



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년10월11일  
(11) 등록번호 10-2451002  
(24) 등록일자 2022년09월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C23C 2/26 (2006.01) C21D 8/02 (2006.01)  
C22C 38/00 (2006.01) C22C 38/02 (2006.01)  
C22C 38/04 (2006.01) C22C 38/06 (2006.01)  
C22C 38/12 (2006.01) C22C 38/14 (2006.01)  
C22C 38/16 (2006.01) C23C 2/06 (2006.01)  
C23C 2/28 (2006.01)

(52) CPC특허분류  
C23C 2/26 (2022.08)  
C22C 38/001 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0175088

(22) 출원일자 2020년12월15일

심사청구일자 2020년12월15일

(65) 공개번호 10-2022-0085859

(43) 공개일자 2022년06월23일

(56) 선행기술조사문헌

JP2002060917 A\*

JP2013076148 A\*

JP2015101776 A\*

KR1020090118290 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

주식회사 포스코

경상북도 포항시 남구 동해안로 6261(괴동동)

(72) 발명자

최용훈

전라남도 광양시 폭포사랑길 20-26 광양제철소

하유미

전라남도 광양시 폭포사랑길 20-26 광양제철소

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인씨엔에스

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 이철환

(54) 발명의 명칭 강도, 성형성 및 표면 품질이 우수한 도금강판 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명은, 자동차 경량화를 실현할 수 있는 강도, 성형성 및 표면 품질이 우수한 극저탄소강 도금강판 및 이의 제조방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 자동차 외판재 소재로서 적합하게 사용될 수 있는 고강도, 고성형성을 갖는 아연계 도금강판 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

*C22C 38/004* (2013.01)

*C22C 38/02* (2013.01)

*C22C 38/04* (2013.01)

*C22C 38/06* (2013.01)

*C22C 38/12* (2013.01)

*C22C 38/14* (2013.01)

*C22C 38/16* (2013.01)

*C23C 2/06* (2013.01)

*C23C 2/28* (2022.08)

(72) 발명자

**한성호**

전라남도 광양시 폭포사랑길 20-26 광양제철소

---

**염준성**

전라남도 광양시 폭포사랑길 20-26 광양제철소

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

소지철; 및

상기 소지철 상에 형성된 도금층;을 포함하고,

상기 소지철은 중량%로, C: 0.003~0.009%, Si: 0.05% 이하(0%는 제외), Mn: 0.4~1.0%(0%는 제외), P: 0.04~0.09%, S: 0.01% 이하(0%는 제외), N: 0.005% 이하(0%는 제외), Sol.Al: 0.1% 이하(0%는 제외), Mo: 0.03~0.08%, Ti: 0.005~0.03%, Nb: 0.02~0.045%, Cu: 0.04~0.15%, B: 0.0015% 이하(0%는 제외), 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고,

하기 관계식 1 및 2를 충족하는, 도금강판.

[관계식 1]

$$0 < 10 \times [\text{Si}]/[\text{Mn}] \leq 1.3$$

(상기 관계식 1에 있어서, 상기 [Si]는 소지철 중에 Si의 평균 중량% 함량을 나타내고, 상기 [Mn]은 소지철 중에 Mn의 평균 중량% 함량을 나타낸다.)

[관계식 2]

$$0 \leq [\text{Ao}]/[\text{At}] \leq 0.15$$

(상기 관계식 2에 있어서, 상기 [At]는 상기 도금강판에 대한 단면을 기준으로, 상기 소지철과 도금층 사이의 길이 500nm 이상인 계면선을 도금층 측 두께방향으로 3 $\mu$ m 이격시킨 선을 그렸을 때, 상기 계면선으로부터 상기 이격시킨 선 사이 영역의 면적을 나타내고, 상기 [Ao]는 상기 계면선으로부터 상기 이격시킨 선 사이 영역에서 Mn-Si-O계 복합 산화물이 차지하는 면적을 나타낸다.)

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 Mn-Si-O계 복합 산화물의 평균 직경은 200nm 이하인, 도금강판.

#### 청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 상기 도금강판에 대한 두께방향으로의 단면을 기준으로, 상기 소지철과 도금층 사이의 계면선을 도금층 측 두께방향으로 0.3 $\mu$ m 이격시킨 선을 그렸을 때, 상기 계면선으로부터 상기 이격시킨 선 사이의 영역에서 Mn-Si-O계 복합 산화물이 차지하는 면적이, 상기 이격시킨 선으로부터 상기 도금층의 표면선 사이의 영역에서 Mn-Si-O계 복합 산화물이 차지하는 면적보다 큰, 도금강판.

#### 청구항 4

청구항 1에 있어서,

인장강도는 390MPa 이상 480MPa 이하이고, 연신율은 15% 이상 43% 이하인, 도금강판.

**청구항 5**

청구항 1에 있어서,

상기 소지철의 미세조직은 면적분율로, 페라이트를 99% 이상 100% 이하 포함하는, 도금강판.

**청구항 6**

청구항 5에 있어서,

상기 페라이트의 평균 결정립 크기는 5~15 $\mu$ m 범위인, 도금강판.

**청구항 7**

중량%로, C: 0.003~0.009%, Si: 0.05% 이하(0%는 제외), Mn: 0.4~1.0%(0%는 제외), P: 0.04~0.09%, S: 0.01% 이하(0%는 제외), N: 0.005% 이하(0%는 제외), Sol.Al: 0.1% 이하(0%는 제외), Mo: 0.03~0.08%, Ti: 0.005~0.03%, Nb: 0.02~0.045%, Cu: 0.04~0.15%, B: 0.0015% 이하(0%는 제외), 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, 하기 관계식 1을 충족하는 강을 연속 주조한 후, 강의 표면으로부터 두께방향으로 2~5mm를 용삭 처리하는 단계;

상기 용삭 처리 이후 얻어진 강 슬라브를 1180~1230 $^{\circ}$ C에서 재가열한 후, Ar3 이상 970 $^{\circ}$ C 이하에서 열간압연하여 열연강판을 제공하는 단계;

상기 열연강판을 600~650 $^{\circ}$ C에서 권취하는 단계;

권취된 열연강판을 70~83%의 압하율로 냉간압연하여 냉연강판을 제공하는 단계;

상기 냉연강판을 소둔하는 단계;

소둔된 냉연강판에 용융 아연계 도금을 실시하여, 표면에 아연계 도금층이 형성된 강판을 500~560 $^{\circ}$ C로 합금화 열처리하는 단계; 및

1.0~1.6 $\mu$ m 거칠기(Ra)를 가지는 스킨 패스부를 이용하여, 0.6~1.2%의 압하율로 조절압연하는 단계;

를 포함하고,

상기 소둔하는 단계는, 740~850 $^{\circ}$ C 범위의 온도로 열처리 후, 2~6 $^{\circ}$ C/s의 평균 냉각 속도로 650 $^{\circ}$ C까지 1차 냉각을 실시하고, 이어서 6.5~15 $^{\circ}$ C/s의 평균 냉각 속도로 550 $^{\circ}$ C까지 2차 냉각을 실시하는, 도금강판의 제조방법.

[관계식 1]

$$0 < 10 \times [\text{Si}]/[\text{Mn}] \leq 1.3$$

(상기 관계식 1에 있어서, 상기 [Si]는 강 중에 Si의 평균 중량% 함량을 나타내고, 상기 [Mn]은 강 중에 Mn의 평균 중량% 함량을 나타낸다.)

**청구항 8**

청구항 7에 있어서,

상기 소둔하는 단계는 이슬점 온도가 -60~-20 $^{\circ}$ C 범위에서 수행되는, 도금강판의 제조방법.

**청구항 9**

삭제

**청구항 10**

청구항 7에 있어서,

상기 조질압연하는 단계는, 0.05-0.4의 압하율로 1차 조질압연을 수행한 후, 0.6-1.0%의 압하율로 2차 조질압연을 수행하는, 도금강판의 제조방법.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 자동차 경량화를 실현할 수 있는 강도, 성형성 및 표면 품질이 우수한 극저탄소강 도금강판 및 이의 제조방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 자동차 외판재 소재로서 적합하게 사용될 수 있는 고강도, 고성형성을 갖는 아연계 도금강판 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0003] 자동차 외판재로서 프레스 가공 등에 의해 가공된 냉연강판이 사용되고, 일반적으로 높은 성형성이 요구된다. 최근 지구 온난화 방지의 관점에서 이산화탄소의 배출 규제책으로서, 새로운 자동차 연료비 개선의 목표가 설정되었고, 저연비 자동차에 대한 우대 세제가 도입되는 등, 자동차의 연비 향상이 요구되고 있다. 자동차의 연비 향상에는 자동차 차체의 경량화가 유효한 수단이며, 이러한 경량화의 관점에서 자동차 차체용 강판의 슬립화가 요구되었다. 한편, 자동차 차체의 안정성 확보의 관점에서는 자동차 차체용 강판의 고강도화가 요구되고 있다. 이와 같은 강판의 슬립화 및 고강도화의 요건을 충족하고, 복잡한 형상으로 프레스되는 자동차 차체용 강판으로서, 표면 외관이 우수하고 프레스 성형성이 좋은 아연계 도금 고장력 강판이 요구되고 있다.

