



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0044386  
(43) 공개일자 2025년03월31일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C22C 38/04 (2006.01) C21D 3/04 (2006.01)  
C21D 9/46 (2006.01) C22C 38/02 (2006.01)  
C22C 38/06 (2006.01) C23C 2/06 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
C22C 38/04 (2013.01)  
C21D 3/04 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2025-7006629
- (22) 출원일자(국제) 2023년09월06일  
심사청구일자 2025년02월27일
- (85) 번역문제출일자 2025년02월27일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2023/032483
- (87) 국제공개번호 WO 2024/053663  
국제공개일자 2024년03월14일
- (30) 우선권주장  
JP-P-2022-141608 2022년09월06일 일본(JP)

- (71) 출원인  
닛폰세이테츠 가부시카이가이샤  
일본 도쿄도 지요다꾸 마루노우찌 2쵸메 6방 1고
- (72) 발명자  
미즈노부 다쿠야  
일본 1008071 도쿄도 치요다꾸 마루노우치 2쵸메 6방 1고 닛폰세이테츠 가부시카이가이샤 내  
요코야마 다카후미  
일본 1008071 도쿄도 치요다꾸 마루노우치 2쵸메 6방 1고 닛폰세이테츠 가부시카이가이샤 내  
다케바야시 히로시  
일본 1008071 도쿄도 치요다꾸 마루노우치 2쵸메 6방 1고 닛폰세이테츠 가부시카이가이샤 내
- (74) 대리인  
양영준, 최인호, 성재동

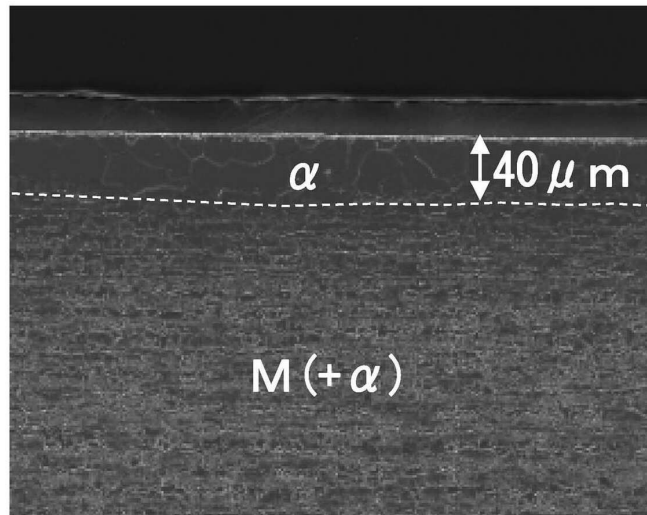
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 도금 강판

(57) 요약

높은 내LME성을 갖는 도금 강판을 제공한다. 본 발명의 도금 강판은, 소정의 화학 성분을 갖고, 모재 강판과 도금층의 계면을 기점으로 하여, 모재 강판의 깊이 방향에 있어서, GDS로 측정된 C 농도가 0.05% 이하인 깊이가 10 $\mu$ m 이상이고, 모재 강판 표면으로부터의 깊이 방향에 있어서, 페라이트상의 면적률이 90% 이상인 층의 두께가 20 $\mu$ m 이상이고, 모재 강판과 도금층의 계면의 조도가 Ra로 3.0 $\mu$ m 이하인 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*C21D 9/46* (2013.01)

*C22C 38/02* (2013.01)

*C22C 38/06* (2013.01)

*C23C 2/06* (2013.01)

*C21D 2211/005* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

모재 강판의 편면 또는 양면에 Zn을 함유하는 도금층을 구비하는 인장 강도가 780MPa 이상인 도금 강판이며, 화학 성분이, 질량%로,

C: 0.05 내지 0.40%,

Si: 0.7 내지 3.0%,

Mn: 0.1 내지 5.0%,

sol.Al: 0.7 내지 2.0%,

P: 0.0300% 이하,

S: 0.0300% 이하,

N: 0.0100% 이하,

B: 0 내지 0.010%,

Ti: 0 내지 0.150%,

Nb: 0 내지 0.150%,

V: 0 내지 0.150%,

Cr: 0 내지 2.00%,

Ni: 0 내지 2.00%,

Cu: 0 내지 2.00%,

Mo: 0 내지 1.00%,

W: 0 내지 1.00%,

Ca: 0 내지 0.100%,

Mg: 0 내지 0.100%,

Zr: 0 내지 0.100%,

Hf: 0 내지 0.100%,

REM: 0 내지 0.100%

를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불순물이며,

Si와 sol.Al의 함유량의 합계값이 1.8% 이상이고,

상기 모재 강판과 상기 도금층의 계면을 기점으로 하여, 상기 도금 강판의 깊이 방향에 있어서, GDS로 측정된 C 농도가 0.05% 이하인 깊이가 10 $\mu$ m 이상이고,

상기 모재 강판과 상기 도금층의 계면을 기점으로 하여, 상기 도금 강판의 깊이 방향에 있어서, 페라이트상의 면적률이 90% 이상인 층의 두께가 20 $\mu$ m 이상이고,

상기 모재 강판과 상기 도금층의 계면의 조도가 Ra로 3.0 $\mu$ m 이하이며,

상기 도금층이, 질량%로, 3.0% 미만의 Fe를 함유하고, 잔부가 Zn 및 불순물인

것을 특징으로 하는 도금 강판.

**청구항 2**

제1항에 있어서,

상기 모재 강판과 상기 도금층의 계면의 조도가 Ra로 2.0 $\mu$ m 이하인 것을 특징으로 하는 도금 강판.

**청구항 3**

제1항에 있어서,

상기 모재 강판과 상기 도금층의 계면을 기점으로 하여, 상기 도금 강판의 깊이 방향에 있어서, GDS로 측정된 C 농도가 0.05% 이하인 깊이가 20 $\mu$ m 이상인 것을 특징으로 하는 도금 강판.

**청구항 4**

제1항에 있어서,

상기 모재 강판과 상기 도금층의 계면을 기점으로 하여, 상기 도금 강판의 깊이 방향에 있어서, 페라이트상의 면적률이 90% 이상인 층의 두께가 30 $\mu$ m 이상인 것을 특징으로 하는 도금 강판.

**청구항 5**

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 도금층이, 상기 Zn의 일부 대신에, 질량%로, Al: 0 내지 30.0%, 및 Mg: 0 내지 10.0%를 함유하는 것을 특징으로 하는 도금 강판.

**청구항 6**

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 도금층이, 상기 Zn의 일부 대신에, 질량%로, Al: 10.0 내지 30.0%, 및 Mg: 4.5 내지 10.0%를 함유하는 것을 특징으로 하는 도금 강판.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 도금 강판에 관한 것이다. 보다 구체적으로는, 본 발명은 높은 내LME성을 갖는 도금 강판에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 근년, 자동차, 가전 제품, 건재 등의 다양한 분야에서 사용되는 강판에 대하여 고강도화가 진행되고 있다. 예를 들어, 자동차 분야에 있어서는, 연비 향상을 위해 차체의 경량화를 목적으로 하여, 고강도 강판의 사용이 증가하고 있다.

[0003] 아연계 도금을 실시한 강판, 특히 고강도의 강판의 용접에서는, 예를 들어 특허문헌 1에 기재되어 있는 바와 같이, 액체 금속 취화(LME) 균열에 의한 용접성의 저하가 문제가 되는 경우가 있다. LME 균열은, 용접 시에 강판의 표층부가 오스테나이트로 변태하고, 그 입계에 침입한 용융 아연이 강판을 취화시키고, 또한 용접 시에 인장 응력이 강판에 가해짐으로써, 발생하는 것으로 생각된다.

[0004] 또한, 비특허문헌 1이 개시하는 바와 같이, LME 균열에 관하여, 페라이트상의 입계는, LME 감수성이 오스테나이트 입계보다 낮은 것이 알려져 있다.

[0005] 또한, 특허문헌 2는, LME 균열을 억제하여 용접성을 개선한 강판으로서, 강판의 표층부에, 입경 20nm 이상의 Si 산화물 입자가 3000 내지 6000개/mm<sup>2</sup>의 개수 밀도로, 적절한 입경 분포로 존재하는 강판을 개시하고 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0006] (특허문헌 0001) 국제 공개 제2019/116531호  
(특허문헌 0002) 국제 공개 제2020/218575호

**비특허문헌**

- [0007] (비특허문헌 0001) Influence of the starting microstructure of an advanced high strength steel on the characteristics of Zn-Assisted liquid metal embrittlement, D. Bhattacharya et. al., Materials Science and Engineering: A, Vol. 804, 2021

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0008] LME 균열을 방지하기 위해, 도금층에 포함되는 Zn 등이, 오스테나이트 변태한 강판 중에 침입하는 것을 억제하는 것이 유효하다. 이 점에 있어서는, 개선의 여지가 있다.
- [0009] 본 발명은, 이러한 실정에 비추어, 높은 내LME성을 갖는 도금 강판을 제공하는 것을 과제로 하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

- [0010] 본 발명자들은, 상기 과제를 해결하기 위한 수단을 예의 검토하였다. 그 결과, 강판 중에 Si, Al을 다량으로 함유시키고, 강판을 적절한 표면 상태로 하여 고노점 어닐링을 실시함으로써, 강판 표층이 탈탄되고, 또한 페라이트( $\alpha$ )상이 안정화되어, 강판 표층이 C의 고용량이 낮은 페라이트상으로 덮이고, 그 결과, 이 강판을 사용한 도금 강판에 있어서 LME를 억제하는 것이 가능하게 된다는 것을 알아냈다.
- [0011] 본 발명은 상기의 지견에 기초하여, 추가로 검토를 진행시켜 이루어진 것이며, 그 요지는 이하와 같다.
- [0012] (1) 모재 강판의 편면 또는 양면에 Zn을 함유하는 도금층을 구비하는 인장 강도가 780MPa 이상인 도금 강판이며, 상기 모재 강판의 화학 성분이, 질량%로, C: 0.05 내지 0.40%, Si: 0.7 내지 3.0%, Mn: 0.1 내지 5.0%, sol.Al: 0.7 내지 2.0%, P: 0.0300% 이하, S: 0.0300% 이하, N: 0.0100% 이하, B: 0 내지 0.010%, Ti: 0 내지 0.150%, Nb: 0 내지 0.150%, V: 0 내지 0.150%, Cr: 0 내지 2.00%, Ni: 0 내지 2.00%, Cu: 0 내지 2.00%, Mo: 0 내지 1.00%, W: 0 내지 1.00%, Ca: 0 내지 0.100%, Mg: 0 내지 0.100%, Zr: 0 내지 0.100%, Hf: 0 내지 0.100%, REM: 0 내지 0.100%를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불순물이며, Si와 sol.Al의 함유량의 합계값이 1.8% 이상이고, 상기 모재 강판과 상기 도금층의 계면을 기점으로 하여, 상기 도금 강판의 깊이 방향에 있어서, GDS로 측정된 C 농도가 0.05% 이하인 깊이가 10 $\mu$ m 이상이고, 상기 모재 강판과 상기 도금층의 계면을 기점으로 하여, 상기 도금 강판의 깊이 방향에 있어서, 페라이트상의 면적률이 90% 이상인 층의 두께가 20 $\mu$ m 이상이고, 상기 모재 강판과 상기 도금층의 계면의 조도가 Ra로 3.0 $\mu$ m 이하이며, 상기 도금층이, 질량%로, 3.0% 미만의 Fe를 함유하고, 잔부가 Zn 및 불순물인 것을 특징으로 하는 도금 강판.
- [0013] (2) 상기 모재 강판과 상기 도금층의 계면의 조도가 Ra로 2.0 $\mu$ m 이하인 것을 특징으로 하는 상기 (1)의 용융 아연 도금 강판.
- [0014] (3) 상기 모재 강판과 상기 도금층의 계면을 기점으로 하여, 상기 도금 강판의 깊이 방향에 있어서, GDS로 측정된 C 농도가 0.05% 이하인 깊이가 20 $\mu$ m 이상인 것을 특징으로 하는 상기 (1)의 도금 강판.
- [0015] (4) 상기 모재 강판과 상기 도금층의 계면을 기점으로 하여, 상기 도금 강판의 깊이 방향에 있어서, 페라이트상의 면적률이 90% 이상인 층의 두께가 30 $\mu$ m 이상인 것을 특징으로 하는 상기 (1)의 도금 강판.
- [0016] (5) 상기 도금층이, 상기 Zn의 일부 대신에, 질량%로, Al: 0 내지 30.0%, 및 Mg: 0 내지 10.0%를 함유하는 것을 특징으로 하는 상기 (1) 내지 (4) 중 어느 것의 도금 강판.
- [0017] (6) 상기 도금층이, 상기 Zn의 일부 대신에, 질량%로, Al: 10.0 내지 30.0%, 및 Mg: 4.5 내지 10.0%를 함유하는 것을 특징으로 하는 상기 (1) 내지 (4) 중 어느 것의 도금 강판.

