



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0148911
(43) 공개일자 2024년10월11일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 C22C 38/04 (2006.01) C21D 9/46 (2006.01)
 C22C 18/00 (2006.01) C22C 38/02 (2006.01)
 C22C 38/06 (2006.01) C22C 38/60 (2006.01)
 C23C 2/06 (2006.01) C23C 2/40 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
 C22C 38/04 (2013.01)
 C21D 9/46 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2024-7030788
- (22) 출원일자(국제) 2022년12월26일
 심사청구일자 2024년09월12일
- (85) 번역문제출일자 2024년09월12일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2022/047834
- (87) 국제공개번호 WO 2023/188643
 국제공개일자 2023년10월05일
- (30) 우선권주장
 JP-P-2022-059630 2022년03월31일 일본(JP)

- (71) 출원인
 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤
 일본 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2방 3고
- (72) 발명자
 나카가이토 타츠야
 일본국 도쿄토 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2반 3고 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤 치테키자이산부 나이
 가와사키 요시야스
 일본국 도쿄토 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2반 3고 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤 치테키자이산부 나이
 데라시마 쇼타로
 일본국 도쿄토 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2반 3고 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤 치테키자이산부 나이
- (74) 대리인
 이철

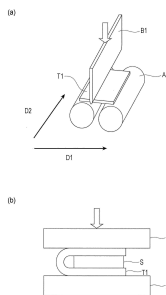
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 아연 도금 강판, 부재 및 그들의 제조 방법

(57) 요약

우수한 균일 변형 특성 및 국소 변형 특성을 갖고, 또한 인장 강도가 980MPa 이상인 아연 도금 강판, 부재 및 그들의 제조 방법을 제공한다. 강판과, 당해 강판의 표면에 형성된 아연 도금층을 구비하고, 강판은, 소정의 성분 조성을 갖고, 면적률로, 페라이트: 20~70%이고, 마르텐사이트: 30~80%이고, 저Mn 페라이트의 페라이트 전체에 차지하는 비율 및 고Mn 페라이트의 페라이트 전체에 차지하는 비율이, 면적률로 20% 이상 80% 이하이고, 마르텐사이트의 평균 결정 입경이 10 μ m 이하인 조직을 갖고, 강 중의 확산성 수소량이 0.30질량ppm 이하인 아연 도금 강판.

대표도



(52) CPC특허분류

C22C 18/00 (2013.01)

C22C 38/02 (2013.01)

C22C 38/06 (2013.01)

C22C 38/60 (2013.01)

C23C 2/06 (2013.01)

C23C 2/40 (2013.01)

C21D 2211/005 (2013.01)

C21D 2211/008 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

강판과, 당해 강판의 위에 형성된 아연 도금층을 구비하는 아연 도금 강판으로서,

상기 강판은,

질량%로,

C: 0.08% 이상 0.3% 이하,

Si: 0.5% 이상 3.0% 이하,

Mn: 2.0% 이상 3.5% 이하,

P: 0.1% 이하,

S: 0.01% 이하,

Al: 0.01% 이상 0.1% 이하,

N: 0.015% 이하를 함유하고,

잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성을 갖고,

페라이트의 면적률이 20% 이상 70% 이하이고,

마르텐사이트의 면적률이 30% 이상 80% 이하인 조직을 갖고,

상기 페라이트는,

Mn 농도가 상기 강판의 Mn 함유량의 0.80배 이상 0.95배 이하인 저Mn 페라이트와,

Mn 농도가 상기 강판의 Mn 함유량의 1.05배 이상 2.5배 이하인 고Mn 페라이트를 갖고,

상기 저Mn 페라이트의 페라이트 전체에 차지하는 비율이, 면적률로 20% 이상 80% 이하이고, 또한

상기 고Mn 페라이트의 페라이트 전체에 차지하는 비율이, 면적률로 20% 이상 80% 이하이고,

상기 마르텐사이트의 평균 결정 입경이 10 μ m 이하이고,

강 중의 확산성 수소량이 0.30질량ppm 이하인, 아연 도금 강판.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 성분 조성으로서,

질량%로,

Ti: 0.2% 이하,

Nb: 0.2% 이하로부터 선택되는 1종 또는 2종을 함유하는, 아연 도금 강판.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 성분 조성으로서,

질량%로,

Cr: 1.0% 이하,

Mo: 1.0% 이하,

V: 1.0% 이하로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상을 함유하는, 아연 도금 강판.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 성분 조성으로서,

질량%로,

B: 0.005% 이하를 함유하는, 아연 도금 강판.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 성분 조성으로서,

질량%로,

Ca: 0.005% 이하,

Sb: 0.03% 이하로부터 선택되는 1종 또는 2종을 함유하는, 아연 도금 강판.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 강판은, 강판 표면으로부터 판두께 방향으로 200 μ m 이하의 영역을 표층으로 했을 때,

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

상기 강판 표면으로부터 상기 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치 및 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 각각에 있어서의 판면의 50 μ m \times 50 μ m의 영역에 있어서, 300점 이상의 나노 경도를 측정했을 때,

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

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

추가로, 상기 강판 표면으로부터 상기 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 가 2.2GPa 이하인, 아연 도금 강판.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 아연 도금 강판의 편면 또는 양면에 있어서, 상기 강판과 상기 아연 도금층의 사이에 형성된 금속 도금층을 갖는, 아연 도금 강판.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 아연 도금층은,

Fe 함유량이 질량%로 8~15%이고, 편면당의 도금 부착량이 20~120g/m²인, 아연 도금 강판.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 기재된 아연 도금 강판을 이용하여 이루어지는, 부재.

청구항 10

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 기재된 성분 조성을 갖는 강 슬래브에 열간 압연을 실시하고, 베이나이트와 마르텐사이트의 면적률의 합계가 80% 이상인 조직을 갖는 열연 강판으로 하는 열간 압연 공정과,
 얻어진 상기 열연 강판을 산 세정하는 산 세정 공정과,
 상기 산 세정 공정 후에 30% 이상 80% 이하의 냉간 압하율로 냉간 압연을 실시함으로써 냉연 강판을 얻는 냉간 압연 공정과,
 상기 냉연 강판에 연속 어닐링을 실시하는 연속 어닐링 공정과,
 상기 연속 어닐링 공정 후, 얻어진 냉연 어닐링 강판에 대하여, 750~550℃의 온도역의 평균 냉각 속도를 3℃/s 이상, 50℃/s 이하로 하여, 550℃ 이하까지 냉각을 실시하는 제1 냉각 공정과,
 상기 제1 냉각 공정 후에 아연 도금 처리를 실시하는 아연 도금 공정과,
 상기 아연 도금 공정 후의 도금 강판을 100℃ 이하까지 냉각하는 제2 냉각 공정과,
 상기 제2 냉각 공정 후의 도금 강판에 대하여 150℃ 이상 450℃ 이하의 온도역에서 10초 이상 72시간 이하의 보존유지를 행하는 재가열 공정을 포함하고,
 상기 연속 어닐링 공정에서는,
 500~700℃에 있어서의 평균 가열 속도를 3℃/s 이상으로 하고,
 780℃ 이상 940℃ 미만에서, 하기식 (1)에 있어서의 D가 1.0×10^{-6} 이상 8.0×10^{-6} 이하를 충족하고,
 780℃ 이상, (Ac₃점 - 20℃) 이하의 최고 도달 온도까지 가열하고,
 780℃ 이상의 온도역에 있어서의 어닐링로 내의 수소 농도를 1vol% 이상 20vol% 이하로 하는, 아연 도금 강판의 제조 방법.

$$D = \sum_{i=0}^{15} ((0.486 \times \exp(-33200/(T_i + 268)) \times t_i))^{1/2} \quad \dots \text{식 (1)}$$

여기에서, 식 (1)에 있어서,

t_i: T_i℃ 이상 T_i+10℃ 미만의 온도역의 체류 시간(s),

T_i(℃): 780+i×10(i: 0~15의 정수)이고,

상기 최고 도달 온도 초과가 되는 온도역에서의 체류 시간 t_i(s)는 0s이다.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 연속 어닐링 공정에 있어서의 연속 어닐링을, 노점: -30℃ 이상의 분위기하에서 행하는, 아연 도금 강판의 제조 방법.

청구항 12

제10항 또는 제11항에 있어서,

상기 냉간 압연 공정 후, 또한 상기 연속 어닐링 공정의 전의 상기 냉연 강판의 편면 또는 양면에 있어서, 금속 도금을 실시하여 금속 도금층을 형성하는 금속 도금 공정을 포함하는, 아연 도금 강판의 제조 방법.

청구항 13

제10항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 아연 도금 공정 후, 또한 상기 제2 냉각 공정 전의 도금 강판에, 480~560℃의 온도역에서 5~60s의 합금

화 처리를 실시하는 합금화 처리 공정을 포함하는, 아연 도금 강판의 제조 방법.

청구항 14

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 기재된 아연 도금 강판에, 성형 가공, 접합 가공의 적어도 한쪽을 실시하여 부재로 하는 공정을 포함하는, 부재의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 자동차용 강판(steel sheet)으로서의 용도에 이용하는, 연성이 우수한 고강도 아연 도금 강판, 고강도 부재 및 그들의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근, 지구 환경 보전의 관점에서, 자동차의 연비 향상이 중요한 과제로 되어 있다. 이에 수반하여, 차체 재료의 고강도화에 의해 박육화를 도모하여, 차체 그 자체를 경량화하고자 하는 움직임이 활발해지고 있다. 그러나, 강판의 고강도화는 연성의 저하, 즉 성형 가공성의 저하를 초래한다. 이 때문에, 고강도와 고가공성을 겸비하는 재료의 개발이 요망되고 있는 것이 현 상황이다. 나아가서는, 최근의 자동차로의 내식성 향상의 요구의 고조도 가미되어, 용융 아연 도금을 실시한 고장력 강판의 개발이 많이 행해지고 있다.

[0003] 이와 같은 요구에 대하여, 지금까지 페라이트, 마르텐사이트의 2상강(DP강)이나 잔류 오스테나이트의 변태 유기소성을 이용한 TRIP강 등, 여러 가지의 복합 조직형 고강도 강판이 개발되어 왔다. 예를 들면, 특허문헌 1에서는, 페라이트와 마르텐사이트의 DP 조직에서 높은 가공성을 갖는 고강도 용융 아연 도금 강판이 개시되어 있다. 또한, 특허문헌 2에서는, 다량의 Si를 첨가함으로써, 잔류 γ 를 확보하고, 고연성을 달성하는 가공성이 우수한 합금화 용융 아연 도금 강판이 제안되어 있다.

[0004] 그러나, 이들 DP강이나 TRIP강은 균일 변형 특성이 우수하기는 하지만, 국소 변형 특성에 뒤떨어진다는 문제가 있다. 국소 변형 특성은, 균일 변형의 최종 단계에서 네킹(necking)이 발생하여, 국소적으로 변형이 진행하게 되어 파단에 이르기까지의 변형 특성이고, 국소 변형 특성이 낮아지면, 신장 플랜지성(strech flangeability)이나 굽힘성의 저하로 이어진다. 특히, 고강도 강판에 있어서는, 신장 플랜지 성형이나 굽힘 성형은 중요한 성형 방법으로서, 균일 변형 특성과 함께 국소 변형 특성을 높이는 것이 중요해진다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 일본공개특허공보 2010-106323호
 (특허문헌 0002) 일본공개특허공보 평11-279691호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은, 우수한 균일 변형 특성 및 국소 변형 특성을 갖고, 또한 인장 강도 TS가 980MPa 이상인 아연 도금 강판, 부재 및 그들의 제조 방법을 제공하는 것에 있다.

[0007] 여기에서, 인장 강도 TS는, JIS Z2241(2011)의 규정에 준거하여, 왜곡 속도(strain rate) 10^{-3} /s로 인장 시험을 행함으로써 얻어지는 인장 강도를 가리킨다.

[0008] 우수한 균일 변형 특성이란, JIS Z2241(2011)의 규정에 준거하여, 왜곡 속도 10^{-3} /s로 인장 시험을 행함으로써 얻어지는 전체 신장 T.EI과 상기의 인장 강도 TS의 곱 $TS \times T.EI$ 이 17000MPa·% 이상인 것을 가리킨다.

[0009] 우수한 국소 변형 특성이란, JIS Z2241(2011)의 규정에 준거하여, 왜곡 속도 10^{-3} /s로 인장 시험을 행하고, 이

하의 식 (2)로부터 산출되는 극한 변형능 ϵl 이 0.70 이상인 것을 가리킨다.

[0010]
$$\epsilon l = -\{\ln(W/W_0) + \ln(T/T_0)\} \dots (2)$$

[0011] 여기에서, ϵl 은 극한 변형능, W는 인장 시험 후의 인장 시험편의 파단면에 있어서의 판폭(mm), W₀은 인장 시험 전의 인장 시험편의 판폭(mm), T는 인장 시험 후의 인장 시험편의 파단면에 있어서의 판두께(mm), T₀은 인장 시험 전의 인장 시험편의 판두께(mm)이다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명자들은, 연속 어닐링 라인이나 연속 용융 아연 도금 라인을 이용하여, 연성이 우수한 복합 조직형 고강도 강판을 제조하기 위해, 강판의 성분 조성 및 마이크로 조직의 관점에서 예의 연구를 거듭했다.

[0013] 그 결과, 복합 조직형 고강도 강판의 마이크로 조직에 있어서, Mn 농도가 낮은 저Mn 페라이트와 함께, Mn 농도가 높은 고Mn 페라이트를 포함하도록 하고, 추가로 강 중의 확산성 수소량을 저감함으로써, 균일 변형 특성 및 국소 변형 특성을 함께 높이는 것이 가능해지는 것을 알 수 있었다.

[0014] 페라이트는, 마르텐사이트 등의 경질상에 비해, C나 Mn 농도가 낮고 연질인 상이고, 균일 변형 특성의 향상에 유효한 상이다. 그러나, 페라이트는, 마르텐사이트 등의 경질상과의 경도차가 큰 점에서, 그의 계면에 있어서 보이드(voids)가 생성되기 쉬워지고, 생성된 보이드의 연결에 의해 국소 변형 특성의 저하를 초래하는 요인이 된다. 이러한 과제에 대하여, 본 발명자들은, Mn 농도가 강판의 Mn 농도(Mn 함유량)의 1.05배 이상 2.5배 이하인 고Mn 페라이트를 특정량 포함하도록 함으로써, 높은 균일 변형 특성을 유지하면서, 국소 변형 특성의 대폭적인 개선이 가능해지는 것을 발견했다. 고Mn 페라이트를 포함하는 것에 의한 국소 변형 특성의 개선에 대해서, 그 메커니즘은 명확하지 않지만, 페라이트와 마르텐사이트의 계면에 있어서의 보이드 생성에 대하여 고Mn 페라이트의 생성이 유효하게 작용하고 있을 가능성이 생각된다. 또한, 강 중의 확산성 수소량을 저감하는 것이 연성의 향상에 유효하게 작용하고, 특히 국소 변형 특성이 크게 향상하는 것도 인식했다.

[0015] 본 발명은, 상기한 인식에 기초하여 구성된 것이다.