[0004] 자동차용 강판의 성형성을 향상시키기 위하여, 극저탄소 냉연강판에 Ti이나 Nb을 단독 혹은 복합 첨가하고, C, N, S 등의 고용 원소를 탄화물 및 질화물 형태로 석출시켜서 연신을 및 소성 변형비를 높임으로써 성형성을 향상시키는 소위 IF강(Interstitial Free Steel)이 있다. 따라서, 기존에는 제강 단계에서 고청정화를 달성함과 아울러, Ti 등과 같은 탄질화물 형성 원소를 첨가하여 고용 원소를 석출시키는 방법으로 고용 원소에 의한 시효 현상을 제한하고 있다. 또한, 고장력 강판에 있어서는 강판의 강도를 향상시키기 위해, 강 중에 Si, Mn, P 등의 고용 강화 원소를 함유시키는 것이 수행되고 있다.

[0005] 한편, 고강도 아연계 도금강판의 제조를 위해서는 재질 확보를 위해, 수소와 질소의 혼합 분위기에서 소둔 처리를 실시하게 된다. 이러한 소둔 분위기에서 소지철(Fe)의 환원이 일어나고, Si, Mn, Al 등의 원소와 같이 산화하기 쉬운 원소의 경우, 소둔 분위기에 미량 함유된 O<sub>2</sub> 혹은 H<sub>2</sub>O와 반응하여 산화물을 형성한다. 소지철의 표면에 산화물이 형성되면, 후속 도금 공정 시 미도금이 발생하거나, 불균일한 도금층을 형성하는 등의 문제가 발생한다.

[0006] 따라서, 지금까지 표면 품질이 우수함과 동시에, 고강도 및 고성형성을 갖는 아연 도금강판의 수요를 충족할 수 있는 수준의 기술은 개발되지 않았다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 공개특허공보 제2005-0063917호

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 일 측면은, 표면 품질이 우수함과 동시에, 고강도 및 고성형성을 갖는 도금강판 및 이의 제조방법을 제공하고자 한다.

[0010] 본 발명의 과제는 전술한 내용에 한정하지 아니한다. 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가지는 자라면 누구라도 본 발명 명세서 전반에 걸친 내용으로부터 본 발명의 추가적인 과제를 이해하는 데 어려움이 없

을 것이다.

**과제의 해결 수단**

- [0012] 본 발명의 일 측면은,
- [0013] 소지철; 및
- [0014] 상기 소지철 상에 형성된 도금층;을 포함하고,
- [0015] 상기 소지철은 중량%로, C: 0.003~0.009%, Si: 0.05% 이하(0%는 제외), Mn: 0.4~1.0%(0%는 제외), P: 0.04~0.09%, S: 0.01% 이하(0%는 제외), N: 0.005% 이하(0%는 제외), Sol.Al: 0.1% 이하(0%는 제외), Mo: 0.03~0.08%, Ti: 0.005~0.03%, Nb: 0.02~0.045%, Cu: 0.04~0.15%, B: 0.0015% 이하(0%는 제외), 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고,
- [0016] 상기 관계식 1 및 2를 충족하는, 도금강판을 제공한다.
- [0017] [관계식 1]
- [0018]  $0 < 10 \times [\text{Si}]/[\text{Mn}] \leq 1.3$
- [0019] (상기 관계식 1에 있어서, 상기 [Si]는 소지철 중에 Si의 평균 중량% 함량을 나타내고, 상기 [Mn]은 소지철 중에 Mn의 평균 중량% 함량을 나타낸다.)
- [0020] [관계식 2]
- [0021]  $0 \leq [\text{Ao}]/[\text{At}] \leq 0.15$
- [0022] (상기 관계식 2에 있어서, 상기 [At]는 상기 도금강판에 대한 단면을 기준으로, 상기 소지철과 도금층 사이의 길이 500nm 이상인 계면선을 도금층 측 두께방향으로 0.3 $\mu\text{m}$  이격시킨 선을 그렸을 때, 상기 계면선으로부터 상기 이격시킨 선 사이 영역의 면적을 나타내고, 상기 [Ao]는 상기 계면선으로부터 상기 이격시킨 선 사이 영역에서 Mn-Si-0계 복합 산화물이 차지하는 면적을 나타낸다.)
- [0024] 또한, 본 발명의 또 다른 일 측면은,
- [0025] 중량%로, C: 0.003~0.009%, Si: 0.05% 이하(0%는 제외), Mn: 0.4~1.0%(0%는 제외), P: 0.04~0.09%, S: 0.01% 이하(0%는 제외), N: 0.005% 이하(0%는 제외), Sol.Al: 0.1% 이하(0%는 제외), Mo: 0.03~0.08%, Ti: 0.005~0.03%, Nb: 0.02~0.045%, Cu: 0.04~0.15%, B: 0.0015% 이하(0%는 제외), 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, 전술한 관계식 1을 충족하는 강을 연속 주조한 후, 강의 표면으로부터 두께방향으로 2~5mm를 용삭 처리하는 단계;
- [0026] 상기 용삭 처리 이후 얻어진 강 슬라브를 1180~1230 $^{\circ}\text{C}$ 에서 재가열한 후, Ar3 이상에서 열간압연하여 열연강판을 제공하는 단계;
- [0027] 상기 열연강판을 600~650 $^{\circ}\text{C}$ 에서 권취하는 단계;
- [0028] 권취된 열연강판을 70~83%의 압하율로 냉간압연하여 냉연강판을 제공하는 단계;
- [0029] 상기 냉연강판을 740~830 $^{\circ}\text{C}$ 에서 소둔하는 단계;
- [0030] 소둔된 냉연강판에 용융 아연계 도금을 실시하여, 표면에 아연계 도금층이 형성된 강판을 500~560 $^{\circ}\text{C}$ 로 합금화 열처리하는 단계; 및
- [0031] 1.0~1.6 $\mu\text{m}$  거칠기(Ra)를 가지는 스킨 패스를 이용하여, 0.6~1.2%의 압하율로 조질압연하는 단계;
- [0032] 를 포함하는, 도금강판의 제조방법을 제공한다.

**발명의 효과**

- [0034] 본 발명의 일 측면에 따르면, 표면 품질이 우수함과 동시에, 고강도 및 고성형성을 갖는 도금강판 및 이의 제조방법을 제공할 수 있다.
- [0035] 본 발명의 다양하면서도 유익한 장점과 효과는 상술한 내용에 한정되지 않고, 본 발명의 구체적인 실시 형태를 설명하는 과정에서 보다 쉽게 이해될 수 있을 것이다.