**발명의 효과**

[0018] 본 발명에 따르면, 높은 내LME성을 갖는 도금 강관을 얻을 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0019] 도 1은 본 발명의 도금 강관의 표층에 형성된 층상의 페라이트상을 나타내는 도면이다.

도 2는 실시예에 있어서의 내LME성 평가를 설명하는 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0020] 이하, 본 발명에 대하여 설명한다. 본 발명은 이하의 실시 형태에 한정되는 것은 아니다. 먼저, 본 발명의 도금 강관에 있어서, 내LME성을 향상시키는 개략을 설명한다.

[0021] LME 균열은, 스폿 용접 시에 도금 강관의 모재 강관의 표층부가 가열되어 표층부의 강관 조직이 오스테나이트로 변태하고, 오스테나이트의 입계를 따라 용융 도금이 강관 조직 내에 침입함으로써 결정립계가 취화됨으로써 생긴다. 용접 시에는 인장 응력이 모재 강관에 가해지기 때문에, LME 균열이 생기는 것으로 생각된다. 본 발명의 도금 강관은, 모재 강관의 표층에 형성된 조직에 의해, 내LME성을 향상시킨다. 또한, 본 명세서에서, 모재 강관의 표층이란, 모재 강관의 최표면으로부터 100 $\mu$ m 정도의 깊이까지의 범위를 말하는 것으로 한다.

[0022] LME 균열은, 스폿 용접 시에 강관의 표층부가 가열되어 표층부의 강관 조직이 오스테나이트로 변태하고, 오스테나이트의 입계를 따라 용융 도금이 강관 조직 내에 침입함으로써 결정립계가 취화됨으로써 생긴다. 용접 시에는 인장 응력이 강관에 가해지기 때문에, LME 균열이 생기는 것으로 생각된다. 본 발명의 강관은, 표층에 형성된 조직에 의해, 내LME성을 향상시킨다. 또한, 본 명세서에서, 강관의 표층이란, 강관의 최표면으로부터 100 $\mu$ m의 깊이까지의 범위를 말하는 것으로 한다.

[0023] 단, 강관 표층에 있어서의 C 농도가 낮은 경우에도, 표층의 조직에 LME 감수성이 큰 오스테나이트( $\gamma$ ) 등이 많으면, 내LME성의 저하로 이어지는 경우가 있다고 생각된다. 그래서, 본 실시 형태에 있어서의 강관은, 모재 강관과 도금층의 계면으로부터의 깊이 방향에 있어서, 페라이트상의 면적률이 90% 이상인 층의 두께가 20 $\mu$ m 이상으로 한다. 또한, 본 발명의 도금 강관에 있어서는, 종래, 강관 중에 함유되면 내LME성을 저하시키는 것으로 알려져 있던 Si를 다량으로 함유시킨다. 이것은, 본 발명자들의 검토의 결과, 종래의 지견과는 반대로, Si 및 sol.Al을 모두 다량으로 함유시킴으로써, 내LME성이 향상된다는 것을 알아냈기 때문이다.

[0024] 본 발명에 있어서는, 강관의 표면 조도를 크게 하지 않고 표층에 강한 변형을 부여함과 함께 고노점 하에서 강관에 어닐링을 실시한다. 이에 의해, 산소가 강관 내부로 확산되어 내부 산화물이 형성되고, 외부 산화물의 형성을 억제하는 것이 가능하게 된다. 이에 의해, 강관 표층의 C 농도를 저하시키고, 또한 Si와 Al의 복합 첨가의 효과로 페라이트를 안정화할 수 있기 때문이라고 생각된다.

[0025] 즉, 본 발명의 도금 강관은, Si 및 sol.Al의 높은 함유량, 어닐링 전의 표층에 대한 변형의 부여, 어닐링 시의 노점의 제어가 복합된 효과에 의해, 강관의 표층에, C 농도가 낮고, 또한 페라이트의 면적률이 높은 층을 형성함으로써, 내LME성의 향상을 가능하게 한 것이다.

[0026] 이하, 본 발명에 대하여 상세하게 설명한다.

[0027] 먼저, 모재 강관의 화학 성분에 대하여 설명한다. 이하, 화학 성분에 관한 「%」는 「질량%」를 의미하는 것으로 한다. 또한, 화학 성분에 있어서의 수치 범위에 있어서, 「내지」를 사용하여 표시되는 수치 범위는, 「내지」의 전후에 기재되는 수치를 하한값 및 상한값으로서 포함하는 범위를 의미한다.

[0028] (C: 0.05 내지 0.40%)

[0029] C(탄소)는 강의 강도를 확보하는 원소이다. 본 발명이 대상으로 하는 780MPa 이상의 인장 강도를 얻기 위해, 용접성과의 밸런스를 고려하여, 또한 모재 강관의 표층의 C 농도가 너무 높아지지 않도록, C의 함유량은 0.05 내지 0.40%로 한다. C의 함유량이 너무 크면, 후술하는 고노점 어닐링에 의해서도, 표층의 C 농도가 낮아지지 않고, 페라이트 분율이 높아지지 않게 된다. C의 함유량은, 0.07% 이상, 0.10% 이상, 또는 0.12% 이상이어도 된다. C의 함유량은 0.35% 이하, 0.30% 이하, 또는 0.25% 이하여도 된다.

[0030] (Si: 0.7 내지 3.0%, sol.Al: 0.7 내지 2.0%, Si+sol.Al $\geq$ 1.8%)

- [0031] Si(규소)는 Al(알루미늄)과 복합 첨가됨으로써, 페라이트 안정화와 탈탄을 촉진하는 원소이다. 이러한 내LME성 향상의 효과를 얻기 위해서는, Si: 0.7 내지 3.0%, sol.Al: 0.7 내지 2.0%를 함유시키고, 또한 Si와 sol.Al의 함유량의 합계값을 1.8% 이상으로 한다. Si와 sol.Al의 함유량이 이러한 수치 범위를 충족시킴으로써, 본 실시 형태의 강관의 제조 공정의 열처리에 있어서 강관 표층부의 탈탄을 촉진함과 함께 표층부의 페라이트를 안정화시킬 수 있기 때문이다. sol.Al이란, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 등의 산화물로 되어 있지 않고, 산에 가용되는 산 가용 Al을 의미하고, Al의 분석 과정에서 생기는, 여과지 상의 불용해 잔사를 공제하여 측정된 Al로서 구해진다. Si의 함유량은 0.8% 이상, 0.9% 이상, 또는 1.0% 이상이어도 된다. Si의 함유량은 2.8% 이하, 2.5% 이하, 또는 2.0% 이하여도 된다. sol.Al의 함유량은, 0.8% 이상, 0.9% 이상, 또는 1.0% 이상이어도 된다. sol.Al의 함유량은, 1.8% 이하, 1.6% 이하, 또는 1.5% 이하여도 된다. Si와 sol.Al의 함유량의 합계값은, 1.9% 이상, 또는 2.0% 이상이어도 된다.
- [0032] (Mn: 0.1 내지 5.0%)
- [0033] Mn(망간)은 경질 조직을 얻음으로써 강의 강도를 향상시키는 데 유효한 원소이다. 강의 강도와, Mn 편석에 의한 가공성의 저하의 밸런스를 고려하여, Mn의 함유량은 0.1 내지 5.0%로 한다. Mn의 함유량은, 0.5% 이상, 1.0% 이상, 또는 1.5% 이상이어도 된다. Mn의 함유량은, 4.5% 이하, 4.0% 이하, 또는 3.5% 이하여도 된다.
- [0034] (P: 0.0300% 이하)
- [0035] P(인)는 일반적으로 강에 함유되는 불순물이다. P의 함유량이 0.0300% 초과이면 용접성이 저하될 우려가 있다. 따라서, P의 함유량은 0.0300% 이하로 한다. P의 함유량은 0.0200% 이하, 0.0100% 이하, 또는 0.0050% 이하여도 된다. P는 함유되지 않는 것이 바람직하고, P의 함유량의 하한은 0%이다. 탈인 비용의 관점에서, P의 함유량은 0% 초과, 0.0001% 이상, 또는 0.0005% 이상이어도 된다.
- [0036] (S: 0.0300% 이하)
- [0037] S(황)는 일반적으로 강에 함유되는 불순물이다. S의 함유량이 0.0300% 초과이면 용접성이 저하되고, 또한 MnS의 석출량이 증가하여 굽힘성 등의 가공성이 저하될 우려가 있다. 따라서, S의 함유량은 0.0300% 이하로 한다. S의 함유량은 0.0100% 이하, 0.0050% 이하, 0.0030% 이하, 0.0020% 이하, 또는 0.0010% 이하여도 된다. S는 함유되지 않는 것이 바람직하고, S의 함유량의 하한은 0%이다. 탈황 비용의 관점에서, S의 함유량은 0% 초과, 0.0001% 이상, 또는 0.0005% 이상이어도 된다.
- [0038] (N: 0.0100% 이하)
- [0039] N(질소)은 일반적으로 강에 함유되는 불순물이다. N의 함유량이 0.0100% 초과이면 용접성이 저하될 우려가 있다. 따라서, N의 함유량은 0.0100% 이하로 한다. N의 함유량은 0.0080% 이하, 0.0050% 이하, 0.0030% 이하, 0.0020% 이하, 또는 0.0010% 이하여도 된다. N은 함유되지 않는 것이 바람직하고, N의 함유량의 하한은 0%이다. 제조 비용의 관점에서 N의 함유량은 0% 초과, 0.0001% 이상, 0.0002% 이상, 0.0003% 이상, 또는 0.0005% 이상이어도 된다.
- [0040] (B: 0 내지 0.010%)
- [0041] B(붕소)는 퀴칭성을 높여서 강도의 향상에 기여하고, 또한 입계에 편석하여 입계를 강화하여 인성을 향상시키는 원소이기 때문에, 필요에 따라 함유하고 있어도 된다. 필수적인 원소가 아니므로 B의 함유량의 하한은 0%이다. 이 효과는 미량의 함유로도 얻어지지만, 함유시키는 경우의 B의 함유량은, 0.0001% 이상인 것이 바람직하다. B의 함유량은 0.0002% 이상, 0.0003% 이상, 0.0005% 이상, 0.0007% 이상, 또는 0.0010% 이상이어도 된다. 한편, 충분한 인성을 확보하는 관점에서, B의 함유량은 0.010% 이하로 한다. B의 함유량은 0.0080% 이하, 0.0060% 이하, 0.0050% 이하, 0.0040% 이하, 또는 0.0030% 이하여도 된다.
- [0042] (Ti: 0 내지 0.150%)
- [0043] Ti(티탄)는 TiC로서 강의 냉각 중에 석출되어, 강도의 향상에 기여하는 원소이기 때문에, 필요에 따라 함유하고 있어도 된다. 필수적인 원소가 아니므로 Ti의 함유량의 하한은 0%이다. 이 효과는 미량의 함유로도 얻어지지만, 함유시키는 경우의 Ti의 함유량은, 0.0001% 이상인 것이 바람직하다. Ti의 함유량은 0.0002% 이상, 0.0003% 이상, 0.0005% 이상, 0.0007% 이상, 또는 0.0010% 이상이어도 된다. 한편, 과잉으로 함유하면 조대한 TiN이 생성되어 인성이 손상될 우려가 있기 때문에, Ti의 함유량은 0.150% 이하로 한다. Ti의 함유량은

0.1000% 이하, 0.0500% 이하, 0.0300% 이하, 0.0200% 이하, 0.0100% 이하, 0.0050% 이하, 또는 0.0030% 이하여도 된다.