[0016] [1] 강판과, 당해 강판의 위에 형성된 아연 도금층을 구비하는 아연 도금 강판으로서,

[0017] 상기 강판은,

[0018] 질량%로,

[0019] C: 0.08% 이상 0.3% 이하,

[0020] Si: 0.5% 이상 3.0% 이하,

[0021] Mn: 2.0% 이상 3.5% 이하,

[0022] P: 0.1% 이하,

[0023] S: 0.01% 이하,

[0024] Al: 0.01% 이상 0.1% 이하,

[0025] N: 0.015% 이하를 함유하고,

[0026] 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성을 갖고,

[0027] 페라이트의 면적률이 20% 이상 70% 이하이고,

[0028] 마르텐사이트의 면적률이 30% 이상 80% 이하인 조직을 갖고,

[0029] 상기 페라이트는,

[0030] Mn 농도가 상기 강판의 Mn 함유량의 0.80배 이상 0.95배 이하인 저Mn 페라이트와,

[0031] Mn 농도가 상기 강판의 Mn 함유량의 1.05배 이상 2.5배 이하인 고Mn 페라이트를 갖고,

[0032] 상기 저Mn 페라이트의 페라이트 전체에 차지하는 비율이, 면적률로 20% 이상 80% 이하이고, 또한

[0033] 상기 고Mn 페라이트의 페라이트 전체에 차지하는 비율이, 면적률로 20% 이상 80% 이하이고,

- [0034] 상기 마르텐사이트의 평균 결정 입경이 $10\mu\text{m}$ 이하이고,
- [0035] 강 중의 확산성 수소량이 0.30질량ppm 이하인, 아연 도금 강판.
- [0036] [2] 상기 성분 조성으로서,
- [0037] 질량%로,
- [0038] Ti: 0.2% 이하,
- [0039] Nb: 0.2% 이하로부터 선택되는 1종 또는 2종을 함유하는, 상기 [1]에 기재된 아연 도금 강판.
- [0040] [3] 상기 성분 조성으로서,
- [0041] 질량%로,
- [0042] Cr: 1.0% 이하,
- [0043] Mo: 1.0% 이하,
- [0044] V: 1.0% 이하로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상을 함유하는, 상기 [1] 또는 [2]에 기재된 아연 도금 강판.
- [0045] [4] 상기 성분 조성으로서,
- [0046] 질량%로,
- [0047] B: 0.005% 이하를 함유하는, 상기 [1] 내지 [3] 중 어느 하나에 기재된 아연 도금 강판.
- [0048] [5] 상기 성분 조성으로서,
- [0049] 질량%로,
- [0050] Ca: 0.005% 이하,
- [0051] Sb: 0.03% 이하로부터 선택되는 1종 또는 2종을 함유하는, 상기 [1] 내지 [4] 중 어느 하나에 기재된 아연 도금 강판.
- [0052] [6] 상기 강판은, 강판 표면으로부터 판두께 방향으로 $200\mu\text{m}$ 이하의 영역을 표층으로 했을 때,
- [0053] 상기 표층에, 판두께 1/4 위치의 비커스 경도(Vickers hardness)에 대하여, 비커스 경도가 85% 이하인 표층 연질층을 갖고,
- [0054] 상기 강판 표면으로부터 상기 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치 및 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 각각에 있어서의 판면의 $50\mu\text{m}\times 50\mu\text{m}$ 의 영역에 있어서, 300점 이상의 나노 경도(nanohardness)를 측정했을 때,
- [0055] 상기 강판 표면으로부터 상기 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도가 7.0GPa 이상의 측정수(number of measurement points) 비율이, 상기 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 전체 측정수에 대하여 0.10 이하이고,
- [0056] 추가로, 상기 강판 표면으로부터 상기 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 가 1.8GPa 이하이고,
- [0057] 추가로, 상기 강판 표면으로부터 상기 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 가 2.2GPa 이하인, 상기 [1] 내지 [5] 중 어느 하나에 기재된 아연 도금 강판.
- [0058] [7] 상기 아연 도금 강판의 편면 또는 양면에 있어서, 상기 강판과 상기 아연 도금층의 사이에 형성된 금속 도금층을 갖는, 상기 [1] 내지 [6] 중 어느 하나에 기재된 아연 도금 강판.
- [0059] [8] 상기 아연 도금층은,
- [0060] Fe 함유량이 질량%로 8~15%이고, 편면당의 도금 부착량이 $20\sim 120\text{g}/\text{m}^2$ 인, 상기 [1] 내지 [7] 중 어느 하나에 기재된 아연 도금 강판.
- [0061] [9] 상기 [1] 내지 [8] 중 어느 하나에 기재된 아연 도금 강판을 이용하여 이루어지는, 부재.
- [0062] [10] 상기 [1] 내지 [5] 중 어느 하나에 기재된 성분 조성을 갖는 강 슬래브에 열간 압연을 실시하고, 베이나이트와 마르텐사이트의 면적률의 합계가 80% 이상인 조직을 갖는 열연 강판으로 하는 열간 압연 공정과,

- [0063] 얻어진 상기 열연 강판을 산 세정하는 산 세정 공정과,
- [0064] 상기 산 세정 공정 후에 30% 이상 80% 이하의 냉간 압하율로 냉간 압연을 실시함으로써 냉연 강판을 얻는 냉간 압연 공정과,
- [0065] 상기 냉연 강판에 연속 어닐링을 실시하는 연속 어닐링 공정과,
- [0066] 상기 연속 어닐링 공정 후, 얻어진 냉연 어닐링 강판에 대하여, 750~550℃의 온도역의 평균 냉각 속도를 3℃/s 이상, 50℃/s 이하로 하여, 550℃ 이하까지 냉각을 실시하는 제1 냉각 공정과,
- [0067] 상기 제1 냉각 공정 후에 아연 도금 처리를 실시하는 아연 도금 공정과,
- [0068] 상기 아연 도금 공정 후의 도금 강판을 100℃ 이하까지 냉각하는 제2 냉각 공정과,
- [0069] 상기 제2 냉각 공정 후의 도금 강판에 대하여 150℃ 이상 450℃ 이하의 온도역에서 10초 이상 72시간 이하의 보존유지를 행하는 재가열 공정을 포함하고,
- [0070] 상기 연속 어닐링 공정에서는,
- [0071] 500~700℃에 있어서의 평균 가열 속도를 3℃/s 이상으로 하고,
- [0072] 780℃ 이상 940℃ 미만에서, 하기식 (1)에 있어서의 D가 1.0×10^{-6} 이상 8.0×10^{-6} 이하를 충족하고,
- [0073] 780℃ 이상, (Ac₃점-20℃) 이하의 최고 도달 온도까지 가열하고,
- [0074] 780℃ 이상의 온도역에 있어서의 어닐링로(annealing furnace) 내의 수소 농도를 1vol% 이상 20vol% 이하로 하는, 아연 도금 강판의 제조 방법.

$$D = \sum_{i=0}^{15} ((0.486 \times \exp(-33200/(T_i + 268)) \times t_i))^{1/2} \quad \dots \text{식 (1)}$$

- [0075]
- [0076] 여기에서, 식 (1)에 있어서,
- [0077] t_i: T_i℃ 이상 T_i+10℃ 미만의 온도역의 체류 시간(s),
- [0078] T_i(℃): 780+i×10(i: 0~15의 정수)이고,
- [0079] 상기 최고 도달 온도 초과가 되는 온도역에서의 체류 시간 t_i(s)는 0s이다.
- [0080] [11] 상기 연속 어닐링 공정에 있어서의 연속 어닐링을, 노점(dew point): -30℃ 이상의 분위기하에서 행하는, 상기 [10]에 기재된 아연 도금 강판의 제조 방법.
- [0081] [12] 상기 냉간 압연 공정 후, 또한 상기 연속 어닐링 공정의 전의 상기 냉연 강판의 편면 또는 양면에 있어서, 금속 도금을 실시하여 금속 도금층을 형성하는 금속 도금 공정을 포함하는, 상기 [10] 또는 [11]에 기재된 아연 도금 강판의 제조 방법.
- [0082] [13] 상기 아연 도금 공정 후, 또한 상기 제2 냉각 공정 전의 도금 강판에, 480~560℃의 온도역에서 5~60s의 합금화 처리를 실시하는 합금화 처리 공정을 포함하는, 상기 [10] 내지 [12] 중 어느 하나에 기재된 아연 도금 강판의 제조 방법.
- [0083] [14] 상기 [1] 내지 [8] 중 어느 하나에 기재된 아연 도금 강판에, 성형 가공, 접합 가공의 적어도 한쪽을 실시하여 부재로 하는 공정을 포함하는, 부재의 제조 방법.

발명의 효과

- [0084] 본 발명에 의하면, 우수한 균일 변형 특성 및 국소 변형 특성을 갖고, 또한 인장 강도 TS가 980MPa 이상인 아연 도금 강판, 부재 및 그들의 제조 방법이 제공된다. 본 발명의 아연 도금 강판은, 자동차 부품용 소재로서 적합하게 이용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0085] 도 1(a)는 실시예(실시예 2)의 U 굽힘+밀착 굽힘 시험에 있어서의, U 굽힘 가공(1차 굽힘 가공)을 설명하기 위한 도면이다. 도 1(b)는 실시예(실시예 2)의 U 굽힘+밀착 굽힘 시험에 있어서의, 밀착 굽힘 가공(2차 굽힘 가공)을 설명하기 위한 도면이다.

도 2(a)는 실시예(실시예 2)의 V 굽힘+직교 VDA 굽힘 시험에 있어서의, V 굽힘 가공(1차 굽힘 가공)을 설명하기 위한 도면이다. 도 2(b)는 실시예(실시예 2)의 V 굽힘+직교 VDA 굽힘 시험에 있어서의, 직교 VDA 굽힘 가공(2차 굽힘 가공)을 설명하기 위한 도면이다.

도 3(a)는 실시예(실시예 2)의 축압괴 시험(axial crushing test)을 하기 위해 제조한, 햇트형(hat-shaped) 부재와, 강판을 스폿 용접한(spot-welded) 시험용 부재의 정면도이다. 도 3(b)는 도 3(a)에 나타내는 시험용 부재의 사시도이다. 도 3(c)는 실시예(실시예 2)의 축압괴 시험을 설명하기 위한 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0086] (발명을 실시하기 위한 형태)

[0087] 이하, 본 발명을 구체적으로 설명한다.

[0088] [아연 도금 강판]

[0089] 본 발명의 아연 도금 강판은, 강판과, 당해 강판의 위에 형성된 아연 도금층을 구비하는 아연 도금 강판으로서, 상기 강판은, 질량%로, C: 0.08% 이상 0.3% 이하, Si: 0.5% 이상 3.0% 이하, Mn: 2.0% 이상 3.5% 이하, P: 0.1% 이하, S: 0.01% 이하, Al: 0.01% 이상 0.1% 이하, N: 0.015% 이하를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성을 갖고, 페라이트의 면적률이 20% 이상 70% 이하이고, 마르텐사이트의 면적률이 30% 이상 80% 이하인 조직을 갖고, 상기 페라이트는, Mn 농도가 강판의 Mn 농도(Mn 함유량)의 0.80배 이상 0.95배 이하인 저Mn 페라이트와, Mn 농도가 강판의 Mn 농도(Mn 함유량)의 1.05배 이상 2.5배 이하인 고Mn 페라이트를 갖고, 상기 저Mn 페라이트의 페라이트 전체에 차지하는 비율이, 면적률로 20% 이상 80% 이하이고, 또한 고Mn 페라이트의 페라이트 전체에 차지하는 비율이, 면적률로 각각 20% 이상 80% 이하이고, 마르텐사이트의 평균 결정 입경이 10 μ m 이하이고, 강 중의 확산성 수소량이 0.30질량ppm 이하인 것을 특징으로 한다.

[0090] 우선, 본 발명에 있어서 강판의 성분 조성을 상기의 범위에 한정된 이유에 대해서 설명한다. 또한, 성분에 관한 「%」 표시는 특별히 언급하지 않는 한 질량%를 의미하는 것으로 한다.

[0091] C: 0.08% 이상 0.3% 이하

[0092] C는, 마르텐사이트를 생성시켜 소망하는 강도를 확보하기 위해 필수적인 원소이고, 그러기 위해서는, C 함유량은 0.08% 이상으로 하는 것이 필요하다. 한편, C 함유량이 0.3%를 초과하면, 용접성의 저하를 초래한다. 그 때문에, C 함유량은 0.08% 이상 0.3% 이하로 한다. C 함유량은, 바람직하게는 0.10% 이상이다. 또한, C 함유량은, 바람직하게는 0.25% 이하이고, 더욱 바람직하게는 0.20% 이하이다.

[0093] Si: 0.5% 이상 3.0% 이하

[0094] Si는, 강의 강화에 유효한 원소이고, 고Mn 페라이트의 생성에 대해서도 유용한 원소이다. 이러한 효과는, Si 함유량이 0.5% 이상임으로써 얻어진다. 한편, Si 함유량이 3.0%를 초과하면, 열간 압연 시에 생성하는 Si계 스케일(scale)에 기인한 표면 성상의 저하가 발생한다. 그 때문에, Si 함유량은 0.5% 이상 3.0% 이하로 한다. Si 함유량은, 바람직하게는 0.7% 이상이다. 또한, Si 함유량은, 바람직하게는 2.0% 이하이다.

[0095] Mn: 2.0% 이상 3.5% 이하

[0096] Mn은, 강의 강화에 유효한 원소이고, 고Mn 페라이트의 생성을 위해서도 필요한 원소이다. 소망하는 효과를 확보하기 위해, Mn 함유량은 2.0% 이상으로 할 필요가 있다. 한편, Mn 함유량이 3.5%를 초과하면 용접성이나 성형성의 저하를 초래한다. 그 때문에, Mn 함유량은 2.0% 이상 3.5% 이하로 한다. Mn 함유량은, 바람직하게는 2.2% 이상이다. 또한, Mn 함유량은, 바람직하게는 3.0% 이하이다.

[0097] P: 0.1% 이하

[0098] P는, 강의 강화에 유효한 원소이지만, P 함유량이 0.1%를 초과하면, 가공성이나 인성의 저하를 초래한다. 그 때문에, P 함유량은 0.1% 이하로 한다. P 함유량은, 바람직하게는 0.05% 이하이고, 더욱 바람직하게는 0.02

% 이하이다.

- [0099] 한편, P 함유량의 하한은 특별히 한정되지 않지만, 제조 비용의 면으로부터 0.003% 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- [0100] S: 0.01% 이하
- [0101] S는, MnS 등의 개재물이 되어 성형성의 저하를 초래하기 때문에 최대한 낮은 편이 좋고, S 함유량은 0.01% 이하로 한다. S 함유량은, 바람직하게는 0.005% 이하이고, 더욱 바람직하게는 0.003% 이하이다. 한편, S 함유량의 하한은 특별히 한정되지 않지만, 제조 비용의 면으로부터, 0.0003% 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- [0102] Al: 0.01% 이상 0.1% 이하
- [0103] Al은 탈산제로서 작용하여, 강의 청정도에 유효한 원소로서, 탈산 공정에서 첨가하는 것이 바람직하다. 여기에, Al 함유량이 0.01%를 충족하지 않으면, 그 첨가 효과가 부족해지기 때문에, Al 함유량의 하한은 0.01%로 한다. Al 함유량은, 바람직하게는 0.02% 이상이다. 한편, Al의 과잉의 첨가는 제강 시에 있어서의 슬래브 품질을 열화시킨다. 그 때문에, Al 함유량은 0.1% 이하로 한다. Al 함유량은, 바람직하게는 0.06% 이하이다.
- [0104] N: 0.015% 이하
- [0105] N 함유량이 0.015%를 초과하면, 강관 내부에 조대한(coarse) AlN이 증가하고, 피로 특성이 저하한다. 그 때문에, N 함유량은 0.015% 이하로 한다. N 함유량은, 바람직하게는 0.010% 이하이다. 한편, N 함유량의 하한은 특별히 한정되지 않지만, N 함유량은 0.001% 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- [0106] 본 발명의 강관은, 상기의 성분을 갖고, 잔부가 Fe(철) 및 불가피적 불순물을 포함하는 성분 조성을 갖는다. 특히, 본 발명의 일 실시 형태에 따른 강관은, 상기의 성분을 함유하고, 잔부는 Fe(철) 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성을 갖는 것이 바람직하다.
- [0107] 본 발명의 강관은, 소망하는 특성에 따라서, 임의 원소로서, 이하의 (A), (B), (C), (D)로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상 적절히 함유할 수 있다.
- [0108] (A) 질량%로, Ti: 0.2% 이하, Nb: 0.2% 이하로부터 선택되는 1종 또는 2종,
- [0109] (B) 질량%로, Cr: 1.0% 이하, Mo: 1.0% 이하, V: 1.0% 이하로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상,
- [0110] (C) 질량%로, B: 0.005% 이하,
- [0111] (D) 질량%로, Ca: 0.005% 이하, Sb: 0.03% 이하로부터 선택되는 1종 또는 2종
- [0112] Ti: 0.2% 이하, Nb: 0.2% 이하로부터 선택되는 1종 또는 2종
- [0113] Ti, Nb는, 석출 강화에 의해 강을 고강도화하는 목적으로 첨가한다. 소망하는 강도를 확보하기 위해, Ti, Nb를 함유하는 경우, Ti 함유량, Nb 함유량은, 각각 0.01% 이상으로 하는 것이 바람직하다. 한편, Ti, Nb 각각의 원소를 0.2%를 초과하여 함유하면 효과가 포화할 뿐만 아니라 성형성의 저하로 연결된다. 그 때문에, Ti, Nb를 함유하는 경우, Ti 함유량, Nb 함유량은, 각각 0.2% 이하로 한다. Ti 함유량, Nb 함유량은, 각각 바람직하게는, 0.03% 이상이다. 또한, Ti 함유량, Nb 함유량은, 각각 바람직하게는 0.1% 이하이다.
- [0114] Cr: 1.0% 이하, Mo: 1.0% 이하, V: 1.0% 이하로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상
- [0115] Cr, Mo, V는 퀴칭성(hardenability)을 올려, 강의 강화에 유효한 원소이다. 그 효과는, Cr 함유량은 0.05% 이상으로 함으로써 얻어지고, Mo 함유량은 0.05% 이상으로 함으로써 얻어지고, V 함유량은 0.01% 이상으로 함으로써 얻어진다. 따라서, Cr 함유량은 0.05% 이상, Mo 함유량은 0.05% 이상, V 함유량은 0.01% 이상으로 하는 것이 바람직하다. Cr 함유량은, 바람직하게는 0.1% 이상이다. Mo 함유량은, 바람직하게는 0.1% 이상이다. V 함유량은, 바람직하게는 0.02% 이상이다.
- [0116] 그러나, Cr 함유량, Mo 함유량, V 함유량 각각이 1.0%를 초과하면, 성형성이 저하한다. 그 때문에, Cr, Mo, V를 함유하는 경우, Cr 함유량, Mo 함유량, V 함유량은, 각각 1.0% 이하로 한다. 또한, Cr 함유량은, 바람직하게는 0.5% 이하이다. 또한, Mo 함유량은, 바람직하게는 0.5% 이하이다. 또한, V 함유량은, 바람직하게는 0.5% 이하이다.
- [0117] B: 0.005% 이하