**도면의 간단한 설명**

- [0037] 도 1은 본 명세서의 비교예 4로부터 얻어지는 도금강관의 표면을 1배율로 광학 카메라를 이용하여 촬영한 사진이다.
- 도 2는 본 발명의 발명에 4로부터 얻어지는 도금강관에 대한 두께방향으로의 단면을 촬영한 사진으로서, 소지철과 도금층 사이의 계면 부근을 40,000배율로 투과 전자 현미경(Transmission Electron Microscopy; TEM)장치를 이용하여 촬영한 사진이다.
- 도 3은 본 발명의 비교예 2로부터 얻어지는 도금강관에 대한 두께방향으로의 단면을 촬영한 사진으로서, 소지철과 도금층 사이의 계면 부근을 100,000배율로 EDS를 이용하여 촬영한 사진이다.
- 도 4는 관계식 2의 측정 방법을 모식적으로 나타낸 도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0038] 이하, 본 발명의 바람직한 실시형태들을 설명한다. 그러나, 본 발명의 실시형태는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있고, 본 발명의 범위가 이하 설명하는 실시형태로 한정되는 것은 아니다. 또한, 본 발명의 실시형태는 당해 기술분야에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다.
- [0039] 본 발명자들은 전술한 종래기술의 문제점을 해결하기 위해 깊이 연구한 결과, 강 중 강력한 탄질화물 형성원소인 티타늄(Ti) 및/또는 나오븀(Nb) 등을 첨가하여 탄소(C), 질소(N), 황(S) 등의 고용원소 최소화를 통해 성형성을 확보하는 동시에, 고용 강화 원소인 Si, Mn, P 등을 첨가하여, 인장강도 390MPa 이상의 고강도를 확보하고, 성분 및 합금화도의 제어를 통해 우수한 도금성을 확보할 수 있음을 확인하고, 본 발명을 완성하기에 이르렀다. 이하, 본 발명의 자동차 외판재 소재로서 바람직하게 적용될 수 있는 표면 품질이 우수한 고강도 합금화 용융아연 도금 강관 및 그 제조방법에 대하여 구체적으로 설명한다.
- [0040] 자동차용 강관으로서는, 고장력화와 함께, 딥 드로잉성 등의 프레스 성형성을 만족하는 것이어야만 한다. 본 실시 형태에 관한 합금화 용융 아연 도금 강관의 기재로 되는 탈스케일 압연 강관은, 가공성을 향상시키기 위해 극저탄소강을 기본 성분으로 하고, 고용강화 원소인 Si, Mn, P 등을 첨가한 고장력 강관을 사용한다.
- [0041] 즉, 본 발명의 일 측면에 따른 도금강관은, 소지철; 및 상기 소지철 상에 형성된 도금층;을 포함한다. 이 때, 상기 소지철은, 중량%로, C: 0.003~0.009%, Si: 0.05% 이하(0%는 제외), Mn: 0.4~1.0%(0%는 제외), P: 0.04~0.09%, S: 0.01% 이하(0%는 제외), N: 0.005% 이하(0%는 제외), Sol.Al: 0.1% 이하(0%는 제외), Mo: 0.03~0.08%, Ti: 0.005~0.03%, Nb: 0.02~0.045%, Cu: 0.04~0.15%, B: 0.0015% 이하(0%는 제외), 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함한다. 이하에서는 소지철의 기본 성분의 첨가 이유와 그 한정 이유를 설명한다.
- [0042] 탄소(C): 0.003~0.009%
- [0043] C는 침입형 고용원소로써 냉연 및 소둔 과정에서 강관의 집합조직 형성에 큰 영향을 미치게 된다. 강 중에 고용 탄소량이 많지 않으면, 드로잉 가공에 유리한 {111} 감마( $\gamma$ )-파이버 집합조직을 가진 결정립의 성장이 억제되고, {110} 및 {100} 집합조직을 가진 결정립의 성장이 촉진되어 소둔관의 드로잉성이 저하된다. 나아가, 상기 C의 함량이 0.009%를 초과하게 되면 이를 탄화물로 석출시키기 위해 필요한 Ti 및 Nb의 함량이 커져 경제성 측면에서 불리할 뿐만 아니라, 펄라이트 등이 생성되어 성형성을 저하시킬 수 있다. 따라서, 상기 C 함량은 0.009% 이하로 제한함이 바람직하다. 또한, 상기 C 함량이 0.003% 미만이면, 충분한 강도를 확보하지 못할 수 있으므로, 상기 C 함량은 0.003% 이상으로 제한함이 바람직하다. 다만, 보다 바람직하게 상기 C 함량의 하한은 0.0038%일 수 있고, 상기 C 함량의 상한은 0.0080%일 수 있다.
- [0044] 실리콘(Si): 0.05% 이하 (0%는 제외)
- [0045] Si는 고용강화에 의한 강도 상승에 기여하는 원소이다. 이러한 고용강화에 의한 강도 상승의 효과를 발휘하기 위해서는 Si를 필수로 첨가해야 하므로, 상기 소지철 중에 Si 함량을 0% 초과로 제한한다. 한편, 상기 Si 함량이 0.05%를 초과하면 표면 스케일 결함을 유발하여 도금 표면 특성이 저하되는 문제가 있으므로, 본 발명에서는 상기 Si 함량을 0.05% 이하로 관리한다. 다만, 보다 바람직하게 상기 Si 함량의 하한은 0.01%일 수 있고, 상기 Si 함량의 상한은 0.042%일 수 있다.
- [0046] 망간(Mn): 0.4~1.0%
- [0047] Mn은 고용강화 원소로 강도 상승에 기여할 뿐만 아니라, 강 중의 S를 MnS로 석출시키는 역할을 한다. 상기 Mn의

함량이 0.4% 미만이면 강도 저하가 우려되는 반면, 상기 Mn의 함량이 1.0%를 초과하면 산화물에 의한 표면 문제가 발생할 수 있으므로, 상기 Mn의 함량은 0.4~1.0%로 제한함이 바람직하다. 다만, 보다 바람직하게 상기 Mn 함량의 하한은 0.48%일 수 있고, 상기 Mn 함량의 상한은 0.80%일 수 있다.

[0048] 인(P): 0.04~0.09%

[0049] P은 고용 효과가 가장 우수하고, 드로잉성을 크게 해치지 않으면서, 강의 강도를 확보하는데 가장 효과적인 원소이다. 상기 P의 함량이 0.04% 미만이면 목적하는 강도 확보가 불가능하며 반면, 상기 P의 함량이 0.09%를 초과하면 P 편석에 의한 2차 취성 및 표면 줄무늬 결함이 생길 수 있으므로, 상기 P의 함량은 0.04~0.09%로 제한함이 바람직하다. 다만, 보다 바람직하게 상기 P 함량의 하한은 0.048%일 수 있고, 상기 P 함량의 상한은 0.089%일 수 있다.

[0050] 몰리브덴(Mo): 0.03~0.08%

[0051] Mo은, P(인)와 친화력이 높은 원소로 P 편석을 억제해주는 역할을 한다. 극저탄소강에서 고강도를 확보하기 위해서는 P를 불가피하게 활용해야 하는데, Mo를 적정히 넣어서 P 편석에 따른 표면 결함 개선 하는데 일부 기여할 수 있다. 상기 Mo 함량이 0.03% 미만일 경우, 목적하는 표면개선에 크게 효과가 없다. 또한, 상기 Mo 함량이 0.08%를 초과할 경우, 가격이 비싸져 원가경쟁력이 떨어지므로 상기 Mo의 함량은 0.03~0.08%로 제한함이 바람직하다. 다만, 보다 바람직하게는 상기 Mo 함량의 하한은 0.05%일 수 있고, 상기 Mo 함량의 상한은 0.078%일 수 있다.

[0052] 황(S): 0.01% 이하 (0%는 제외), 질소(N): 0.005% 이하 (0%는 제외)

[0053] S 및 N는 강 중에 존재하는 불순물로서 불가피하게 첨가되므로, 상기 소지철 중에, S 및 N 함량은 각각 독립적으로 0%를 초과한다. 다만, 우수한 용접특성을 확보하기 위해서는 그 함량을 가능한 한 낮게 제어하는 것이 바람직하므로, 본 발명에서 상기 S 함량은 0.01% 이하로 관리하고, 상기 N 함량은 0.005% 이하로 관리한다. 다만, 보다 바람직하게 상기 S 함량의 하한은 0.0015%일 수 있고, 상기 S 함량의 상한은 0.0034%일 수 있다. 또한, 보다 바람직하게 상기 N 함량의 하한은 0.0008%일 수 있고, 상기 N 함량의 상한은 0.004%일 수 있다.

[0054] 알루미늄(Al): 0.1% 이하 (0%는 제외)

[0055] Al은 AlN을 석출시켜 강의 드로잉성 및 연성 향상에 기여한다. 이러한 드로잉성 및 연성 향상의 효과를 발휘하기 위하여, 상기 소지철 중에 Al 함량은 0%를 초과한다. 다만, 상기 Al의 함량이 0.1%를 초과할 경우, 제강 조업 시 Al 개재물 과다 형성에 의한 강판 내부 결함이 발생하는 문제가 있으므로, 상기 Al 함량은 0.1% 이하로 제어함이 바람직하다. 다만, 보다 바람직하게 상기 Al 함량의 하한은 0.025%일 수 있고, 상기 Al 함량의 상한은 0.08%일 수 있다.

[0056] 티타늄(Ti): 0.005~0.03%

[0057] Ti은 열간압연중 고용 탄소 및 고용 질소와 반응하여 Ti계 탄질화물을 석출시킴으로써 강판의 드로잉성 향상에 크게 기여하는 원소이다. 상기 Ti 함량이 0.005% 미만일 경우, 탄질화물을 충분히 석출시키지 못해 드로잉성성이 열위해진다. 반면, 상기 Ti 함량이 0.03%를 초과할 경우, 제강 조업 시 개재물 관리가 어려워 개재물성 결함이 발생할 수 있기 때문에, 상기 Ti의 함량은 0.005~0.03%로 제한함이 바람직하다. 다만, 보다 바람직하게 상기 Ti 함량의 하한은 0.007%일 수 있고, 상기 Ti 함량의 상한은 0.012%일 수 있다.

[0058] 니오븀(Nb): 0.02~0.045%

[0059] Nb는 열간압연 solute drag 및 석출물 pinning 효과에 따른 오스테나이트역 미세결정 영역이 고온으로 넓어지면 압연 및 냉각하는 과정을 통해 매우 미세한 결정립(grain)을 만들 수 있는 가장 효과적인 원소이다. 상기 Nb 함량이 0.02% 미만일 경우, 강 중 오스테나이트 미세결정온도 영역 범위가 좁아지면서 결정립 크기(grain size) 미세화 효과가 미미하다. 반면, 상기 Nb 함량이 0.045%를 초과할 경우, 고온강도가 높아지면서 열간압연의 어려움을 가져오는 문제가 있으므로, 상기 Nb의 함량은 0.02~0.045%로 제한함이 바람직하다. 다만, 보다 바람직하게 상기 Nb 함량의 하한은 0.028%일 수 있고, 상기 Nb 함량의 상한은 0.044%일 수 있다.