[0044] (Nb: 0 내지 0.150%)

[0045] Nb(니오븀)는 퀴칭성의 향상을 통하여 강도의 향상에 기여하는 원소이기 때문에, 필요에 따라 함유하고 있어도 된다. 필수적인 원소가 아니므로 Nb의 함유량의 하한은 0%이다. 이 효과는 미량의 함유로도 얻어지지만, 함유시키는 경우의 Nb의 함유량은, 0.001% 이상인 것이 바람직하다. Nb의 함유량은 0.002% 이상, 0.003% 이상, 0.005% 이상, 또는 0.008% 이상이어도 된다. 한편, 충분한 인성을 확보하는 관점에서, Nb의 함유량은, 0.150% 이하로 한다. Nb의 함유량은 0.100% 이하, 0.060% 이하, 0.050% 이하, 0.040% 이하, 또는 0.030% 이하여도 된다.

[0046] (V: 0 내지 0.150%)

[0047] V(바나듐)는 퀴칭성의 향상을 통하여 강도의 향상에 기여하는 원소이기 때문에, 필요에 따라 함유하고 있어도 된다. 필수적인 원소가 아니므로 V의 함유량의 하한은 0%이다. 이 효과는 미량의 함유로도 얻어지지만, 함유시키는 경우의 V의 함유량은, 0.001% 이상인 것이 바람직하다. V의 함유량은 0.002% 이상, 0.003% 이상, 또는 0.005% 이상이어도 된다. 한편, 충분한 인성을 확보하는 관점에서, V의 함유량은, 0.150% 이하로 한다. V의 함유량은 0.100% 이하, 0.060% 이하, 0.050% 이하, 0.040% 이하, 0.030% 이하, 또는 0.020% 이하여도 된다.

[0048] (Cr: 0 내지 2.00%)

[0049] Cr(크롬)은 강의 퀴칭성을 높여, 강의 강도를 높이는 데 유효하기 때문에, 필요에 따라 함유하고 있어도 된다. 필수적인 원소가 아니므로 Cr의 함유량의 하한은 0%이다. 이 효과는 미량의 함유로도 얻어지지만, 함유시키는 경우의 Cr의 함유량은, 0.001% 이상으로 하는 것이 바람직하다. Cr의 함유량은 0.01% 이상, 0.02% 이상, 0.03% 이상, 0.05% 이상, 또는 0.08% 이상이어도 된다. 한편, 과잉으로 함유하면 Cr 탄화물이 다량으로 형성되어, 반대로 퀴칭성이 손상될 우려가 있기 때문에, Cr의 함유량은 2.00% 이하로 한다. Cr의 함유량은 1.80% 이하, 1.50% 이하, 1.20% 이하, 1.00% 이하, 0.70% 이하, 0.50% 이하, 또는 0.30% 이하여도 된다.

[0050] (Ni: 0 내지 2.00%)

[0051] Ni(니켈)는 강의 퀴칭성을 높여, 강의 강도를 높이는 데 유효하기 때문에, 필요에 따라 함유하고 있어도 된다. 필수적인 원소가 아니므로 Ni의 함유량의 하한은 0%이다. 이 효과는 미량의 함유로도 얻어지지만, 함유시키는 경우의 Ni의 함유량은, 0.001% 이상인 것이 바람직하다. Ni의 함유량은 0.01% 이상, 또는 0.02% 이상이어도 된다. 한편, Ni의 과잉의 첨가는 비용이 상승하기 때문에, Ni의 함유량은 2.00% 이하로 한다. Ni의 함유량은 1.80% 이하, 1.50% 이하, 1.20% 이하, 1.00% 이하, 0.80% 이하, 0.50% 이하, 0.30% 이하, 0.20% 이하, 0.10% 이하, 또는 0.05% 이하여도 된다.

[0052] (Cu: 0 내지 2.00%)

[0053] Cu(구리)는 강의 퀴칭성을 높여, 강의 강도를 높이는 데 유효하기 때문에, 필요에 따라 함유하고 있어도 된다. 필수적인 원소가 아니므로 Cu의 함유량의 하한은 0%이다. 이 효과는 미량의 함유로도 얻어지지만, 함유시키는 경우의 Cu의 함유량은, 0.0001% 이상인 것이 바람직하다. Cu의 함유량은 0.0002% 이상, 0.0003% 이상, 또는 0.0005% 이상이어도 된다. 한편, 인성 저하나 주조 후의 슬래브의 균열을 억제하는 관점에서, Cu의 함유량은 2.00% 이하로 한다. Cu의 함유량은 1.8000% 이하, 1.5000% 이하, 1.2000% 이하, 1.0000% 이하, 0.5000% 이하, 0.1000% 이하, 0.0500% 이하, 0.0100% 이하, 0.0050% 이하, 0.0030% 이하, 또는 0.0020% 이하여도 된다.

[0054] (Mo: 0 내지 1.00%)

[0055] Mo(몰리브덴)는 강의 퀴칭성을 높여, 강의 강도를 높이는 데 유효하기 때문에, 필요에 따라 함유하고 있어도 된다. 필수적인 원소가 아니므로 Mo의 함유량의 하한은 0%이다. 이 효과는 미량의 함유로도 얻어지지만, 함유시키는 경우의 Mo의 함유량은, 0.001% 이상인 것이 바람직하다. Mo의 함유량은 0.01% 이상, 0.02% 이상, 0.03% 이상, 0.05% 이상, 또는 0.08% 이상이어도 된다. 한편, 인성의 저하를 억제하는 관점에서, Mo의 함유량은 1.00% 이하로 한다. Mo의 함유량은 0.90% 이하, 0.70% 이하, 0.50% 이하, 또는 0.30% 이하여도 된다.

- [0056] (W: 0 내지 1.00%)
- [0057] W(텅스텐)는 강의 켈칭성을 높여, 강의 강도를 높이는 데 유효하기 때문에, 필요에 따라 함유하고 있어도 된다. 필수적인 원소가 아니므로 W의 함유량의 하한은 0%이다. 이 효과는 미량의 함유로도 얻어지지만, 함유시키는 경우의 W의 함유량은, 0.001% 이상인 것이 바람직하다. W의 함유량은 0.002% 이상, 0.005% 이상, 또는 0.01% 이상이어도 된다. 한편, 인성의 저하를 억제하는 관점에서, W의 함유량은 1.00% 이하로 한다. W의 함유량은 0.90% 이하, 0.70% 이하, 0.50% 이하, 0.30% 이하, 0.10% 이하, 0.05% 이하, 또는 0.03% 이하여도 된다.
- [0058] (Ca: 0 내지 0.100%)
- [0059] Ca(칼슘)는 개재물 제어, 특히 개재물의 미세 분산화에 기여하여, 인성을 높이는 작용을 갖는 원소이기 때문에, 필요에 따라 함유하고 있어도 된다. 필수적인 원소가 아니므로 Ca의 함유량의 하한은 0%이다. 이 효과는 미량의 함유로도 얻어지지만, 함유시키는 경우의 Ca의 함유량은, 0.0001% 이상인 것이 바람직하다. Ca의 함유량은 0.0002% 이상이어도 된다. 한편, 과잉으로 함유하면 표면 성상의 열화가 현재화되는 경우가 있기 때문에, Ca의 함유량은 0.100% 이하로 한다. Ca의 함유량은 0.0800% 이하, 0.0500% 이하, 0.0100% 이하, 0.0050% 이하, 0.0030% 이하, 0.0020% 이하, 0.0010% 이하, 0.0008% 이하, 또는 0.0005% 이하여도 된다.
- [0060] (Mg: 0 내지 0.100%)
- [0061] Mg(마그네슘)는 개재물 제어, 특히 개재물의 미세 분산화에 기여하여, 인성을 높이는 작용을 갖는 원소이기 때문에, 필요에 따라 함유하고 있어도 된다. 필수적인 원소가 아니므로 Mg의 함유량의 하한은 0%이다. 이 효과는 미량의 함유로도 얻어지지만, 함유시키는 경우의 Mg의 함유량은, 0.0001% 이상인 것이 바람직하다. Mg의 함유량은 0.0002% 이상, 0.0003% 이상, 0.0005% 이상, 또는 0.0008% 이상이어도 된다. 한편, 과잉으로 함유하면 표면 성상의 열화가 현재화되는 경우가 있기 때문에, Mg의 함유량은 0.100% 이하로 한다. Mg의 함유량은 0.090% 이하, 0.080% 이하, 0.050% 이하, 0.010% 이하, 0.005% 이하, 또는 0.003% 이하여도 된다.
- [0062] (Zr: 0 내지 0.100%)
- [0063] Zr(지르코늄)은 개재물 제어, 특히 개재물의 미세 분산화에 기여하여, 인성을 높이는 작용을 갖는 원소이기 때문에, 필요에 따라 함유하고 있어도 된다. 필수적인 원소가 아니므로 Zr의 함유량의 하한은 0%이다. 이 효과는 미량의 함유로도 얻어지지만, 함유시키는 경우의 Zr의 함유량은, 0.001% 이상인 것이 바람직하다. Zr의 함유량은 0.002% 이상, 0.003% 이상, 0.005% 이상, 또는 0.010% 이상이어도 된다. 한편, 과잉으로 함유하면 표면 성상의 열화가 현재화되는 경우가 있기 때문에, Zr의 함유량은 0.100% 이하로 한다. Zr의 함유량은 0.080% 이하, 0.050% 이하, 0.040% 이하, 또는 0.030% 이하여도 된다.
- [0064] (Hf: 0 내지 0.100%)
- [0065] Hf(하프늄)은 개재물 제어, 특히 개재물의 미세 분산화에 기여하여, 인성을 높이는 작용을 갖는 원소이기 때문에, 필요에 따라 함유하고 있어도 된다. 필수적인 원소가 아니므로 Hf의 함유량의 하한은 0%이다. 이 효과는 미량의 함유로도 얻어지지만, 함유시키는 경우의 Hf의 함유량은, 0.0001% 이상인 것이 바람직하다. Hf의 함유량은 0.0002% 이상, 0.0003% 이상, 0.0005% 이상, 또는 0.0008% 이상이어도 된다. 한편, 과잉으로 함유하면 표면 성상의 열화가 현재화되는 경우가 있기 때문에, Hf의 함유량은 0.100% 이하로 한다. Hf의 함유량은 0.050% 이하, 0.030% 이하, 0.010% 이하, 0.005% 이하, 또는 0.003% 이하여도 된다.
- [0066] (REM: 0 내지 0.100%)
- [0067] REM(희토류 원소)은 개재물 제어, 특히 개재물의 미세 분산화에 기여하여, 인성을 높이는 작용을 갖는 원소이기 때문에, 필요에 따라 함유하고 있어도 된다. 필수적인 원소가 아니므로 REM의 함유량의 하한은 0%이다. 이 효과는 미량의 함유로도 얻어지지만, 함유시키는 경우의 REM의 함유량은, 0.0001% 이상인 것이 바람직하다. REM의 함유량은 0.0003% 이상, 또는 0.0005% 이상이어도 된다. 한편, 과잉으로 함유하면 표면 성상의 열화가 현재화되는 경우가 있기 때문에, REM의 함유량은 0.100% 이하로 한다. REM의 함유량은 0.0500% 이하, 0.0300% 이하, 0.0100% 이하, 0.0050% 이하, 0.0030% 이하, 또는 0.0020% 이하여도 된다. 또한, REM이란, Rare Earth Metal의 약기이며, 란타노이드 계열에 속하는 원소를 말한다. REM은 통상 미수 메탈로서 첨가된다.
- [0068] 본 발명에 관한 도금 강판에 있어서, 상기 화학 성분 이외의 잔부는, Fe 및 불순물로 이루어진다. 여기서, 불순물이란, 강판을 공업적으로 제조할 때, 광석이나 스크랩 등과 같은 원료를 비롯하여, 제조 공정의 다양한 요인에 의해 혼입되는 성분이며, 본 발명에 관한 도금 강판의 내LME성에 악영향을 미치지 않는, 즉, 본 발명의 도

