정에 있어서의 처리를 실시하고, 강판 (아연 도금 강판) 을 얻었다.

[0435] 또한, 표 5, 표 8 중에 No.60 ~ No.105 의 강판에 대해 제 1 도금 공정 (금속 도금 공정) 의 유무, 금속 도금 공정에 있어서의 처리를 실시하는 경우의 도금종을 나타낸다. 표 6, 표 9 중에 No.60 ~ No.105 의 강판에 대해 표층 연질층의 두께, 금속 도금 부착량, 표층 연질층의 경도 분포를 나타낸다.

[0436] 여기서, 아연 도금 공정에서는, 용융 아연 도금 처리 또는 합금화 아연 도금 처리를 실시하고, 용융 아연 도금 강판 (이하, GI 라고도 한다) 또는 합금화 아연 도금 강판 (이하, GA 라고도 한다) 을 얻었다. 또한, 표 2, 표 5, 표 8 에서는, 도금 공정의 종류에 대해서도,「GI」및「GA」라고 표시하고 있다. 표 2, 표 5 중, GI 강판의 경우에는 합금화 처리를 실시하지 않기 때문에 합금화 온도를 - 로 나타낸다. 또, 표 8 에 있어서,

아연 도금 공정에 의한 아연 도금 처리를 실시하지 않고, 냉연 강판을 얻은 것에 대해서는,「CR」로 표시하고, 아연 도금 공정에 의한 아연 도금 처리를 실시하지 않고, 열연 강판을 얻은 것에 대해서는,「HR」로 표시하고 있다. 이들 냉연 강판, 열연 강판에 대해서도 합금화 처리를 실시하지 않기 때문에 합금화 온도를 - 로 나타낸다.

[0437] 아연 도금욕온은, GI 및 GA 어느 것을 제조하는 경우에도, 470 ℃ 로 하였다.

[0438] 아연 도금 부착량은, GI 를 제조하는 경우에는, 편면당 45 ~ 72 g/㎡ 로 하고, GA 를 제조하는 경우에는, 편면당 45 g/㎡ 로 하였다.

[0439] 또한, 최종적으로 얻어진 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.

[0440] 또, 아연 도금층은 모두, 소지 강판의 양면에 형성하였다.

[0441] 표 2, 표 5, 표 8 중, 패스 1 은, 제 2 냉각 공정시, 300 ℃ 이상 450 ℃ 이하의 온도역에서 2.0 kgf/㎟ 이상의 평균 장력을 1 회 이상 부여한 후, 강판을, 1 패스당 직경 500 ㎜ 이상 1500 ㎜ 이하의 롤에 롤 1/4 주분 접촉시키면서 부여하는 패스수이며, 패스수 2 는, 그 후, 강판을, 1 패스당 직경 500 ㎜ 이상 1500 ㎜ 이하의 롤에 롤 1/2 주분 접촉시키면서 부여하는 패스수이다.

[0442] 얻어진 강판을 사용하여, 상기 서술한 요령에 의해, 소지 강판의 강 조직의 동정을 실시하였다. 측정 결과를 표 3, 표 6, 표 9 에 나타낸다. 표 3, 표 6, 표 9 중, F 는 페라이트, BF 는 베이나이틱 페라이트, TM 은 템퍼드 마텐자이트, RA 는 잔류 오스테나이트, FM 은 프레시 마텐자이트, LB 는 하부 베이나이트, P 는 펄라이트, Θ 는 탄화물이다. L_M 은 탄화물의 무게 중심의 평균 자유 행정, σ_C 는 탄화물의 간격의 표준 편차의 평균치이다.

[0443] 표 4, 표 7, 표 10 중, *1 은 V 굽힘 능선부 및 VDA 굽힘 능선부의 중복 영역에 있어서, 전체 보이드 가운데, 경질상과 접하는 보이드의 수 (경질상과 연질상의 경계의 보이드수와 경질상의 파괴에 의해 형성된 보이드수) 를 전체 보이드수로 나눈 값, *2 는 V 굽힘 평탄부 및 VDA 굽힘 능선부의 중복 영역에 있어서, 전체 보이드 가운데, 경질상과 접하는 보이드의 수 (경질상과 연질상의 경계의 보이드수와 경질상의 파괴에 의해 형성된 보이드수) 를 전체 보이드수로 나눈 값이다.

[0444] 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 ㎛ 의 위치로부터, 판두께 방향 100 ㎛ 의 위치까지, 1 ㎛ 간격으로 측정을 실시하였다. 그 다음은 판두께 중심까지 20 ㎛ 간격으로 측정을 실시하였다. 경도가 판두께 1/4 위치의 경도에 비해 85 % 이하로 감소한 영역을 연질층 (표층 연질층) 이라고 정의하고, 당해 영역의 판두께 방향의 두께를 연질층의 두께라고 정의한다.

[0445] 또, 이하의 요령에 의해, 인장 시험, 구멍 확장 시험, VDA 굽힘 시험, V-VDA 굽힘 시험 및 축 압괴 시험을 실시하고, 이하의 기준에 의해, 인장 강도 (TS), 항복 응력 (YS), 전체 신장 (El), 한계 구멍 확장률 (λ), VDA 굽힘 시험에서의 한계 굽힘 각도 (α), V-VDA 굽힘 시험에서의 하중 최대시의 스트로크 (S_{Fmax}) 및 축 압괴 파단 유무를 평가하였다.

[0446] · TS

[0447] ○ (합격) : 1180 ㎫ 이상

[0448] × (불합격) : 1180 ㎫ 미만

[0449] · YS

[0450] ○ (합격) :

[0451] (A) 1180 ㎫≤TS＜1320 ㎫ 의 경우, 750 ㎫≤YS

[0452] (B) 1320 ㎫≤TS 의 경우, 850 ㎫≤YS

[0453] × (불합격) :

[0454] (A) 1180 ㎫≤TS＜1320 ㎫ 의 경우, 750 ㎫＞YS

[0455] (B) 1320 ㎫≤TS 의 경우, 850 ㎫＞YS

[0456] ·El

[0457] ○ (합격) :

[0458] (A) 1180 ㎫≤TS＜1320 ㎫ 의 경우, 12.0 %≤El

[0459] (B) 1320 ㎫≤TS 의 경우, 10.0 %≤El

[0460] × (불합격) :

[0461] (A) 1180 ㎫≤TS＜1320 ㎫ 의 경우, 12.0 %＞El

[0462] (B) 1320 ㎫≤TS 의 경우, 10.0 %＞El

[0463] · λ

[0464] ○ (합격) : 30 % 이상

[0465] × (불합격) : 30 % 미만

[0466] · α

[0467] ○ (합격) : 80° 이상

[0468] × (불합격) : 80° 미만

[0469] · S_{Fmax}

[0470] ○ (합격) : 26.0 ㎜ 이상

[0471] × (불합격) : 26.0 ㎜ 미만

[0472] ·축 압괴 파단 유무

[0473] A (합격) : 축 압괴 시험 후의 샘플에 균열이 관찰되지 않았다

[0474] B (합격) : 축 압괴 시험 후의 샘플에 균열이 2 지점 이하 관찰되었다

[0475] C (합격) : 축 압괴 시험 후의 샘플에 균열이 3 지점 이하 관찰되었다

[0476] D (불합격) : 축 압괴 시험 후의 샘플에 균열이 4 지점 이상 관찰되었거나, 또는 축 압괴 시험 후의 샘플이 파단되었다

[0477] (1) 인장 시험

[0478] 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, 크로스헤드 속도가 10 ㎜/min 인 조건에서 인장 시험을 실시하고, TS, YS 및 El 을 측정하였다. 결과를 표 4, 표 7, 표 10 에 나타낸다.

[0479] (2) 구멍 확장 시험

[0480] 구멍 확장 시험은, JIS Z 2256 (2020) 에 준거하여 실시하였다. 즉, 얻어진 강판으로부터, 100 ㎜ × 100 ㎜ 의 시험편을 전단 가공에 의해 채취하였다. 그 시험편에, 클리어런스를 12.5 % 로 하여 직경 10 ㎜ 의 구멍을 타발하였다. 이어서, 내경 : 75 ㎜ 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 (%) 을 구하였다. 또한, λ 는, 신장 플랜지성을 평가하는 지표가 되는 것이다. 결과를 표 4, 표 7, 표 10 에 나타낸다.

[0481] $\lambda\ (\%) = \{(D_f - D_0)/D_0\} \times 100$

[0482] 여기서,

[0483] D_f : 균열 발생시의 시험편의 구멍의 직경 (㎜)

[0484] D_0 : 초기의 시험편의 구멍의 직경 (㎜)

[0485] 이다.

[0486] (3) VDA 굽힘 시험

[0487] VDA 굽힘 시험은, 독일 자동차 공업회에서 규정된 VDA 규격 (VDA238-100) 에 준거하는 굽힘 시험으로 실시하였다.

[0488] 구체적으로는, 얻어진 강판으로부터, 70 ㎜ × 60 ㎜ 의 시험편을 전단 가공에 의해 채취하였다. 여기서, 60 ㎜ 의 변은 압연 (L) 방향에 평행이다.

[0489] 그 시험편에 이하의 조건에서, VDA 굽힘 시험을 실시하였다.

[0490] 시험 방법 : 롤 지지, 펀치 압입

[0491] 롤 직경 : ϕ30 ㎜

[0492] 펀치 선단 R : 0.4 ㎜

[0493] 롤간 거리 : (판두께 × 2) + 0.5 ㎜

[0494] 스트로크 속도 : 20 ㎜/min

[0495] 굽힘 방향 : 압연 직각 (C) 방향

[0496] 이 때에, 상방으로부터의 눌러 굽힘 지그로부터의 하중 F 가 최대가 될 때의, 판상 시험편의 중앙부의 굽힘 외측의 각도를 한계 굽힘 각도 (°) 로서 측정한다. 상기 VDA 굽힘 시험을 3 회 실시했을 때의 당해 하중 최대시의 한계 굽힘 각도의 평균치를 α (°) 로 한다. 결과를 표 4, 표 7, 표 10 에 나타낸다.

[0497] (4) V-VDA 굽힘 시험 (V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험)

[0498] V-VDA 굽힘 시험은 이하와 같이 하여 실시하였다.