[0060] 보론(B): 0.0015% 이하 (0 제외)

[0061] B는 강중 P 첨가에 의한 2차 가공취성을 방지하기 위해 첨가하는 원소로서, 전술한 2차 가공취성 방지의 효과를 발현하기 위해 상기 소지철 중에 B 함량은 0%를 초과한다. 다만, B 함량이 0.0015%를 초과할 경우, 강판의 연성 저하를 수반하므로 상기 B의 함량은 0.0015% 이하로 제한함이 바람직하다. 한편, 보다 바람직하게 상기 B 함량

의 하한은 0.0004%일 수 있고, 상기 B 함량의 상한은 0.001%일 수 있다.

[0062] 구리(Cu): 0.04~0.15%

[0063] Cu도 강도 확보를 위해 첨가되는 원소로서, 강 조성을 제강에 의해 조정할 때, 제거하기 어려운 원소이다. 따라서, 강도 확보를 위해 Cu를 0.04% 이상 첨가하는 것이 바람직하나, Cu 함량이 0.15%를 초과하면 입계 취화나 비용 상승으로 이어지기 때문에 Cu 함량을 0.15% 이하로 제한한다. 한편, 보다 바람직하게 상기 Cu 함량의 하한은 0.06%일 수 있고, 상기 Cu 함량의 상한은 0.10%일 수 있다.

[0064] 이외에 잔부 Fe 및 불가피한 불순물을 포함한다. 상기 조성 이외에 유효한 성분의 첨가가 배제되는 것은 아니다. 한편, 상기 불가피한 불순물은 통상의 도금강관의 제조공정에서 의도치 않게 혼입될 수 있는 것이라면, 모두 포함될 수 있다. 당해 기술분야의 기술자라면 그 의미를 쉽게 이해할 수 있으므로, 특별히 이를 한정하지 않는다.

[0065] 또한, 상기 도금강관은 하기 관계식 1을 충족할 수 있다.

[관계식 1]

[0067]  $0 < 10 \times [\text{Si}]/[\text{Mn}] \leq 1.3$

[0068] (상기 관계식 1에 있어서, 상기 [Si]는 소지철 중에 Si의 평균 중량% 함량을 나타내고, 상기 [Mn]은 소지철 중에 Mn의 평균 중량% 함량을 나타낸다.)

[0069] 즉, 상기 관계식 2로부터 정의되는  $10 \times [\text{Si}]/[\text{Mn}]$ 의 값이 1.3을 초과하면, 소둔 시 표면 Si 산화물이 다발하여 도금 젖음성이 악화되므로, 최종 제품에서 미도금 또는 도금 불균일로 인한 표면 결함이 생길 수 있다. 이는 Si 이 Mn 대비 산화 반응이 쉽게 일어나기 때문에, 소둔 중 Si 단독 및 복합 산화물이 쉽게 형성되고, 이에 따라 표면 결함이 발생하는 결과를 가져오는 것으로 판단된다. 한편, 전술한 효과를 보다 개선하고자 하는 견지에서, 보다 바람직하게는 상기  $10 \times [\text{Si}]/[\text{Mn}]$  값의 하한은 0.48일 수 있고, 상기  $10 \times [\text{Si}]/[\text{Mn}]$  값의 상한은 0.68일 수 있다.

[0070] 본 발명은 전술한 성분계를 만족함으로써, 성형성이 우수한 자동차 외관용 고강도의 극저탄소 합금화 용융아연 도금강관을 효과적으로 제공할 수 있다.

[0071] 즉, 본 발명은 성형성을 향상시키기 위해 극저탄소강을 기본 성분으로 하고, 강화 원소인 Si, Mn, P 등을 함유하는 고장력 강관을 기재(소지철)로 한 합금화 용융아연계 도금강관에 대한 것으로서, 본 발명은 소지철 표면의 산화물에 의한 미도금 및 불균일 도금층의 형성을 방지하기 위해, 조성 및 합금화도를 적절히 조절함으로써 우수한 표면 외관을 가지는 자동차 외관용 합금화 용융아연계 도금강관 및 이의 제조방법을 효과적으로 제공할 수 있다.

[0072] 상기 도금 강관은, 하기 관계식 2를 충족하는 것이 바람직하다. 본 발명에 의한 도금 강관은 하기 관계식 2를 충족함으로써, 소지철과 도금층의 계면 부근에서 계면 산화물의 비를 안정적으로 제어하여 우수한 표면 품질을 확보할 수 있다.

[0073] [관계식 2]

[0074]  $0 \leq [\text{Ao}]/[\text{At}] \leq 0.15$

[0075] (상기 관계식 2에 있어서, 상기 [At]는 상기 도금강관에 대한 단면을 기준으로, 상기 소지철과 도금층 사이의 길이 500nm 이상인 계면선을 도금층 측 두께방향으로 0.3 $\mu\text{m}$  이격시킨 선을 그렸을 때, 상기 계면선으로부터 상기 이격시킨 선 사이 영역의 면적을 나타내고, 상기 [Ao]는 상기 계면선으로부터 상기 이격시킨 선 사이 영역에서 Mn-Si-O계 복합 산화물이 차지하는 면적을 나타낸다.)

[0076] 상기 [Ao]/[At]의 값이 0.15를 초과하면, 표면 산화물에 의해 도금 젖음성이 악화하여 미도금 또는 도금 불균일로 인한 표면결함이 생길 수 있다. 한편, 본 발명은 소지철과 도금층 사이의 계면 부근에 Mn-Si-O계 복합 산화물이 존재하지 않는 경우도 포함하므로, 상기 관계식 2로 정의되는 [Ao]/[At]값의 하한은 0일 수 있다(즉, [Ao]/[At] 값으로는 0을 포함하고, [Ao]/[At] 값이 0이라는 것은, 소지철과 도금층 사이의 계면 부근에 Mn-Si-O계 복합 산화물을 포함하지 않는 경우를 의미할 수 있다).

[0077] 한편, 상기 [Ao]/[At]의 값의 하한은 0%일 수 있고, 상기 [Ao]/[At]의 값의 상한은 0.08일 수 있다. 혹은, 상기 소지철과 도금층 사이의 계면 부근에 Mn-Si-O계 복합 산화물이 존재하는 경우로서, 상기 [Ao]/[At]의 값의 하한

은 보다 바람직하게는 0.001%일 수 있다.