금 강관에 요구되는 내LME성이 얻어지는 범위에서 함유되는 것을 의미한다.

- [0069] 모재 강관의 화학 성분의 분석은, 당업자에게 공지된 원소 분석법을 사용하면 되고, 예를 들어 유도 결합 플라즈마 질량 분석법(ICP-MS법)에 의해 행해진다. 단, C 및 S에 대해서는 연소-적외선 흡수법을 사용하고, N에 대해서는 불활성 가스 용해-열전도도법을 사용하여 측정하면 된다. 이들 분석은, 모재 강관으로부터 JIS G0417:1999에 준거한 방법으로 채취한 샘플로 행하면 된다.
- [0070] 다음으로, 모재 강관의 표층부에 대하여 설명한다.
- [0071] [C 농도]
- [0072] 본 발명의 도금 강관에 있어서는, 모재 강관 표면으로부터의 깊이 방향에 있어서, GDS(글로우 방전 분광 분석)로 측정된 C 농도가 0.05% 이하인 깊이가 10 $\mu$ m 이상이다. 여기서, 깊이 방향의 기점은, 도금층과 모재 강관의 계면이다.
- [0073] LME의 감수성은 C 농도가 낮아지면 저하되므로, 표층의 C 농도가 낮음으로써 내LME성이 향상된다. 또한, C는 오스테나이트 안정화 원소이므로, 이것이 적음으로써, 후술하는, LME 감수성이 낮은 페라이트상이 안정화된다.
- [0074] 이러한 표층 조직은, 강관의 화학 성분을, 전술한 바와 같이, Si 및 Al이 다량으로 함유되는 성분으로 하고, 후술하는 열처리에 의해 얻을 수 있다.
- [0075] C 농도가 0.05% 이하인 깊이가 10 $\mu$ m 이상이면 내LME성 향상의 효과는 얻어지므로, 그 깊이의 상한은 특별히 한정되지 않는다. 예를 들어, 50 $\mu$ m 이하, 40 $\mu$ m 이하, 또는 30 $\mu$ m 이하여도 된다. C 농도가 0.05% 이하인 깊이는, 바람직하게는 20 $\mu$ m 이상이다.
- [0076] GDS 측정은 관 두께 방향으로 5회 행하고, 이들의 평균값을 C 농도로 한다. 측정 조건은, 이하와 같이 한다. 「깊이」의 기점은, 모재 강관과 도금층의 계면이다. 모재 강관과 도금층의 계면은, GDS 측정으로 측정된 Fe의 농도가, 깊이 150 $\mu$ m의 Fe의 농도의 93%가 되는 위치로 한다.
- [0077] 장치: 고주파 글로우 방전 발광 분석 장치(LECO 재팬 고도 가이샤제, 형식번호 「GDS850A」)
- [0078] Ar 가스 압력: 0.3MPa
- [0079] 애노드 직경: 4mm $\phi$
- [0080] RF 출력: 30W
- [0081] 계측 시간: 200 내지 1500초
- [0082] [페라이트상]
- [0083] 본 발명의 도금 강관에 있어서는, 모재 강관 표면으로부터의 깊이 방향에 있어서, 페라이트상의 면적률이 90% 이상인 층의 두께가 20 $\mu$ m 이상이다. 여기서, 깊이 방향의 기점은, 도금층과 모재 강관의 계면이다. 도 1에, 본 발명의 도금 강관의 표층 부근의 SEM에 의한 조직 사진의 일례를 나타낸다. 도 1은 도금 강관의 두께 방향의 단면이며, 도면 상측이 도금 강관 표면이다. 도 1에 있어서의 강관 표층은 C 농도가 낮고, 페라이트( $\alpha$ )상의 면적률이 90% 이상인 층을 포함한다. 모재 강관 내부는, 마르텐사이트(M)를 주체로 하고, 페라이트를 함유하는 조직이다. 도 1의 도금 강관에서는, 모재 강관의 표층에 페라이트상의 면적률이 90% 이상인 층이 40 $\mu$ m의 두께로 존재한다.
- [0084] 페라이트상의 입계는, LME 감수성이  $\gamma$ (오스테나이트) 입계보다 낮은 것이 알려져 있다(예를 들어, 비특허문헌 1). 따라서, 모재 강관의 표층부에 페라이트상을 주체로 하는 조직을 두껍게 존재시킴으로써, 도금이 용융된 경우에도 LME가 생기기 어려워져, 내LME성을 향상시킬 수 있다. 이러한 표층 조직은, 모재 강관의 화학 성분을, 전술한 바와 같이, Si 및 Al이 다량으로 함유되는 성분으로 하고, 후술하는 열처리에 의해 얻을 수 있다.
- [0085] 페라이트상의 면적률이 90% 이상인 영역의 두께가 20 $\mu$ m 이상이 되면 내LME성 향상의 효과는 얻어지므로, 그 두께의 상한은 특별히 한정되지 않는다. 두께는, 예를 들어 100 $\mu$ m 이하, 80 $\mu$ m 이하, 또는 60 $\mu$ m 이하여도 된다. 페라이트상의 면적률이 90% 이상인 영역의 두께는, 30 $\mu$ m 이상이어도 된다.
- [0086] 페라이트상의 면적률이 90% 이상인 영역의 두께는, 모재 강관의 L 단면을 나이탈 에칭하고, SEM 관찰함으로써, 그 조직 형태로부터 마르텐사이트, 베이나이트, 페라이트를 구별할 수 있다. 구체적으로는, L 방향 단면을 얻

마하고, 경면 연마 후에 나이탈 에칭을 사용하여 강 조직을 부식 현출시킨다. 그 후, 강 표면을 기준으로 깊이 방향으로 500 $\mu\text{m}$ 의 범위에서, 배율 1500배로 등간격으로 5시야의 2차 전자상을 촬영한다. 페라이트상의 면적률은 포인트 카운팅법(ASTM E562 준거)으로 측정하고, 페라이트상의 면적률이 90% 이상인 영역의 두께를 촬영 시야마다 측정한다.

[0087] 여기서, 페라이트상의 면적률은, L 단면에서 관찰하여 구해지는 면적률을 말한다. 두께 방향의 도중에, 국소적으로, C 단면을 관찰한 경우에 페라이트상의 면적률이 90% 미만인 개소가 있어도, 20 $\mu\text{m}$ 까지의 깊이의 L 단면의 페라이트상의 면적률이 90% 이상이면 문제없다. 보다 구체적인 면적률은 이하와 같다.

[0088] 페라이트 면적률은, 이하와 같이 측정한다. 모재 강판의 압연 방향과 직교하는 판 두께 방향의 단면을 잘라내고, 경면 연마 후, 나이탈 액에 의해 강 조직을 현출하고, 전계 방사형 주사형 전자 현미경을 사용하여 2차 전자상을 촬영한다. 관찰하는 시야의 범위는, 모재 강판과 도금층의 계면으로부터, 깊이 방향 500 $\mu\text{m}$ 까지의 범위로 하고, 등간격으로 5시야를 관찰한다. 얻어진 조직 사진에 대하여, 포인트 카운팅법에 의해 각 조직의 분율을 산출한다. 먼저, 조직 사진 상에 등간격의 격자를 그린다. 다음으로, 각 격자점에 있어서의 조직이 템퍼링 마르텐사이트, 펄라이트, 페라이트, 프레스 마르텐사이트 혹은 잔류 오스테나이트, 베이나이트 중 어느 것에 해당하는지를 판단한다. 각 조직에 해당하는 격자점 수를 구하고, 총 격자점 수로 나눔으로써, 각 조직의 분율을 측정할 수 있다. 본 발명에 있어서는, 격자 간격은 2 $\mu\text{m}$ ×2 $\mu\text{m}$ 로 하고, 총 격자점 수는 1500점으로 한다.

[0089] 펄라이트, 페라이트, 마르텐사이트, 베이나이트의 판단 기준은, 이하와 같다. 입자 내에 하부 조직(라스 경계, 블록 경계)을 갖고, 또한 탄화물이 복수의 배리언트를 갖고 석출되어 있는 영역을 템퍼링 마르텐사이트로 판단한다. 또한, 시멘타이트가 라멜라상으로 석출되어 있는 영역을 펄라이트로 판단한다. 휘도가 작고, 또한 하부 조직이 확인되지 않는 영역을 페라이트로 판단한다. 휘도가 크고, 또한 하부 조직이 에칭에 의해 현출되어 있지 않은 영역을 프레스 마르텐사이트, 또는 잔류 오스테나이트로 판단한다. 상기 중 어느 것에도 해당하지 않는 영역을 베이나이트로 판단한다. 간이적으로는, 페라이트와 그 이외의 조직으로 구별하면, 페라이트상의 면적률은 구할 수 있다.

[0090] [도금층]

[0091] 본 발명에 관한 도금 강판은, 상술한 모재 강판 상에 도금층을 갖는다. 이 도금층은 모재 강판의 편면에 형성되어 있어도 되고, 양면에 형성되어 있어도 된다.

[0092] [도금층의 화학 성분]

[0093] 도금의 화학 성분에 대하여 설명한다. 원소의 함유량에 관한 「%」는, 특별히 언급이 없는 한, 「질량%」를 의미한다. 도금층에 관한 화학 성분에 있어서의 수치 범위에 있어서, 「내지」를 사용하여 표시되는 수치 범위는, 특별히 지정하지 않는 한, 「내지」의 전후에 기재되는 수치를 하한값 및 상한값으로서 포함하는 범위를 의미한다.