[0499] 얻어진 강판으로부터, 60 ㎜ × 65 ㎜ 의 시험편을 전단 가공에 의해 채취하였다. 여기서, 60 ㎜ 의 변은 압연 (L) 방향에 평행이다. 곡률 반경/판두께 : 4.2 로 폭 (C) 방향을 축으로 압연 (L) 방향으로 90° 굽힘 가공 (1 차 굽힘 가공) 을 실시하여, 시험편을 준비하였다. 90° 굽힘 가공 (1 차 굽힘 가공) 에서는, 도 2a(a) 에 나타내는 바와 같이, V 홈을 갖는 다이 (A1) 의 위에 실은 강판에 대해, 펀치 (B1) 를 압입하여 시험편 (T1) 을 얻었다. 다음으로, 도 2a(b) 에 나타내는 바와 같이, 지지 롤 (A2) 의 위에 실은 시험편 (T1) 에 대해, 굽힘 방향이 압연 직각 방향이 되도록 하여, 펀치 (B2) 를 압입하여 직교 굽힘 (2 차 굽힘 가공) 을 실시하였다. 도 2a(a) 및 도 2a(b) 에 있어서, 부호 D1 은 폭 (C) 방향, 부호 D2 는 압연 (L) 방향을 나타내고 있다.

[0500] V-VDA 굽힘 시험 (V 굽힘 + 직교 VDA 굽힘 시험) 에 있어서의 V 굽힘의 조건은, 이하와 같다.

[0501] 시험 방법 : 다이 지지, 펀치 압입

[0502] 성형 하중 : 10 t

[0503] 시험 속도 : 30 ㎜/min

[0504] 유지 시간 : 5 s

[0505] 굽힘 방향 : 압연 (L) 방향

[0506] V-VDA 굽힘 시험에 있어서의 VDA 굽힘의 조건은, 이하와 같다.

[0507] 시험 방법 : 롤 지지, 펀치 압입

[0508] 롤 직경 : ϕ30 ㎜

[0509] 펀치 선단 R : 0.4 ㎜

[0510] 롤간 거리 : (판두께 × 2) + 0.5 ㎜

[0511] 스트로크 속도 : 20 ㎜/min

[0512] 시험편 사이즈 : 60 ㎜ × 60 ㎜

[0513] 굽힘 방향 : 압연 직각 (C) 방향

[0514] 상기 VDA 굽힘을 실시했을 때에 얻어지는 스트로크-하중 곡선에 있어서, 하중 최대시의 스트로크를 구한다. 상기 V-VDA 굽힘 시험을 3 회 실시했을 때의 당해 하중 최대시의 스트로크의 평균치를 S_{Fmax} (㎜) 로 한다. 결과를 표 4, 표 7, 표 10 에 나타낸다.

[0515] (5) 축 압괴 시험

[0516] 얻어진 강판으로부터, 160 ㎜ × 200 ㎜ 의 시험편을 전단 가공에 의해 채취하였다. 여기서, 160 ㎜ 의 변은 압연 (L) 방향에 평행이다. 펀치 견부 반경이 5.0 ㎜ 이며, 다이 견부 반경이 5.0 ㎜ 인 금형을 사용하여, 깊이 40 ㎜ 가 되도록 성형 가공 (굽힘 가공) 하여, 도 5a(a) 및 도 5a(b) 에 나타내는 해트형 부재 (10) 를 제작하였다. 또, 해트형 부재의 소재로서 사용한 강판을, 80 ㎜ × 200 ㎜ 의 크기로 별도로 잘라냈다. 다음으로, 그 잘라낸 후의 강판 (20) 과 해트형 부재 (10) 를 스폿 용접하고, 도 5a(a) 및 도 5a(b) 에 나타내는 바와 같은 시험용 부재 (30) 를 제작하였다. 도 5a(a) 는, 해트형 부재 (10) 와 강판 (20) 을 스폿 용접하여 제작한 시험용 부재 (30) 의 정면도이다. 도 5a(b) 는, 시험용 부재 (30) 의 사시도이다. 스폿 용접부 (40) 의 위치는, 도 5a(b) 에 나타내는 바와 같이, 강판의 단부와 용접부가 10 ㎜, 용접부간이 45 ㎜ 의 간격이 되도록 하였다. 다음으로, 도 5b(c) 에 나타내는 바와 같이, 시험용 부재 (30) 를 지판 (50) 과 TIG 용접에 의해 접합하여 축 압괴 시험용 샘플을 제작하였다. 다음으로, 제작한 축 압괴 시험용 샘플에 임팩터 (60) 를 충돌 속도 10 ㎜/min 로 등속 충돌시켜, 축 압괴 시험용의 샘플을 70 ㎜ 압괴하였다. 도 5b(c) 에 나타내는 바와 같이, 압괴 방향 D3 은, 시험용 부재 (30) 의 길이 방향과 평행한 방향으로 하였다.

[0517] 압괴 후의 샘플을 상기 요령으로 평가하고, 결과를 표 4, 표 7, 표 10 에 나타낸다.

[0518] 판두께 1.2 ㎜ 초과의 강판의 VDA 굽힘 시험, V-VDA 굽힘 시험 및 축 압괴 시험에서는 판두께의 영향을 고려하여, 모두 판두께 1.2 ㎜ 의 강판으로 실시하였다. 판두께 1.2 ㎜ 초과의 강판은 편면 연삭하여, 판두께를 1.2 ㎜ 로 하였다. 연삭 가공에 의해 강판 표면의 굽힘성이 영향받을 우려가 있기 때문에, VDA 굽힘 시험에서는 연삭면을 굽힘 내측 (펀치에 접촉하는 측) 으로 하고, V-VDA 굽힘 시험에서는 V 굽힘 시험시에 연삭면을 굽힘 외측 (다이에 접촉하는 측) 으로 하고, 그 후 VDA 굽힘 시험에 연삭면을 굽힘 내측 (펀치에 접촉하는 측) 으로 하였다.

[0519] 한편, 판두께 1.2 ㎜ 이하의 강판의 VDA 굽힘 시험, V-VDA 굽힘 시험 및 축 압괴 시험에서는, 판두께의 영향이 작기 때문에, 연삭 처리 없음으로 시험을 실시하였다.

[0520] <나노 경도 측정>

[0521] 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 ㎛ × 50 ㎛ 의 영역에 있어서, 300 점 이상의 나노 경도를 측정했을 때, 소지 강판 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 대해 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.

[0522] 아연 도금을 실시한 경우에는, 도금층 박리 후, 소지 강판 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치 -5 ㎛ 까지 기계 연마하고, 소지 강판 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치까지 다이아몬드 및 알루미나에 의한 버프 연마 후, 콜로이달 실리카 연마를 실시하였다. Hysitron 사의 tribo-950 을 사용하고, 베르코비치 형상의 다이아몬드 압자에 의해,

[0523] 하중 : 500 μN

[0524] 측정 영역 : 50 ㎛ × 50 ㎛

[0525] 타점 간격 : 2 ㎛

[0526] 의 조건에서 합계 512 점의 나노 경도를 측정하였다.

[0527] 또한, 상기 박리하는 도금층이란, 아연 도금층이 형성되어 있는 경우에는, 아연 도금층이고, 금속 도금층이 형성되어 있는 경우에는, 금속 도금층이며, 아연 도금층 및 금속 도금층이 형성되어 있는 경우에는, 아연 도금층 및 금속 도금층이다.

[0528] 이어서, 상기 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/2 위치까지 기계 연마, 다이아몬드 및 알루미나에 의한 버프 연마 및 콜로이달 실리카 연마를 실시하였다. Hysitron 사의 tribo-950 을 사용하고, 베르코비치 형상의 다이아몬드 압자에 의해,

[0529] 하중 : 500 μN

[0530] 측정 영역 : 50 ㎛ × 50 ㎛

[0531] 타점 간격 : 2 ㎛

[0532] 의 조건에서 합계 512 점의 나노 경도를 측정하였다.

[0533] [표 1-1]

강종	성분 조성 (질량%)								계산 변태점(℃)		비고
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	기타	Ac_1	Ac_3	
A	0.090	0.88	3.15	0.007	0.0011	0.035	0.0034	–	743	855	적합강
B	0.208	1.52	2.83	0.010	0.0009	0.026	0.0030	–	749	854	적합강
C	0.322	1.13	2.56	0.007	0.0008	0.037	0.0027	–	738	821	적합강
D	0.283	2.05	2.71	0.006	0.0007	0.036	0.0031	–	754	856	적합강
E	0.207	0.89	2.17	0.006	0.0005	0.037	0.0035	–	738	848	적합강
F	0.351	0.96	3.34	0.006	0.0007	0.035	0.0035	–	737	793	적합강
G	0.192	0.76	2.93	0.007	0.0008	0.751	0.0028	–	738	832	적합강
H	0.047	1.71	2.67	0.008	0.0010	0.049	0.0043	–	756	901	비교강
I	0.450	1.83	2.61	0.008	0.0016	0.027	0.0020	–	745	813	비교강
J	0.260	0.45	2.86	0.003	0.0004	0.015	0.0027	–	731	808	비교강
K	0.175	3.12	2.85	0.006	0.0016	0.040	0.0049	–	773	912	비교강
L	0.167	1.58	1.33	0.005	0.0012	0.035	0.0024	–	748	896	비교강
M	0.256	0.76	3.81	0.006	0.0005	0.012	0.0027	–	738	799	비교강
N	0.132	1.82	2.87	0.016	0.0019	0.028	0.0030	Ti:0.028	756	881	적합강
O	0.198	0.98	2.55	0.021	0.0013	0.030	0.0040	Nb:0.025	740	845	적합강
P	0.161	1.52	2.91	0.019	0.0019	0.031	0.0030	V:0.032	750	864	적합강
Q	0.187	1.51	2.83	0.009	0.0023	0.034	0.0033	Ti:0.019, B:0.0012	749	859	적합강
R	0.210	0.87	2.78	0.006	0.0005	0.037	0.0035	Ti:0.015, Nb:0.020, B:0.0018	739	835	적합강
S	0.207	1.57	2.65	0.004	0.0015	0.030	0.0019	Cu:0.146	749	860	적합강
T	0.173	1.43	2.72	0.021	0.0020	0.027	0.0039	Cr:0.051	748	862	적합강
U	0.238	0.80	2.41	0.009	0.0006	0.036	0.0030	Ni:0.109	736	833	적합강
V	0.116	1.43	2.95	0.005	0.0015	0.032	0.0038	Mo:0.037	750	870	적합강
W	0.104	1.60	3.05	0.011	0.0019	0.038	0.0033	Sb:0.008	754	876	적합강
X	0.186	1.36	2.74	0.008	0.0014	0.014	0.0029	Sn:0.015	747	856	적합강
Y	0.267	1.08	2.76	0.007	0.0011	0.035	0.0034	Nb:0.020, Ta:0.007	740	828	적합강
Z	0.190	1.99	2.53	0.009	0.0025	0.032	0.0037	Ta:0.007	755	880	적합강

- 상기 이외의 잔부는 Fe 및 불가피적 불순물이다.