- [0118] B는 퀴칭성을 향상하는 작용을 갖는 원소로서, 필요에 따라서 함유할 수 있다. 이러한 작용은, B 함유량이 0.0003% 이상임으로써 얻어진다. 따라서, B 함유량은 0.0003% 이상인 것이 바람직하다. B 함유량은, 보다 바람직하게는 0.001% 이상이다.
- [0119] 그러나, 0.005%를 초과하여 B를 함유하면 그 효과가 포화하여 비용 상승이 되기 때문에, B를 함유하는 경우, B 함유량은 0.005% 이하로 한다. B 함유량은, 바람직하게는 0.003% 이하이다.
- [0120] Ca: 0.005% 이하, Sb: 0.03% 이하로부터 선택되는 1종 또는 2종
- [0121] Ca는, 황화물의 형상을 구 형상화(spheroidizing)하여 성형성으로의 황화물의 악영향을 개선하기 위해 유효한 원소로서, 필요에 따라서 함유할 수 있다. 이 효과는, Ca 함유량을 0.001% 이상으로 함으로써 얻어진다. 그러나, 0.005%를 초과하여 Ca를 함유하면, 개재물 등의 증가를 일으키고, 표면 및 내부 결함 등을 일으킨다. 그 때문에, Ca를 함유하는 경우, Ca 함유량은 0.005% 이하로 한다.
- [0122] Sb는, 강판 표층부에 생기는 탈탄층을 억제하고, 피로 특성을 향상시키는 효과를 갖는다. 이러한 효과의 발현을 위해, Sb 함유량을 0.003% 이상으로 하는 것이 바람직하다. 그러나, Sb 함유량이 0.03%를 초과하면, 강판 제조 시에 압연 하중의 증대를 초래하여, 생산성의 저하가 우려된다. 따라서, Sb를 함유하는 경우에는, Sb 함유량을 0.03% 이하로 한다.
- [0123] Sb 함유량은, 바람직하게는 0.005% 이상이다. 또한, Sb 함유량은, 바람직하게는 0.02% 이하이다.
- [0124] 상기의 임의 원소를 전술하는 적합한 하한값 미만으로 포함하는 경우, 당해 원소는 불가피적 불순물로서 포함되는 것으로 한다.
- [0125] 다음으로, 본 발명의 아연 도금 강판의 강판의 조직에 대해서 설명한다.
- [0126] 마르텐사이트의 면적률: 30% 이상 80% 이하
- [0127] 마르텐사이트는 강의 고강도화에 작용하여, 소망하는 강도를 얻기 위해, 면적률로 30% 이상으로 할 필요가 있다. 한편, 마르텐사이트가 면적률로 80%를 초과하면, 성형성이 저하한다. 그 때문에, 마르텐사이트의 면적률은 30% 이상 80% 이하로 한다. 마르텐사이트는, 바람직하게는 40% 이상이다. 또한, 마르텐사이트는, 바람직하게는 70% 이하이다.
- [0128] 마르텐사이트의 평균 결정 입경: 10 μ m 이하
- [0129] 또한, 마르텐사이트의 미세화는, 국소 변형 특성의 향상에 유효하다. 이러한 효과는, 마르텐사이트의 평균 결정 입경이 10 μ m 이하에서 얻어지기 때문에, 마르텐사이트의 평균 결정 입경은 10 μ m 이하로 한다. 마르텐사이트의 평균 결정 입경은, 바람직하게는 7 μ m 이하이다. 하한은 특별히 한정되지 않지만, 마르텐사이트의 평균 결정 입경은, 바람직하게는 1 μ m 이상이고, 보다 바람직하게는 2 μ m 이상이다.
- [0130] 본 발명에 있어서, 마르텐사이트는, 퀴칭인 채로(as-quenched) 프레스 마르텐사이트 및 템퍼링된 템퍼링 마르텐사이트의 어느 것이라도 상관 없고, 양자가 혼재하고 있어도 문제 없다.
- [0131] 페라이트의 면적률: 20% 이상 70% 이하
- [0132] 양호한 균일 신장 특성을 확보하기 위해서는, 페라이트의 면적률의 합계를 20% 이상으로 하는 것이 필요하다. 한편, 페라이트의 면적률이 70%를 초과하면 소망하는 강도를 얻는 것이 곤란해진다. 그 때문에, 페라이트의 면적률은 20% 이상 70% 이하로 한다. 페라이트는, 바람직하게는 30% 이상이다. 또한, 페라이트는, 바람직하게는 60% 이하이다. 또한, 여기에서 말하는 페라이트란, 후술하는 고Mn 페라이트와 저Mn 페라이트를 포함하는 모든 페라이트(페라이트 전체)를 가리키고, 페라이트 전체에는, 고Mn 페라이트와 저Mn 페라이트의 어느 것에도 해당하지 않는 것도 포함된다.
- [0133] 저Mn 페라이트의 면적률의 페라이트 전체의 면적률에 차지하는 비율: 20% 이상 80% 이하
- [0134] 고Mn 페라이트의 면적률의 페라이트 전체의 면적률에 차지하는 비율: 20% 이상 80% 이하
- [0135] 본 발명에 있어서, 저Mn 페라이트란, Mn 농도가, 강판의 Mn 농도(Mn 함유량)의 0.80배 이상 0.95배 이하인 페라이트를 가리킨다.
- [0136] 또한, 본 발명에 있어서, 저Mn 페라이트란, Mn 농도가, 강판의 Mn 농도(Mn 함유량)의 1.05배 이상 2.5배 이하인 페라이트를 가리킨다.

- [0137] 저Mn 페라이트와 고Mn 페라이트를 페라이트 전체에 차지하는 비율을 각각 20~80%의 범위에서 혼재시킴으로써 균일 변형 특성과 국소 변형 특성이 함께 높아진다. 저Mn 페라이트 또는 고Mn 페라이트의 페라이트 전체에 나타내는 비율이 20% 미만 또는 80%를 초과하면, 상기의 효과를 얻을 수 없는 점에서, 면적률로, 저Mn 페라이트 및 고Mn 페라이트의 페라이트 전체에 차지하는 비율을, 각각 20~80%로 한다. 바람직하게는, 이 비율은 30% 이상이다. 또한, 바람직하게는, 이 비율은 70% 이하이다.
- [0138] 조직(강판 단면 조직)의 측정 방법으로서, 우선, 1질량% 나이탈 용액(nital solution)으로 조직을 현출하고, 판두께 1/4 위치(표면으로부터 판두께의 4분의 1에 상당하는 깊이의 위치)를, 주사형 전자 현미경(SEM)을 이용하여 배율 3000배로 관찰하고, 촬영한 조직 사진으로부터 마르텐사이트, 페라이트, 펄라이트, 베이나이트의 면적률을 정량화한다.
- [0139] 또한, 그 외의 조직으로서, 잔류 오스테나이트의 체적률은, 강판을 판두께 방향의 1/4면까지 연마하고, 이 판두께 1/4면의 회절 X선 강도에 의해 구한다. 입사 X선에는 CoK α 선을 사용하고, 잔류 오스테나이트상의 {111}, {200}, {220}, {311}면과 페라이트상의 {110}, {200}, {211}면의 피크의 적분 강도의 모든 조합에 대해서 강도비를 구하고, 이들 평균값을 잔류 오스테나이트의 체적률(면적률)(%)로 한다.
- [0140] 마르텐사이트의 평균 결정 입경은, SEM을 이용하여 배율 3000배로 관찰하고, 촬영한 조직 사진을 이용하여 5000~10000 μm^2 의 시야에 있어서의 마르텐사이트의 면적과 개수를 구하고, 면적을 개수로 나누어 마르텐사이트 결정립 1개당의 면적을 구하고, 그 마르텐사이트를 정방형 근사한 1변을 평균 결정 입경으로 한다.
- [0141] 저Mn 페라이트와 고Mn 페라이트의 페라이트 전체에 차지하는 비율은, 이하와 같이 구해진다.
- [0142] 우선, 강판의 압연 방향과 평행한 판두께 단면을 관찰면으로 하여 시료를 채취하고, 관찰면을 기계 연마에 의해 경면으로 마무리한 후, 판두께 1/8~3/8위치의 범위에 있어서, FE-EPMA 분석에 의해 5000~10000 μm^2 의 시야에 있어서의 Mn 농도의 분포를 0.1 μm 의 간격으로 측정한다. 그 중으로부터 페라이트의 위치에 상당하는 측정점을 추출하고, 추가로 그의 농도가 강의 Mn 농도(Mn 함유량)의 0.80배 이상 0.95배 이하, 또는 1.05배 이상 2.5배 이하의 측정점을 추출한다. 그리고, 페라이트 전체의 측정점의 수에 대하여, 강의 Mn 농도의 0.80배 이상 0.95배 이하의 측정점의 수 및 1.05배 이상 2.5배 이하의 측정점의 수의 비율을, 각각, 저Mn 페라이트의 면적률 및 고Mn 페라이트의 면적률의 페라이트 전체의 면적률에 차지하는 비율로 하여 구한다.
- [0143] Mn의 FE-EPMA 분석을 행한 개소에 있어서의 페라이트의 존재 위치의 동정에 대해서는, 특별히 수법은 한정되지 않지만, FE-EPMA에서의 C 농도 분포의 측정 등에 의해 동정할 수 있다.
- [0144] 통상, FE-EPMA 분석에 의한 C 농도의 측정은, 측정 시에 시료 표면의 분석 개소에 축적하는 탄화수소에 의한 오염(카본 컨테미네이션)의 영향을 받아 정량 평가가 곤란하지만, 「철과 강, 103(2017), p622」에 개시되어 있는 방법에 의해 카본 컨테미네이션을 피하여 C 농도의 정량 분석이 가능해진다. 페라이트 중에는 C는 거의 고용할 수 없는 점에서, C 농도가 낮은 개소(C 농도가 0.15질량% 이하인 개소)가 페라이트가 된다.
- [0145] 본 발명에서는 상기 상(相) 구성을 만족하고 있으면, 상기 이외의 상으로서, 베이나이트, 잔류 오스테나이트, 펄라이트 등의 상을 면적률로 10% 이하로 포함해도 상관 없다.
- [0146] 강 중의 확산성 수소량: 0.30질량ppm 이하
- [0147] 상기 강판은, 이하에 기재된 방법으로 측정하여 얻어지는 강 중의 확산성 수소량이 0.30질량ppm(mass.ppm) 이하이다. 강 중의 확산성 수소는, 내(耐)수소 취성을 열화시킬 뿐만 아니라, 강 중의 확산성 수소량이 0.30질량ppm을 초과하여 과잉이 되면 연성도 저하하고, 특히 국소 변형 특성이 크게 저하한다. 그 때문에, 본 발명에서는, 강 중의 확산성 수소량을 0.30질량ppm 이하로 하는 것으로 하고, 바람직하게는 0.20질량ppm 이하이다. 하한은 특별히 한정하지 않지만, 적을수록 바람직하다.
- [0148] 강 중의 확산성 수소량에 대해서는, 이하의 방법으로 측정한다. 우선, 도금 강판으로부터 5×30mm의 시험편을 잘라낸다. 이어서, 라우터를 사용하여 시험편 표면의 도금을 제거하여 석영관 안에 넣는다. 이어서, 석영관 안을 Ar로 치환한 후, 200℃/hr로 승온하고, 250℃까지 발생한 수소를 가스 크로마토그래피에 의해 측정한다. 이와 같이, 승온 분석법으로 방출 수소량을 측정하고, 실온으로부터 210℃ 미만의 온도역에서 검출된 수소량의 누적값을 확산성 수소량으로 한다. 또한, 실온은 0~50℃로 하면 좋다.
- [0149] 여기에서, 수소량의 측정은, 강판의 제조 완료 후에 행하는 것이 바람직하다. 또한, 수소량의 측정은, 강판의 제조 완료 후 1주간 이내에 행하는 것이 보다 바람직하다.

- [0150] 표층 연질층
- [0151] 본 발명의 일 실시 형태에 따르는 아연 도금 강관의 강관(이하, 소지 강관이라고도 기재함)에서는, 소지 강관(base steel) 표면에 표층 연질층(아연 도금의 소지(하지)에 위치함)을 갖는 것이 바람직하다. 프레스 성형 시 및 차체 충돌 시에 표층 연질층이 굽힘 깨짐 진전의 억제에 기여하기 때문에, 내(耐)굽힘 과단 특성이 더욱 향상한다. 또한, 표층 연질층이란, 탈탄층을 의미하고, 판두께 1/4 위치의 단면의 비커스 경도에 대하여, 85% 이하의 비커스 경도의 표층 영역을 말한다.
- [0152] 여기에서, 표층 연질층은, 소지 강관 표면으로부터 판두께 방향으로 200 μm 이하의 영역에서 형성되어 있다. 표층 연질층의 두께는, 150 μm 이하가 바람직하고, 120 μm 이하가 더욱 바람직하고, 100 μm 이하가 가장 바람직하다. 표층 연질층의 두께의 하한에 대해서는, 특별히 정하지 않지만, 표층 연질층이 형성되는 영역은, 소지 강관 표면으로부터 판두께 방향으로, 바람직하게는 7 μm 이상이다.
- [0153] 비커스 경도는, JIS Z 2244-1(2020)에 기초하여, 하중을 10gf로 하여 측정한다.
- [0154] 표층 연질층의 나노 경도
- [0155] 소지 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치 및 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 각각에 있어서의 판면의 50 $\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ 의 영역에 있어서, 300점 이상의 나노 경도를 측정했을 때, 소지 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도가 7.0GPa 이상의 측정수 비율이, 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 전체 측정수에 대하여 0.10 이하
- [0156] 본 발명에 있어서, 프레스 성형 시의 우수한 굽힘성과 충돌 시의 우수한 굽힘 과단 특성을 얻기 위해서는, 소지 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치에 있어서의 판면의 50 $\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ 의 영역에 있어서, 300점 이상의 나노 경도를 측정했을 때, 소지 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도가 7.0GPa 이상의 측정수 비율이, 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 전체 측정수에 대하여 0.10 이하인 것이 바람직하다. 나노 경도가 7.0GPa 이상의 비율이 0.10 이하인 경우, 경질인 조직(마르텐사이트 등), 개재물 등의 비율이 작은 것을 의미하고, 경질인 조직(마르텐사이트 등), 개재물 등의 프레스 성형 시 및 충돌 시의 보이드의 생성이나 연결, 나아가서는 균열의 진전을 보다 억제하는 것이 가능해져, 우수한 R/t 및 SFmax가 얻어진다.
- [0157] 소지 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도가 7.0GPa 이상의 비율은, 전체 측정수에 대하여 0.09 이하인 것이 바람직하고, 0.08 이하인 것이 보다 바람직하다. 하한은 특별히 한정되지 않지만, 0.01 이상으로 하면 좋다.
- [0158] 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 가 1.8GPa 이하이고, 또한, 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 가 2.2GPa 이하
- [0159] 본 발명에 있어서, 프레스 성형 시의 우수한 굽힘성과 충돌 시의 우수한 굽힘 과단 특성을 얻기 위해서는, 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 가 1.8GPa 이하이고, 또한, 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 가 2.2GPa 이하인 것이 바람직하다. 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 가 1.8GPa 이하이고, 또한, 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 가 2.2GPa 이하인 경우, 마이크로 영역에 있어서의 조직 정도차가 작은 것을 의미하고, 프레스 성형 시 및 충돌 시의 보이드의 생성이나 연결, 나아가서는 균열의 진전을 보다 억제하는 것이 가능해져, 우수한 R/t 및 SFmax가 얻어진다.
- [0160] 또한, 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 의 보다 바람직한 범위는, 1.7GPa 이하이다. 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 는, 더욱 바람직하게는, 1.6GPa 이하이다. 하한은 특별히 한정되지 않지만, 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 는, 0.1GPa 이상으로 하면 좋고, 0.3GPa 이상으로 해도 좋다.
- [0161] 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 의 보다 바람직한 범위는, 2.1GPa 이하이다. 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 는, 더욱 바람직하게는, 2.0GPa 이하이다. 하한은 특별히 한정되지 않지만, 소지 강관

표면으로부터 표층 연질층의 관두께 방향 깊이의 1/2 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 는, 0.1GPa 이상으로 하면 좋고, 0.3GPa 이상으로 해도 좋다.