[0094] (Fe: 3.0% 이하)

[0095] Fe는, 도금층에는 포함되지 않고, 모재 강판 상에 Zn을 포함하는 도금층을 형성한 후에 도금 강판을 열처리한 경우에 모재 강판으로부터 확산됨으로써 도금층 중에 포함될 수 있다. 따라서, 열처리가 되어 있지 않은 상태에 있어서는, Fe는 도금층 중에 포함되지 않기 때문에, Fe의 함유량은 0%여도 된다. 또한, Fe의 함유량은, 3.0% 이하이면 되고, 예를 들어 2.0% 이하, 1.0% 이하여도 된다.

[0096] 도금층에 있어서 상기 성분 이외의 잔부는 Zn 및 불순물로 이루어진다. 도금층에 있어서의 불순물이란, 도금층을 제조할 때, 원료를 비롯하여, 제조 공정의 다양한 요인에 의해 혼입되는 성분이며, 도금층에 대하여 의도적으로 첨가한 성분이 아닌 것을 의미한다. 도금층에 있어서는, 불순물로서, 위에서 설명한 기본 성분 및 임의 첨가 성분 이외의 원소가, 본 발명의 효과를 방해하지 않는 범위 내에서 미량으로 포함되어 있어도 된다.

[0097] 도금층은, 상기 Zn의 일부 대신에, Al: 0 내지 30.0%, Mg: 0 내지 10.0%를 함유해도 된다.

[0098] (Al: 0 내지 30.0%)

[0099] Al은, Zn과 함께 포함됨으로써 도금층의 내식성을 향상시키는 원소이기 때문에, 필요에 따라 함유하고 있어도 된다. 따라서, Al의 함유량은 0%여도 된다. Zn과 Al을 포함하는 도금층을 형성하기 위해, 바람직하게는 Al의 함유량은 0.01% 이상이면 되고, 예를 들어 1.0% 이상, 3.0% 이상, 5.0% 이상, 10.0% 이상, 또는 15.0% 이상이어도 된다. Al의 함유량이 너무 많아지면, 내식성을 향상시키는 효과가 포화되므로, Al의 함유량은, 30.0

% 이하이면 되고, 예를 들어 25.0% 이하, 20.0% 이하여도 된다.

[0100] (Mg: 0 내지 10.0%)

[0101] Mg는, Zn 및 Al과 함께 포함됨으로써 도금층의 내식성을 향상시키는 원소이기 때문에, 필요에 따라 함유하고 있어도 된다. 따라서, Mg의 함유량은 0%여도 된다. Zn과 Al과 Mg를 포함하는 도금층을 형성하기 위해, 바람직하게는 Mg의 함유량은 0.01% 이상이면 되고, 예를 들어 1.0% 이상, 2.0% 이상, 3.0% 이상, 4.5% 이상, 또는 5.0% 이상이어도 된다. Mg의 함유량이 너무 많으면, 외관 불량, 미도금이 발생하는 경우가 있으므로, Mg의 함유량은, 10.0% 이하이면 되고, 예를 들어 8.0% 이하, 6.0% 이하여도 된다.

[0102] 도금층의 화학 성분은, 모재 강관의 부식을 억제하는 인히비터를 첨가한 산 용액에 도금층을 용해하고, 얻어진 용액을 ICP(고주파 유도 결합 플라즈마) 발광 분광법에 의해 측정함으로써 결정할 수 있다. 인히비터를 첨가한 산 용액은, 예를 들어 0.06질량% 인히비터(아사히 가가쿠 고교사제, 이비트)를 첨가한 10질량% 염산 용액이어도 된다.

[0103] 도금층의 두께는, 예를 들어 3 내지 50 $\mu\text{m}$ 여도 된다. 또한, 도금층의 부착량은, 특별히 한정되지 않지만, 예를 들어 편면당 10 내지 170 $\text{g}/\text{m}^2$ 이어도 된다. 본 발명에 있어서, 도금층의 부착량은, 모재 강관의 부식을 억제하는 인히비터를 첨가한 산 용액에 도금층을 용해하고, 도금층 산세 박리 전후의 중량 변화로부터 결정된다. 도금층의 두께는, 5 $\mu\text{m}$  이상, 10 $\mu\text{m}$  이상, 15 $\mu\text{m}$  이상, 또는 20 $\mu\text{m}$  이상이어도 된다. 도금층의 두께는, 40 $\mu\text{m}$  이하, 또는 30 $\mu\text{m}$  이하여도 된다. 도금층의 부착량은, 편면당, 20 $\text{g}/\text{m}^2$  이상, 30 $\text{g}/\text{m}^2$  이상, 40 $\text{g}/\text{m}^2$  이상, 또는 50 $\text{g}/\text{m}^2$  이상이어도 된다. 도금층의 부착량은, 편면당, 150 $\text{g}/\text{m}^2$  이하, 130 $\text{g}/\text{m}^2$  이하, 120 $\text{g}/\text{m}^2$  이하, 또는 100 $\text{g}/\text{m}^2$  이하여도 된다.

[0104] [계면 조도]

[0105] 본 발명의 도금 강관은, 도금층과 모재 강관의 계면의 조도가, JIS B0601:2013에서 정의되는 산술 평균 높이 Ra로 3.0 $\mu\text{m}$  이하이다. 조도가 커지면 응력 집중에 의해 균열이 생기기 쉬워지기 때문에, 내LME성이 저하된다. 계면의 조도는, 도금을 제거하여 측정된 모재 강관의 표면 조도로 해도 된다. 도금의 밀착성을 고려하여, Ra는 2.5 $\mu\text{m}$  이하, 또는 2.0 $\mu\text{m}$  이하여도 된다.

[0106] [인장 강도]

[0107] 본 발명은 고강도의 강관에서 발생하는 LME를 억제하는 것이기 때문에, 본 발명에 관한 도금 강관은 고강도이다. 구체적으로는 780MPa 이상의 인장 강도를 갖는다. 인장 강도의 상한은 특별히 한정되지 않지만, 인성 확보의 관점에서 예를 들어 2000MPa 이하이면 된다. 인장 강도의 측정은, 압연 방향에 직각인 방향을 길이 방향으로 하는 JIS 5호 인장 시험편을 채취하고, JIS Z 2241:2011에 준거하여 행하면 된다. 인장 강도는 880MPa 이상, 980MPa 이상, 1080MPa 이상, 또는 1180MPa 이상이어도 된다. 인장 강도는 1900MPa 이하, 또는 1800MPa 이하여도 된다.

[0108] 본 발명의 도금 강관의 판 두께는 특별히 한정되지 않는다. 예를 들어, 0.6 내지 3.2mm로 할 수 있다. 판 두께는 0.8mm 이상, 또는 1.0mm 이상이어도 된다. 판 두께는 3.0mm 이하, 2.6mm 이하, 2.4mm 이하, 2.2mm 이하, 2.0mm 이하, 또는 1.8mm 이하여도 된다.

[0109] 다음으로, 본 발명에 관한 도금 강관의 제조 방법에 대하여 설명한다.

[0110] 본 발명에 관한 도금 강관은, 예를 들어 화학 성분을 조정된 용강을 주조하여 강편을 형성하는 주조 공정, 강편을 열간 압연하여 열연 강판을 얻는 열연 공정, 열연 강판을 권취하는 권취 공정, 권취한 열연 강판을 냉간 압연하여 냉연 강판을 얻는 냉연 공정, 냉연 강관에 대하여 브러시 연삭 처리하는 전처리 공정, 전처리한 냉연 강관을 어닐링하는 어닐링 공정, 및 어닐링 처리한 냉연 강관에 도금을 실시하는 도금 처리 공정을 구비하는 제조 방법에 의해 얻을 수 있다. 대체 방법으로, 열연 공정 후에 권취하지 않고, 산세하여 그대로 냉연을 행해도 된다.

[0111] [주조 공정]

[0112] 주조 공정의 조건은 특별히 한정되지 않는다. 예를 들어, 고로나 전로 등에 의한 용제에 이어서, 각종 2차 제련을 행하고, 이어서, 통상의 연속 주조, 잉곳법에 의한 주조 등의 방법으로 주조하면 된다.

[0113] [열연 공정]

- [0114] 주조에 의해 얻어진 강편을 열간 압연하여 열연 강판을 얻을 수 있다. 열연 공정은, 주조한 강편을 직접 또는 일단 냉각한 후에 재가열하여 열간 압연함으로써 행해진다. 재가열을 행하는 경우에는, 강편의 가열 온도는, 예를 들어 1100 내지 1250℃이면 된다. 열연 공정에 있어서는, 통상 조압연과 마무리 압연이 행해진다. 각 압연의 온도나 압하율은, 원하는 금속 조직이나 판 두께에 따라 적절히 변경하면 된다. 예를 들어, 마무리 압연의 종료 온도는 900 내지 1050℃, 마무리 압연의 압하율은 10 내지 50%여도 된다.
- [0115] [권취 공정]
- [0116] 열연 강판은 소정의 온도에서 권취할 수 있다. 권취 온도는, 원하는 금속 조직 등에 따라 적절히 변경하면 되고, 예를 들어 500 내지 800℃이면 된다. 권취하기 전 또는 권취한 후에 되감아, 열연 강판에 소정의 열처리를 부여해도 된다. 대체 방법으로, 권취는 행하지 않고 열연 공정 후에 산세하여 후술하는 냉연을 행할 수도 있다.
- [0117] [냉연 공정]
- [0118] 열연 강판에 산세 등을 행한 후, 열연 강판을 냉간 압연하여 냉연 강판을 얻을 수 있다. 냉간 압연의 압하율은, 원하는 금속 조직이나 판 두께에 따라 적절히 변경하면 되고, 예를 들어 20 내지 80%이면 된다. 냉연 공정 후에는 예를 들어 공랭하여 실온까지 냉각하면 된다.
- [0119] [전처리 공정]
- [0120] 전술한 바와 같이 강판의 표층에 있어서, 깊이 방향에 있어서, 페라이트상의 면적률이 90% 이상인 층의 두께를 20 $\mu$ m 이상으로 하고, 깊이 방향에 있어서, GDS 측정에서 C 농도가 0.05% 이하인 깊이를 10 $\mu$ m 이상으로 하기 위해서는, 소정의 전처리를 행하고, 그 후, 어닐링을 행할 필요가 있다.
- [0121] 전처리는, 연삭 브러시로 냉연 강판 표면을 연삭하는 것(브러시 연삭 처리)을 포함한다. 사용할 수 있는 연삭 브러시로서, 예를 들어 호타니사제 M-33을 들 수 있다. 이에 의해, 표면의 조도는 크게 하지 않고, 변형을 도입할 수 있다. 연삭할 때 강판 표면에 NaOH 1.0 내지 5.0% 수용액을 도포하면 된다. 브러시 압하량 0.5 내지 10.0mm, 회전수 100 내지 1000rpm이면 된다. 이러한 도포액 조건, 브러시 압하량, 회전수로 제어하여 브러시 연삭 처리를 행함으로써, 후술하는 어닐링 공정에 있어서, 탈탄이 촉진되어, 페라이트가 안정된 조직을 효율적으로 강판의 표층에 형성할 수 있다.
- [0122] [어닐링 공정]
- [0123] 전처리 공정 후, 냉연 강판에 어닐링을 행한다. 어닐링은 1 내지 20MPa의 장력을 가한 상태에서 행한다. 어닐링 시에 장력을 가하면 강판에 변형을 더욱 효과적으로 도입하는 것이 가능하게 되어, 표층의 탈탄이 촉진된다.
- [0124] 어닐링 공정의 유지 온도는 750 내지 900℃로 한다. 유지 온도는 770 내지 870℃여도 된다. 이러한 범위로 함으로써, 탈탄을 촉진하고, 표층의 C 농도를 저하시켜, 페라이트상을 안정화할 수 있다. 유지 온도까지의 승온 속도는, 특별히 한정되지 않지만 1 내지 10℃/초로 행하면 된다.
- [0125] 어닐링 공정의 유지 온도에서의 유지 시간은 20 내지 300초간으로 한다. 유지 시간은 30 내지 250초간이어도 된다. 이러한 범위로 함으로써, 탈탄을 촉진하고, 표층의 C 농도를 저하시켜, 페라이트상을 안정화할 수 있다.
- [0126] 어닐링 공정의 분위기는, 노점-30 내지 20℃로 한다. 노점은 -10 내지 5℃여도 된다. 분위기는, 예를 들어 N<sub>2</sub>-1 내지 10vol% H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>-2 내지 4vol% H<sub>2</sub>여도 된다. 노점이 너무 높거나 너무 낮거나 하면, 강판의 외부에 Si, Mn, Al 등의 산화물을 포함하는 상이 형성되어, 탈탄이 촉진되지 않게 된다. 또한, 도금 성분과 강 성분의 상호 확산이 저해되어, 도금성이 불충분해지는 경우가 있다.
- [0127] 상술한 각 공정을 구비하는 제조 방법에 의해, 강판의 표층에 있어서, 탈탄이 촉진되어, 페라이트상이 안정화된 강판을 얻을 수 있다.
- [0128] [도금 처리 공정]
- [0129] 다음으로, 어닐링 처리 후의 냉연 강판에 도금을 실시한다. 도금 처리는, 당업자에게 공지된 방법에 따라 행하면 된다. 도금 처리는, 예를 들어 용융 도금에 의해 행해도 되고, 전기 도금에 의해 행해도 된다. 바람직하게는, 도금 처리는 용융 도금에 의해 행해진다. 도금 처리의 조건은, 원하는 도금층의 화학 성분, 두께 및 부착량 등을 고려하여 적절히 설정하면 된다. 예를 들어, 화학 성분을 조정한, 420 내지 480℃의 용융 아연 도금욕에 1 내지 10초간 침지시키고, 침지 후, 20 내지 200mm/초로 빼내고, N<sub>2</sub> 와이핑 가스에 의해 도금 부착량을 제