[0534]

[0535] [표 1-2]

강종	성분 조성 (질량%)								계산 변태점(℃)		비고
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	기타	Ac_1	Ac_3	
AA	0.189	1.72	2.63	0.008	0.0023	0.028	0.0043	W:0.031	752	869	적합강
AB	0.170	2.08	2.40	0.014	0.0021	0.023	0.0031	Mg:0.0040	757	890	적합강
AC	0.212	1.19	2.58	0.012	0.0015	0.029	0.0037	Zn:0.0060	743	848	적합강
AD	0.162	1.62	2.92	0.005	0.0029	0.024	0.0042	Co:0.0090	752	866	적합강
AE	0.158	1.68	2.49	0.016	0.0018	0.032	0.0026	Zr:0.0020	752	878	적합강
AF	0.201	1.35	2.59	0.010	0.0019	0.034	0.0038	Ca:0.0020	746	856	적합강
AG	0.173	0.79	2.58	0.013	0.0021	0.028	0.0036	Se:0.0090	738	845	적합강
AH	0.210	1.51	2.64	0.003	0.0007	0.027	0.0038	Te:0.0140	748	858	적합강
AI	0.177	1.53	2.81	0.008	0.0016	0.028	0.0040	Ge:0.0120	750	862	적합강
AJ	0.298	1.01	2.11	0.010	0.0018	0.027	0.0031	As:0.0257	737	832	적합강
AK	0.165	1.57	2.93	0.019	0.0020	0.027	0.0034	Sr:0.0080	751	864	적합강
AL	0.172	1.28	2.97	0.013	0.0025	0.026	0.0035	Cs:0.0100	746	852	적합강
AM	0.157	1.38	3.05	0.027	0.0022	0.026	0.0038	Hf:0.0050	749	857	적합강
AN	0.191	1.40	2.72	0.007	0.0020	0.026	0.0040	Pb:0.0130	747	857	적합강
AO	0.158	0.78	3.23	0.006	0.0022	0.030	0.0023	Bi:0.0030	740	834	적합강
AP	0.136	1.48	3.18	0.020	0.0014	0.024	0.0050	REM:0.0030	751	863	적합강
AQ	0.208	1.23	3.08	0.011	0.0025	0.031	0.0027	Ti:0.017, Nb:0.021, B:0.0016	745	840	적합강
AR	0.188	1.56	2.79	0.010	0.0022	0.025	0.0030	Nb:0.195, Ti:0.185, V:0.190, B:0.0098, Cr:0.970, Ni:0.950, Mo:0.980, Sb:0.180, Sn:0.190, Cu:0.920, Ta:0.091, W:0.480, Mg:0.0190, Zn:0.0180, Co:0.0180, Zr:0.0930, Ca:0.0180, Se:0.0180, Te:0.0195, Ge:0.0185, As:0.0450, Sr:0.0195, Cs:0.0180, Hf:0.0185, Pb:0.0194, Bi:0.0189, REM:0.0185	750	861	적합강

* 상기 이외의 잔부는 Fe 및 불가피적 불순물이다.

[0536]

[0537] [표 2-1]

No.	강종	어닐링 공정		제 1 냉각 공정	유지 공정		도금 공정		제 2 냉각 공정				비고
		어닐링 온도 (℃)	어닐링 시간 (초)	제 1 냉각 정지 온도 (℃)	유지 온도 (℃)	유지 시간 (초)	종류	합금화 온도 (℃)	장력 *1 (kgf/mm^2)	부여 횟수 (회)	패스수1 *2 (회)	패스수2 *3 (회)	
1	A	850	30	200	500	40	GA	550	3.9	1	4	10	본 발명예
2	B	840	110	250	450	50	GA	540	2.2	2	10	9	본 발명예
3	C	820	40	100	490	30	GA	510	3.6	2	4	9	본 발명예
4	D	840	60	170	360	50	GI	–	2.4	3	6	3	본 발명예
5	E	870	220	220	530	70	GA	530	2.2	2	10	8	본 발명예
6	F	890	50	150	370	60	GI	–	2.3	3	5	8	본 발명예
7	G	830	120	200	400	40	GA	550	2.8	2	5	8	본 발명예
8	H	900	60	280	500	10	GA	510	2.1	1	8	7	비교예
9	I	820	280	130	420	40	GA	550	3.5	3	6	6	비교예
10	J	810	30	110	480	60	GA	520	3.0	2	9	5	비교예
11	K	890	80	200	410	75	GI	–	2.3	1	9	7	비교예
12	L	860	120	230	480	50	GA	600	2.1	2	5	2	비교예
13	M	800	250	160	400	65	GA	550	3.9	2	9	5	비교예
14	B	780	50	120	380	30	GA	550	3.6	2	6	9	비교예
15	B	950	160	230	400	60	GI	–	3.0	2	6	5	비교예
16	B	850	10	190	360	65	GA	540	2.2	2	5	2	비교예
17	B	850	30	50	380	20	GA	560	2.0	3	8	6	비교예
18	B	900	50	350	470	40	GI	–	3.4	3	8	6	비교예
19	B	840	190	230	300	20	GA	550	3.5	1	9	8	비교예
20	B	860	40	210	600	70	GI	–	2.3	2	4	2	비교예
21	B	860	70	220	460	1	GA	550	2.9	1	6	2	비교예
22	B	830	170	200	370	100	GA	550	3.4	1	8	9	비교예
23	C	810	20	190	370	60	GI	–	1.0	1	7	8	비교예
24	C	820	50	240	400	75	GA	510	0.0	0	7	9	비교예
25	C	810	30	170	410	20	GA	500	3.1	1	2	8	비교예
26	C	840	150	260	380	70	GA	520	3.7	3	10	1	비교예
27	N	880	180	190	460	10	GA	520	3.2	2	5	9	본 발명예
28	O	860	100	210	440	40	GA	500	3.5	2	6	10	본 발명예
29	P	880	80	230	420	40	GA	550	2.7	1	4	7	본 발명예

*1: 300℃이상450℃이하의 온도역에서 부여하는 장력

*2: 강판을 1 패스당 직경 500mm이상1500mm이하의 롤에 롤 1／4주분 접촉시키면서 부여하는 패스수

[0538] *3: 강판을 1 패스당 직경 500mm이상1500mm이하의 롤에 롤 1／2주분 접촉시키면서 부여하는 패스수

[0539] [표 2-2]

No.	강종	어닐링 공정		제 1 냉각 공정	유지 공정		도금 공정		제 2 냉각 공정				비고
		어닐링 온도 (℃)	어닐링 시간 (초)	제 1 냉각 정지 온도 (℃)	유지 온도 (℃)	유지 시간 (초)	종류	합금화 온도 (℃)	장력 *1 (kgf/mm^2)	부여 횟수 (회)	패스수1 *2 (회)	패스수2 *3 (회)	
30	Q	840	100	200	400	55	GA	530	2.5	1	9	4	본 발명예
31	R	820	150	190	410	30	GI	–	2.4	3	6	10	본 발명예
32	S	850	170	200	480	70	GI	–	3.8	2	10	7	본 발명예
33	T	850	90	280	480	45	GI	–	2.5	2	8	10	본 발명예
34	U	820	150	150	350	15	GA	500	3.2	2	10	7	본 발명예
35	V	880	40	230	440	70	GI	–	2.0	1	4	7	본 발명예
36	W	850	190	180	440	40	GI	–	3.4	1	7	7	본 발명예
37	X	840	70	200	480	75	GA	600	2.6	2	8	8	본 발명예
38	Y	860	120	220	390	50	GA	530	3.7	3	4	8	본 발명예
39	Z	870	110	240	420	30	GA	570	2.7	1	6	2	본 발명예
40	AA	850	80	160	470	70	GA	540	3.4	1	6	8	본 발명예
41	AB	890	50	160	400	75	GA	550	3.6	3	4	5	본 발명예
42	AC	830	90	220	400	30	GA	530	4.0	3	5	7	본 발명예
44	AD	840	120	250	370	15	GA	520	2.9	3	8	2	본 발명예
45	AE	850	90	200	410	5	GA	530	3.9	2	6	9	본 발명예
46	AF	860	130	170	540	10	GA	510	2.7	3	5	8	본 발명예
47	AG	830	90	150	480	40	GA	550	3.4	3	9	5	본 발명예
48	AH	850	90	240	500	70	GA	520	2.1	3	8	3	본 발명예
49	AI	870	100	200	490	25	GI	–	2.1	2	7	10	본 발명예
50	AJ	850	50	140	420	30	GI	–	3.9	3	6	2	본 발명예
51	AK	870	30	260	440	20	GA	560	4.0	2	5	9	본 발명예
52	AL	830	110	210	450	60	GA	530	2.7	3	6	6	본 발명예
53	AM	850	100	200	460	40	GA	540	3.7	3	8	4	본 발명예
54	AN	870	80	200	400	60	GA	550	2.7	2	9	2	본 발명예
55	AO	820	60	140	430	25	GA	510	3.0	3	8	3	본 발명예
56	AP	860	40	200	430	60	GA	520	2.5	2	8	7	본 발명예
57	AQ	850	70	210	400	70	GA	500	2.8	1	9	6	본 발명예
58	Q	840	150	230	410	75	GA	510	2.7	3	6	4	본 발명예
59	Q	840	300	220	460	70	GA	530	3.0	3	8	4	본 발명예

*1: 300℃이상450℃이하의 온도역에서 부여하는 장력

*2: 강판을 1 패스당 직경500mm이상1500mm이하의 롤에 롤1／4주분 접촉시키면서 부여하는 패스수

*3: 강판을 1 패스당 직경500mm이상1500mm이하의 롤에 롤1／2주분 접촉시키면서 부여하는 패스수

[0540]

[0541] [표 3-1]