- [0078] 본 명세서에 있어서, 두께방향은 압연방향과 수직인 방향을 의미할 수 있다. 또한, 상기 관계식 2의 [Ao] 및 [At]를 계산하기 위한 상기 계면선의 길이는 500nm 이상일 수 있다. 여기서, 도금강관에 대한 단면을 기준으로, 상기 소지철과 상기 도금층 사이의 경계를 따라 그려지는 계면선의 전체 길이를 측정된 값을 의미할 수 있다. 따라서, 상기 관계식 2에 정의된 [Ao] 및 [At] 값의 측정 시에는 상기 계면선의 전체 길이가 500nm 이상인 것을 기준으로 하여 측정할 수 있다.
- [0079] 한편, 상기 관계식 2에 정의된 [Ao] 및 [At]의 측정 방법을 도 4에 모식적으로 나타내었다. 즉, 도금강관의 두께방향으로의 단면을 기준으로, 소지철(1)과 도금층(2) 사이의 전체 계면 길이 500nm 이상이 되는 계면선(10)을 그린 후, 상기 계면선(10)을 두께방향으로 평행하게 0.3 $\mu$ m 이격시킨 선(20)을 그린다. 이로부터, 상기 계면선(10)과 상기 이격시킨 선(20) 사이 영역의 면적(At)를 구하고, 또한 상기 계면선(10)과 상기 이격시킨 선(20) 사이 영역에 존재하는 Mn-Si-O계 복합 산화물(100)의 면적(Ao)를 구할 수 있다. 이 때, 상기 도금 강관의 단면은 소지철(1)과 도금층(2) 사이의 경계 부근이 잘 보이도록 EDS 등의 측정 장치를 이용하여 관찰할 수 있고, 예를 들어 상기 Ao의 값은 도 4의 빗금친 부분에 해당하는 영역의 면적을 구함으로써 확인할 수 있다.
- [0080] 또한, 상기 관계식 2에 정의된 [Ao]/[At]의 단위는 각각의 [Ao] 및 [At]의 단위가 통일되기만 하면 충분하다. 예를 들어, 상기 [Ao]의 단위가  $\mu\text{m}^2$ 이면 [At]의 단위도  $\mu\text{m}^2$ 으로 통일시키고, [Ao]의 단위가  $\text{nm}^2$ 이면 [At]의 단위도  $\text{nm}^2$ 로 통일시킨 후, [Ao]/[At]의 값을 구하면 된다.
- [0081] 본 발명자들은 연구를 거듭한 결과, 상기 소지철과 도금층 사이의 계면 부근에서, Mn-Si-O계 복합 산화물의 생성을 특정량 이하로 억제함으로써, 자동차 외관재용으로 적합하게 사용 가능한 우수한 표면 품질과 고강도를 갖는 도금강관을 얻을 수 있는 점을 발견하였다. 따라서, 전술한 관계식 2를 충족함으로써, P를 함유한 고강도 냉연강관의 자동차 차체로의 적용 범위를, 지금까지 적용된 적 없는 범위까지(예를 들면, side outer 등에 대해서도) 확대하는 것이 가능해져, 결과적으로 자동차 차체를 한층 더 경량화하는 것이 실현될 수 있다.
- [0082] 이 때, 상기 Mn-Si-O계 복합 산화물은,  $\text{Mn}_a\text{SiO}_{2+a}$ 이고, 상기 a는  $0 < a \leq 2$ 를 충족하는 실수일 수 있다. 예를 들어, 상기 Mn-Si-O계 복합 산화물로는  $\text{MnSiO}_3$ ,  $\text{Mn}_2\text{SiO}_4$ ,  $\text{Mn}_{0.9}\text{SiO}_{1.9}$ (즉,  $0.9\text{MnO} \cdot \text{SiO}_2$ ) 등을 들 수 있다.
- [0083] 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 Mn-Si-O계 복합 산화물의 평균 직경은 200nm 이하일 수 있다. 상기 Mn-Si-O계 복합 산화물의 평균 직경이 200nm를 초과하면, 점상형의 미도금 결합이 발생하는 문제가 생길 수 있다. 다만, 상기 Mn-Si-O계 복합 산화물은 작을수록 표면결함 방지에 유리하므로, 그 평균 직경의 하한은 특별히 한정하지 않을 수 있다.
- [0084] 이 때, 상기 Mn-Si-O계 복합 산화물의 평균 직경은 상기 도금강관에 대한 두께방향(즉, 압연방향에 수직인 방향)으로의 절단면을 기준으로, 전술한 Mn-Si-O계 복합 산화물에 대한 원상당 직경을 측정된 값들의 평균값을 의미할 수 있다.
- [0085] 또한, 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 도금강관의 절단면에서, 상기 소지철과 도금층 사이의 계면선을 도금층 측 두께방향으로 0.3 $\mu$ m 이격시킨 선을 그렸을 때, 상기 계면선으로부터 상기 이격시킨 선 사이의 영역에서 Mn-Si-O계 복합 산화물이 차지하는 면적이, 상기 이격시킨 선으로부터 상기 도금층의 표면선 사이의 영역에서 Mn-Si-O계 복합 산화물이 차지하는 면적보다 클 수 있다. 이는 전술한 Mn-Si-O계 복합 산화물이 주로 제조과정 중의 소둔 시에 소지철 표면에 형성되어 용융 아연계 도금을 실시하면서 소지철과 도금층 사이의 계면 부근에서 존재하기 때문으로 판단된다.
- [0086] 한편, 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 소지철은 C 함량이 0.01% 미만인 극저탄소강에 해당하므로, 상기 소지철은 페라이트 기반의 미세조직을 가질 수 있다. 이 때, 상기 페라이트 기반의 미세조직은 불가피적으로 생성되는 다른 조직을 포함할 수 있다.
- [0087] 구체적으로, 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 소지철의 미세조직은 면적분율로, 페라이트가 95% 이상이고, 이외에 펄라이트 등이 미량 잔존할 수 있다(예를 들어, 잔부는 펄라이트). 혹은, 보다 바람직하게는, 상기 소지철의 미세조직은 페라이트가 면적분율로, 99% 이상이고, 펄라이트는 1% 이하일 수 있다. 혹은, 가장 바람직하게는, 상기 소지철의 미세조직은 페라이트 단상일 수 있다. 이러한 미세조직적 특징을 만족함으로써, 우수한 성형성을 확보할 수 있다. 즉, 소지철 중에, 전술한 페라이트 외의 펄라이트 등의 미세조직 함량이 5%를 초과하면, 성형성이 악화되는 문제가 생길 수 있다.

- [0088] 본 발명의 일 측면에 따르면, 특별히 한정하는 것은 아니나, 상기 소지철에 있어서, 상기 페라이트의 평균 결정립 크기는 5~15 $\mu\text{m}$ (즉, 5 $\mu\text{m}$  이상 15 $\mu\text{m}$  이하)일 수 있다. 상기 페라이트의 평균 결정립 크기가 5 $\mu\text{m}$  미만이면 강도가 너무 높아 연신율을 충분히 확보할 수 없는 문제가 생길 수 있다. 또한, 상기 페라이트의 평균 결정립 크기가 15 $\mu\text{m}$ 를 초과하면 목표 강도를 확보하지 못하는 문제가 생길 수 있다.
- [0089] 여기서, 상기 페라이트의 평균 결정립 크기는, 상기 도금강판의 두께방향(즉, 압연방향에 수직인 방향)으로의 절단면을 기준으로, 결정립에 대한 원상당 직경을 측정된 값들의 평균값을 의미할 수 있다.
- [0090] 본 명세서에 있어서, 전술한 원상당 직경이라 함은, 결정립 내부를 관통하는 가장 긴 길이를 입경으로 하여 고려되는 구형의 입자를 가정했을 때, 상기 입경을 측정된 값을 의미할 수 있다.
- [0091] 한편, 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 도금층은 용융 아연계 도금층 또는 아연계 합금 도금층일 수 있다. 특별히 한정하는 것은 아니나, 일례로서, 상기 도금층은 중량%로, Fe: 8~13%, 잔부 Zn 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 조성을 가질 수 있고, 전술한 도금층의 조성을 충족함으로써 우수한 파우더링성을 용이하게 확보할 수 있다.
- [0092] 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 도금강판의 인장강도는 390 MPa 이상(보다 바람직하게는 390~480MPa 범위)일 수 있다. 이렇듯, 상기 도금강판의 인장강도가 390~480MPa 범위를 충족함으로써, 고장력강을 이용한 자동차의 경량화를 실현할 수 있다.
- [0093] 또한, 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 도금강판의 연신율은 15% 이상일 수 있고, 보다 바람직하게는 28~43%, 가장 바람직하게는 28~38%일 수 있다. 이렇듯, 상기 도금강판의 연신율이 전술한 범위를 충족함으로써, 우수한 성형성 및 가공성을 확보할 수 있다.
- [0094] 다음으로, 도금강판의 제조방법에 대하여 자세히 설명한다. 다만, 본 발명의 도금강판이 반드시 이하의 제조방법에 의해 제조되어야 함을 의미하는 것은 아니다.
- [0095] 본 발명의 일 측면에 따른 도금강판의 제조방법은, 전술한 조성을 갖는 강을 연속 주조하는 단계를 포함하고, 상기 강의 조성에 대해서는 전술한 도금강판의 조성에 대한 설명을 동일하게 적용 가능하다.
- [0096] 또한, 상기 강을 연속 주조한 후, 강의 표면으로부터 두께방향(이 때, 두께방향은 압연방향과 수직인 방향을 의미한다)으로 2mm 이상 5mm 이하를 용삭 처리할 수 있다. 상기 용삭 처리되는 두께가 2mm 미만이면, 난산화 원소의 편석대가 제거되지 못해 표면 결함이 발생할 수 있고, 상기 용삭 처리되는 두께가 5mm를 초과하면, 실수율 저하의 문제가 생길 수 있다.
- [0097] 또한, 상기 도금강판의 제조방법은, 연속 주조하여 얻어진 강 슬라브를 1180~1230 $^{\circ}\text{C}$ 로 재가열한 후, Ar3 이상에서 열간압연하여 열연강판을 제공하는 단계를 포함한다. 이 때, 상기 슬라브의 재가열 온도가 1180 $^{\circ}\text{C}$  미만이면 FM 구간 압연 부하로 인해 생산에 문제가 생길 수 있고, 슬라브의 재가열 온도가 1230 $^{\circ}\text{C}$ 를 초과하면 표면 스케일 결함이 발생할 수 있다. 또한, 상기 열간 압연은 마무리 압연 온도가 Ar3 이상이 되도록 수행될 수 있고, 보다 상세하게는 880~970 $^{\circ}\text{C}$  범위로 수행될 수 있다. 상기 열간압연이 880 $^{\circ}\text{C}$  미만이면 이상역 영역(즉, Ar3 미만)에서 냉각되어 표층부에 조대립이 생성되고, 이에 따라 표층부 결정립 크기가 불균일해져 최종적으로 선형성에 문제가 생길 수 있다. 970 $^{\circ}\text{C}$ 를 초과하면 결정립의 크기가 충분히 미세하지 못하여 최종 소재의 강도가 부족해지는 문제가 생길 수 있다.
- [0098] 또한, 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 열연강판의 권취는 600~650 $^{\circ}\text{C}$  범위에서 수행될 수 있다. 상기 권취 온도가 600 $^{\circ}\text{C}$  미만이면 (Ti, Nb)C 등의 석출물이 충분히 생성되지 못함에 따라, 소둔 시 석출되어 재결정 및 결정립 성장에 영향을 미쳐서 원하는 강도 및 연신율을 확보하기 어려운 문제가 생길 수 있다. 또한, 상기 권취 온도가 650 $^{\circ}\text{C}$ 를 초과하면 열연 2차 스케일 생성으로 인해 표면특성이 열위한 문제가 생길 수 있다.
- [0099] 또한, 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 열연강판의 권취 후에, 산세공정을 거칠 수 있고, 이어서 70~83% 압하율로 냉간압연하여 냉연강판을 얻을 수 있다. 상기 냉간압연 시 압하율이 70% 미만일 경우, {111} 집합조직이 충분히 성장하지 않아 성형성이 열위해지는 문제가 생길 수 있다. 반면, 상기 냉간압연 시 압하율이 83%를 초과할 경우, 현장 제조 시 압연률 부하가 매우 심해 형상이 나빠지므로 문제가 생길 수 있다. 따라서, 상기 압하율은 70~83%로 제어함이 바람직하며, 74~80%로 제어함이 보다 바람직하다.
- [0100] 이어서, 상기 냉연강판을 740~830 $^{\circ}\text{C}$  범위의 재결정 온도 이상의 온도에서 소둔을 실시할 수 있다. 재결정 온도 이상의 온도에서 소둔(어닐링)함으로써 압연에 의해 발생한 변형이 제거되고, 강판이 연질화되어 가공성을 향상시킬 수 있다. 즉, 상기 소둔 온도가 740 $^{\circ}\text{C}$  미만이면 페라이트상의 재결정이 완료되지 않아, 연신율이 부족할