어해도 된다.

[0130] 본 발명에 관한 도금 강관은, 고강도이며, 높은 내LME성을 갖기 때문에, 자동차, 가전 제품, 건재 등의 넓은 분야에 있어서 적합하게 사용할 수 있다. 특히 자동차 분야에서 사용되는 것이 바람직하다. 자동차용으로 사용되는 도금 강관은, 스폿 용접되는 경우가 많고, 그 경우에 LME 균열이 현저하게 문제가 될 수 있다. 그 때문에, 본 발명에 관한 도금 강관을 자동차용 강관으로서 사용한 경우에, 높은 내LME성을 갖는다는 본 발명의 효과가 적합하게 발휘된다.

[0131] 또한, 본 발명의 도금 강관은, 표층에 두꺼운 탈탄층이 형성됨으로써 내식성도 우수하므로, 그 점에서도 자동차 분야에는 적합하다.

[0132] 실시예

[0133] 이하, 실시예에 의해 본 발명을 보다 상세하게 설명한다. 본 발명은 이들 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0134] 《실시예 A》

[0135] 먼저, 본 발명을 얻는 데 있어서, 본 발명자들이 예비적으로 행한 실험에 대하여 설명한다. Si, Al의 함유량을 변경한 강관(판 두께 1.2mm)에 대하여, 일반적인 합금화 용융 아연 도금 강관(판 두께 1.6mm)과, 표 1에 나타내는 조건에서 스폿 용접을 행하여, 스폿 용접 시의 LME 내 균열을 확인하였다. 표 2에 결과를 나타낸다. 표 2에 나타내는 바와 같이, 고Si-고Al강에서 LME가 억제되어 있는 것이 확인되었다.

표 1

전극	외관		용접 조건				
	타각	클리어런스	하중	스퀴즈	통전 시간	유지 시간	용접 전류
6φ40R(Cu-Cr)	3°	0.3mm	400kgf	0.6s	0.36s	0.08s	8kA

[0136]

표 2

No.	화학 성분 (질량%)						균열 길이 (mm)
	C	Si	Mn	P	S	Al	
1	0.2	0.51	2.46	0.011	0.0011	0.49	0.6
2	0.2	0.51	2.48	0.011	0.0011	0.98	0.2
3	0.2	0.51	2.48	0.011	0.0010	1.53	0.7
4	0.2	0.97	2.45	0.010	0.0011	0.48	0.3
5	0.2	0.97	2.45	0.010	0.0010	0.96	0.0
6	0.2	1.00	2.44	0.010	0.0011	1.32	0.0

[0137]

[0138] 《실시예 B》

[0139] (강관 시료의 제작)

[0140] <실시예 1>

[0141] 표 3의 No. 1에 기재된 화학 성분으로 조정된 용강을 고로에서 용제하고, 연속 주조로 주조하여 강편을 얻었다. 얻어진 강편을 1200℃에서 가열하고, 마무리 압연의 종료 온도를 950℃, 마무리 압연의 압하율을 30%로 하여 열간 압연을 실시하여, 열연 강편을 얻었다. 얻어진 열연 강편을 권취 온도 650℃에서 권취하고, 산세를 실시한 후, 압하율 50%로 냉간 압연을 실시하여, 냉연 강편을 얻었다. 냉연 강편의 판 두께는 1.6mm로 하였다.

[0142] 이어서, 냉연 강편에, NaOH 2.0% 수용액을 도포하고, 브러시 연삭하는 전처리를 행하였다. 브러시 연삭은, 연삭 브러시로서 호타니사제 M-33을 사용하여, 브러시 압하량 2.0mm, 회전수 600rpm으로 행하였다(표 4의 조건 A).

[0143] 전처리 공정 후, 어닐링 공정 전에, 강편의 표면 조도를, JIS B 0601:2013에 준거하여 측정하였다. 즉, 표층부 측의 표면에 있어서 랜덤하게 10개소를 선택하고, 각각의 개소에 있어서 표면 프로파일을 접촉식 표면 조도계에

의해 측정하고, 이들 개소에 있어서의 표면 조도를 산술 평균한 산술 평균 조도 Ra를 이하와 같이 평가하였다.

- [0144] 평가 AA: 2.0 $\mu$ m 이하
- [0145] 평가 A: 2.0 $\mu$ m 초과, 3.0 $\mu$ m 이하
- [0146] 평가 B: 3.0 $\mu$ m 초과
- [0147] 그 후, 노점 0℃, 유지 온도 800℃, 유지 시간 100초로 하고, 산소 농도 20ppm 이하의 노 내에 있어서 N<sub>2</sub>-4% H<sub>2</sub> 가스 분위기에서 어닐링 처리를 행하여, 각 강판 시료를 제작하였다. 모든 강판 시료에 있어서, 어닐링 시의 승온 속도는, 500℃까지는 6.0℃/초로 하고, 500℃로부터 유지 온도까지는 2.0℃/초로 하였다. 어닐링 처리는, 15MPa의 장력을 가한 상태에서 행하였다.
- [0148] 어닐링 처리에 이어서, 도금 처리를 실시하여, 도금 강판을 얻었다. 도금 처리는, 460℃의 용융 아연 도금욕 (Zn-0.2% Al)에 3초간 침지시키고, 침지 후, 100mm/초로 빼내고, N<sub>2</sub> 와이핑 가스에 의해 도금 부착량을 50g/m<sup>2</sup>로 제어하였다.
- [0149] <실시예 2 내지 28, 비교예 29 내지 41>
- [0150] 화학 성분을 표 3에 기재된 것으로 하고, 전처리 공정, 어닐링 공정, 도금 처리 공정의 조건을 표 4에 기재된 것으로 한 것 외에는, 실시예 1과 마찬가지로 도금 강판을 제조하였다. 또한, No. 40에서는 브러시 연삭하는 전처리를 생략하였다. 또한, No. 41에서는, 연삭 브러시로서 호타니사제 D-100을 사용하였다(표 4의 조건 B). D-100은, 연삭량이 M-33의 2배 정도 큰 브러시이다. 표 4에 나타내는 도금종의 조성, 욕온은 이하와 같다.
- [0151] A: Zn-0.2% Al(460℃)
- [0152] B: Zn-0.5% Al(440℃)
- [0153] C: Zn-1.5% Al-1.5% Mg(500℃)
- [0154] D: Zn-20% Al-7% Mg(530℃)
- [0155] E: Zn-30% Al-10% Mg(530℃)