[0162] 여기에서, 관두께 방향 깊이의 1/4위치, 1/2위치의 판면의 나노 경도란, 이하의 방법에 의해 측정되는 경도이다.

[0163] 우선, 도금층을 박리한다. 그 후, 강판(소지 강판)의 표면에서 표층 연질층의 관두께 방향 깊이의 1/4의 위치 -5 μ m의 위치까지 기계 연마를 실시하고, 소지 강판의 표면에서 표층 연질층의 관두께 방향 깊이의 1/4 위치까지 다이아몬드 및 알루미늄나로의 버프 연마를 실시하고, 추가로 콜로이달 실리카 연마를 실시한다. Hysitron사의 tribo-950을 이용하여, 벨코비치 형상(Berkovich-shaped)의 다이아몬드 압자에 의해, 하중: 500 μ N, 측정 영역: 50 μ m \times 50 μ m, 타점 간격: 2 μ m의 조건으로 나노 경도를 측정한다.

[0164] 또한, 표층 연질층의 관두께 방향 깊이의 1/2 위치까지 기계 연마를 실시하고, 다이아몬드 및 알루미늄나로의 버프 연마를 실시하고, 추가로 콜로이달 실리카 연마를 실시한다. 그리고, Hysitron사의 tribo-950을 이용하여, 벨코비치 형상의 다이아몬드 압자에 의해, 하중: 500 μ N, 측정 영역: 50 μ m \times 50 μ m, 타점 간격: 2 μ m의 조건으로 나노 경도를 측정한다.

[0165] 금속 도금층(제1 도금층)

[0166] 또한, 본 발명의 일 실시 형태에 따르는 아연 도금 강판은, 강판(소지 강판)의 편면 또는 양면의 표면 상에 있어서, 금속 도금층(제1 도금층, 프리 도금층)(또한, 금속 도금층(제1 도금층)은, 용융 아연 도금층, 합금화 용융 아연 도금층의 아연 도금층을 제외함)을 갖는 것이 바람직하다. 금속 도금층은 금속 전기 도금층으로 하는 것이 바람직하고, 이하에서는, 금속 전기 도금층을 예로 설명한다.

[0167] 금속 전기 도금층이 강판 표면에 형성됨으로써, 프레스 성형 시 및 차체 충돌 시에 최표층의 상기 금속 전기 도금층이 굽힘 깨짐 발생의 억제에 기여하기 때문에, 내굽힘 파단 특성이 더욱 향상한다.

[0168] 본 발명에서는, 노점을 -20 $^{\circ}$ C 초과로 함으로써, 연질층의 두께를 보다 크게 할 수 있어, 축압괴 특성을 매우 우수한 것으로 하는 것이 가능해진다. 이 점, 본 발명에서는, 금속 도금층을 가짐으로써, 노점을 -20 $^{\circ}$ C 이하로, 연질층 두께가 작아도, 연질층 두께가 큰 경우와 동등의 축압괴 특성이 얻어진다.

[0169] 금속 전기 도금층의 금속종으로서, 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 것이라도 상관 없지만, Fe인 것이 보다 바람직하다. 이하에서는, Fe계 전기 도금층을 예로 설명하지만, 다른 금속종이라도 이하의 Fe에 있어서의 조건을 마찬가지로 채용할 수 있다.

[0170] Fe계 전기 도금층의 부착량은, 0g/m² 초과로 하고, 바람직하게는 2.0g/m² 이상으로 한다. Fe계 전기 도금층의 편면당의 부착량의 상한은 특별히 한정되지 않지만, 비용의 관점에서, Fe계 전기 도금층의 편면당의 부착량을 60g/m² 이하로 하는 것이 바람직하다. Fe계 전기 도금층의 부착량은, 바람직하게는 50g/m² 이하이고, 보다 바람직하게는 40g/m² 이하이고, 더욱 바람직하게는 30g/m² 이하로 한다.

[0171] Fe계 전기 도금층의 부착량은, 이하와 같이 측정한다. Fe계 전기 도금 강판으로부터 10 \times 15mm 사이즈의 샘플을 채취하고 수지에 매입(embedded)하여, 단면 매입 샘플로 한다. 동 단면의 임의의 3개소를 주사형 전자 현미경(ScanningElectron Microscope; SEM)을 이용하여 가속 전압 15kV로, Fe계 도금층의 두께에 따라서 배율 2000~10000배로 관찰하고, 3시야의 두께의 평균값에 철의 비중을 곱함으로써, Fe계 도금층의 편면당의 부착량으로 환산한다.

[0172] Fe계 전기 도금층으로서, 순Fe 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. Fe계 전기 도금층의 성분 조성은 특별히 한정되지 않지만, B, C, P, N, O, Ni, Mn, Mo, Zn, W, Pb, Sn, Cr, V 및 Co로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1 또는 2 이상의 원소를 합계로 10질량% 이하 포함하고, 잔부는 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성으로 하는 것이 바람직하다. Fe 이외의 원소의 양을 합계로 10질량% 이하로 함으로써, 전체 효율의 저하를 막아, 저비용으로 Fe계 전기 도금층을 형성할 수 있다. Fe-C 합금의 경우, C의 함유량은 0.08질량% 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0173] 아연 도금층(제2 도금층)

[0174] 편면당의 도금 부착량이 20~120g/m²

[0175] 아연 도금층은, 편면당의 도금 부착량이 20g/m² 이상인 것이 바람직하다. 또한, 아연 도금층의 편면당의 도금 부착량은, 120g/m² 이하인 것이 바람직하다. 부착량이 20g/m² 미만에서는 내식성의 확보가 곤란해지는 경우가 있다. 그 때문에, 아연 도금층의 편면당의 도금 부착량은 20g/m² 이상으로 하는 것이 바람직하다.

[0176] 한편, 120g/m²를 초과하면 내(耐)도금 박리성이 열화하는 경우가 있다. 그 때문에, 아연 도금층의 편면당의 도금 부착량은 120g/m² 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0177] 아연 도금층(제2 도금층)의 Fe 함유량이 질량%로 8~15%

[0178] 또한, 아연 도금층은, Fe를 질량%로 8% 이상 포함하는 것이 바람직하다. 또한, 아연 도금층은, Fe를 질량%로 15% 이하 포함하는 것이 바람직하다. 아연 도금층 중의 Fe 함유량이, 질량%로 8% 이상이면, Fe-Zn의 합금층이 충분히 얻어지고 있다고 할 수 있다. 바람직하게는 9% 이상이고, 보다 바람직하게는 10% 이상이다. 한편, Fe 함유량이 15%를 초과하면 도금 밀착성이 나빠져, 프레스 시에 파우더링(powdering)이라고 불리우는 문제를 일으키는 경우가 있다. 그 때문에, 상기 Fe 함유량은 15% 이하로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 14% 이하이고, 더욱 바람직하게는 13% 이하이다.

[0179] 본 발명의 아연 도금 강관의 관두께는, 특별히 한정되지 않지만, 0.8mm 이상인 것이 바람직하고, 1.0mm 이상인 것이 보다 바람직하다. 또한, 관두께는, 3.2mm 이하인 것이 바람직하고, 2.6mm 이하인 것이 보다 바람직하다.

[0180] [아연 도금 강관의 제조 방법]

[0181] 다음으로, 본 발명의 아연 도금 강관의 제조 방법을 설명한다.

[0182] 상기의 성분 조성으로 조정된 강을 전로(converter) 등에서 용제하고, 연속 주조법 등으로 슬래브로 한다. 이 슬래브에 열간 압연을 실시하여 열연 강관으로 한 후, 산 세정하여, 냉간 압연을 실시하여 제조한 냉연 강관에 연속 용융 아연 도금 라인(CGL)에서 어닐링 및 도금 처리를 실시한다.

[0183] 구체적으로는, 본 발명의 아연 도금 강관의 제조 방법에서는, 상기의 성분 조성을 갖는 강 슬래브에 열간 압연을 실시하고, 베이나이트와 마르텐사이트의 면적률의 합계가 80% 이상인 조직을 갖는 열연 강관으로 하는 열간 압연 공정과, 얻어진 열연 강관을 산 세정하는 산 세정 공정과, 산 세정 공정 후에 30% 이상 80% 이하의 냉간 압하율로 냉간 압연을 실시함으로써 냉연 강관을 얻는 냉간 압연 공정과, 냉연 강관에 연속 어닐링을 실시하는 연속 어닐링 공정과, 연속 어닐링 공정 후, 얻어진 냉연 어닐링 강관에 대하여, 750~550℃의 온도역의 평균 냉각 속도를 3℃/s 이상, 50℃/s 이하로 하여, 550℃ 이하까지 냉각을 실시하는 제1 냉각 공정과, 제1 냉각 공정 후에 아연 도금 처리를 실시하는 아연 도금 공정과, 아연 도금 공정 후의 도금 강관을 100℃ 이하까지 냉각하는 제2 냉각 공정과, 제2 냉각 공정 후의 도금 강관에 대하여 150℃ 이상 450℃ 이하의 온도역에서 10초 이상 72시간 이하의 보존유지를 행하는 재가열 공정을 포함하고, 연속 어닐링 공정에서는, 500~700℃에 있어서의 평균 가열 속도를 3℃/s 이상으로 하고, 780℃ 이상, 940℃ 미만에서, 하기식 (1)에 있어서의 D가 1.0×10⁻⁶ 이상 8.0×10⁻⁶ 이하를 충족하고, 780℃ 이상, (Ac₃점-20℃) 이하의 최고 도달 온도까지 가열하고, 780℃ 이상의 온도역에 있어서의 어닐링로 내의 수소 농도를 1vol% 이상 20vol% 이하로 한다.

$$D = \sum_{i=0}^{15} ((0.486 \times \exp(-33200/(T_i + 268))) \times t_i)^{1/2} \quad \dots \text{식 (1)}$$

[0184]

[0185] 여기에서, 식 (1)에 있어서,

[0186] t_i: T_i℃ 이상 T_i+10℃ 미만의 온도역의 체류 시간(s),

[0187] T_i(℃): 780+i×10(i: 0~15의 정수)이고,

[0188] 최고 도달 온도 초과가 되는 온도역에서의 체류 시간 t_i(s)는 0s이다.

[0189] 이하, 각 조건에 대해서 설명한다. 또한, 이하의 설명에 있어서, 온도는 특별히 언급하지 않는 한 강관 표면 온도로 한다. 강관 표면 온도는 방사 온도계 등을 이용하여 측정할 수 있다. 또한, 평균 냉각 속도는, (냉각 전의 표면 온도-냉각 후의 표면 온도)/냉각 시간으로 한다. 또한, 평균 가열 속도는, (가열 후의 표면 온도-가열 전의 표면 온도)/가열 시간으로 한다.

- [0190] 강 슬래브의 제조
- [0191] 상기 강 슬래브 제조를 위한, 용제 방법은 특별히 한정되지 않고, 전로, 전기로(electric arc furnace) 등, 공지의 용제 방법을 채용할 수 있다. 또한, 진공 탈가스로에서 2차 정련을 행해도 좋다. 그 후, 생산성이나 품질상의 문제로부터 연속 주조법에 의해 슬래브(강 소재)로 하는 것이 바람직하다. 또한, 조괴-분괴 압연법(ingot making-blooming method), 박슬래브(thin slab) 연속 주조법 등, 공지의 주조 방법으로 슬래브로 해도 좋다.
- [0192] 열간 압연
- [0193] 열연 강판의 조직: 베이나이트와 마르텐사이트의 면적률의 합계가 80% 이상
- [0194] 본 발명에서는, 열간 압연을 행하고, 얻어지는 열연 강판의 조직에 있어서, 베이나이트와 마르텐사이트의 면적률의 합계가 80% 이상하도록 한다.
- [0195] 열연 조직에 있어서, 베이나이트나 마르텐사이트 이외의 상으로서, 페라이트나 펄라이트 등이 존재하면, 열연 단계에서의 Mn 농도의 분포가 불균일이 되기 쉽다. 그러한 열연 강판을 이용한 경우, 최종 어닐링 공정에 있어서, Mn 농도가 높은 개소로부터 우선적으로 오스테나이트화가 일어나고, 마르텐사이트의 입경이 조대해짐과 함께, 어닐링 시의 과도한 Mn의 분배에 의해 소망량의 고Mn 페라이트가 얻어지지 않게 된다. 그 때문에, 열연 강판의 조직에 있어서, 베이나이트와 마르텐사이트의 면적률의 합계를 80% 이상으로 한다.
- [0196] 열간 압연 조건은, 열연 강판의 조직이 베이나이트와 마르텐사이트의 면적률의 합계가 80% 이상이 되면 특별히 한정되지는 않지만, 슬래브 가열 온도, 마무리 압연 온도, 800~600℃의 온도역에서의 평균 냉각 속도, 권취 온도로서, 예를 들면, 이하와 같은 조건을 적용할 수 있다.
- [0197] 슬래브 가열
- [0198] 강 슬래브를 열간 압연하려면, 슬래브를 가열 후 압연하는 방법, 연속 주조 후의 슬래브를 가열하는 일 없이 직접 압연하는 방법, 연속 주조 후의 슬래브에 단시간 가열 처리를 실시하여 압연하는 방법 등을 적용할 수 있다. 슬래브 가열 온도는 1100℃ 이상으로 하면 좋다. 또한, 슬래브 가열 온도는 1320℃ 이하로 하면 좋다.
- [0199] 마무리 압연 온도: 800℃ 이상
- [0200] 800~600℃의 온도역에서의 평균 냉각 속도: 30℃/s 이상
- [0201] 마무리 압연 종료 온도가 800℃ 미만 혹은 800~600℃의 온도역에서의 평균 냉각 속도 30℃/s 미만에서는, 압연 중 혹은 냉각 중에 과도하게 페라이트가 생성하여, 열연판 조직으로서, 베이나이트와 마르텐사이트의 면적률의 합계를 80% 이상으로 하는 것이 곤란해진다. 따라서, 마무리 압연 온도를 800℃ 이상으로 하고, 800~600℃의 온도역에서의 평균 냉각 속도를 30℃/s 이상으로 하는 것이 바람직하다. 상한에 대해서는, 설비 비용의 관점에서 200℃/s 이하가 바람직하다.
- [0202] 권취 온도: 300℃ 이상 550℃ 이하
- [0203] 권취 온도가 300℃ 미만이면, 열연 강판의 형상이 나빠져, 그 후의 압연, 어닐링 시의 통관성에 영향이 나오기 때문에, 300℃ 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- [0204] 한편, 권취 온도가 550℃를 초과하면, 권취 후에 페라이트나 펄라이트가 생성하여, 열연판 조직을 베이나이트와 마르텐사이트의 면적률의 합계가 80% 이상으로 하는 것이 곤란해진다. 따라서, 권취 온도는 550℃ 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0205] 산 세정
- [0206] 얻어진 열연 강판에는 산 세정을 실시한다. 산 세정의 조건은 특별히 한정되지 않는다.
- [0207] 냉간 압연
- [0208] 냉간 압하율: 30% 이상 80% 이하
- [0209] 냉간 압연 조건은, 어닐링 시에 재결정 페라이트를 생성시켜 가공성을 확보하기 위해, 냉간 압하율(누적 압하율)을 30% 이상으로 할 필요가 있다. 한편, 냉간 압하율이 80%를 초과하면 압연의 부하가 과도하게 증대하여 생산성을 저해한다. 따라서, 냉간 압하율은 30% 이상 80% 이하로 한다. 냉간 압하율은, 바람직하게는

40% 이상이다. 또한, 냉간 압하율은, 바람직하게는 70% 이하이다.