문제가 생길 수 있고, 상기 소둔 온도가 830℃를 초과하면 재결정 완료 후 결정립 성장이 과도하게 진행되어 강도 부족의 문제가 생길 수 있다.

[0101] 한편, 특별히 한정하는 것은 아니나, 상기 소둔은 740~850℃ 범위의 온도로 열처리 후, 2~6℃/s의 평균 냉각 속도로 1차 냉각을 실시하고, 이어서 6.5~15℃/s의 평균 냉각 속도로 2차 냉각을 실시할 수 있다. 전술한 조건을 충족하도록 소둔을 수행함으로써, 소지철과 도금층 사이의 계면 부근에서 복합 산화물의 양을 적정 범위로 제어할 수 있고, 이를 통해 소둔 시 형성되는 복합 산화물로부터 기인하는 합금화 불균일을 방지할 수 있다.

[0102] 또한, 특별히 한정하는 것은 아니나, 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 소둔은 이슬점 온도가 -60~-20℃ 범위에서 수행될 수 있다. 상기 소둔 시, 이슬점 온도가 -60℃ 미만이면 로내 분위기 온도를 유지하기 위해 경제성 측면에서 열위험 문제가 생길 수 있고, 상기 소둔 시, 이슬점 온도가 -20℃를 초과하면 표면 산화물이 다발하는 문제가 생길 수 있다.

[0103] 또한, 상기 소둔 이후, 냉연강관에 대하여, 연속하는 용융 아연계 도금 라인에서 그대로 용융 아연계 도금을 실시할 수 있다. 이 때, 아연계 도금이라 함은, Zn을 60% 이상 포함하는 도금욕에 침지하여 수행되는 도금을 말하고, 일례로, 상기 도금은 Al: 0.121~0.133%, 잔부 Zn 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 도금욕에 침지하여 수행될 수 있다. 이후, 상기 용융 아연계 도금 후에 합금화 열처리를 500~560℃의 범위에서 수행할 수 있다. 이 때, 상기 합금화 열처리 온도가 500℃ 미만이면 합금화가 충분히 진행하지 않고, 또한 560℃ 초과하면 과도하게 합금화가 진행하고 도금층이 취화하기 때문에, 프레스 등의 가공에 의해 도금이 박리하는 등의 문제를 유발할 수 있다.

[0104] 또한, 상기 합금화 열처리된 강관에 대하여, 1.0~1.6 $\mu$ m 거칠기(Ra)를 가지는 스킨 패스롤을 이용하여, 0.6~1.2%의 압하율(평균 압하율을 의미할 수 있음)로 조절 압연하는 단계를 더 포함할 수 있다. 상기 조절 압연 시, 스킨 패스롤의 거칠기(Ra)가 1.0 $\mu$ m 미만이면 Mn-Si-O계 복합 산화물에 기인하는 표면결함을 충분히 억제하지 못할 뿐만 아니라, 도장 후 미려한 표면 특성을 나타내는 선형성이 부족해질 수 있다. 반면, 상기 조절 압연 시, 스킨 패스롤의 거칠기(Ra)가 1.6 $\mu$ m 초과이면 프레스성에 문제가 생길 수 있다. 또한, 상기 조절 압연의 압하율이 0.6% 미만이면 형상 교정 등에 문제가 생길 수 있고, 1.2%를 초과하면 가공경화 효과로 항복강도가 기준치를 초과하는 문제가 생길 수 있다.

[0105] 한편, 상기 조절 압연은 전술한 효과를 보다 개선하는 견지에서 보다 바람직하게는, 1.1~1.5 $\mu$ m 거칠기(Ra)를 가지는 스킨 패스롤을 이용하여, 0.6~1.2%의 압하율로 수행될 수 있다.

[0106] 혹은, 본 발명의 일 측면에 따르면, 특별히 한정하는 것은 아니나, 상기 조절 압연은, 0.05~0.4의 압하율로 1차 조절압연을 수행한 후, 0.6~1.0%의 압하율로 2차 조절압연을 수행함으로써, 소지철과 도금층 사이의 계면 부근에 존재하는 복합 산화물로부터 기인하는 표면 결함을 억제하여 우수한 표면특성을 확보하는 데 기여할 수 있다. 이 때, 상기 1차 조절압연 및 2차 조절압연에 대한 평균 압하율은 전술한 0.6~1.2%의 압하율을 충족한다.

[0107] (실시예)

[0108] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 보다 구체적으로 설명한다. 다만, 하기의 시뮬에는 예시를 통하여 본 발명을 설명하기 위한 것일 뿐, 본 발명의 권리 범위를 제한하기 위한 것이 아니라는 점에서 유의할 필요가 있다. 본 발명의 권리범위는 특허청구범위에 기재된 사항과 이로부터 합리적으로 유추되는 사항에 의해 결정되는 것이기 때문이다.

[0109] (실험예 1)

[0110] 하기 표 1 및 2에 기재된 합금조성(잔부는 Fe 및 기타 불순물)을 갖는 두께 250mm의 강 슬라브를 2~4mm 용삭처리 후, 1230℃으로 재가열한 후, 하기 표 3의 조건으로, 열간압연, 권취, 냉간압연, 소둔, 도금 및 합금화 처리를 실시하여 도금강관을 제조하였다. 이 때, 상기 소둔은 이슬점 온도 -60~-20℃ 및 740~850℃ 범위의 온도로 열처리한 후, 강관의 표면온도를 기준으로, 2~6℃/s의 평균 냉각 속도로 650℃까지 1차 냉각을 실시한 후, 이어서 6.5~15℃/s의 평균 냉각 속도로 550℃까지 2차 냉각을 실시하였다. 또한, 상기 도금 시에는 Al: 0.121~0.133%, 잔부 Zn 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 아연 도금욕에 침지하여 합금화 용융아연도금을 수행하였다.

[0111] 이렇게 얻어진 도금강관에 대하여, TEM(Transmission electron microscopy)-EDS(Energy dispersive spectroscopy) 장비를 이용하여, 관계식 2에 의한 산화물 점유비([Ao]/[At] 값)를 측정하였다. 구체적으로, 용융 아연 도금된 시편의 단면(두께방향으로의 절단면)의 소지철과 용융 아연 도금층의 계면 부근을 측정 및 원소

분석하여 산화물 점유비를 측정하여, 이 값을 하기 표 4에 나타내었다.

[0112] 또한, 하기 표 4에 항복강도(YS), 인장강도(TS), 파괴 연신율(E1)을 측정하여 나타내었다. 이 때, 시험편의 나비, 평행부의 길이, 두께를 측정한 뒤 인장시험기에 시험편을 장착하여 시험편이 파괴될 때까지 기다린 후, 그 시험편의 항복강도, 인장강도 및 파괴 연신율을 측정하였다. 항복강도는 탄성변형이 일어날 때의 한계 응력으로 통상 0.2% offset을 통해 값을 나타내고, 인장강도는 최고 하중을 원단면으로 나눈 값을 나타내고, 파괴 연신율은 인장시험으로부터 파단 후의 시험편 변형량을 %로 나타낸 것이다. 이 때, 인장 강도가 390MPa 이상, 연신율이 15% 이상인 경우를 합격으로 평가하였다.