No.	강종	판두께 (mm)	강조직										비고
			각 상의 면적률*1						잔부 조직 *1	TM /(TM+BF) *1 (-)	L_M *2 (μm)	σ_c *3 (μm)	
			F (%)	BF (%)	TM (%)	BF+TM (%)	RA (%)	FM (%)					
1	A	1.6	14.3	8.4	60.0	68.4	9.2	7.9	θ	0.88	0.33	7.31	본 발명예
2	B	1.8	8.5	20.7	57.2	77.9	7.4	6.0	θ	0.73	0.37	6.76	본 발명예
3	C	1.4	10.1	2.3	76.3	78.6	3.5	7.5	θ	0.97	0.46	7.12	본 발명예
4	D	1.2	10.2	8.1	62.2	70.3	6.3	9.6	LB、θ	0.88	0.42	6.98	본 발명예
5	E	1.2	3.5	12.3	70.2	82.5	5.1	8.4	θ	0.85	0.46	6.23	본 발명예
6	F	1.4	1.6	12.2	70.9	83.1	5.5	6.8	LB、θ	0.85	0.36	6.15	본 발명예
7	G	1.4	9.1	12.6	61.3	73.9	7.9	6.4	LB、θ	0.83	0.40	7.45	본 발명예
8	H	1.6	6.9	15.9	63.5	79.4	2.9	9.6	θ	0.80	0.42	7.83	비교예
9	I	1.4	1.5	9.9	68.6	78.5	3.5	9.5	LB、θ	0.87	0.38	7.22	비교예
10	J	1.4	9.6	5.2	72.1	77.3	2.4	10.4	θ	0.93	0.49	6.72	비교예
11	K	1.2	13.7	9.7	55.3	65.0	6.8	7.6	LB、θ	0.85	0.42	6.14	비교예
12	L	1.6	16.8	12.6	53.1	65.7	7.5	8.3	θ	0.81	0.35	6.09	비교예
13	M	1.2	0.0	18.1	56.2	74.3	9.2	13.8	θ	0.76	0.47	5.92	비교예
14	B	1.2	38.7	2.5	33.6	36.1	9.8	11.1	LB、θ	0.93	0.42	8.91	비교예
15	B	1.4	0.0	5.6	82.8	88.4	1.8	7.8	LB、θ	0.94	0.34	6.54	비교예
16	B	1.4	27.2	4.6	43.0	47.6	9.5	12.7	LB、θ	0.90	0.39	8.11	비교예
17	B	1.2	12.1	0.0	83.1	83.1	1.2	3.2	θ	1.00	0.15	7.87	비교예
18	B	1.2	0.0	34.9	38.3	73.2	8.3	18.0	θ	0.52	0.33	7.95	비교예
19	B	1.4	3.4	20.4	45.0	65.4	7.4	6.9	LB、θ	0.69	0.21	7.62	비교예
20	B	1.6	0.2	4.4	76.5	80.9	1.6	15.3	P、θ	0.95	0.39	7.23	비교예
21	B	1.2	0.0	1.1	89.0	90.1	1.2	8.2	θ	0.99	0.50	6.96	비교예
22	B	1.6	1.7	32.3	51.8	84.1	10.9	2.2	LB、θ	0.62	0.35	7.38	비교예
23	C	1.2	20.2	9.8	40.6	50.4	14.4	9.9	LB、θ	0.81	0.46	7.85	비교예
24	C	1.4	2.3	23.6	51.5	75.1	10.8	7.9	LB、θ	0.69	0.21	6.90	비교예
25	C	1.4	16.7	9.2	50.3	59.5	12.9	9.5	LB、θ	0.85	0.22	7.64	비교예
26	C	1.2	0.0	23.7	56.2	79.9	10.2	9.5	LB、θ	0.70	0.41	7.48	비교예
27	N	1.2	0.0	12.1	75.7	87.8	6.3	5.6	θ	0.86	0.24	6.76	본 발명예
28	O	2.0	0.0	15.8	74.1	89.9	5.7	4.0	θ	0.82	0.34	6.55	본 발명예
29	P	1.6	0.4	22.7	65.4	88.1	6.1	4.9	θ	0.74	0.25	7.00	본 발명예

*1: BF; 베이나이틱 페라이트,TM; 템퍼드 마텐자이트, RA; 잔류 오스테나이트,
FM; 프레시 마텐자이트, F; 페라이트, LB; 하부 베이나이트, P; 펄라이트, θ ; 탄화물

*2: L_M; 탄화물의 무게 중심의 평균 자유 행정

[0542] *3: σ_c; 탄화물의 간격의 표준 편차의 평균치

[0543] [표 3-2]

No.	강종	판두께 (mm)	강조직										비고
			각 상의 면적률 *1						잔부 조직 *1	TM /(TM+BF) *1	L_M *2	σ_o *3	
			F (%)	BF (%)	TM (%)	BF+TM (%)	RA (%)	FM (%)		(-)	(μm)	(μm)	
30	Q	1.4	7.7	9.5	70.1	79.6	5.9	5.5	LB、θ	0.88	0.31	6.93	본 발명예
31	R	1.2	0.6	15.8	68.4	84.2	6.5	6.3	θ	0.81	0.36	6.99	본 발명예
32	S	1.6	11.5	14.6	63.5	78.1	6.4	3.4	θ	0.81	0.42	7.27	본 발명예
33	T	1.8	12.4	11.1	59.3	70.4	9.1	6.3	θ	0.84	0.40	7.45	본 발명예
34	U	1.4	3.5	6.5	76.3	82.8	5.4	4.0	LB、θ	0.92	0.40	6.95	본 발명예
35	V	1.2	0.0	16.1	69.6	85.7	9.3	4.8	θ	0.81	0.41	6.87	본 발명예
36	W	1.2	2.2	20.4	65.9	86.3	7.2	4.1	θ	0.76	0.23	6.75	본 발명예
37	X	1.4	17.4	10.8	61.4	72.2	6.5	3.5	θ	0.85	0.29	7.01	본 발명예
38	Y	1.4	0.0	18.2	63.5	81.7	6.7	3.8	LB、θ	0.78	0.39	7.27	본 발명예
39	Z	1.6	6.8	16.6	64.4	81.0	7.6	4.4	θ	0.80	0.42	7.14	본 발명예
40	AA	1.4	13.7	12.7	59.9	72.6	8.2	4.3	θ	0.83	0.47	7.02	본 발명예
41	AB	1.4	8.5	16.6	60.9	77.5	7.3	5.3	LB、θ	0.79	0.29	7.32	본 발명예
42	AC	1.2	17.4	10.2	55.7	65.9	5.9	4.9	LB、θ	0.85	0.22	7.47	본 발명예
44	AD	1.6	7.6	11.5	59.5	71.0	6.9	4.7	LB、θ	0.84	0.38	7.44	본 발명예
45	AE	1.2	14.6	14.4	62.6	77.0	4.8	3.5	θ	0.81	0.30	7.31	본 발명예
46	AF	1.2	3.6	8.5	79.7	88.2	3.3	4.3	θ	0.90	0.32	6.59	본 발명예
47	AG	0.8	13.4	6.2	67.8	74.0	8.4	3.5	θ	0.92	0.48	6.98	본 발명예
48	AH	1.0	12.3	8.0	68.1	76.1	6.6	4.7	θ	0.89	0.40	6.86	본 발명예
49	AI	1.4	1.3	5.9	79.4	85.3	7.5	5.6	θ	0.93	0.23	6.45	본 발명예
50	AJ	1.4	0.5	14.2	73.2	87.4	8.1	3.5	θ	0.84	0.21	6.90	본 발명예
51	AK	1.6	0.7	18.6	65.5	84.1	7.5	7.2	θ	0.78	0.33	7.11	본 발명예
52	AL	1.2	14.6	10.7	61.4	72.1	8.6	4.3	θ	0.85	0.47	7.30	본 발명예
53	AM	1.2	2.1	19.4	63.8	83.2	9.1	5.3	θ	0.77	0.21	7.32	본 발명예
54	AN	1.2	0.1	17.1	63.5	80.6	7.2	6.4	LB、θ	0.79	0.39	7.13	본 발명예
55	AO	1.4	9.5	13.4	65.0	78.4	8.0	3.7	θ	0.83	0.46	7.21	본 발명예
56	AP	1.2	1.3	16.2	69.3	85.5	6.2	6.4	θ	0.81	0.26	6.92	본 발명예
57	AQ	1.6	0.0	6.5	78.9	85.4	6.8	5.9	θ	0.92	0.31	6.98	본 발명예
58	Q	2.6	5.5	15.5	63.2	78.7	7.7	6.2	θ	0.80	0.41	7.05	본 발명예
59	Q	3.2	3.9	12.9	68.4	81.3	6.1	7.1	θ	0.84	0.45	6.90	본 발명예

*1: BF; 베이나이틱 페라이트,TM; 템퍼드 마텐자이트, RA; 잔류 오스테나이트,
FM; 프레시 마텐자이트, F; 페라이트, LB; 하부 베이나이트, P; 펄라이트, θ ; 탄화물

*2: L_M; 탄화물의 무게 중심의 평균 자유 행정

*3: σ_o; 탄화물의 간격의 표준 편차의 평균치

[0544]

[0545] [표 4-1]

No.	강종	YS (MPa)	TS (MPa)	El (%)	λ (%)	α (°)	SFmax (mm)	*1 (-)	*2 (-)	축 압괴	비고
1	A	759	1186	19.1	37	100	26.1	0.53	0.17	B	본 발명예
2	B	932	1197	14.8	46	85	26.7	0.41	0.14	B	본 발명예
3	C	1020	1312	12.4	52	86	27.1	0.33	0.11	A	본 발명예
4	D	896	1280	14.1	41	84	26.5	0.50	0.17	B	본 발명예
5	E	854	1263	12.9	58	87	27.4	0.43	0.13	A	본 발명예
6	F	959	1365	12.1	56	85	27.4	0.51	0.12	A	본 발명예
7	G	815	1206	14.8	45	80	26.0	0.33	0.11	B	본 발명예
8	H	731	1173	10.7	45	85	25.9	0.55	0.11	C	비교예
9	I	955	1291	10.9	29	78	25.7	0.43	0.13	D	비교예
10	J	860	1274	11.5	36	79	26.0	0.50	0.00	B	비교예
11	K	799	1219	15.2	25	89	25.4	0.33	0.17	C	비교예
12	L	743	1108	14.4	38	80	26.1	0.57	0.00	B	비교예
13	M	878	1235	14.3	27	88	25.6	0.67	0.11	C	비교예
14	B	678	954	21.9	29	101	24.5	0.88	0.11	D	비교예
15	B	844	1270	7.9	71	87	28.5	0.50	0.00	A	비교예
16	B	725	1087	20.7	28	99	24.2	0.89	0.33	D	비교예
17	B	802	1232	10.8	65	83	26.5	0.33	0.00	B	비교예
18	B	790	1205	16.6	25	70	25.8	0.86	0.50	D	비교예
19	B	819	1228	15.3	31	78	25.1	0.60	0.25	D	비교예
20	B	805	1243	7.5	30	76	25.6	0.88	0.50	D	비교예
21	B	877	1296	7.3	50	81	27.1	0.38	0.11	A	비교예
22	B	835	1289	14.8	35	82	25.9	0.56	0.00	B	비교예
23	C	741	1023	23.2	36	105	24.6	0.80	0.13	D	비교예
24	C	882	1284	14.9	52	83	25.6	0.89	0.14	D	비교예
25	C	767	1256	18.9	41	102	25.3	0.88	0.11	D	비교예
26	C	898	1317	14.0	56	84	25.8	0.86	0.00	D	비교예
27	N	771	1189	12.0	44	81	26.6	0.57	0.00	C	본 발명예
28	O	821	1193	15.0	63	91	26.5	0.43	0.13	A	본 발명예
29	P	1025	1247	14.2	48	82	26.9	0.50	0.17	B	본 발명예