- [0210] (금속 도금(금속 전기 도금, 제1 도금) 공정)
- [0211] 본 발명의 일 실시 형태에 있어서는, 냉간 압연 공정 후, 또한 연속 어닐링 공정의 전의 강관의 편면 혹은 양면에 있어서, 금속 도금을 실시하고, 금속 도금층(제1 도금층)을 형성하는 제1 도금 공정을 포함하고 있어도 좋다.
- [0212] 예를 들면, 상기와 같이 하여 얻어진 냉연 강관의 표면에 금속 전기 도금 처리를 실시하고, 어닐링 전 금속 전기 도금층이 적어도 편면에 형성된 어닐링 전 금속 전기 도금 강관으로 해도 좋다. 또한, 여기에서 말하는 금속 도금은, 아연 도금(제2 도금)을 제외한다.
- [0213] 금속 전기 도금 처리 방법은 특별히 한정되지 않지만, 전술한 바와 같이 강관(소지 강관) 상에 형성시키는 금속 도금층으로서, 금속 전기 도금층으로 하는 것이 바람직하기 때문에, 금속 전기 도금 처리를 실시하는 것이 바람직하다.
- [0214] 예를 들면, Fe계 전기 도금욕에서는 황산욕, 염산욕 혹은 양자의 혼합 등을 적용할 수 있다. 또한, 어닐링 전 금속 전기 도금층의 부착량은, 통전 시간 등에 따라 조정할 수 있다. 또한, 어닐링 전 금속 전기 도금 강관이란, 금속 전기 도금층이 연속 어닐링 공정을 거치지 않은 것을 의미하고, 금속 전기 도금 처리 전의 열연 강관, 열연 후 산 세정 처리관 또는 냉연 강관에 대해서 미리 어닐링된 태양을 제외하는 것은 아니다.
- [0215] 여기에서, 전기 도금층의 금속종으로서, 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 것이라도 상관 없지만, Fe인 것이 보다 바람직하기 때문에, Fe계 전기 도금의 제조 방법을 이하에 서술한다.
- [0216] 통전 개시 전의 Fe계 전기 도금욕 중의 Fe 이온 함유량은, Fe^{2+} 로서 0.5mol/L 이상으로 하는 것이 바람직하다. Fe계 전기 도금욕 중의 Fe 이온 함유량이, Fe^{2+} 로서 0.5mol/L 이상이면, 충분한 Fe 부착량을 얻을 수 있다. 또한, 충분한 Fe 부착량을 얻기 위해, 통전 개시 전의 Fe계 전기 도금욕 중의 Fe 이온 함유량은, 2.0mol/L 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0217] 또한, Fe계 전기 도금욕 중에는 Fe 이온, 그리고 B, C, P, N, O, Ni, Mn, Mo, Zn, W, Pb, Sn, Cr, V 및 Co로 이루어지는 군으로부터 선택되는 적어도 일종의 원소를 함유할 수 있다. Fe계 전기 도금욕 중에서의 이들 원소의 합계 함유량은, 어닐링 전 Fe계 전기 도금층 중에서 이들 원소의 합계 함유량이 10질량% 이하가 되도록 하는 것이 바람직하다. 또한, 금속 원소는 금속 이온으로서 함유하면 좋고, 비금속 원소는 붕산, 인산, 질산, 유기산 등의 일부로서 함유할 수 있다. 또한, 황산철 도금액 중에는, 황산 나트륨, 황산 칼륨 등의 전도도 보조제나, 킬레이트제, pH 완충제가 포함되어 있어도 좋다.
- [0218] Fe계 전기 도금욕의 그 외의 조건에 대해서도 특별히 한정하지 않는다. Fe계 전기 도금액의 온도는, 정온(定溫) 보존유지성을 생각하면, 30℃ 이상으로 하는 것이 바람직하고, 85℃ 이하가 바람직하다. Fe계 전기 도금욕의 pH도 특별히 규정하지 않지만, 수소 발생에 의한 전류 효율의 저하를 막는 관점에서 1.0 이상으로 하는 것이 바람직하고, 또한, Fe계 전기 도금욕의 전기 전도도를 고려하면, 3.0 이하가 바람직하다. 전류 밀도는, 생산성의 관점에서 10A/dm² 이상으로 하는 것이 바람직하고, Fe계 전기 도금층의 부착량 제어를 용이하게 하는 관점에서 150A/dm² 이하로 하는 것이 바람직하다. 통관 속도는, 생산성의 관점에서 5mpm 이상으로 하는 것이 바람직하고, 부착량을 안정적으로 제어하는 관점에서 150mpm 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0219] 또한, Fe계 전기 도금 처리를 실시하기 전의 처리로서, 강관 표면을 청정화하기 위한 탈지 처리 및 물 세정, 나아가서는, 강관 표면을 활성화하기 위한 산 세정 처리 및 물 세정을 실시할 수 있다. 이들의 전(前)처리에 이어서 Fe계 전기 도금 처리를 실시한다. 탈지 처리 및 물 세정의 방법은 특별히 한정되지 않고, 통상의 방법을 이용할 수 있다. 산 세정 처리에 있어서는, 황산, 염산, 질산 및, 이들의 혼합물 등 각종의 산을 사용할 수 있다. 그 중에서도, 황산, 염산 혹은 이들의 혼합이 바람직하다. 산의 농도는 특별히 규정하지 않지만, 산화 피막의 제거 능력 및, 과산 세정에 의한 표면 거칠어짐(표면 결함) 방지 등을 고려하면, 1~20mass% 정도가 바람직하다. 또한, 산 세정 처리액에는, 소포제(defoamer), 산 세정 촉진제, 산 세정 억제제 등을 함유해도 좋다.
- [0220] 연속 어닐링
- [0221] 500~700℃에 있어서의 평균 가열 속도: 3℃/s 이상

- [0222] 상기 냉간 압연 후, 얻어진 냉연 강판에 연속 어닐링을 실시한다.
- [0223] 연속 어닐링에 있어서, 500~700℃에 있어서의 평균 가열 속도가 3℃/s 미만에서는, 페라이트의 재결정이나 입성장(grain growth)이 과도하게 발생하여, 조직이 조대화함으로써 마르텐사이트의 평균 결정 입경을 10 μ m 이하로 할 수 없게 된다.
- [0224] 따라서, 500~700℃에 있어서의 평균 가열 속도를 3℃/s 이상으로 한다. 평균 가열 속도는, 바람직하게는 5℃/s 이상이다. 상한은 특별히 한정되지 않지만, 평균 가열 속도는 100℃/s 이하로 하는 것이 바람직하고, 50℃/s 이하인 것이 보다 바람직하다.
- [0225] 최고 도달 온도: 780℃ 이상, (Ac₃점-20℃) 이하
- [0226] 연속 어닐링에 있어서의 최고 도달 온도가 780℃ 미만에서는, 오스테나이트의 생성이 불충분해져, 어닐링 후에 소망하는 마르텐사이트량이 얻어지지 않고, 한편, (Ac₃점-20℃)를 초과하면 과도하게 오스테나이트가 생성되어 소망하는 페라이트량이 얻어지지 않는다. 따라서, 최고 도달 온도는, 780℃ 이상, (Ac₃점-20℃) 이하로 한다.
- [0227] 여기에서, Ac₃점은, 이하의 식 (3)으로부터 구해진다.
- [0228] $Ac_3(℃) = 910 - 203 \times [C]^{1/2} - 15.2 \times [Ni] + 44.7 \times [Si] + 104 \times [V] + 31.5 \times [Mo]$...식 (3)
- [0229] 식 (3)에 있어서, [C], [Ni], [Si], [V], [Mo]는, 각각, 순서대로 강판의 C 함유량, Ni 함유량, Si 함유량, V 함유량, Mo 함유량(질량%)을 가리키고, 함유하지 않는 원소에 대해서는, 제로(0질량%)로 한다.
- [0230] D: 1.0×10^{-6} 이상 8.0×10^{-6} 이하
- $$D = \sum_{i=0}^{15} ((0.486 \times \exp(-33200/(T_i + 268)) \times t_i)^{1/2} \dots \text{식 (1)})$$
- [0231]
- [0232] 여기에서, 식 (1)에 있어서,
- [0233] t_i: T_i℃ 이상 T_i+10℃ 미만의 온도역의 체류 시간(s),
- [0234] T_i(℃): 780+i×10(i: 0~15의 정수)이고,
- [0235] 상기 최고 도달 온도 초과가 되는 온도역에서의 체류 시간 t_i(s)는 0s이다.
- [0236] 식 (1)로 나타나는 D가 1.0×10^{-6} 미만에서는 2상역 어닐링 시의 페라이트로부터 오스테나이트로의 Mn의 농화가 불충분해져, 소망하는 Mn 농도의 저Mn 페라이트 및 고Mn 페라이트가 얻어지지 않는다.
- [0237] 한편, D가 8.0×10^{-6} 을 초과하면, 2상역 어닐링 시의 오스테나이트로의 Mn의 농화가 과도해져, 고Mn 페라이트의 생성이 불충분해진다. 따라서, D는 1.0×10^{-6} 이상 8.0×10^{-6} 이하로 한다. D는, 바람직하게는 1.5×10^{-6} 이상이다. 또한, D는, 바람직하게는 6.0×10^{-6} 이하이다.
- [0238] 780℃ 이상의 온도역에 있어서의 어닐링로 내의 수소 농도: 1vol% 이상 20vol% 이하
- [0239] 780℃ 이상의 온도역에 있어서의 어닐링로 내의 수소 농도가 1vol% 미만이면, 도금성이 저하하여 불도금이 발생한다. 한편, 이 수소 농도가 20vol%를 초과하면, 강 중의 확산성 수소 농도가 증가하고, 내수소 취성의 열화 및 강의 연성의 저하가 발생한다. 그 때문에, 780℃ 이상의 온도역에 있어서의 어닐링로 내의 수소 농도는 1vol% 이상 20vol% 이하로 한다. 이 수소 농도는, 바람직하게는 3vol% 이상이다. 또한, 이 수소 농도는, 바람직하게는 15vol% 이하이다.
- [0240] 연속 어닐링 공정의 분위기(어닐링 분위기)의 노점: -30℃ 이상
- [0241] 본 발명의 일 실시 형태에 있어서는, 연속 어닐링 공정의 분위기(어닐링 분위기)의 노점을 -30℃ 이상으로 하는 것이 바람직하다. 연속 어닐링 공정에 있어서의 어닐링 분위기의 노점을 -30℃ 이상으로 하여 어닐링을 행함으로써, 탈탄 반응이 촉진되고, 표층 연질층을 보다 깊게 형성할 수 있다. 연속 어닐링 공정의 어닐링 분위

기의 노점은, 보다 바람직하게는 -25°C 이상이고, 더욱 바람직하게는 -20°C 초과이고, 보다 더 바람직하게는 -15°C 이상이고, 보다 더 바람직하게는 -5°C 이상이다. 연속 어닐링 공정의 어닐링 분위기의 노점의 상한은 특별히 정하지 않지만, Fe계 전기 도금층 표면의 산화를 적합하게 막아, 아연 도금층을 형성할 때의 도금 밀착성을 양호하게 하기 위해, 연속 어닐링 공정의 어닐링 분위기의 노점은 30°C 이하로 하는 것이 바람직하다.

- [0242] 제1 냉각
- [0243] 연속 어닐링 후의 평균 냉각 속도: $750\sim 550^{\circ}\text{C}$ 의 온도역을 $3^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 이상 $50^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 이하
- [0244] 연속 어닐링 후에 얻어진 냉연 어닐링 강판에 냉각 처리를 행한다. 여기에서, 고Mn 페라이트는, 2상역 어닐링으로 Mn이 농화한 오스테나이트로부터의 변태에 의해 발생한다. 냉각 시에 페라이트가 생성하는 $750\sim 550^{\circ}\text{C}$ 의 온도역에 있어서의 평균 냉각 속도가 $50^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 를 초과하면, 페라이트 변태가 억제되어, 고Mn 페라이트가 얻어지지 않는다. 한편, 냉각 속도가 $3^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 미만에서는, 냉각 시에 펄라이트가 생성되어 소망하는 양의 마르텐사이트가 얻어지지 않는다. 그 때문에, 어닐링 후의 $750\sim 550^{\circ}\text{C}$ 의 온도역의 평균 냉각 속도는 $3^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 이상 $50^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 이하로 한다. 어닐링 후의 $750\sim 550^{\circ}\text{C}$ 의 온도역의 평균 냉각 속도는, 바람직하게는 $5^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 이상이다. 또한, 어닐링 후의 $750\sim 550^{\circ}\text{C}$ 의 온도역의 평균 냉각 속도는, 바람직하게는 $30^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 이하이다.
- [0245] 또한, 이 어닐링 후의 냉각(제1 냉각)에 있어서의 냉각 정지 온도는, 550°C 를 초과하면 과도하게 펄라이트가 생성하여, 소망하는 조직이 얻어지지 않게 되기 때문에, 550°C 이하로 한다.
- [0246] 아연 도금 처리
- [0247] 본 발명에서는, 상기의 제1 냉각 공정 후, 아연 도금 처리를 행한다. 아연 도금 처리로서는, 용융 아연 도금 처리를 채용할 수 있다. 용융 아연 도금 처리의 조건은 특별히 한정되지 않는다.
- [0248] 아연 도금 처리 후의 합금화 처리
- [0249] 온도역: $480\sim 560^{\circ}\text{C}$, 처리 시간: $5\sim 60\text{s}$
- [0250] 아연 도금 처리 후에는, 합금화 처리를 실시해도 좋다.
- [0251] 아연 도금 후, 합금화 처리를 실시하는 경우, 합금화 처리를 행하는 온도가 480°C 미만, 혹은 시간이 5s 미만에서는, 도금의 합금화가 충분히 진행되지 않는다. 한편, 합금화 처리를 행하는 온도가 560°C 초과, 혹은 시간이 60s 초과이면, 과도하게 합금화가 진행되어 도금의 파우더링성이 저하한다. 그 때문에, 합금화 처리를 실시하는 경우, 합금화 처리 조건은 $480\sim 560^{\circ}\text{C}$ 에서 $5\sim 60\text{s}$ 로 한다. 합금화 처리를 행하는 온도역은, 바람직하게는 500°C 이상이다. 또한, 합금화 처리를 행하는 온도역은, 바람직하게는 540°C 이하이다. 또한, 합금화 처리를 행하는 시간은, 바람직하게는 10s 이상이다. 또한, 합금화 처리를 행하는 시간은, 바람직하게는 40s 이하이다.
- [0252] 상기의 아연 도금 처리, 합금화 처리를 행함으로써 얻어지는 아연 도금 강판에서는, 도금의 부착량이나 도금층 중의 Fe 함유량에 대해서는 특별히 한정하는 것은 아니지만, 예를 들면, 도금의 부착량은 편면당 $20\text{g}/\text{m}^2$ 이상으로 할 수 있다. 또한, 도금의 부착량은 편면당 $120\text{g}/\text{m}^2$ 이하로 할 수 있다. 또한, Fe 함유량은, 질량%로 8% 이상으로 할 수 있다. 또한, Fe 함유량은, 질량%로 15% 이하로 할 수 있다.
- [0253] 제2 냉각
- [0254] 100°C 이하까지 냉각
- [0255] 상기의 도금 처리 또는 합금화 처리를 행한 후(아연 도금 공정 후 또는 합금화 처리 공정 후), 도금 강판을 100°C 이하의 냉각 정지 온도까지 냉각한다.
- [0256] 냉각 정지 온도가 100°C 초과이면, 냉각 정지 시에 충분한 양의 마르텐사이트가 생성되지 않고, 다량의 오스테나이트가 잔존함으로써, 그 후의 재가열에 의한 효과가 충분히 얻어지지 않는다. 그 때문에, 합금화 처리 후의 냉각에 있어서의 냉각 정지 온도는 100°C 이하로 한다. 이 냉각 정지 온도는, 바람직하게는 50°C 이하이다.
- [0257] 재가열 처리
- [0258] 150°C 이상 450°C 이하의 온도역에서 10초 이상 72시간 이하의 보존유지
- [0259] 상기의 도금 처리 또는 합금화 처리를 행한 도금 강판을 100°C 이하까지 냉각한 후(제2 냉각 공정 후), 재가열을 행하고, 150°C 이상 450°C 이하의 온도역에서 10초 이상 72시간 이하의 보존유지를 행한다. 이에 따라, 마르텐사이트가 템퍼링되고, 연질화함으로써, 페라이트와 마르텐사이트의 경도차가 저감하여, 국소 변형 특성이

향상한다. 또한, 아울러 강 중의 확산성 수소량을 저감할 수도 있다.