표 3

No.	구분	화학 성분(질량%) 잔부: Fe 및 불순물										그 외	Si+sol. Al	
		C	Si	Mn	sol. Al	P	S	N	B	Ti				
1	실시예	0.05	0.9	2.0	0.9	0.0001	0.0003	0.0002						1.8
2	실시예	0.10	0.9	2.0	1.0	0.0080	0.0005	0.0004	0.0008	0.0005				1.9
3	실시예	0.10	1.0	2.0	1.1	0.0080	0.0007	0.0005	0.0007	0.0006		Hf: 0.001		2.1
4	실시예	0.10	1.2	2.0	1.0	0.0070	0.0002	0.0008	0.0002	0.0005				2.2
5	실시예	0.10	0.9	2.2	1.0	0.0020	0.0008	0.0009	0.0009	0.0002		Mg: 0.001		1.9
6	실시예	0.20	1.0	2.0	1.0	0.0100	0.0004	0.0004	0.0007	0.0002				2.0
7	실시예	0.20	0.9	2.0	1.0	0.0020	0.0006	0.0007	0.0008	0.0003		Zr: 0.015		1.9
8	실시예	0.20	1.0	2.2	0.8	0.0008	0.0009	0.0007	0.0009	0.0005		Cr: 0.1		1.8
9	실시예	0.20	1.0	2.5	1.0	0.0017	0.0003	0.0004	0.0008	0.0004		Ni: 0.02		2.0
10	실시예	0.20	1.0	2.3	1.2	0.0011	0.0004	0.0004	0.0002	0.0007		Ca: 0.0007		2.2
11	실시예	0.20	1.0	2.3	1.0	0.0031	0.0007	0.0010	0.0009	0.0007		Zr: 0.015		2.0
12	실시예	0.20	1.0	2.2	1.0	0.0065	0.0007	0.0006	0.0010	0.0006				2.0
13	실시예	0.20	1.0	2.3	1.0	0.0021	0.0006	0.0011	0.0012	0.0008				2.0
14	실시예	0.20	1.0	2.3	1.0	0.0031	0.0007	0.0010	0.0008	0.0007				2.0
15	실시예	0.20	1.0	2.5	1.0	0.0099	0.0006	0.0003	0.0006	0.0006				2.0
16	실시예	0.25	1.0	2.2	1.0	0.0012	0.0006	0.0007	0.0005	0.0007		Nb: 0.010		2.0
17	실시예	0.25	1.0	2.2	1.0	0.0040	0.0006	0.0003	0.0009	0.0002		V: 0.007		2.0
18	실시예	0.30	1.0	2.5	1.0	0.0099	0.0006	0.0002	0.0003	0.0005				2.0
19	실시예	0.20	1.0	2.3	1.0	0.0031	0.0004	0.0008	0.0003	0.0006		Zr: 0.015		2.0
20	실시예	0.20	1.0	2.3	1.0	0.0031	0.0008	0.0002	0.0003	0.0010		Zr: 0.015		2.0
21	실시예	0.20	1.0	2.3	1.0	0.0031	0.0002	0.0001	0.0003	0.0007		Zr: 0.015		2.0
22	실시예	0.30	1.2	0.3	1.0	0.0110	0.0002	0.0005	0.0007	0.0001				2.2
23	실시예	0.35	1.0	5.0	1.0	0.0092	0.0009	0.0007	0.0007	0.0008		Mo: 0.1		2.0
24	실시예	0.35	0.9	2.2	1.3	0.0091	0.0008	0.0007	0.0008	0.0003		REM: 0.0006		2.2
25	실시예	0.40	1.0	2.2	1.0	0.0045	0.0002	0.0007	0.0001	0.0010				2.0
26	실시예	0.40	1.0	2.2	1.0	0.0035	0.0003	0.0007	0.0009	0.0009		W: 0.02		2.0
27	실시예	0.40	1.0	2.2	1.0	0.0082	0.0003	0.0009	0.0002	0.0002		Ca: 0.0002		2.0
28	실시예	0.40	1.0	2.2	1.0	0.0080	0.0002	0.0003	0.0006	0.0010				2.0
29	비교예	0.42	1.0	2.0	1.0	0.0100	0.0006	0.0007	0.0003	0.0006				2.0
30	비교예	0.20	0.6	2.0	1.2	0.0100	0.0002	0.0007	0.0009	0.0002				1.8
31	비교예	0.20	0.6	2.0	1.0	0.0100	0.0002	0.0007	0.0009	0.0002				1.8
32	비교예	0.20	3.1	2.0	1.0	0.0100	0.0007	0.0004	0.0004	0.0006				4.1
33	비교예	0.20	1.2	2.0	0.6	0.0100	0.0005	0.0007	0.0005	0.0008				1.8
34	비교예	0.20	1.0	2.0	0.6	0.0100	0.0005	0.0007	0.0005	0.0008				1.6
35	비교예	0.20	1.0	2.0	2.2	0.0099	0.0006	0.0007	0.0004	0.0005				3.2
36	비교예	0.20	0.7	2.0	0.7	0.0100	0.0001	0.0005	0.0008	0.0008				1.4
37	비교예	0.20	1.0	2.0	1.0	0.0100	0.0002	0.0008	0.0009	0.0004				2.0
38	비교예	0.20	1.0	2.0	1.0	0.0100	0.0008	0.0004	0.0001	0.0006				2.0
39	비교예	0.20	1.0	2.0	1.0	0.0100	0.0001	0.0009	0.0007	0.0002				2.0
40	비교예	0.08	1.0	2.0	1.0	0.0100	0.0009	0.0007	0.0008	0.0004				2.0
41	비교예	0.20	1.0	2.0	1.0	0.0100	0.0003	0.0001	0.0001	0.0007				2.0
42	비교예	0.20	1.0	2.0	1.0	0.0100	0.0002	0.0002	0.0007	0.0007				2.0
43	비교예	0.20	1.0	2.0	1.0	0.0100	0.0008	0.0006	0.0008	0.0002				2.0

\* 밑줄은 본 발명의 범위 외인 것을 나타냄.

[0156]

표 4

No.	구분	전처리 공정		어닐링 공정		
		조건	전처리 후 표면 조도	유지 온도 (°C)	유지 시간 (초)	노점 (°C)
1	실시예	A	A	800	100	0
2	실시예	A	A	800	100	0
3	실시예	A	A	800	230	0
4	실시예	A	AA	820	100	0
5	실시예	A	AA	840	100	0
6	실시예	A	AA	860	100	0
7	실시예	A	AA	860	100	0
8	실시예	A	AA	860	100	0
9	실시예	A	AA	860	100	0
10	실시예	A	AA	860	100	0
11	실시예	A	AA	860	20	0
12	실시예	A	AA	860	150	0
13	실시예	A	AA	900	20	0
14	실시예	A	AA	750	50	0
15	실시예	A	AA	780	150	0
16	실시예	A	AA	860	150	0
17	실시예	A	AA	860	40	0
18	실시예	A	AA	860	150	0
19	실시예	A	AA	860	20	0
20	실시예	A	AA	860	20	0
21	실시예	A	AA	860	20	0
22	실시예	A	AA	860	300	0
23	실시예	A	AA	860	200	0
24	실시예	A	A	860	200	0
25	실시예	A	AA	860	200	0
26	실시예	A	AA	860	200	-20
27	실시예	A	AA	860	200	0
28	실시예	A	AA	860	200	0
29	비교예	A	A	800	60	0
30	비교예	A	A	800	60	0
31	비교예	A	A	800	60	0
32	비교예	A	A	800	70	0
33	비교예	A	A	800	60	0
34	비교예	A	A	800	60	0
35	비교예	A	A	800	60	0
36	비교예	A	A	800	60	0
37	비교예	A	A	800	60	-40
38	비교예	A	A	800	60	30
39	비교예	A	A	720	60	0
40	비교예	A	A	920	60	0
41	비교예	A	A	800	10	0
42	비교예	없음	A	800	60	0
43	비교예	B	B	800	60	0

\* 밑줄은 바람직한 제조 방법의 범위 외인 것을 나타냄.

[0157]

[0158] (표층 조직 평가)

[0159] 얻어진 도금 강판으로부터 30mm×30mm로 절단한 시료를 채취하고, 전술한 조건에서, 판 두께 방향으로 5회의 GDS 측정을 행하여, C 농도가 0.05% 이하인 깊이를 구하고, 표 5의 「C≤0.05% 깊이」에 나타내었다. 여기서, 「깊이」의 기점은, 도금층과 모재 강판의 계면이다.

[0160] 또한, 25mm×15mm로 절단한 시료를 채취하고, 나이탈 에칭을 실시하여, 상술한 방법으로, 페라이트상이 90% 이상이 되는 층의 두께를 측정하고, 표 5의 「α상 두께」에 나타내었다. 여기서, 「두께」의 기점은, 도금층과 모재 강판의 계면이다.

[0161] 또한, 도금을 0.06질량% 인히비터(아사히 가가쿠 고교사제, 이비트)를 첨가한 10질량% 염산 용액을 사용하여 제거하고, 노출된 강판의 표면의 조도를, 어닐링 전과 마찬가지로의 방법으로 측정하고, 표 5의 「모재 강판/도금 계면 조도」에 나타내었다.

- [0162] (인장 강도 평가)
- [0163] 각 도금 강관에 대하여, 압연 방향에 직각인 방향을 길이 방향으로 하는 JIS 5호 인장 시험편을 채취하고, 인장 시험을 JIS Z 2241:2011에 준거하여 행하여, 인장 강도를 구하고, 이하와 같이 평가하였다.
- [0164] 평가 AAA: 1180MPa 이상
- [0165] 평가 AA: 980MPa 이상, 1180MPa 미만
- [0166] 평가 A: 780MPa 이상, 980MPa 미만
- [0167] (내LME성 평가)
- [0168] 각 강관으로부터 50mm×100mm의 크기로 절단한 시료를 2매 채취하고, 이들 2매의 시료에 대하여, 돔 래디어스형의 선단 직경 8mm의 용접 전극을 사용하여, 타각 2°, 가압력 4.0kN, 통전 시간 0.5초, 및 통전 전류 12kA로 스폿 용접을 행하여, 용접 조인트를 제조하였다.
- [0169] 도 2를 참조하여, 내LME성의 평가에 대하여 설명한다. 내LME성은 2매의 강관(1)을 겹쳐 맞추고 스폿 용접을 행하여 형성된 용접부(2)의 건부에 생긴 LME 균열(건부의 균열(11))의 길이로 평가하였다. 건부란, 스폿 용접에 의해 생긴 오목부의 에지의 경사 부분을 말한다. 건부의 균열(11)의 길이에 의해, 평가는 이하와 같이 하였다. 본 실시예에서는, 평가 A 이상이면, 내LME성이 우수하고, 본 발명이 해결하고자 하는 과제를 해결하고 있는 것으로 판단하였다.
- [0170] 평가 AAA: 0 $\mu$ m
- [0171] 평가 AA: 0 $\mu$ m 초과, 60 $\mu$ m 미만
- [0172] 평가 A: 60 $\mu$ m 이상, 120 $\mu$ m 미만
- [0173] 평가 B: 120 $\mu$ m 이상
- [0174] (내적녹성 평가)
- [0175] 각 도금 강관으로부터, 75mm×100mm의 크기로 절단한 시료를 채취하고, 시료의 단부면 및 이면을 테이프 시일로 보호하였다. 그 후, 도금층에 도달하는 크로스컷 흠집을 형성하고, 35℃로 유지된 5% NaCl의 염수 분무 시험을, JIS Z 2371: 2015에 준거하여 실시하였다. 시험을 2000시간까지 실시하고, 시험 후의 적녹 발생 시간을 구하였다. 적녹 발생 시간에 따라, 이하와 같이 평가하였다. 본 실시예에서는, 평가 A 이상이면, 내적녹성이 우수한 것으로 판단하였다.
- [0176] 평가 AAA: 적녹 발생 시간이 2000시간 이상
- [0177] 평가 AA: 적녹 발생 시간이 1000시간 이상 2000시간 미만
- [0178] 평가 A: 적녹 발생 시간이 240시간 이상 1000시간 미만
- [0179] 평가 B: 적녹 발생 시간이 240시간 미만
- [0180] 각 평가의 결과를 표 5에 나타낸다.

표 5

No.	구분	강 표층 조직		모재 강판/도금 계면 조도 ( $\mu m$ )	도금종	성능		
		C $\leq$ 0.05% 깊이 ( $\mu m$ )	$\alpha$ 상 두께 ( $\mu m$ )			인장 강도 (MPa)	내LME성	내적녹성
1	실시예	21	25	3.0	A	A	AA	A
2	실시예	23	21	2.3	A	AA	AA	A
3	실시예	30	62	2.4	A	A	AA	A
4	실시예	21	30	1.9	A	AA	AAA	A
5	실시예	20	22	1.7	A	AA	A	A
6	실시예	25	30	1.5	A	AA	AAA	A
7	실시예	21	40	1.6	A	AA	AAA	A
8	실시예	22	28	1.4	A	AA	AA	A
9	실시예	21	42	1.1	A	AA	AAA	A
10	실시예	20	44	1.7	A	AA	AAA	A
11	실시예	10	20	1.3	A	AA	A	A
12	실시예	25	45	1.1	C	AA	AA	A
13	실시예	12	21	1.3	A	AA	A	A
14	실시예	10	20	1.2	A	AA	A	A
15	실시예	25	33	1.8	A	AAA	AAA	A
16	실시예	22	39	1.6	A	AAA	AAA	A
17	실시예	18	27	1.4	A	AAA	A	A
18	실시예	29	42	1.7	A	AAA	AAA	A
19	실시예	10	22	1.3	B	AA	A	AA
20	실시예	10	20	1.3	D	AA	AAA	AAA
21	실시예	10	21	1.3	E	AA	AAA	AAA
22	실시예	40	80	1.8	A	AA	AAA	A
23	실시예	28	38	1.3	A	AAA	AAA	A
24	실시예	28	34	2.2	A	AAA	AAA	A
25	실시예	27	33	1.0	A	AAA	AAA	A
26	실시예	25	31	1.9	A	AAA	AAA	A
27	실시예	22	33	1.2	A	AAA	AAA	A
28	실시예	21	30	1.6	A	AAA	AAA	A
29	비교예	1	17	2.6	A	AAA	B	B
30	비교예	4	8	2.6	A	AAA	B	B
31	비교예	2	7	2.6	A	AAA	B	B
32	비교예	6	21	2.2	A	AAA	B	B
33	비교예	4	7	2.5	A	AAA	B	B
34	비교예	1	6	2.6	A	AAA	B	B
35	비교예	5	20	2.3	A	AAA	B	B
36	비교예	5	7	2.6	A	AAA	B	B
37	비교예	미도금에 의해 평가 불가						
38	비교예	미도금에 의해 평가 불가						
39	비교예	2	2	2.4	A	AAA	B	B
40	비교예	7	5	2.4	A	AAA	B	B
41	비교예	3	4	2.5	A	AAA	B	B
42	비교예	8	12	2.7	A	AAA	B	B
43	비교예	11	11	3.1	A	AAA	B	B

※ 밑줄은 본 발명의 범위 외, 또는 원하는 특성이 얻어지지 않은 것을 나타냄.