*1:V굽힘 능선부 및 VDA 굽힘 능선부의 중복 영역에 있어서, 경질상과 접하는 보이드의 수를 전체 보이드수로 나눈 값

*2:V굽힘 평탄부 및 VDA 굽힘 능선부의 중복 영역에 있어서, 경질상과 접하는 보이드의 수를 전체 보이드수로 나눈 값

[0546]

[0547] [표 4-2]

No.	강종	YS (MPa)	TS (MPa)	El (%)	λ (%)	α (°)	SFmax (mm)	*1 (-)	*2 (-)	축 압괴	비고
30	Q	987	1199	13.7	57	92	27.8	0.20	0.00	A	본 발명예
31	R	998	1225	12.7	48	82	26.5	0.40	0.11	B	본 발명예
32	S	906	1201	16.0	43	80	26.5	0.40	0.00	B	본 발명예
33	T	783	1209	16.4	49	88	26.7	0.57	0.17	B	본 발명예
34	U	903	1213	13.5	55	85	27.6	0.33	0.00	B	본 발명예
35	V	1025	1215	14.8	52	84	27.3	0.50	0.11	B	본 발명예
36	W	1064	1254	13.7	47	82	26.7	0.43	0.11	B	본 발명예
37	X	803	1199	15.4	43	80	26.3	0.33	0.00	C	본 발명예
38	Y	1080	1257	13.3	49	86	26.7	0.33	0.00	B	본 발명예
39	Z	1010	1236	15.6	45	83	26.2	0.40	0.11	C	본 발명예
40	AA	1078	1283	14.0	41	81	26.5	0.50	0.00	C	본 발명예
41	AB	969	1241	15.0	53	85	27.4	0.50	0.13	B	본 발명예
42	AC	906	1242	16.1	44	87	26.5	0.40	0.14	C	본 발명예
44	AD	964	1237	14.3	53	83	27.6	0.43	0.00	B	본 발명예
45	AE	867	1195	15.9	45	80	26.8	0.33	0.00	C	본 발명예
46	AF	836	1209	15.2	60	91	28.4	0.25	0.11	A	본 발명예
47	AG	755	1192	14.0	40	80	26.1	0.40	0.17	C	본 발명예
48	AH	762	1205	14.8	42	81	26.3	0.40	0.00	C	본 발명예
49	AI	1140	1293	12.7	66	93	28.9	0.50	0.00	A	본 발명예
50	AJ	1028	1301	12.9	58	85	28.1	0.50	0.00	A	본 발명예
51	AK	1060	1239	16.2	61	98	28.4	0.43	0.17	A	본 발명예
52	AL	837	1211	14.6	49	82	27.3	0.50	0.11	B	본 발명예
53	AM	1016	1280	14.0	58	89	28.5	0.56	0.11	A	본 발명예
54	AN	998	1290	13.9	55	84	28.1	0.50	0.14	B	본 발명예
55	AO	857	1250	14.4	39	80	26.0	0.38	0.00	C	본 발명예
56	AP	1124	1277	13.4	64	95	28.5	0.40	0.17	A	본 발명예
57	AQ	1253	1391	12.9	44	83	26.6	0.25	0.13	C	본 발명예
58	Q	969	1203	13.9	56	82	26.6	0.50	0.11	B	본 발명예
59	Q	992	1219	13.5	58	84	26.3	0.43	0.17	C	본 발명예

*1:V굽힘 능선부 및 VDA 굽힘 능선부의 중복 영역에 있어서, 경질상과 접하는 보이드의 수를 전체 보이드수로 나눈 값

*2:V굽힘 평탄부 및 VDA 굽힘 능선부의 중복 영역에 있어서, 경질상과 접하는 보이드의 수를 전체 보이드수로 나눈 값

[0548]

[0549] [표 5]

No.	강종	제 1 도금 공정	어닐링 공정			제 1 냉각 공정	유지 공정		제 2 도금 공정		제 2 냉각 공정			비고
		유무 (도금종)	어닐링 온도 (℃)	어닐링 시간 (초)	노점 (℃)	정지 온도 (℃)	유지 온도 (℃)	유지 시간 (초)	종류	합금화 온도 (℃)	장력 *1 (kgf/mm^2)	부여 횟수 (회)	패스수1 *2 (회)	패스수2 *3 (회)	
60	B	무	840	90	-15	260	440	50	GA	580	2.6	1	5	9	본 발명예
61	B	무	860	90	10	260	450	25	GI	-	2.6	2	7	10	본 발명예
62	B	유(Fe)	850	110	-15	240	440	50	GA	560	2.5	1	10	8	본 발명예
63	B	유(Fe)	860	110	10	270	430	45	GA	540	2.4	1	7	7	본 발명예
64	B	유(Ni)	840	100	10	250	470	35	GA	530	2.3	3	4	8	본 발명예
65	F	무	890	30	-10	160	350	45	GA	500	2.3	4	6	10	본 발명예
66	F	무	880	70	15	150	350	55	GA	510	2.1	4	4	8	본 발명예
67	F	유(Fe)	900	40	-10	160	360	70	GI	-	2.2	3	9	10	본 발명예
68	F	유(Fe)	900	60	15	170	370	40	GI	-	2.2	4	5	10	본 발명예
69	F	유(Ni)	870	70	15	170	370	65	GA	560	2.3	2	7	10	본 발명예
70	Q	무	840	90	-15	200	380	55	GA	550	2.3	2	5	3	본 발명예
71	Q	무	840	120	10	210	380	70	GA	520	2.7	2	6	3	본 발명예
72	Q	유(Fe)	850	80	-15	220	390	65	GI	-	2.3	1	6	6	본 발명예
73	Q	유(Fe)	840	120	10	180	380	45	GA	510	2.6	3	6	5	본 발명예
74	Q	유(Ni)	850	90	10	200	400	75	GI	-	2.5	1	7	2	본 발명예
75	Q	무	840	300	-15	230	390	65	GA	530	2.9	3	4	6	본 발명예
76	Q	무	850	280	10	210	410	70	GA	500	2.7	2	10	5	본 발명예
77	Q	유(Fe)	840	320	-15	210	400	75	GA	550	2.7	2	4	5	본 발명예
78	Q	유(Fe)	840	280	10	220	400	70	GI	-	2.5	3	8	4	본 발명예
79	Q	유(Ni)	840	290	10	250	430	75	GA	560	2.7	2	6	3	본 발명예

*1: 300℃이상450℃이하의 온도역에서 부여하는 장력

*2: 강판을 1 패스당 직경500mm이상1500mm이하의 롤에 롤 1／4주분 접촉시키면서 부여하는 패스수

*3: 강판을 1 패스당 직경500mm이상1500mm이하의 롤에 롤 1／2주분 접촉시키면서 부여하는 패스수

[0550]

[0551] [표 6]

No.	강종	판두께 (mm)	강조직(판두께1/4위치)									표층		판면 나노 경도			비고
			각 상의 면적률*1						잔부 조직*1	TM/(TM+BF)*1	L_M*2	σ_c*3	연질층 두께	금속 도금	Hn 7.0GPa 이상 비율*4	1/4위치 Hn 표준 편차 (GPa)*5	1/2위치 Hn 표준 편차 (GPa)*6	
			F (%)	BF (%)	TM (%)	BF+TM (%)	RA (%)	FM (%)		(-)	(μm)	(μm)	(μm)	(g/m^2)				
60	B	1.8	9.6	18.7	59.2	77.9	6.1	6.0	θ	0.76	0.35	6.52	8	–	0.20	2.0	2.3	본 발명예
61	B	1.8	3.9	16.4	63.2	79.6	5.9	7.2	θ	0.79	0.37	6.50	32	–	0.08	1.6	1.8	본 발명예
62	B	1.8	5.5	15.9	66.7	82.6	6.6	5.1	θ	0.81	0.42	6.99	9	10	0.21	1.7	2.0	본 발명예
63	B	1.8	2.2	22.6	57.0	79.6	7.2	7.1	θ	0.72	0.35	6.87	35	10	0.03	0.8	1.0	본 발명예
64	B	1.8	7.8	17.1	58.8	75.9	6.4	7.2	θ	0.77	0.35	7.03	33	10	0.04	0.9	1.2	본 발명예
65	F	1.4	3.5	15.3	67.4	82.7	6.9	5.4	LB、θ	0.81	0.36	6.39	7	–	0.24	2.2	2.5	본 발명예
66	F	1.4	1.9	14.6	69.8	84.4	6.0	6.5	LB、θ	0.83	0.36	6.11	24	–	0.12	1.7	2.0	본 발명예
67	F	1.4	0.0	19.2	65.3	84.5	7.1	7.3	LB、θ	0.77	0.40	6.19	8	15	0.25	1.8	2.1	본 발명예
68	F	1.4	0.0	17.4	61.8	79.2	6.5	9.7	LB、θ	0.78	0.36	6.07	23	15	0.05	1.0	1.3	본 발명예
69	F	1.4	4.6	19.9	60.2	80.1	7.6	6.9	LB、θ	0.75	0.37	6.41	25	15	0.06	1.1	1.4	본 발명예
70	Q	1.4	9.6	14.9	65.2	80.1	6.0	4.2	LB、θ	0.81	0.23	5.82	10	–	0.18	1.9	2.3	본 발명예
71	Q	1.4	4.5	13.7	67.3	81.0	6.5	6.2	LB、θ	0.83	0.26	6.35	42	–	0.07	1.4	1.6	본 발명예
72	Q	1.4	2.5	16.8	63.1	79.9	7.2	7.8	LB、θ	0.79	0.26	5.93	9	10	0.19	1.6	1.9	본 발명예
73	Q	1.4	6.1	12.9	69.7	82.6	6.1	4.4	LB、θ	0.84	0.27	6.37	43	10	0.04	0.6	0.8	본 발명예
74	Q	1.4	2.1	15.3	66.0	81.3	6.3	7.9	LB、θ	0.81	0.28	6.08	40	10	0.05	0.8	1.1	본 발명예
75	Q	3.2	5.2	16.8	62.3	79.1	7.7	6.4	θ	0.79	0.40	7.29	10	–	0.17	1.9	2.3	본 발명예
76	Q	3.2	3.1	14.4	64.8	79.2	6.6	8.2	θ	0.82	0.45	6.81	48	–	0.06	1.5	1.8	본 발명예
77	Q	3.2	5.3	15.2	66.7	81.9	7.5	5.2	θ	0.81	0.38	6.85	10	10	0.18	1.7	1.9	본 발명예
78	Q	3.2	5.9	13.9	62.4	76.3	7.5	7.8	θ	0.82	0.38	6.95	47	10	0.04	0.7	1.0	본 발명예
79	Q	3.2	3.6	9.5	69.2	78.7	6.7	7.4	θ	0.88	0.46	7.29	50	10	0.05	0.8	1.1	본 발명예