- [0260] 재가열 온도(템퍼링 온도)가 150℃ 미만인 경우, 또는 보존유지 시간이 10초 미만이 되는 경우, 마르텐사이트의 템퍼링이나 강 중 확산성 수소량의 저감이 불충분해진다. 한편, 재가열 온도(템퍼링 온도)가 450℃ 초과인 경우, 또는 보존유지 시간이 72시간 초과가 되는 경우, 마르텐사이트가 과도하게 템퍼링되어, 소망하는 강도가 얻어지지 않게 된다. 그 때문에, 재가열 처리에서는, 150℃ 이상 450℃ 이하의 온도역에서 10초 이상 72시간 이하 보존유지한다.
- [0261] 이상과 같이 하여, 본 발명의 아연 도금 강판이 얻어진다.
- [0262] [부재]
- [0263] 다음으로, 본 발명의 부재에 대해서, 설명한다.
- [0264] 본 발명의 일 실시 형태에 따르는 부재는, 전술의 아연 도금 강판을 이용하여 이루어지는(소재로 하는) 부재이다. 예를 들면, 소재인 아연 도금 강판에, 성형 가공 또는 접합 가공의 적어도 한쪽을 실시하여 부재로 한다.
- [0265] 여기에서, 상기의 아연 도금 강판은, 우수한 균일 변형 특성 및 국소 변형 특성을 갖고, 또한 인장 강도 TS가 980MPa 이상이다. 그 때문에, 본 발명의 일 실시 형태에 따르는 부재는, 우수한 균일 변형 특성 및 국소 변형 특성을 갖고, 또한 인장 강도 TS가 980MPa 이상이다. 따라서, 본 발명의 일 실시 형태에 따르는 부재는, 자동차 부품용 소재로서 특히 적합하다.
- [0266] [부재의 제조 방법]
- [0267] 다음으로, 본 발명의 일 실시 형태에 따르는 부재의 제조 방법에 대해서, 설명한다.
- [0268] 본 발명의 일 실시 형태에 따르는 부재의 제조 방법은, 상기의 아연 도금 강판에, 성형 가공, 접합 가공의 적어도 한쪽을 실시하여 부재로 하는, 공정을 갖는다.
- [0269] 여기에서, 성형 가공 방법은, 특별히 한정되지 않고, 예를 들면, 프레스 가공 등의 일반적인 가공 방법을 이용할 수 있다. 또한, 접합 가공 방법도, 특별히 한정되지 않고, 예를 들면, 스팟 용접, 레이저 용접, 아크 용접 등의 일반적인 용접이나, 리벳 접합(riveting), 코킹 접합(crimping) 등을 이용할 수 있다. 또한, 성형 조건 및 접합 조건에 대해서는 특별히 한정되지 않고, 일반적인 방법에 따르면 좋다.
- [0270] 실시예
- [0271] (아연 도금 강판)
- [0272] <실시예 1>
- [0273] 표 1에 나타내는 성분 조성을 갖고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 강을 전로에서 용제하고, 연속 주조법으로 강 슬래브로 했다. 얻어진 강 슬래브에 대하여, 표 2에 나타내는 조건으로 판두께 3.0mm까지 열간 압연했다. 이어서, 얻어진 열연 강판에 대하여, 산 세정을 실시한 후, 판두께 1.4mm로 냉간 압연하고, 냉연 강판을 제조하여 어닐링에 제공했다. 어닐링은 연속 용융 아연 도금 라인(CGL)에서 행했다. CGL의 통관 조건을 표 2에 나타낸다. 용융 아연 도금 처리의 조건은, 욕온 475℃의 도금욕에 강판을 침지한 후, 인상하고, 가스 와이핑(gas wiping)에 의해 도금의 부착량을 여러 가지 조정하고, 그 후, 합금화 처리를 행했다. 또한, 일부의 강판에 대해서는 합금화 처리를 행하지 않고 용융 아연 도금 강판으로 했다. 제1 냉각 공정에 있어서의 냉각 정지 온도는, 500℃로 했다.

표 1

강종	성분 조성(질량%)														비고	
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ti	Nb	Cr	Mo	V	B	Ca		Sb
A	0.11	0.9	2.7	0.016	0.002	0.035	0.003									발명강
B	0.14	1.5	2.3	0.002	0.003	0.029	0.006	0.03								발명강
C	0.23	1.2	2.1	0.008	0.001	0.025	0.005		0.04							발명강
D	0.09	0.6	2.4	0.019	0.004	0.032	0.003			0.4						발명강
E	0.12	1.7	2.9	0.030	0.003	0.043	0.002				0.3					발명강
F	0.15	1.4	2.4	0.045	0.002	0.023	0.004					0.2				발명강
G	0.17	0.7	2.6	0.015	0.001	0.038	0.005	0.02					0.003			발명강
H	0.27	1.8	2.1	0.021	0.002	0.044	0.005							0.003		발명강
I	0.13	1.0	2.3	0.016	0.003	0.025	0.004								0.02	발명강
J	0.06	0.9	2.3	0.035	0.003	0.035	0.005									비교강
K	0.15	0.3	2.5	0.021	0.002	0.045	0.003									비교강
L	0.15	1.2	1.6	0.025	0.003	0.034	0.003									비교강

*잔부는 Fe 및 불가피적 불순물이다.

*공란은 의도적인 첨가를 하고 있지 않은 것을 나타낸다.

[0274]

표 2

No.	열간 압연		열연 조직	냉간 압연	연속 어닐링				제1 냉각 (이연도금)	종류	합금화 처리		제2 냉각	재기열					
	기열 온도 (°C)	미부리 압연 온도 (°C)			800~600°C의 평균 냉각 속도 (°C/s)	권속 온도 (°C)	마르텐사이트와 배이노이드의 합계 면적률 (%)	냉간 압연률 (%)			500~700°C에 있어서의 평균 가열 속도 (°C/s)	A _{c3} 온도 (°C)		최고 단열 온도 (°C/s)	D (*1)	로 내 수산화물 농도 (vol%)	750°C~550°C의 평균 냉각 속도 (°C/s)	합금화 온도 (°C)	합금화 시간 (s)
1	A	1250	910	60	500	100	50	7	883	820	1.8×10 ⁻⁶	10	10	GA	520	10	50	250	60s
2	A	1220	900	20	530	55	35	10	883	810	1.5×10 ⁻⁶	12	15	GA	520	10	50	200	150s
3	A	1150	900	70	450	100	20	10	883	790	1.3×10 ⁻⁶	12	15	GA	520	10	50	250	100s
4	A	1200	900	50	420	100	50	20	883	780	0.8×10 ⁻⁶	12	15	GA	520	10	50	250	60s
5	A	1280	890	50	450	96	50	15	883	810	2.5×10 ⁻⁶	10	30	GA	520	10	50	230	100s
6	B	1200	910	50	520	82	60	20	901	800	2.1×10 ⁻⁶	12	30	GA	540	30	70	300	40s
7	B	1180	910	80	600	95	40	15	901	820	4.2×10 ⁻⁶	10	15	GA	540	30	80	300	40s
8	B	1240	910	50	470	90	40	2	901	830	4.7×10 ⁻⁶	10	5	GA	540	30	40	300	40s
9	B	1200	910	30	350	87	40	30	901	820	8.5×10 ⁻⁶	12	20	GA	540	30	30	300	40s
10	B	1200	910	30	520	85	50	10	901	810	3.2×10 ⁻⁶	25	10	GA	540	30	30	200	40s
11	B	1200	910	30	520	87	50	10	901	810	2.5×10 ⁻⁶	10	2	GA	540	30	30	300	40s
12	C	1300	880	80	500	98	50	15	866	800	2.2×10 ⁻⁶	8	30	GI	540	30	50	400	40s
13	C	1250	870	50	520	95	60	10	866	760	1.1×10 ⁻⁶	8	30	GI	540	30	50	250	60s
14	C	1200	880	60	410	92	50	8	866	800	0.7×10 ⁻⁶	10	20	GI	540	30	50	250	60s
15	D	1140	900	50	380	100	50	12	876	790	1.9×10 ⁻⁶	10	7	GA	510	40	40	150	50h
16	D	1190	890	40	440	100	50	10	876	800	2.5×10 ⁻⁶	13	10	GA	510	40	150	200	120s
17	D	1200	920	60	480	100	40	15	876	790	0.6×10 ⁻⁶	10	8	GA	510	40	60	200	120s
18	E	1280	930	50	500	97	50	10	925	830	3.3×10 ⁻⁶	17	10	GA	550	25	40	270	100s
19	E	1250	930	50	490	95	50	10	925	840	8.8×10 ⁻⁶	14	10	GA	550	25	40	250	120s
20	F	1200	930	40	530	90	60	12	915	810	3.0×10 ⁻⁶	8	15	GA	540	30	50	200	100s
21	F	1200	930	40	530	90	60	12	915	790	0.7×10 ⁻⁶	8	15	GA	540	30	50	200	100s
22	G	1180	930	30	500	100	50	8	858	790	1.8×10 ⁻⁶	10	10	GA	550	20	40	380	30s
23	G	1180	890	30	500	100	50	8	858	785	0.8×10 ⁻⁶	10	10	GA	550	20	40	240	100s
24	H	1230	900	40	480	83	55	10	885	820	5.3×10 ⁻⁶	5	6	GA	550	25	50	180	150s
25	H	1230	900	50	480	85	55	10	885	780	0.9×10 ⁻⁶	5	6	GA	550	25	50	180	150s
26	I	1200	880	40	520	95	50	12	882	790	2.2×10 ⁻⁶	16	12	GA	520	15	60	250	80s
27	J	1240	900	60	550	81	60	10	901	830	1.8×10 ⁻⁶	12	25	GA	510	20	60	200	90s
28	K	1200	880	50	500	100	50	8	845	785	1.5×10 ⁻⁶	10	10	GA	510	20	50	230	60s
29	L	1220	920	50	480	82	60	12	885	810	2.2×10 ⁻⁶	10	6	GA	540	25	40	200	90s

(*1) $D = \sum (0.486 \times \exp(-33200 / (T_n - 268))) \times t_n)^{1/2}$

[0275]

[0276]

상기와 같이 얻어진 아연 도금 강관에 대해서, 인장 특성, 강관 조직을 이하의 요령으로 측정했다. 인장 특성은, 강관의 압연 방향과 직각 방향으로부터 채취한 JIS 5호 시험편(JIS Z2201)을 이용하여, JIS Z2241(2011)의 규정에 준거하여, 왜곡 속도 10⁻³/s로 인장 시험을 행하고, 인장 강도(TS), 전체 신장(T.EI), 극한 변형능을 측정했다.

[0277]

극한 변형능 ε l은, 인장 시험 후의 인장 시험편의 파단면에 있어서의 관폭 W와 관두께 T를 측정하고, 인장 시험 전의 인장 시험편의 관폭 W0과 관두께 T0을 측정함과 함께 이하의 식 (2)에 의해 산출했다.

[0278]

$$\epsilon l = -\{\ln(W/W0) + \ln(T/T0)\} \dots(2)$$

[0279]

여기에서, ε l은 극한 변형능, W는 인장 시험 후의 인장 시험편의 파단면에 있어서의 관폭(mm), W0은 인장 시험

전의 인장 시험편의 판폭(mm), T는 인장 시험 후의 인장 시험편의 파단면에 있어서의 판두께(mm), T0은 인장 시험 전의 인장 시험편의 판두께(mm)이다.

- [0280] 조직(강판 단면 조직)의 측정 방법으로서, 우선, 1질량% 나이탈 용액으로 조직을 현출하고, 판두께 1/4 위치(표면으로부터 판두께의 4분의 1에 해당하는 깊이의 위치)를, 주사형 전자 현미경(SEM)을 이용하여 배율 3000배로 관찰하고, 촬영한 조직 사진으로부터 마르텐사이트, 페라이트, 펄라이트, 베이나이트의 면적률을 정량화했다.
- [0281] 또한, 잔류 오스테나이트의 체적률은, 강판을 판두께 방향의 1/4면까지 연마하고, 이 판두께 1/4면의 회절 X선 강도에 의해 구했다. 입사 X선에는 CoK α 선을 사용하고, 잔류 오스테나이트상의 {111}, {200}, {220}, {311}면과 페라이트상의 {110}, {200}, {211}면의 피크의 적분 강도의 모든 조합에 대해서 강도비를 구하고, 이들 평균값을 잔류 오스테나이트의 체적률(면적률)(%)로 했다.
- [0282] 마르텐사이트의 평균 결정 입경은, SEM을 이용하여 배율 3000배로 관찰하고, 촬영한 조직 사진을 이용하여 5000~10000 μm^2 의 시야에 있어서의 마르텐사이트의 면적과 개수를 구하고, 면적을 개수로 나누어 마르텐사이트 결정립 1개당의 면적을 구하고, 그 마르텐사이트를 정방형 근사한 1변을 평균 결정 입경으로 했다.
- [0283] 저Mn 페라이트와 고Mn 페라이트의 면적률의 페라이트 전체의 면적률에 차지하는 비율은 이하와 같이 구했다.
- [0284] 우선, 강판의 압연 방향과 평행한 판두께 단면을 관찰면으로 하여 시료를 채취하고, 관찰면을 기계 연마에 의해 경면으로 마무리한 후, 판두께 1/4 위치에 있어서 FE-EPMA 분석에 의해 5000~10000 μm^2 의 시야에 있어서의 Mn 농도의 분포를 0.1 μm 의 간격으로 측정했다.
- [0285] 그 중으로부터 페라이트의 위치에 상당하는 측정점을 추출하고, 추가로 그의 농도가 강의 Mn 농도의 0.80배 이상 0.95배 이하, 또는 1.05배 이상 2.5배 이하의 측정점을 추출했다. 그리고, 페라이트 전체의 측정점의 수에 대하여, 강의 Mn 농도의 0.80배 이상 0.95배 이하의 측정점의 수 및 1.05배 이상 2.5배 이하의 측정점의 수의 비율을, 각각, 저Mn 페라이트 및 고Mn 페라이트의 면적률이 페라이트 전체의 면적률에 차지하는 비율로 하여 구했다. Mn의 FE-EPMA 분석을 행한 개소에 있어서의 페라이트의 존재 위치의 동정에 대해서는, FE-EPMA에서의 C 농도 분포의 측정에 의해 동정했다.
- [0286] 강 중의 확산성 수소량에 대해서는, 이하의 방법으로 측정했다. 우선, 도금 강판으로부터 5×30mm의 시험편을 잘라냈다. 이어서, 라우터를 사용하여 시험편 표면의 도금을 제거하여 석영관 안에 넣었다. 이어서, 석영관 안을 Ar로 치환한 후, 200℃/hr로 승온하고, 250℃까지 발생한 수소를 가스 크로마토그래피에 의해 측정했다. 이와 같이, 승온 분석법으로 방출 수소량을 측정하고, 실온(25℃)으로부터 210℃ 미만의 온도역에서 검출된 수소량의 누적값을 확산성 수소량으로 했다.
- [0287] 여기에서, 수소량의 측정, 강판의 제조 완료 후(1주일 후)에 행했다.
- [0288] 결과를 표 3에 나타낸다.