[0113] 또한, 딥 드로잉 가공의 지표인 r값의 평가는, 합금화 용융 아연 도금 강판으로부터 압연 방향으로 평행 방향, 45° 방향, 직각 방향의 3방향에 대해, JIS5호 인장 시험편을 채취하고, 각 시험편의 r값을 측정하여 하기 표 4에 나타내었다. 즉, r값의 측정은, 상기한 인장 시험에서 15% 정도의 인장 변형을 행한 시점에서의 판 두께의 변화값과 판 폭의 변화값을 측정하고, 판 두께에 대한 판 폭의 변화값의 비율을 구하였다. 그리고, 압연 방향으로 평행한 r값을 r<sub>0</sub>, 45° 방향의 r값을 r<sub>45</sub>, 직각 방향의 r값을 r<sub>90</sub>으로 하였을 때, 하기하는 각 방향의 r값을 하기 관계식 A로부터 r값을 구하여, r값이 1.2 이상인 경우를 합격으로 하였다.

[0114] [관계식 A]

[0115] 
$$r = r_0 + 2 * r_{45} + r_{90} / 4$$

[0116] 상기 합금화 용융아연도금강판의 표면 품질(백색결함 발생유무)을 평가하고, 그 결과를 하기 표 4에 함께 나타내었다. 이때, 표면 품질을 평가하는 방법 및 기준은 다음과 같이 설정하였다.

[0117] 표면품질: 합금화 용융아연 도금층이 소지강판에 잘 코팅되어 있는 정도로서, 육안으로 도금강판의 외관을 관찰하였다. 통상의 연속 소둔라인 조건으로 냉연강판(F/H) 소둔 열처리를 실시한 후, 소지철 표면에 산화물이 과도하게 혹은 불균일하게 생성되는 경우에는 합금화 속도 차이에 의한 불균일한 도금층이 형성되어 도금층이 상대적으로 두껍게 형성된 영역이 백색으로 도드라지는 결함이 나타난다. 해당 결함이 나타나는 경우 자동차 외판용으로 사용되기 불가능하므로 백색결함의 유무를 표면 품질 판단의 척도로 설정하였다.

[0118] [표 1](단위: 중량%, 잔부 Fe 및 기타 불순물)

강종	C	Si	P	Mo	Mn	Cu	S	N
발명강 1	0.004	0.025	0.048	0.05	0.48	0.08	0.0023	0.0013
발명강 2	0.0038	0.03	0.051	0.053	0.51	0.07	0.0034	0.0017
발명강 3	0.005	0.031	0.057	0.0576	0.48	0.08	0.0021	0.0015
발명강 4	0.007	0.034	0.062	0.062	0.51	0.069	0.003	0.002
발명강 5	0.0064	0.042	0.079	0.068	0.62	0.078	0.0028	0.0013
발명강 6	0.006	0.032	0.082	0.072	0.61	0.08	0.0032	0.0015
발명강 7	0.008	0.036	0.089	0.078	0.67	0.09	0.0021	0.0013
발명강 8	0.0071	0.024	0.056	0.08	0.5	0.1	0.0015	0.0017
비교강 1	0.004	0.1	0.09	0.01	0.5	0.02	0.0022	0.0012
비교강 2	0.0028	0.1	0.037	0.005	0.72	0.05	0.0028	0.0018
비교강 3	0.012	0.15	0.045	0.001	0.9	0.5	0.0032	0.002
비교강 4	0.01	0.3	0.025	0.3	0.87	0.62	0.0027	0.0015

[0119]

[0120] [표 2]

강종	Al	Ti	Nb	B	[관계식 1] 10*[Si]/[Mn]
발명강 1	0.0347	0.01	0.035	0.0008	0.52
발명강 2	0.0361	0.008	0.033	0.0004	0.59
발명강 3	0.0355	0.007	0.038	0.0006	0.65
발명강 4	0.0345	0.009	0.028	0.0007	0.67
발명강 5	0.0346	0.012	0.045	0.0006	0.68
발명강 6	0.0390	0.011	0.041	0.0008	0.52
발명강 7	0.0410	0.008	0.044	0.0007	0.54
발명강 8	0.0290	0.01	0.034	0.0004	0.48
비교강 1	0.0389	<u>0.05</u>	0.021	0.001	<u>2.00</u>
비교강 2	0.0405	0.02	0.02	<u>0.008</u>	<u>1.39</u>
비교강 3	0.0391	<u>0.045</u>	<u>0.012</u>	<u>0.007</u>	<u>1.67</u>
비교강 4	0.0354	<u>0.045</u>	0.045	<u>0.008</u>	<u>3.45</u>

[0121]

[0122] Ar3 = 910-310\*[C]-80\*[Mn]-20\*[Cu]-15\*[Cr]-55\*[Ni]-80\*[Mo]-0.35\*(두께-8)

[0123] [표 3]

강종	비교	FDT* [°C]	CT* [°C]	냉간 압하율 [%]	소둔 온도 [°C]	GA 온도 [°C]	조질압연	
							Ra* [μm]	압하율 [%]
발명강 1	발명예 1	915	622	77	770	520	1.1	0.8
발명강 2	발명예 2	932	620	77	765	525	1.1	0.8
발명강 3	발명예 3	940	618	77	780	525	1.3	0.6
발명강 4	발명예 4	830	615	71	750	530	1.1	1.2
발명강 5	발명예 5	920	620	71	742	530	1.5	0.9
발명강 6	발명예 6	925	635	75	800	545	1.1	0.8
발명강 7	발명예 7	930	612	75	810	545	1.1	1.1
발명강 8	발명예 8	933	622	71	790	520	1.3	0.8
비교강 1	비교예 1	923	690	70	<u>720</u>	530	1.1	1.0
비교강 2	비교예 2	911	618	70	780	530	1.1	0.5
비교강 3	비교예 3	880	620	70	780	530	1.3	0.8
비교강 4	비교예 4	903	618	70	780	530	1.1	0.9

[0124]

[0125] FDT\*: 마무리 압연

[0126] CT\*: 권취

[0127] Ra\*: 스킨 패스롤 거칠기

[0128] [표 4]

비교	[관계식 2] [Ao]/[At]값	YS [MPa]	TS [MPa]	E1 [%]	r 값	표면 백색 결함
발명예 1	0	275	410	35	1.7	양호
발명예 2	0	250	415	35	1.6	양호
발명예 3	0	235	412	32	1.6	양호
발명예 4	0	320	452	15	1.5	양호
발명예 5	0.08	311	445	17	1.4	양호
발명예 6	0	290	450	29	1.6	양호
발명예 7	0	300	451	32	1.6	양호
발명예 8	0	270	411	38	1.7	양호
비교예 1	<u>0.35</u>	620	694	<u>8</u>	0	불량
비교예 2	<u>0.27</u>	225	<u>356</u>	39	1.9	불량
비교예 3	<u>0.25</u>	226	<u>378</u>	35	1.5	불량
비교예 4	<u>0.44</u>	341	575	<u>7</u>	0.1	불량

[0129]

[0130] 상기 표 1~4의 실험결과에서 볼 수 있듯이, 본 발명의 소지철 조성, 제조조건을 충족함으로써, 관계식 1 및 2를 충족하는 발명에 1~8의 경우, 도금강관에 대한 소지철의 미세조직이 면적분율로, 페라이트 단상임을 확인하였고, 인장강도가 390MPa 이상이고, 항복강도가 230~330MPa 범위로서 고강도이면서, 연신율이 15% 이상으로 성형성이 우수할 뿐만 아니라, 표면 특성 역시 양호함을 확인하였다. 이들 중, 본원 발명에 4로부터 얻어지는 도금강관에 대한 두께방향으로 단면에 대한 사진을 도 2에 나타내었다. 구체적으로, 도 2는 소지철과 도금층 사이의 계면 부근을 40,000배율로 투과 전자 현미경(TEM)을 이용하여 촬영한 것이다.

[0131] 반면, 비교예 1~4는 관계식 1의  $10 * [Si]/[Mn]$  값이 1.3을 초과하였고, 또한 관계식 2에 의한 복합 산화물의 점유비  $[Ao]/[At]$ 가 본 발명의 범위를 충족하지 못하여, 불균일 도금층에 의한 백색 결함이 발생한 것을 확인하였다. 이들 중, 비교예 4로부터 얻어지는 도금강관의 표면을 1배율로 광학 카메라로 촬영한 사진을 도 1에 나타내었고, 백색 결함이 발생한 것을 육안으로 확인할 수 있었다. 또한, 비교예 2로부터 얻어지는 도금강관의 두께방향 단면을 100,000배율로 EDS를 이용하여 촬영한 사진을 도 3에 나타내었고, 도 3에서와 같이 소지철과 도금층 사이의 계면 부근에서 Mn-Si-O계 복합 산화물이 존재함을 확인할 수 있었다.