*1: BF : 베이나이틱 페라이트, TM : 템퍼드 마텐자이트, RA : 잔류 오스테나이트, FM : 프레시 마텐자이트,
F : 페라이트, LB : 하부 베이나이트, P : 펄라이트, θ : 탄화물

*2: L_M:탄화물의 무게 중심의 평균 자유 행정

*3: σ_c:탄화물의 간격의 표준 편차의 평균치

*4: 소지 강판 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치에 있어서, 나노 경도의 전체 측정수에 대한 나노 경도가 7.0GPa 이상인 측정수 비율

*5: 소지 강판 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차σ

*6: 소지 강판 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차σ

[0552]

[0553] [표 7]

No.	강종	YS (MPa)	TS (MPa)	El (%)	λ (%)	α (°)	SFmax (mm)	*1 (-)	*2 (-)	축 압괴	비고
60	B	944	1187	14.0	51	86	26.7	0.40	0.14	B	본 발명예
61	B	926	1183	12.7	44	98	27.9	0.33	0.11	A	본 발명예
62	B	981	1232	13.8	46	92	27.1	0.38	0.13	A	본 발명예
63	B	931	1185	13.3	49	110	29.1	0.25	0.00	A	본 발명예
64	B	937	1180	14.6	43	107	28.7	0.29	0.00	A	본 발명예
65	F	986	1344	13.3	57	81	26.1	0.51	0.15	B	본 발명예
66	F	969	1332	11.9	61	89	27.0	0.40	0.20	A	본 발명예
67	F	1034	1397	13.0	53	84	26.6	0.44	0.12	A	본 발명예
68	F	957	1324	11.9	58	93	28.2	0.29	0.11	A	본 발명예
69	F	982	1325	14.2	54	91	28.0	0.33	0.13	A	본 발명예
70	Q	941	1184	14.7	55	93	27.8	0.23	0.00	B	본 발명예
71	Q	926	1183	14.1	52	100	28.9	0.17	0.00	A	본 발명예
72	Q	988	1235	14.4	61	95	28.2	0.20	0.00	A	본 발명예
73	Q	919	1181	14.2	60	113	30.1	0.11	0.00	A	본 발명예
74	Q	1003	1199	12.5	57	110	29.7	0.13	0.00	A	본 발명예
75	Q	960	1205	14.6	63	85	26.9	0.43	0.17	B	본 발명예
76	Q	933	1189	13.6	53	97	28.2	0.38	0.13	A	본 발명예
77	Q	974	1222	14.3	58	91	27.2	0.40	0.14	A	본 발명예
78	Q	896	1185	14.6	57	110	29.3	0.25	0.00	A	본 발명예
79	Q	963	1187	14.0	57	107	29.0	0.29	0.00	A	본 발명예

*1: V 굽힘 능선부 및 VDA 굽힘 능선부의 중복 영역에 있어서, 경질상과 접하는 보이드의 수를 전체 보이드수로 나눈 값

*2: V 굽힘 평탄부 및 VDA 굽힘 능선부의 중복 영역에 있어서, 경질상과 접하는 보이드의 수를 전체 보이드수로 나눈 값

[0554]

[0555] [표 8]

No.	강종		제 1 도금 공정	어닐링 공정			제 1 냉각 공정	유지 공정		제 2 도금 공정		제 2 냉각 공정			비고
			유무 (도금종)	어닐링 온도 (℃)	어닐링 시간 (초)	노점 (℃)	제 1 냉각 정지 온도 (℃)	유지 온도 (℃)	유지 시간 (초)	종류	합금화 온도 (℃)	강력 *1 (kgf/mm^2)	부여 횟수 (회)	패스수1 *2 (회)	패스수2 *3 (회)	
80	B	무	850	90	-15	250	440	45	CR	-	2.9	4	9	5	본 발명예
81	B	무	850	90	10	270	440	45	CR	-	2.8	1	6	3	본 발명예
82	B	유(Fe)	850	90	-15	250	440	25	CR	-	2.9	3	9	3	본 발명예
83	B	유(Fe)	860	100	10	260	440	30	CR	-	2.2	3	9	6	본 발명예
84	B	유(Ni)	840	110	10	250	450	35	CR	-	2.8	4	9	9	본 발명예
85	F	무	880	60	-10	150	360	45	CR	-	2.1	4	4	7	본 발명예
86	F	무	870	60	15	170	360	65	CR	-	2.8	3	5	10	본 발명예
87	F	유(Fe)	870	40	-10	150	370	50	CR	-	2.4	1	9	3	본 발명예
88	F	유(Fe)	870	30	15	160	350	60	CR	-	2.4	4	10	5	본 발명예
89	F	유(Ni)	890	60	15	150	350	50	CR	-	2.6	1	5	6	본 발명예
90	Q	무	835	100	-15	210	430	45	CR	-	2.7	3	9	10	본 발명예
91	Q	무	835	100	10	220	430	70	CR	-	2.4	2	9	6	본 발명예
92	Q	유(Fe)	850	110	-15	200	430	45	CR	-	2.4	1	6	10	본 발명예
93	Q	유(Fe)	840	100	10	210	410	55	CR	-	2.5	3	6	4	본 발명예
94	Q	유(Ni)	840	120	10	190	380	65	CR	-	2.3	3	6	5	본 발명예
95	Q	무	840	300	-15	240	390	70	HR	-	2.8	2	10	3	본 발명예
96	Q	무	845	280	10	200	430	55	HR	-	2.6	2	6	3	본 발명예
97	Q	유(Fe)	850	300	-15	200	410	60	HR	-	2.6	2	9	6	본 발명예
98	Q	유(Fe)	840	310	10	190	410	60	HR	-	2.5	4	7	10	본 발명예
99	Q	유(Ni)	835	310	10	250	430	75	HR	-	2.6	4	10	10	본 발명예
100	AG	무	830	90	-15	150	480	40	GA	550	3.4	3	9	5	본 발명예
101	AR	무	840	90	-15	170	410	50	CR	-	2.4	2	7	5	본 발명예
102	AR	무	840	100	10	170	410	50	CR	-	2.5	3	6	6	본 발명예
103	AR	유(Fe)	850	80	-15	180	410	50	CR	-	2.1	5	9	6	본 발명예
104	AR	유(Fe)	850	100	10	180	400	60	CR	-	2.0	4	8	5	본 발명예
105	AR	유(Ni)	840	110	10	170	400	60	CR	-	2.0	5	8	4	본 발명예

*1: 300℃이상450℃ 이하의 온도역에서 부여하는 장력

*2: 강판을 1 패스당 직경500mm이상1500mm 이하의 롤에 롤 1/4 주분 접촉시키면서 부여하는 패스수

*3: 강판을 1 패스당 직경500mm이상1500mm 이하의 롤에 롤 1/2 주분 접촉시키면서 부여하는 패스수

[0556]

[0557]

[표 9]

No.	강종	판두께 (mm)	강조직 (판두께 1/4 위치)										표층	금속 도금	판면 나노 경도			비고
			각 상의 면적률 *1						잔부 조직 *1	TM /(TM+BF) *1	L_M *2	σ_o *3	연질층 두께		Hn 7.0GPa 이상 비율	1/4 위치 Hn 표준 편차	1/2 위치 Hn 표준 편차	
			F (%)	BF (%)	TM (%)	BF+TM (%)	RA (%)	FM (%)		(–)	(μm)	(μm)	(μm)	(g/m^2)	*4	(GPa)*5	(GPa)*6	
80	B	1.8	2.4	23.2	58.9	82.1	6.7	7.3	θ	0.72	0.39	6.54	5	–	0.22	2.0	2.5	본 발명예
81	B	1.8	6.9	20.8	59.4	80.2	6.2	5.7	θ	0.74	0.42	6.46	38	–	0.10	1.4	1.8	본 발명예
82	B	1.8	5.7	18.4	61.3	79.7	6.7	7.0	θ	0.77	0.42	5.98	6	10	0.20	1.7	2.0	본 발명예
83	B	1.8	10.0	16.5	57.4	73.9	7.3	6.3	θ	0.78	0.39	6.06	42	10	0.06	0.6	1.2	본 발명예
84	B	1.8	7.8	17.8	59.5	77.3	6.5	6.9	θ	0.77	0.42	6.48	40	10	0.05	0.8	0.8	본 발명예
85	F	1.4	4.7	19.2	62.3	81.5	6.8	6.1	LB、θ	0.76	0.37	6.45	6	–	0.24	2.2	2.3	본 발명예
86	F	1.4	4.7	17.9	60.7	78.6	7.7	7.6	LB、θ	0.77	0.35	6.89	26	–	0.12	1.5	2.1	본 발명예
87	F	1.4	0.4	17.4	65.7	83.1	7.5	7.3	LB、θ	0.79	0.35	6.21	7	15	0.23	1.8	2.2	본 발명예
88	F	1.4	3.3	18.3	63.5	81.8	7.4	6.1	LB、θ	0.78	0.36	5.99	27	15	0.05	1.1	1.3	본 발명예
89	F	1.4	5.0	18.9	58.7	77.6	7.4	8.0	LB、θ	0.76	0.40	6.61	30	15	0.03	0.7	1.4	본 발명예
90	Q	1.4	5.4	16.1	63.4	79.5	7.1	6.3	LB、θ	0.80	0.24	6.84	9	–	0.24	2.1	2.4	본 발명예
91	Q	1.4	2.5	20.0	63.6	83.6	6.8	6.6	LB、θ	0.76	0.23	6.56	40	–	0.07	1.5	1.6	본 발명예
92	Q	1.4	6.5	15.4	62.9	78.3	7.6	6.6	LB、θ	0.80	0.26	6.41	7	10	0.20	1.8	2.1	본 발명예
93	Q	1.4	5.6	17.8	60.3	78.1	6.5	7.5	LB、θ	0.77	0.28	7.10	42	10	0.03	0.7	1.2	본 발명예
94	Q	1.4	4.4	12.2	66.1	78.3	8.0	7.0	LB、θ	0.84	0.29	6.63	38	10	0.05	0.6	1.1	본 발명예
95	Q	3.2	3.5	13.1	69.0	82.1	6.2	6.2	θ	0.84	0.41	5.97	8	–	0.25	2.0	2.4	본 발명예
96	Q	3.2	6.5	12.3	66.4	78.7	6.9	7.0	θ	0.84	0.38	5.87	39	–	0.11	1.5	1.8	본 발명예
97	Q	3.2	9.6	12.9	61.3	74.2	6.8	7.4	θ	0.83	0.45	6.51	7	10	0.24	1.7	2.2	본 발명예
98	Q	3.2	2.6	12.2	71.9	84.1	6.4	6.1	θ	0.85	0.38	6.07	40	10	0.05	0.9	1.2	본 발명예
99	Q	3.2	3.3	13.4	68.5	81.9	6.0	6.8	θ	0.84	0.43	6.48	45	10	0.03	1.0	1.0	본 발명예
100	AG	0.9	14.5	9.9	60.4	70.3	7.4	6.5	θ	0.86	0.48	6.98	8	–	0.20	2.0	2.3	본 발명예
101	AR	1.4	6.6	15.9	59.1	75.0	7.3	5.0	LB、θ	0.79	0.20	6.34	6	–	0.17	1.9	2.5	본 발명예
102	AR	1.4	4.8	14.1	63.2	77.3	5.4	3.2	LB、θ	0.82	0.23	6.11	38	–	0.06	1.5	2.2	본 발명예
103	AR	1.4	4.6	20.0	58.5	78.5	6.0	4.9	LB、θ	0.75	0.21	5.18	10	10	0.10	1.5	1.6	본 발명예
104	AR	1.4	3.4	17.9	58.9	76.8	5.5	4.0	LB、θ	0.77	0.31	5.76	41	10	0.04	0.9	1.2	본 발명예
105	AR	1.4	4.3	10.8	65.0	75.8	5.5	5.0	LB、θ	0.86	0.26	6.53	39	10	0.04	0.8	0.9	본 발명예