[0181]

[0182]

No. 29는, 강판의 C의 함유량이 많은 비교예이다. 강판의 C의 함유량이 많기 때문에, 고노점 어닐링에 의해서도, 표층에서의 탈탄이 진행되지 않은 것으로 생각된다. 그 때문에, C 농도가 0.05% 이하인 깊이, 및 페라이트상의 면적률이 90% 이상이 되는 층의 두께가 커지지 않았다. 그 결과, 내LME성이 뒤떨어지는 결과로 되었다. 또한, 내적녹성도 뒤떨어졌다.

[0183]

No. 30은, 강판의 Si의 함유량이 적은 비교예이다. 강판의 Si의 함유량이 적었기 때문에, 고노점 어닐링을 실시해도, 표층에서의 탈탄이 진행되지 않아, 페라이트가 안정화되지 않은 것으로 생각된다. 그 때문에, C 농도가 0.05% 이하인 깊이, 및 페라이트상의 면적률이 90% 이상이 되는 층의 두께가 커지지 않았다. 그 결과, 내LME성이 뒤떨어지는 결과로 되었다. 또한, 내적녹성도 뒤떨어졌다.

[0184]

No. 31은, 강판의 Si의 함유량, 및 Si와 sol.Al의 함유량의 합이 적은 비교예이다. 강판의 Si의 함유량, 및 Si와 sol.Al의 함유량의 합이 적었기 때문에, 고노점 어닐링을 실시해도, 표층에서의 탈탄이 진행되지 않아, 페라이트가 안정화되지 않은 것으로 생각된다. 그 때문에, C 농도가 0.05% 이하인 깊이, 및 페라이트상의 면적률이 90% 이상이 되는 층의 두께가 커지지 않았다. 그 결과, 내LME성이 뒤떨어지는 결과로 되었다. 또한, 내적녹성도 뒤떨어졌다.

- [0185] No. 32는, 강판의 Si의 함유량이 많은 비교예이다. 강판의 Si의 함유량이 많았기 때문에, 고노점 어닐링을 실시해도, 외부 산화가 진행되어 강판의 표층에 산화물(스케일)이 형성되어, 최표면에서의 탈탄이 억제된 것으로 생각된다. 그 때문에, C 농도가 0.05% 이하인 깊이가 커지지 않았다. 그 결과, 내LME성이 뒤떨어지는 결과로 되었다. 또한, 내적녹성도 뒤떨어졌다.
- [0186] No. 33은, 강판의 sol.Al의 함유량이 적은 비교예이다. 강판의 sol.Al의 함유량이 적었기 때문에, 고노점 어닐링을 실시해도, 표층에서의 탈탄이 진행되지 않아, 페라이트가 안정화되지 않은 것으로 생각된다. 그 때문에, C 농도가 0.05% 이하인 깊이, 및 페라이트상의 면적률이 90% 이상이 되는 층의 두께가 커지지 않았다. 그 결과, 내LME성이 뒤떨어지는 결과로 되었다. 또한, 내적녹성도 뒤떨어졌다.
- [0187] No. 34는, 강판의 sol.Al의 함유량, 및 Si와 sol.Al의 함유량의 합이 적은 비교예이다. 강판의 sol.Al의 함유량, 및 Si와 sol.Al의 함유량의 합이 적었기 때문에, 고노점 어닐링을 실시해도, 표층에서의 탈탄이 진행되지 않아, 페라이트가 안정화되지 않은 것으로 생각된다. 그 때문에, C 농도가 0.05% 이하인 깊이, 및 페라이트상의 면적률이 90% 이상이 되는 층의 두께가 커지지 않았다. 그 결과, 내LME성이 뒤떨어지는 결과로 되었다. 또한, 내적녹성도 뒤떨어졌다.
- [0188] No. 35는, 강판의 sol.Al의 함유량이 많은 비교예이다. 강판의 sol.Al의 함유량이 많았기 때문에, 고노점 어닐링을 실시해도, 외부 산화가 진행되어 강판의 표층에 산화물(스케일)이 형성되어, 최표면에서의 탈탄이 억제된 것으로 생각된다. 그 때문에, C 농도가 0.05% 이하인 깊이가 커지지 않았다. 그 결과, 내LME성이 뒤떨어지는 결과로 되었다. 또한, 내적녹성도 뒤떨어졌다.
- [0189] No. 36은, 강판의 Si 및 sol.Al의 함유량의 합이 적은 비교예이다. 강판의 Si 및 sol.Al의 함유량의 합이 적었기 때문에, 고노점 어닐링을 실시해도, 표층에서의 탈탄이 진행되지 않아, 페라이트가 안정화되지 않은 것으로 생각된다. 그 때문에, C 농도가 0.05% 이하인 깊이, 및 페라이트상의 면적률이 90% 이상이 되는 층의 두께가 커지지 않았다. 그 결과, 내LME성이 뒤떨어지는 결과로 되었다. 또한, 내적녹성도 뒤떨어졌다.
- [0190] No. 37은, 어닐링 시의 노점이 낮았기 때문에, 어닐링 시에, 강판의 외부에 Si, Mn, Al 등의 산화물을 포함하는 상이 형성되어, 도금 처리 시에, 도금 성분과 강 성분의 상호 확산이 저해된 것으로 생각된다. 그 결과, 적절한 도금이 얻어지지 않았다.
- [0191] No. 38은, 어닐링 시의 노점이 높았기 때문에, 어닐링 시에, 강판의 외부에 Si, Mn, Al 등의 산화물을 포함하는 상이 형성되어, 도금 처리 시에, 도금 성분과 강 성분의 상호 확산이 저해된 것으로 생각된다. 그 결과, 적절한 도금이 얻어지지 않았다.
- [0192] No. 39는, 어닐링 시의 유지 온도가 낮았기 때문에, 어닐링 시에 탈탄이 충분히 촉진되지 않은 것으로 생각된다. 그 때문에, C 농도가 0.05% 이하인 깊이, 및 페라이트상의 면적률이 90% 이상이 되는 층의 두께가 커지지 않았다. 그 결과, 내LME성이 뒤떨어지는 결과로 되었다. 또한, 내적녹성도 뒤떨어졌다.
- [0193] No. 40은, 어닐링 시의 유지 온도가 높았기 때문에, 어닐링 시에 탈탄이 충분히 촉진되지 않은 것으로 생각된다. 그 때문에, C 농도가 0.05% 이하인 깊이, 및 페라이트상의 면적률이 90% 이상이 되는 층의 두께가 커지지 않았다. 그 결과, 내LME성이 뒤떨어지는 결과로 되었다. 또한, 내적녹성도 뒤떨어졌다.
- [0194] No. 41은, 어닐링 시의 유지 시간이 짧았기 때문에, 어닐링 시에 탈탄이 충분히 촉진되지 않은 것으로 생각된다. 그 때문에, C 농도가 0.05% 이하인 깊이, 및 페라이트상의 면적률이 90% 이상이 되는 층의 두께가 커지지 않았다. 그 결과, 내LME성이 뒤떨어지는 결과로 되었다. 또한, 내적녹성도 뒤떨어졌다.
- [0195] No. 42는, 전처리 공정의 브러시 연삭을 행하지 않았기 때문에, 강판의 표면에 변형이 도입되지 않아, 어닐링 시에 탈탄이 진행되지 않은 것으로 생각된다. 그 때문에, C 농도가 0.05% 이하인 깊이, 및 페라이트상의 면적률이 90% 이상이 되는 층의 두께가 커지지 않았다. 그 결과, 내LME성이 뒤떨어지는 결과로 되었다. 또한, 내적녹성도 뒤떨어졌다.
- [0196] No. 43은, 전처리 공정의 브러시 연삭에서, 연삭량이 큰 브러시를 사용했기 때문에, 강판 표면의 조도가 커지고, 또한 페라이트상이 안정되지 않은 것으로 생각된다. 그 때문에, 페라이트상의 면적률이 90% 이상이 되는 층의 두께가 커지지 않았다. 그 결과, 내LME성이 뒤떨어지는 결과로 되었다. 또한, 내적녹성도 뒤떨어졌다.
- [0197] No. 1 내지 28은 본 발명의 실시예이며, 높은 내LME성을 가지고 있었다. 또한, 내적녹성도 우수하였다. C 농도가 0.05% 이하인 깊이, 페라이트상의 면적률이 90% 이상인 층의 두께가 큰 실시예에서는, 특히 우수한 내

LME성을 갖는 것이 확인되었다.

**산업상 이용가능성**

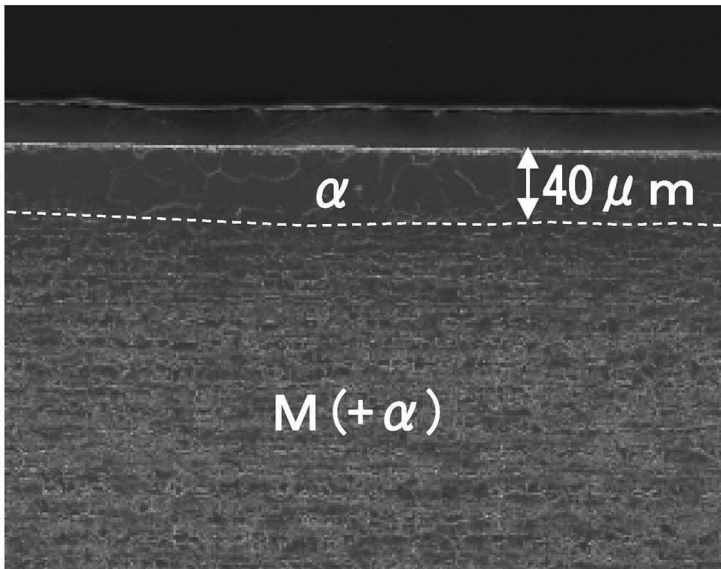
[0198] 본 발명에 따르면, 높은 내LME성을 갖는 도금 강판을 제공하는 것이 가능하게 되고, 당해 도금 강판은 자동차, 가전 제품, 건재 등의 용도, 특히 자동차용으로 적합하게 사용할 수 있다. 따라서, 본 발명은 산업상 이용가능성이 매우 높은 발명이다.

**부호의 설명**

- [0199] 1: 강판  
 2: 용접부  
 11: 건부의 균열

**도면**

**도면1**



**도면2**