[0133] (실험예 2)

[0134] 조질압연 시, 하기 표 5에 기재된 조건으로 1차 및 2차 조질압연을 수행한 것 외에는, 하기 표 5의 조건으로 마무리 압연, 권취, 냉간압연, 소둔, 도금 및 합금화 처리를 전술한 실험예 1과 동일한 방법으로 도금강관을 제조하였다.

[0135] [표 5]

강종	비교	FDT* [°C]	CT* [°C]	냉간 압하율 [%]	소둔 온도 [°C]	GA 온도 [°C]	조질압연			
							Ra* [ $\mu$ m]	1차 압하율 [%]	2차 압하율 [%]	평균 압하율 [%]
발명강 1	발명예 9	915	622	77	770	520	1.1	0.01	1.3	0.66
	발명예 10						1.1	0.05	0.6	0.33
	발명예 11						1.1	0.4	1.0	0.7
	발명예 12						1.1	0.5	1.2	0.85
발명강 5	발명예 13						1.1	0.4	1.0	0.7
비교강 2	비교예 5	911	618	70	780	530	0.5	0.5 (1 단계 조질압연)		

[0136] 전술한 방법으로 얻어진 각 도금강관에 대하여, Mn-Si-O계 복합 산화물의 평균 직경을 측정하였고, 페라이트 실험예 1과 동일한 방법으로 복합 산화물 점유비, 항복강도, 인장강도, 파괴 연신율, r값 및 표면 백색 결함 여부를 평가하여, 하기 표 6에 나타내었다. 또한, 본원 명세서에서 설명한 방법과 동일하게 Mn-Si-O계 복합 산화물의 평균 직경 및 페라이트의 평균 결정립 크기를 측정하여, 하기 표 6에 나타내었다.

[0138] [표 6]

비교	[관계식 2] $[Ao]/[At]$	Mn-Si-O계 복합 산화물의 평균 직경 [nm]	페라이트 평균 결정립 크기 [ $\mu$ m]	YS [MPa]	TS [MPa]	EI [%]	r 값	표면 백색 결함
발명예 9	0	-	7.2	275	410	35	1.7	양호
발명예 10	0	-	7.2	277	410	35	1.7	매우 양호
발명예 11	0	-	7.2	282	411	35	1.7	매우 양호
발명예 12	0	-	7.2	284	412	34	1.6	양호
발명예 13	0.08		7.2	311	445	17	1.4	매우 양호
비교예 5	0.19	107	14	225	<b>356</b>	39	1.9	불량

[0139] 상기 표 6에서 볼 수 있듯이, 본 발명의 소지철 조성 및 제조조건을 충족하지 못하는 비교예 5의 경우, 관계식 1 및 2를 충족하지 못하였고, 이로 인해 인장강도가 390MPa 미만이어서 강도가 부족하였을 뿐만 아니라, 불균일 도금층에 의한 백색 결함이 발생하였다.

[0141] 이에 비하여, 본 발명의 소지철 조성 및 제조조건을 충족하는 발명예 9~13의 경우, 관계식 1 및 2를 충족하였고, 비교예 5에 비하여, 강도 특성이 우수할 뿐만 아니라, 표면 특성 역시 양호하였다.

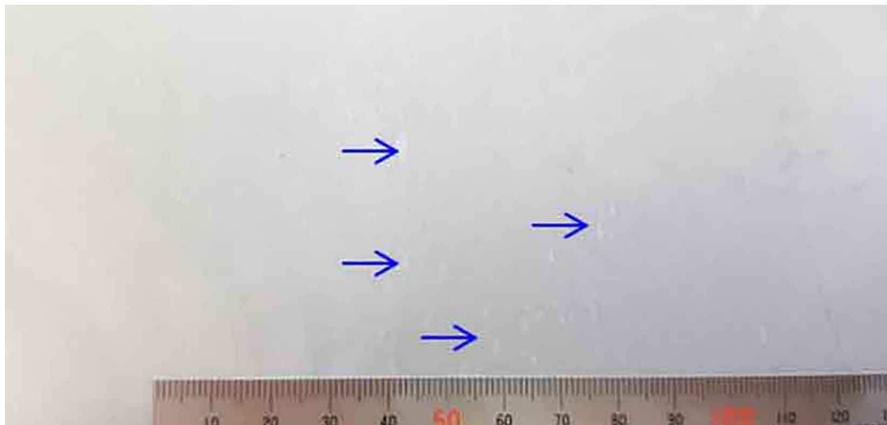
- [0142] 또한, 전술한 발명에 13으로부터 제조되는 도금강판에 대한 두께방향으로의 단면을 기준으로, 소지철과 도금층 사이에 500nm의 길이를 갖는 계면선을 도금층 측 두께방향으로 0.3 $\mu$ m 이격시킨 선을 그렸을 때, 상기 계면선으로부터 상기 이격시킨 선 사이의 영역에서 Mn-Si-O계 복합 산화물이 차지하는 면적이, 상기 이격시킨 선으로부터 상기 도금층의 표면선 사이의 영역에서 Mn-Si-O계 복합 산화물이 차지하는 면적보다 큰 것을 확인하였다.
- [0143] 특히, 조질압연 시, 압하율이 0.05~0.4%인 1차 조질압연과, 압하율이 0.6~1.0%인 2차 조질압연을 수행한 발명에 10 및 11의 경우, 전술한 1차 조질압연 및 2차 조질압연의 조건을 충족하지 못하는 발명에 9 및 12에 비하여, 딥 드로잉성 및 표면 특성이 한층 더 향상됨을 확인하였다.
- [0144] 한편, 표면 백색 결함이 양호한 시편의 경우 유관상 도 1에서 나타나는 결함이 확인되지 않고, 매우 양호한 시편의 경우 유관상 결함이 관찰되지 않을 뿐만 아니라, 주사 전자 현미경(SEM)을 활용하여 도금층 단면을 관찰하였을 때, 단면 도금층 내 최소 두께와 최대 두께 간의 편차[(최대 두께-최소 두께)/(최대 두께)]가 0.1을 초과하지 않은 것으로부터 확인할 수 있다.

**부호의 설명**

- [0146] 1: 소지철
- 2: 도금층
- 10: 소지철과 도금층 사이의 전체 계면 길이 500nm 이상인 계면선
- 20: 계면선을 두께방향으로 평행하게 0.3 $\mu$ m 이격시킨 선
- At: 상기 계면선(10)과 이격시킨 선(20) 사이 영역의 면적
- 100: Mn-Si-O계 복합 산화물
- Ao: 상기 계면선(10)과 상기 이격시킨 선(20) 사이 영역에 존재하는 Mn-Si-O계 복합 산화물의 면적

**도면**

**도면1**

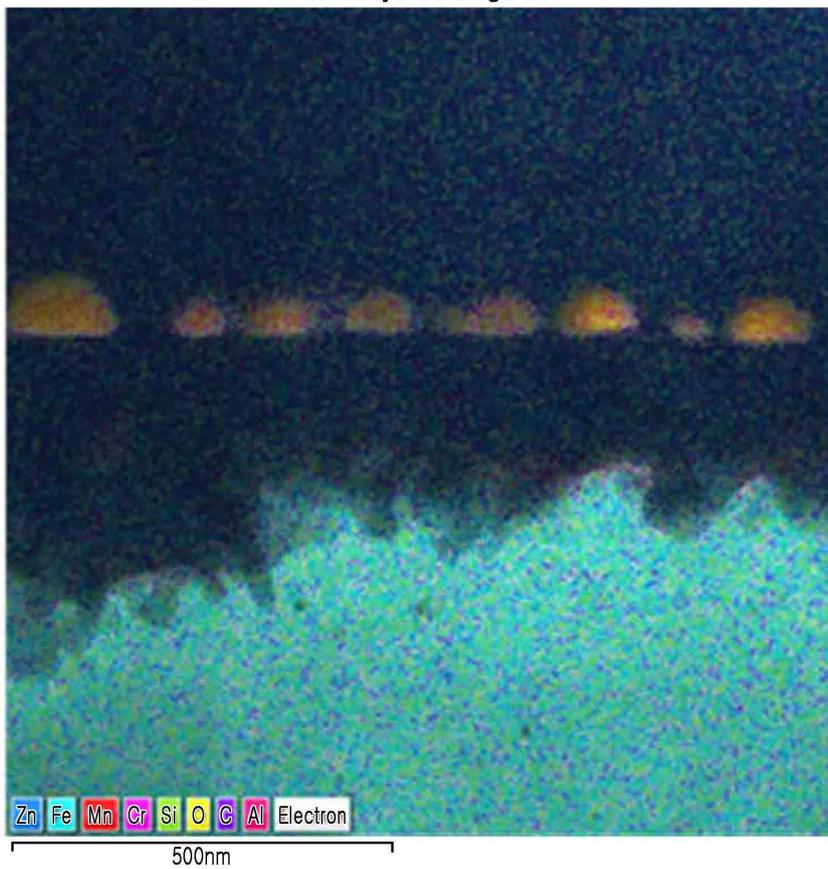


도면2



도면3

EDS Layered Image 1



도면4