*1: BF ; 베이나이틱 페라이트, TM ; 템퍼드 마텐자이트, RA ; 잔류 오스테나이트, FM ; 프레시 마텐자이트, F ; 페라이트, LB ; 하부 베이나이트, P ; 펄라이트, θ ; 탄화물
*2: L_M;탄화물의 무게 중심의 평균 자유 행정
*3: σ_o;탄화물의 간격의 표준 편차의 평균치
*4: 소지 강판 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치에 있어서, 나노 경도의 전체 측정수에 대한 나노 경도가 7.0GPa이상인 측정수 비율
*5: 소지 강판 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차σ
*6: 소지 강판 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차σ

[0558]

[0559] [표 10]

No.	강종	YS (MPa)	TS (MPa)	El (%)	λ (%)	α (°)	SFmax (mm)	*1 (-)	*2 (-)	축 압괴	비고
80	B	929	1190	13.6	50	82	27.4	0.37	0.12	B	본 발명예
81	B	958	1191	14.2	49	95	28.0	0.29	0.13	A	본 발명예
82	B	971	1180	14.1	47	90	26.4	0.37	0.15	A	본 발명예
83	B	977	1200	13.2	48	107	29.6	0.15	0.00	A	본 발명예
84	B	949	1183	14.4	43	107	30.5	0.18	0.00	A	본 발명예
85	F	972	1334	13.9	61	91	26.5	0.35	0.18	B	본 발명예
86	F	1014	1320	13.6	58	83	27.7	0.23	0.14	A	본 발명예
87	F	960	1323	13.0	54	87	26.7	0.35	0.15	A	본 발명예
88	F	992	1330	14.2	57	98	29.6	0.13	0.15	A	본 발명예
89	F	1006	1333	13.2	54	96	29.4	0.15	0.14	A	본 발명예
90	Q	933	1194	14.6	58	93	28.0	0.31	0.00	B	본 발명예
91	Q	970	1188	14.0	55	94	26.4	0.29	0.00	A	본 발명예
92	Q	918	1196	14.4	53	82	27.7	0.48	0.00	A	본 발명예
93	Q	954	1190	13.9	58	99	29.8	0.16	0.00	A	본 발명예
94	Q	910	1187	14.4	56	103	28.3	0.10	0.00	A	본 발명예
95	Q	981	1196	14.3	62	92	26.6	0.24	0.19	B	본 발명예
96	Q	980	1187	12.8	63	89	27.2	0.25	0.17	A	본 발명예
97	Q	912	1191	12.5	60	95	27.1	0.35	0.18	A	본 발명예
98	Q	897	1189	13.2	60	107	30.0	0.17	0.00	A	본 발명예
99	Q	968	1192	13.5	54	113	28.4	0.20	0.00	A	본 발명예
100	AG	750	1189	14.5	45	82	26.5	0.45	0.19	B	본 발명예
101	AR	1010	1233	13.4	69	89	27.6	0.30	0.09	B	본 발명예
102	AR	1022	1192	12.5	56	110	28.5	0.36	0.05	A	본 발명예
103	AR	1047	1225	12.5	62	106	29.7	0.35	0.00	A	본 발명예
104	AR	1035	1186	12.8	66	98	29.8	0.22	0.00	A	본 발명예
105	AR	994	1197	12.7	68	100	29.8	0.24	0.00	A	본 발명예

*1: V 굽힘 능선부 및 VDA 굽힘 능선부의 중복 영역에 있어서, 경질상과 접하는 보이드의 수를 전체 보이드수로 나눈 값
*2: V 굽힘 평탄부 및 VDA 굽힘 능선부의 중복 영역에 있어서, 경질상과 접하는 보이드의 수를 전체 보이드수로 나눈 값

[0560]

[0561] 표 1 ~ 10 중, 하선부는 본 발명의 적정 범위 밖을 나타낸다.

[0562] 표 4, 표 7, 표 10 에 나타낸 바와 같이, 발명예에서는 모두, 인장 강도 (TS), 항복 응력 (YS), 전체 신장 (El), 한계 구멍 확장률 (λ), VDA 굽힘 시험에서의 한계 굽힘 각도 (α), V-VDA 굽힘 시험에서의 하중 최대시의 스트로크 (S_{Fmax}) 의 모두가 합격이며, 축 압괴 시험에서의 파단은 없었다.

[0563] 한편, 비교예에서는, 인장 강도 (TS), 항복 응력 (YS), 전체 신장 (El), 한계 구멍 확장률 (λ), VDA 굽힘 시험에서의 한계 굽힘 각도 (α), V-VDA 굽힘 시험에서의 하중 최대시의 스트로크 (S_{Fmax}), 축 압괴 시험에서의 파단 유무 중 적어도 하나는 충분하지 않았다.

[0564] 또한, 표 5 ~ 10 에 있어서, 노점이 -30 ℃ 이상 -5 ℃ 이하의 범위에서는, 연질층 두께가 11 ㎛ 미만이 되어, 축 압괴 시험에서의 파단 (외관 균열) 의 판정은「B」인 것도 있지만, 연질층 두께가 11 ㎛ 미만인 경우라도 금속 도금층을 갖는 경우에는, 축 압괴 시험에서의 파단 (외관 균열) 의 판정은「A」였다.

[0565] 또, 본 발명예의 강판을 사용하여, 성형 가공을 실시하여 얻은 부재 또는 접합 가공을 실시하여 얻은 부재는, 인장 강도 (TS), 항복 응력 (YS), 전체 신장 (El), 한계 구멍 확장률 (λ), VDA 굽힘 시험에서의 한계 굽힘 각도 (α), V-VDA 굽힘 시험에서의 하중 최대시의 스트로크 (S_{Fmax}) 의 모두가 본 발명에서 특징으로 하는 우수한 특성을 갖고, 축 압괴 시험에서의 파단은 없고, 본 발명에서 특징으로 하는 우수한 특성을 갖는 것을 알 수 있었다.

부호의 설명

[0566] 10 : 핫트형 부재

20 : 강판

30 : 시험용 부재

40 : 스폿 용접부

50 : 지판

60 : 임팩터

A1 : 다이

A2 : 지지 롤

B1 : 펀치

B2 : 펀치

D1 : 폭 (C) 방향

D2 : 압연 (L) 방향

D3 : 압괴 방향

T1 : 시험편

T2 : 시험편

P : 최고 하중점

R : 최고 하중점으로부터 스트로크를 증가시켜 나가, 하중이 최고 하중의 94.9 ~ 99.9 % 가 되는 영역

AB : VDA 굽힘 외측의 굽힘 정점부의 강판 표면으로부터 0 ~ 100 ㎛ 영역

AL : V 굽힘 능선부 및 VDA 굽힘 능선부의 중복 영역에 있어서의 L 단면

F : 페라이트

BF : 베이나이틱 페라이트

TM : 템퍼드 마텐자이트

θ : 탄화물

H1 : 경질상 (경질 제 2 상)

S1 : 연질층

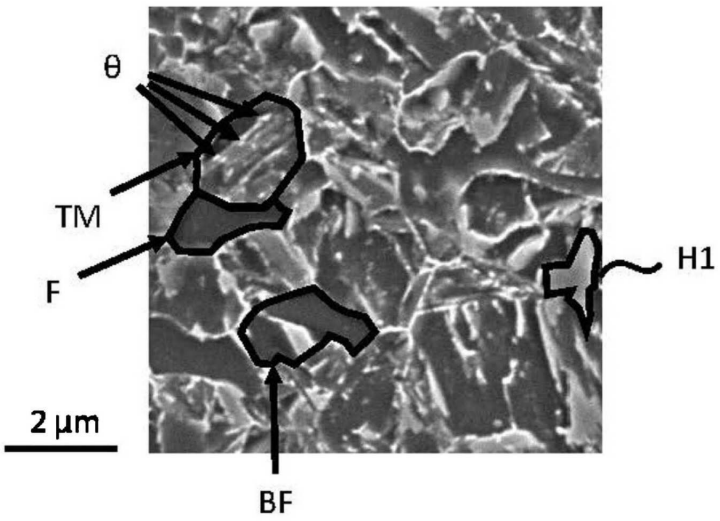
V1 : 경질상과 연질상의 경계의 보이드

V2 : 경질상의 파괴에 의해 발생한 보이드

V3 : 탄화물에 기인하는 보이드

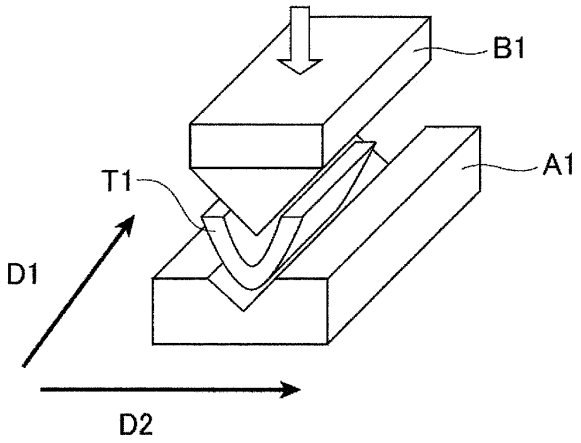
도면

도면1

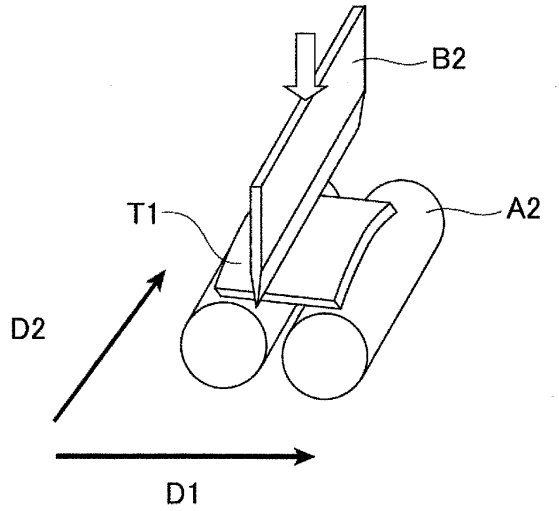


도면2a

(a)