표 3

No.	강종	조직					잔류 황산성 수산화물 (질량ppm)	아연 도금층		인장특성			비고	
		페라이트 면적률 (%)	저 Mn 페라이트의 면적률에 차지하는 비율 (%)	고 Mn 페라이트의 면적률에 차지하는 비율 (%)	마르텐사이트의 면적률 (%)	그 외의 상 (*1)		도금량 (g/m ²)	Fe 함량 (질량%)	TS (MPa)	T.El (%)	TS × T.El (MPa·%)		극한 변형능 ε ₁
1	A	50	40	45	6	B	0.18	45	10	1070	16	17120	0.81	발명예
2	A	63	70	12	14	-	0.21	45	10	982	13	12766	0.63	비교예
3	A	55	45	42	12	B	0.16	45	10	1010	15	15150	0.68	비교예
4	A	57	15	10	38	5	0.20	45	10	985	12	11820	0.65	비교예
5	A	38	55	16	58	B	0.22	45	10	1210	10	12100	0.58	비교예
6	B	46	34	54	46	B, γ _R	0.16	35	13	1085	17	18445	0.94	발명예
7	B	58	68	18	35	γ _R	0.18	35	13	990	12	11880	0.64	비교예
8	B	43	51	46	48	B, γ _R	0.19	35	13	1118	17	19006	0.69	비교예
9	B	48	80	10	43	B, γ _R	0.15	35	13	1043	13	13559	0.57	비교예
10	B	43	53	44	48	B, γ _R	0.35	35	13	1115	16	17840	0.51	비교예
11	B	58	41	53	20	P.B	0.13	35	13	683	27	18441	0.96	비교예
12	C	53	45	47	42	B	0.21	50	-	1027	19	19513	0.81	발명예
13	C	65	36	25	25	B	0.18	50	-	733	23	16859	0.66	비교예
14	C	55	12	14	38	B	0.20	50	-	984	12	11808	0.63	비교예
15	D	40	53	34	56	B	0.22	70	8	1218	15	18270	0.74	발명예
16	D	38	55	30	57	B	0.37	70	8	1229	13	15977	0.52	비교예
17	D	43	15	8	53	B	0.18	70	8	1183	11	13013	0.62	비교예
18	E	45	42	48	55	-	0.23	48	11	1206	16	19296	0.82	발명예
19	E	38	83	5	58	B	0.26	48	11	1239	12	14868	0.63	비교예
20	F	50	46	43	46	B	0.14	37	10	1089	17	18513	0.80	발명예
21	F	55	16	13	36	B, γ _R	0.11	37	10	998	14	13972	0.65	비교예
22	G	45	55	35	45	B, γ _R	0.18	50	9	1074	16	17184	0.73	발명예
23	G	50	10	15	46	B	0.15	50	9	1089	13	14157	0.59	비교예
24	H	42	44	52	40	B, γ _R	0.19	55	10	994	19	18886	0.91	발명예
25	H	53	17	25	42	B, γ _R	0.16	55	10	1027	15	15405	0.68	비교예
26	I	50	45	40	45	B	0.17	45	11	1074	16	17184	0.78	발명예
27	J	65	47	44	23	B	0.13	46	10	721	25	18025	0.76	비교예
28	K	15	58	26	70	B	0.24	50	10	1310	9	11790	0.69	비교예
29	L	55	40	43	20	P.B	0.12	45	10	635	25	15875	0.94	비교예

(*1) B: 배이 나이트, γ_R: 잔류 오스테나이트, P: 풀라이트

[0289]

[0290]

본 발명예는 모두, 인장 강도가 980MPa 이상의 고강도이고, 연성의 지표인 TS×T.El이 17000MPa·% 이상, 극한 변형능 ε₁이 0.70 이상의 우수한 변형 특성을 나타낸다.

[0291]

<실시예 2>

[0292]

표 1에 나타내는 성분 조성을 갖고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 강을 전로에서 용제하고, 연속 주조법으로 강 슬래브로 했다. 얻어진 강 슬래브에 대하여, 표 4에 나타내는 조건으로 관두께 3.0mm까지 열간 압연했다. 이어서, 얻어진 열연 강판에 대하여, 산 세정을 실시한 후, 관두께 1.4mm로 냉간 압연하고, 냉연 강판을 제조하여 어닐링에 제공했다. 어닐링은 연속 용융 아연 도금 라인(CGL)에서 행했다. CGL의 통관 조건을 표 4에 나타낸다. 용융 아연 도금 처리의 조건은, 욕온 475℃의 도금욕에 강판을 침지한 후, 인상하고, 가스 와이핑에 의해 도금의 부착량을 여러 가지 조정하고, 그 후, 합금화 처리를 행했다. 또한, 일부의 강판에 대해서는 합금화 처리를 행하지 않고 용융 아연 도금 강판으로 했다. 제1 냉각 공정에 있어서의 냉각 정지 온도는,

500℃로 했다.

- [0293] 상기와 같이 얻어진 아연 도금 강관에 대해서, 인장 특성(인장 강도(TS), 전체 신장(T.E1), 극한 변형능), 강관 조직, 강 중 확산성 수소량을 실시예 1과 마찬가지로 하여 측정했다.
- [0294] 또한, 이하의 요령에 의해, U 굽힘+밀착 굽힘 시험, V 굽힘+직교 VDA 굽힘 시험 및 축압괴 시험을 행했다. 그리고, 이하의 기준에 의해, U 굽힘+밀착 굽힘 굽힘 시험에서의 한계 스페이스 두께(ST), V 굽힘+직교 VDA 굽힘 시험으로 측정되는 하중 최대 시의 스트로크(SFmax) 및, 축압괴 시험에서의 파단(외관 깨짐) 유무를 평가했다.
- [0295] · ST
- [0296] ○: $4.0\text{mm} \geq \text{ST}$
- [0297] · SFmax
- [0298] ○: $26.5\text{mm} \leq \text{SFmax}$
- [0299] · 축압괴 파단(외관 깨짐) 유무
- [0300] ◎: 축압괴 시험 후의 샘플에 외관 깨짐이 관찰되지 않았다.
- [0301] ○: 축압괴 시험 후의 샘플에 외관 깨짐이 1개소 이하 관찰되었다.
- [0302] U 굽힘+밀착 굽힘 시험
- [0303] U 굽힘+밀착 굽힘 시험은 이하와 같이 하여 행했다.
- [0304] 얻어진 아연 도금 강관으로부터, 60mm×30mm의 시험편을 전단·단면 연삭 가공에 의해 채취했다. 여기에서, 60mm의 변(邊)은 폭(C) 방향에 평행하다. 곡률 반경/관두께: 4.2로 압연(L) 방향을 축으로 폭(C) 방향으로 U 굽힘 가공(1차 굽힘 가공)을 실시하여, 시험편을 준비했다. U 굽힘 가공(1차 굽힘 가공)에서는, 도 1(a)에 나타내는 바와 같이, 롤(A1)의 위에 얹은 강관에 대하여, 펀치(B1)를 압입하여 시험편(T1)을 얻었다. 다음으로, 도 1(b)에 나타내는 바와 같이, 하(下) 금형(A2)의 위에 얹은 시험편(T1)에 대하여, 상(上) 금형(B2)으로 압입하는 밀착 굽힘(2차 굽힘 가공)을 실시했다. 도 1(a)에 있어서, D1은 폭(C) 방향, D2는 압연(L) 방향을 나타내고 있다. 또한, 시험편의 사이에는, 후술하는 스페이스 S를 삽입하고 있다.
- [0305] U 굽힘+밀착 굽힘 시험에 있어서의 U 굽힘의 조건은, 이하와 같다.
- [0306] 시험 방법: 롤 지지, 펀치 압입
- [0307] 펀치 선단 R: 5.0mm
- [0308] 롤과 펀치의 클리어런스: 관두께+0.1mm
- [0309] 스트로크 속도: 10mm/min
- [0310] 굽힘 방향: 압연 직각(C) 방향
- [0311] U 굽힘+밀착 굽힘 시험에 있어서의 밀착 굽힘의 조건은, 이하와 같다.
- [0312] 스페이스 두께: 0.5mm 피치로 변화
- [0313] 시험 방법: 다이 지지, 펀치 압입
- [0314] 성형 하중: 10ton
- [0315] 시험 속도: 10mm/min
- [0316] 보존유지 시간: 5s
- [0317] 굽힘 방향: 압연 직각(C) 방향
- [0318] 상기 U 굽힘+밀착 굽힘 시험을 3회 실시하고, 3회 모두 깨짐이 발생하지 않았을 때의 한계 스페이스 두께(ST)를 평가했다. 또한, 라이카 제조 실체 현미경을 이용하여, 25배의 배율로 길이가 200 μm 이상의 균열을 깨짐이라고 판단했다. 또한, ST는, 충돌 시의 내(耐)파단 특성(축압괴 시험에 있어서의 중벽부의 내파단 특성)을 평가하는 지표가 되는 것이다. 결과를 표 5에 나타낸다.

- [0319] V 굽힘+직교 VDA 굽힘 시험
- [0320] V 굽힘+직교 VDA 굽힘 시험은 이하와 같이 하여 행한다.
- [0321] 얻어진 아연 도금 강판으로부터, 60mm×65mm의 시험편을 전단·단면 연삭 가공에 의해 채취했다. 여기에서, 60mm의 변은 압연(L) 방향에 평행하다. 곡률 반경/판두께: 4.2로 폭(C) 방향을 축으로 압연(L) 방향으로 90° 굽힘 가공(1차 굽힘 가공)을 실시하여, 시험편을 준비했다. 90° 굽힘 가공(1차 굽힘 가공)에서는, 도 2(a)에 나타내는 바와 같이, V홈을 갖는 다이(A3)의 위에 얹은 강판에 대하여, 펀치(B3)를 압입하여 시험편(T1)을 얻었다. 다음으로, 도 2(b)에 나타내는 바와 같이, 지지 롤(A4)의 위에 얹은 시험편(T1)에 대하여, 굽힘 방향이 압연 직각 방향이 되도록 하여, 펀치(B4)를 압입하여 직교 굽힘(2차 굽힘 가공)을 실시했다. 도 2(a) 및 도 2(b)에 있어서, D1은 폭(C) 방향, D2는 압연(L) 방향을 나타내고 있다.
- [0322] V 굽힘+직교 VDA 굽힘 시험에 있어서의 V 굽힘의 조건은, 이하와 같다.
- [0323] 시험 방법: 다이 지지, 펀치 압입
- [0324] 성형 하중: 10ton
- [0325] 시험 속도: 30mm/min
- [0326] 보존유지 시간: 5s
- [0327] 굽힘 방향: 압연(L) 방향
- [0328] V 굽힘+직교 VDA 굽힘 시험에 있어서의 VDA 굽힘의 조건은, 이하와 같다.
- [0329] 시험 방법: 롤 지지, 펀치 압입
- [0330] 롤 지름: $\phi 30\text{mm}$
- [0331] 펀치 선단 R: 0.4mm
- [0332] 롤 간 거리: (판두께×2)+0.5mm
- [0333] 스트로크 속도: 20mm/min
- [0334] 시험편 사이즈: 60mm×60mm
- [0335] 굽힘 방향: 압연 직각(C) 방향
- [0336] 상기 VDA 굽힘을 실시했을 때에 얻어지는 스트로크-하중 곡선에 있어서, 하중 최대 시의 스트로크를 구한다. 상기 V 굽힘+직교 VDA 굽힘 시험을 3회 실시했을 때의 당해 하중 최대 시의 스트로크의 평균값을 SFmax(mm)로 했다. 또한, SFmax는, 충돌 시의 내파단 특성(축압괴 시험에 있어서의 굽힘 능선부의 내파단 특성)을 평가하는 지표가 되는 것이다. 결과를 표 5에 나타낸다.
- [0337] 축압괴 시험
- [0338] 얻어진 아연 도금 강판으로부터, 150mm×100mm의 시험편을 전단 가공에 의해 채취했다. 여기에서, 150mm의 변은 압연(L) 방향에 평행하다. 펀치 솔더 반경이 5.0mm이고, 다이 솔더 반경이 5.0mm인 금형을 이용하여, 깊이 40mm가 되도록 성형 가공(굽힘 가공)하고, 도 3(a) 및 도 3(b)에 나타내는 헤트형 부재(10)를 제작했다. 또한, 헤트형 부재의 소재로서 이용한 강판을, 80mm×100mm의 크기로 별도 잘라냈다. 다음으로, 그 잘라낸 후의 강판(20)과, 헤트형 부재(10)를 스팟 용접하여, 도 3(a) 및 도 3(b)에 나타내는 바와 같은 시험용 부재(30)를 제작했다. 도 3(a)는, 헤트형 부재(10)와 강판(20)을 스팟 용접하여 제작한 시험용 부재(30)의 정면도이다. 도 3(b)는, 시험용 부재(30)의 사시도이다. 스팟 용접부(40)의 위치는, 도 3(b)에 나타내는 바와 같이, 강판의 단부와 용접부가 10mm, 용접부 사이가 20mm의 간격이 되도록 했다. 다음으로, 도 3(c)에 나타내는 바와 같이, 시험용 부재(30)를 지판(base plate)(50)과 TIG 용접에 의해 접합하여 축압괴 시험용 샘플을 제작했다. 다음으로, 제작한 축압괴 시험용 샘플에 임팩터(60)를 충돌 속도 10mm/min으로 등속 충돌시키고, 축압괴 시험용의 샘플을 70mm 압괴했다. 도 3(c)에 나타내는 바와 같이, 압괴 방향(D3)은, 시험용 부재(30)의 길이 방향과 평행한 방향으로 했다. 결과를 표 5에 나타낸다.
- [0339] 나노 경도 측정
- [0340] 프레스 성형 시의 우수한 굽힘성과 충돌 시의 우수한 굽힘 파단 특성을 얻기 위해서는, 소지 표층으로부터 표층

연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치에 있어서의 판면의 $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ 의 영역에 있어서, 300점 이상의 나노 경도를 측정했을 때, 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 전체 측정수에 대하여, 소지 강판 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도가 7.0GPa 이상의 측정수의 비율이 0.10 이하인 것이 보다 바람직하다. 나노 경도가 7.0GPa 이상의 비율이 0.10 이하인 경우, 경질인 조직(마르텐사이트 등), 개재물 등의 비율이 작은 것을 의미하기 때문에, 경질인 조직(마르텐사이트 등), 개재물 등의 프레스 성형 시 및 충돌 시의 보이드의 생성·연결 및 균열의 진전을 보다 억제하는 것이 가능해져, 우수한 ST 및 SFmax가 얻어졌다.

[0341] 도금 박리 후, 강판(소지 강판)의 표면에서 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치- $5\mu\text{m}$ 까지 기계 연마하고, 소지 강판의 표면에서 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치까지 다이아몬드 및 알루미늄나로의 버프 연마 후, 콜로이달 실리카 연마를 실시했다. Hysitron사의 tribo-950을 이용하여, 벨코비치 형상의 다이아몬드 압자에 의해,

[0342] 하중: $500\ \mu\text{N}$

[0343] 측정 영역: $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$

[0344] 타점 간격: $2\mu\text{m}$

[0345] 의 조건으로 합계 512점의 나노 경도를 측정했다.

[0346] 이어서, 상기 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/2 위치까지 기계 연마, 다이아몬드 및 알루미늄나로의 버프 연마 및 콜로이달 실리카 연마를 실시했다. Hysitron사의 tribo-950을 이용하여, 벨코비치 형상의 다이아몬드 압자에 의해,

[0347] 하중: $500\ \mu\text{N}$

[0348] 측정 영역: $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$

[0349] 타점 간격: $2\mu\text{m}$

[0350] 의 조건으로 합계 512점의 나노 경도를 측정했다.