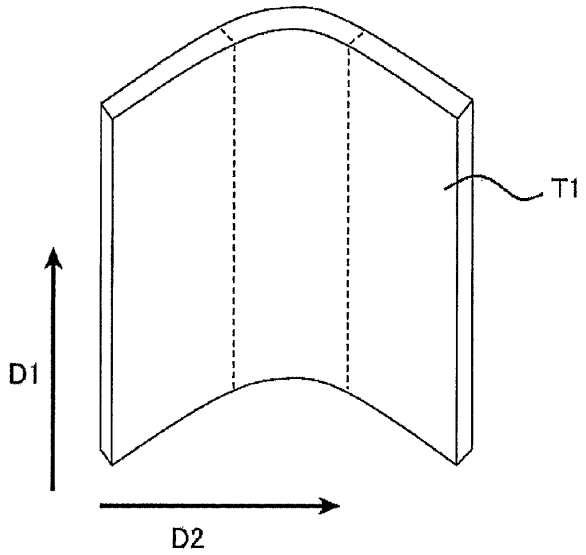


(b)

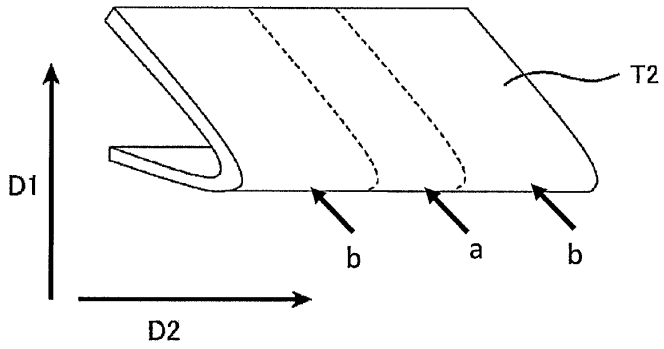


도면2b

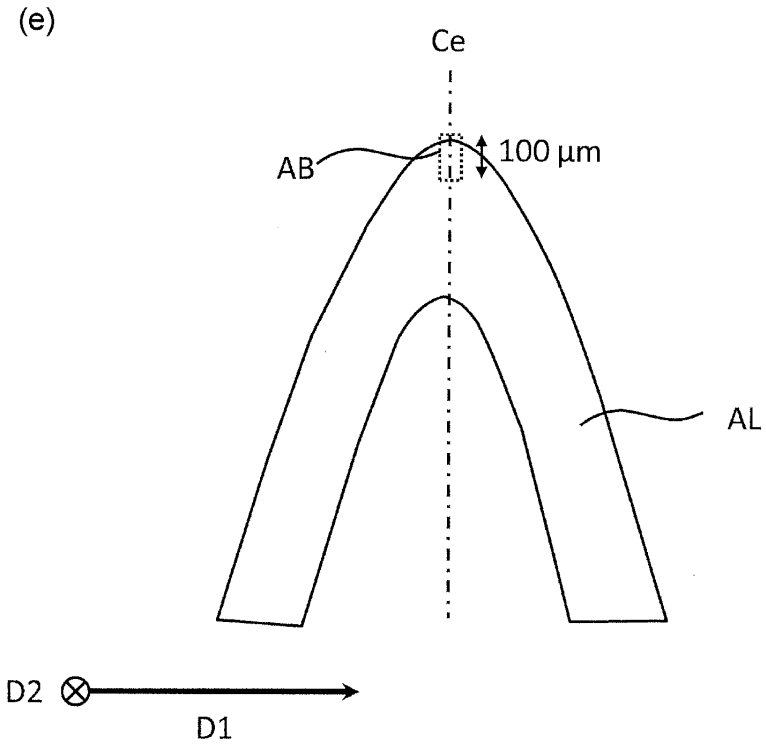
(c)



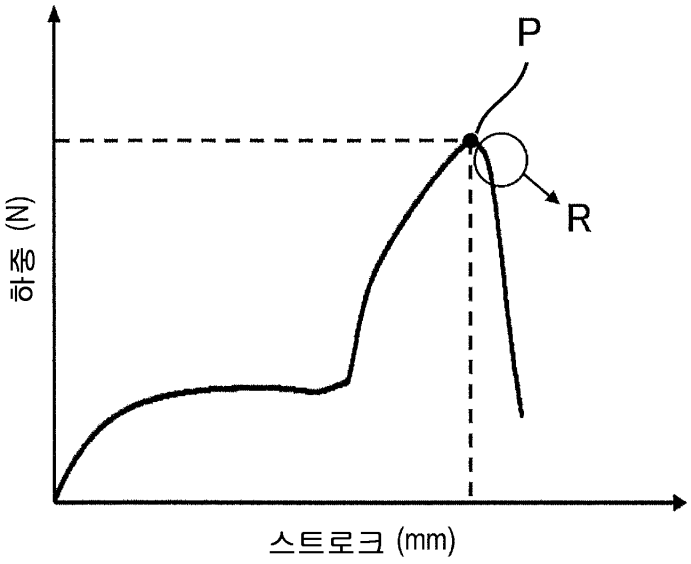
(d)



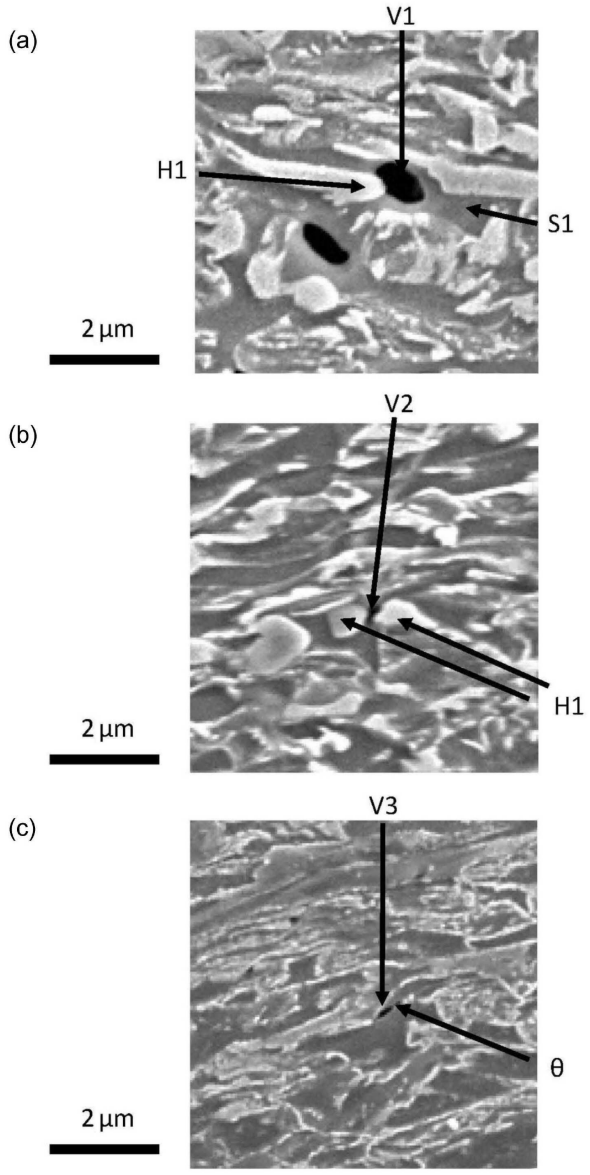
도면2c



도면3

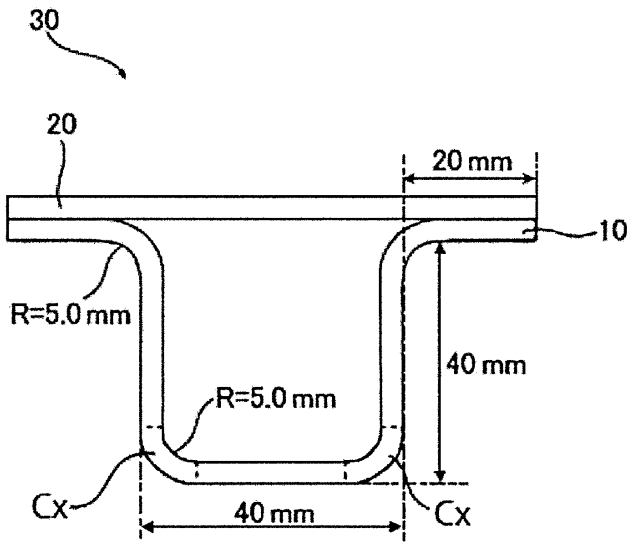


도면4

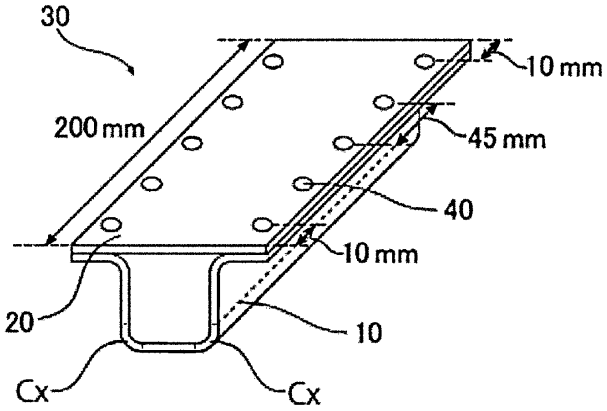


도면5a

(a)


30
20
20 mm
10
R=5.0 mm
40 mm
R=5.0 mm
Cx
40 mm
Cx

(b)


30
10 mm
200 mm
45 mm
40
10 mm
20
10
Cx
Cx

도면5b

(c)