표 4

No.	열간 압연			열연 조직	냉간 압연	도금(도금)		연속 어닐링					제1 냉각 (이전도금)	합금화 처리		제2 냉각	재가열				
	가열 온도 (°C)	마무리 압연 온도 (°C)	800~900°C의 평균속도 (°C/s)			권취 온도 (°C)	500~700°C에 있어서의 평균속도 (°C/s)	A ₅₀ 점 (°C)	최고 온도 (°C/s)	D (#1)	로내 수소 농도 (vol%)	로내 온도 (°C)		750°C~550°C의 평균 냉각 속도 (°C/s)	종류			합금화 온도 (°C)	합금화 시간 (s)	도금화 정도 온도 (°C)	재가열 온도 (°C)
30	A	1250	910	60	500	100	50	무	7	883	820	2.0×10 ⁻⁸	10	-17	10	GA	520	10	50	250	60s
31	A	1250	910	60	500	100	50	무	7	883	822	2.0×10 ⁻⁸	10	8	10	GA	520	10	50	250	60s
32	A	1250	910	60	500	100	50	무(Fe)	7	883	824	2.1×10 ⁻⁸	10	-17	10	GA	520	10	50	250	60s
33	A	1250	910	60	500	100	50	무(Fe)	7	883	825	2.4×10 ⁻⁸	10	8	10	GA	520	10	50	250	60s
34	A	1250	910	60	500	100	50	무(Ni)	7	883	825	2.3×10 ⁻⁸	10	8	10	GA	520	10	50	250	60s
35	A	1250	910	60	500	100	50	무	7	883	820	2.0×10 ⁻⁸	10	8	10	GI	없음	없음	50	250	60s
36	A	1250	910	60	500	100	50	무(Fe)	7	883	818	2.5×10 ⁻⁸	10	-17	10	GI	없음	없음	50	250	60s
37	A	1250	910	60	500	100	50	무(Fe)	7	883	815	2.5×10 ⁻⁸	10	8	10	GI	없음	없음	50	250	60s
38	B	1200	910	50	520	82	60	무	20	901	800	2.1×10 ⁻⁸	12	-10	30	GA	540	30	70	300	40s
39	B	1200	910	50	520	82	60	무	20	901	801	2.3×10 ⁻⁸	12	10	30	GA	540	30	70	300	40s
40	B	1200	910	50	520	82	60	무(Fe)	20	901	803	1.8×10 ⁻⁸	12	-10	30	GA	540	30	70	300	40s
41	B	1200	910	50	520	82	60	무(Fe)	20	901	805	1.8×10 ⁻⁸	12	10	30	GA	540	30	70	300	40s
42	B	1200	910	50	520	82	60	무(Ni)	20	901	806	2.1×10 ⁻⁸	12	10	30	GA	540	30	70	300	40s
43	B	1200	910	50	520	82	60	무	20	901	800	2.1×10 ⁻⁸	12	10	30	GI	없음	없음	70	300	40s
44	B	1200	910	50	520	82	60	무(Fe)	20	901	788	1.3×10 ⁻⁸	12	-10	30	GI	없음	없음	70	300	40s
45	B	1200	910	50	520	82	60	무(Fe)	20	901	796	1.3×10 ⁻⁸	12	10	30	GI	없음	없음	70	300	40s
46	G	1180	930	30	500	100	50	무	8	858	790	1.5×10 ⁻⁸	10	-22	10	GA	550	20	40	380	30s
47	G	1180	930	30	500	100	50	무	8	858	792	1.5×10 ⁻⁸	10	5	10	GA	550	20	41	381	30s
48	G	1180	930	30	500	100	50	무(Fe)	8	858	793	1.8×10 ⁻⁸	10	-22	10	GA	550	20	42	382	30s
49	G	1180	930	30	500	100	50	무(Fe)	8	858	795	1.8×10 ⁻⁸	10	5	10	GA	550	20	43	383	30s
50	G	1180	930	30	500	100	50	무(Ni)	8	858	795	1.8×10 ⁻⁸	10	5	10	GA	550	20	44	384	30s
51	G	1180	930	30	500	100	50	무	8	858	790	1.5×10 ⁻⁸	10	5	10	GI	없음	없음	45	385	30s
52	G	1180	930	30	500	100	50	무(Fe)	8	858	788	1.5×10 ⁻⁸	10	-22	10	GI	없음	없음	48	386	30s
53	G	1180	930	30	500	100	50	무(Fe)	8	858	786	1.5×10 ⁻⁸	10	5	10	GI	없음	없음	47	387	30s

(*1) D=Σ((0.486×exp(-33200/(Tm+268))×tm))^{1/2}

[0351]

표 5

No.	조직				경도 수소량 (중량ppm)	표층 (7.0GPa 도금층의 사이)		이연 도금층		편면 나노 경도 나하				인장 특성		U 굽힘+ 밀착 굽힘 ST (mm)	V 굽힘+ 밀착 굽힘 VDA (mm)	비고			
	강화 페라이트 면적률 (%)	TEM 페라이트의 면적률에 차지하는 비율(%)	TEM 페라이트의 면적률에 차지하는 비율(%)	TEM 페라이트의 면적률에 차지하는 비율(%)		연질층 두께 (μm)	결속 금속 부착량 ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)	Hn 7.0GPa 이연 도금층 (%)	Fe 함유량 (중량%)	도금 부착량 ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)	1/4 위치 Hn (GPa)($\times 0.3$) (표준편차)	1/2 위치 Hn (GPa)($\times 0.4$) (표준편차)	TS (MPa)	T.EI (%)	TS×T.EI (MPa·%)				극한 변형능 $\epsilon 1$		
30	A	50	44	45	6	B	0.18	10	45	10	0.13	2.0	2.3	1070	16	17120	0.81	3.5	27.0	○	
31	A	48	45	45	6	B	0.18	38	45	10	0.05	1.3	1.5	1074	17	18258	0.81	2.5	28.1	◎	
32	A	46	48	45	6	B	0.18	14	45	10	0.08	1.5	1.7	1079	16	17264	0.81	3.0	27.5	◎	
33	A	45	54	45	6	B	0.18	48	45	10	0.02	0.7	0.9	1092	17	18394	0.81	1.5	28.9	◎	
34	A	45	50	45	6	B	0.18	50	45	10	0.03	0.8	1.0	1092	17	18394	0.81	2.0	28.8	◎	
35	A	50	44	42	45	6	B	0.18	39	45	10	0.06	1.4	1.5	1070	17	18190	0.81	2.5	27.9	◎
36	A	52	51	40	43	6	B	0.18	15	10.0	0.08	1.5	1.8	1064	16	17024	0.81	3.0	27.4	◎	
37	A	53	51	40	42	6	B, T.F.	0.16	16	35	13	0.14	1.9	2.3	1085	17	18445	0.84	2.0	28.7	◎
38	B	46	48	40	47	5	B, T.F.	0.16	46	35	13	0.04	1.2	1.5	1088	17	18530	0.84	2.5	27.8	◎
39	B	45	55	40	47	5	B, T.F.	0.16	18	12.0	0.16	1.8	1.8	1090	17	18530	0.84	2.5	27.8	◎	
40	B	44	40	45	48	5	B, T.F.	0.16	18	12.0	0.16	0.6	0.8	1092	18	18656	0.84	1.5	28.2	◎	
41	B	43	45	45	49	5	B, T.F.	0.16	52	12.0	0.16	0.7	0.8	1093	18	18674	0.84	1.0	28.1	◎	
42	B	43	45	41	49	5	B, T.F.	0.16	49	12.0	0.16	1.4	1.5	1085	18	18630	0.84	2.0	27.3	◎	
43	B	46	37	40	46	5	B, T.F.	0.16	42	35	13	0.05	1.4	1.9	1080	17	18360	0.84	2.5	27.7	◎
44	B	46	37	38	44	5	B, T.F.	0.16	19	35	13	0.08	1.6	1.9	1080	18	18404	0.84	1.5	28.0	◎
45	B	49	37	36	46	5	B, T.F.	0.16	53	12.0	0.16	0.5	0.7	1076	18	17784	0.84	3.5	26.8	◎	
46	G	45	42	35	47	7	B, T.F.	0.18	9	—	—	0.15	2.1	2.4	1074	16	17184	0.73	3.5	26.8	○
47	G	43	42	35	47	7	B, T.F.	0.18	35	—	—	0.09	1.7	1.9	1078	17	18326	0.73	2.5	27.2	◎
48	G	40	45	40	48	7	B, T.F.	0.18	11	10.0	0.18	1.4	1.6	1078	17	18326	0.73	3.0	27.2	◎	
49	G	40	45	38	50	7	B, T.F.	0.18	40	10.0	0.18	0.7	1.0	1083	17	18411	0.73	2.0	28.4	◎	
50	G	40	46	38	50	7	B, T.F.	0.18	42	10.0	0.18	0.8	1.1	1082	17	18394	0.73	2.0	28.5	◎	
51	G	45	41	42	45	7	B, T.F.	0.18	36	—	—	0.06	1.5	1.7	1074	17	18258	0.73	2.5	27.6	◎
52	G	47	40	41	43	7	B, T.F.	0.18	12	10.0	0.18	1.7	2.0	1070	16	17120	0.73	3.0	27.3	◎	
53	G	49	38	43	41	7	B, T.F.	0.18	43	10.0	0.18	0.6	0.9	1067	17	18139	0.73	2.0	28.6	◎	

(*)1 B베이나이트, T.F. 잔류 오스테나이트
 (*)2 소지 강판 표면으로부터 표층 연질층의 편부께 방향 길이의 1/4 위치의 편면의 나노 경도의 표준 편차 (GPa)
 (*)3 소지 강판 표면으로부터 표층 연질층의 편부께 방향 길이의 1/4 위치의 편면의 나노 경도의 표준 편차 (GPa)
 (*)4 소지 강판 표면으로부터 표층 연질층의 편부께 방향 길이의 1/2 위치의 편면의 나노 경도의 표준 편차 (GPa)

[0352]

[0353]

[0354]

[0355]

본 발명예는 모두, 인장 강도가 980MPa 이상의 고강도이고, 연성의 지표인 TS×T.EI이 17000MPa·% 이상, 극한 변형능 $\epsilon 1$ 이 0.70 이상의 우수한 변형 특성을 나타냈다.

또한, 표 5에 나타내는 바와 같이, 본 발명예에서는 모두, U 굽힘+밀착 굽힘 굽힘 시험에서의 한계 스페이서 두께(ST) 및, V 굽힘+직교 VDA 굽힘 시험으로 측정되는 하중 최대 시의 스트로크(SFmax)의 전체가 합격이고, 축압괴 시험에서의 파단(외관 깨짐)은 없었다.

또한, 노점이 -30°C 이상 -20°C 이하의 범위인 No. 46, 48, 52 중, No. 46은, 연질층 두께가 $14\mu\text{m}$ 이하가 되고, 축압괴 시험에서의 파단(외관 깨짐)의 판정은 「○」였다. 한편, 연질층 두께가 $14\mu\text{m}$ 이하에서도 금속 도금층을 갖는 No. 48, 52는, 축압괴 시험에서의 파단(외관 깨짐)의 판정은 「◎」였다.

[0356] 또한, 표 5에 나타내는 바와 같이, 제조 조건에 있어서 금속 도금 공정에 있어서의 금속 도금 처리를 행하는 것 및/또는 연속 어닐링 공정에 있어서의 분위기에서 노점: -5°C 이상으로 함으로써, 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도가 7.0GPa 이상의 측정수 비율이, 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 전체 측정수에 대하여 0.10 이하이고, 또한, 소지 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/4 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 가 1.8GPa 이하이고, 또한, 소지 강관 표면으로부터 표층 연질층의 판두께 방향 깊이의 1/2 위치의 판면의 나노 경도의 표준 편차 σ 가 2.2GPa 이하인 아연 도금 강관을 얻을 수 있고, 축압과 시험에서의 파단(외관 깨짐)의 판정을 「◎」로 함과 함께, ST 및 SFmax의 쌍방을 우수한 것으로 할 수 있었다.

[0357] (부재)

[0358] 본 발명예의 아연 도금 강관을 이용하여, 성형 가공을 실시하여 얻은 부재, 접합 가공을 실시하여 얻은 부재, 추가로 성형 가공 및 접합 가공을 실시하여 얻은 부재는, 본 발명예의 아연 도금 강관이 우수한 균일 변형 특성 및 국소 변형 특성을 갖고, 또한 인장 강도 TS가 980MPa 이상인 점에서, 본 발명예의 아연 도금 강관과 마찬가지로, 우수한 균일 변형 특성 및 국소 변형 특성을 갖고, 또한 인장 강도 TS가 980MPa 이상인 것을 알 수 있었다.

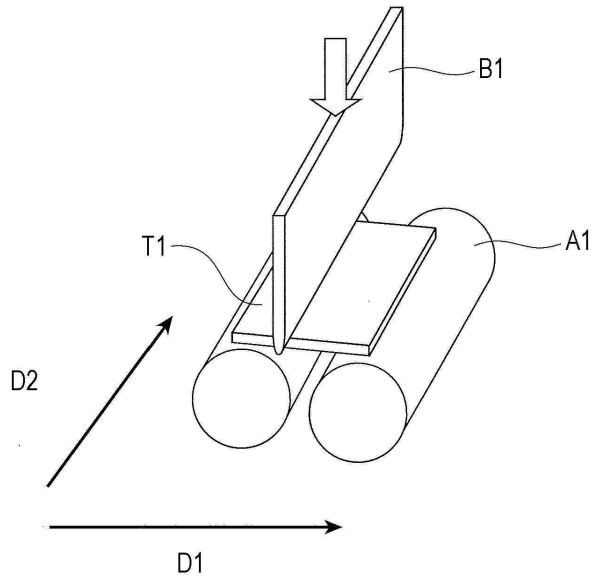
부호의 설명

- [0359] 10 : 헤트형 부재
- 20 : 아연 도금 강관
- 30 : 시험용 부재
- 40 : 스팟 용접부
- 50 : 지판
- 60 : 임팩터
- A1 : 다이
- A2 : 지지 롤
- A3 : 다이
- A4 : 지지 롤
- B1 : 편치
- B2 : 편치
- B3 : 편치
- B4 : 편치
- D1 : 폭(C) 방향
- D2 : 압연(L) 방향
- D3 : 압과 방향
- S : 스페이서
- T1 : 시험편

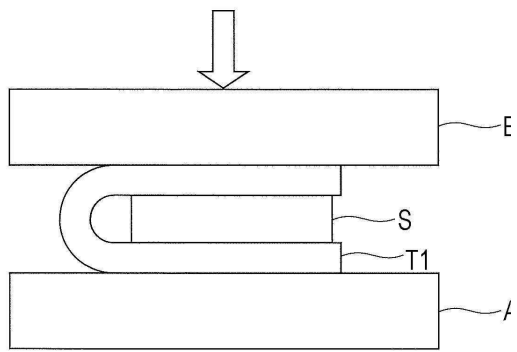
도면

도면1

(a)

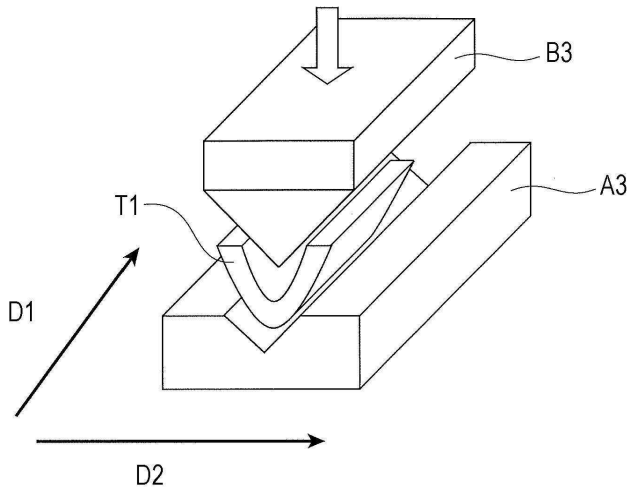


(b)

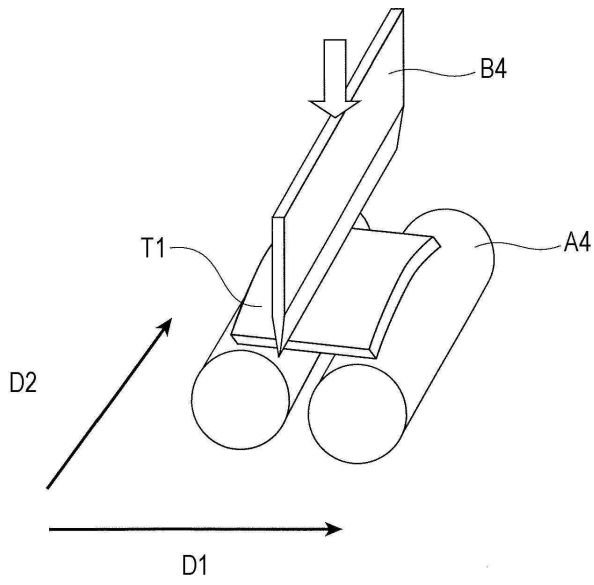


도면2

(a)



(b)



도면3

