



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2010-0092503  
 (43) 공개일자 2010년08월20일

(51) Int. Cl.  
     **C22C 38/06** (2006.01) **C22C 38/58** (2006.01)  
     **C21D 9/46** (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2010-7015217  
 (22) 출원일자(국제출원일자) 2009년01월19일  
     심사청구일자 2010년07월09일  
 (85) 번역문제출일자 2010년07월09일  
 (86) 국제출원번호 PCT/JP2009/051133  
 (87) 국제공개번호 WO 2009/096344  
     국제공개일자 2009년08월06일  
 (30) 우선권주장  
     JP-P-2008-020201 2008년01월31일 일본(JP)  
     JP-P-2008-323223 2008년12월19일 일본(JP)

(71) 출원인  
     **제이에프이 스틸 가부시카가이사**  
     일본 도쿄도 지요다꾸 우치사이와이쵸 2쵸메 2방  
     3고  
 (72) 발명자  
     **나카가이토 다츠야**  
     일본 도쿄도 지요다꾸 우치사이와이쵸 2쵸메 2방  
     3고 제이에프이 스틸 가부시카가이사 지테크자이  
     산부 나이  
     **마츠오카 사이지**  
     일본 도쿄도 지요다꾸 우치사이와이쵸 2쵸메 2방  
     3고 제이에프이 스틸 가부시카가이사 지테크자이  
     산부 나이  
     (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
     **특허법인코리아나**

전체 청구항 수 : 총 11 항

**(54) 가공성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판 및 그 제조 방법**

**(57) 요약**

590 MPa 이상의 TS 를 갖고, 또한 연성 및 신장 플랜지성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판 및 그 제조 방법을 제공한다. 성분 조성은, 질량% 로, C : 0.05 ~ 0.3 %, Si : 0.01 ~ 2.5 %, Mn : 0.5 ~ 3.5 %, P : 0.003 ~ 0.100 % 이하, S : 0.02 % 이하, Al : 0.010 ~ 1.5 % 를 함유하고, Si 와 Al 의 첨가량의 합계가 0.5 ~ 2.5 % 이고, 잔부가 철 및 불가피적 불순물로 이루어진다. 조직은, 면적률로, 20 % 이상의 페라이트상과 10 % 이하 (0 % 를 포함한다) 의 마르텐사이트상과 10 % 이상 60 % 이하의 템퍼링 마르텐사이트를 갖고, 체적률로, 3 % 이상 10 % 이하의 잔류 오스테나이트상을 갖고, 또한 잔류 오스테나이트의 평균 결정 입경이 2.0 μm 이하이다. 또한, 바람직하게는 상기 잔류 오스테나이트 중의 평균 고용 C 농도가 1 % 이상이다.

(72) 발명자

**가네코 신지로**

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

**가와사키 요시아스**

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

**스즈키 요시츠클**

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

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

성분 조성은, 질량% 로, C : 0.05 ~ 0.3 %, Si : 0.01 ~ 2.5 %, Mn : 0.5 ~ 3.5 %, P : 0.003 ~ 0.100 % 이하, S : 0.02 % 이하, Al : 0.010 ~ 1.5 % 를 함유하고, Si 와 Al 의 첨가량의 합계가 0.5 ~ 2.5 % 이고, 잔부가 철 및 불가피적 불순물로 이루어지며, 조직은, 면적률로, 20 % 이상의 페라이트상과 10 % 이하 (0 % 를 포함함) 의 마르텐사이트상과 10 % 이상 60 % 이하의 템퍼링 마르텐사이트상을 갖고, 체적률로, 3 % 이상 10 % 이하의 잔류 오스테나이트상을 갖고, 또한 잔류 오스테나이트상의 평균 결정 입경이 2.0  $\mu\text{m}$  이하 인 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 잔류 오스테나이트상 중의 평균 고용 C 농도가 1 % 이상인 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판.

### 청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

추가로, 성분 조성으로서, 질량% 로, Cr : 0.005 ~ 2.00 %, Mo : 0.005 ~ 2.00 %, V : 0.005 ~ 2.00 %, Ni : 0.005 ~ 2.00 %, Cu : 0.005 ~ 2.00 % 에서 선택되는 1 종 또는 2 종 이상의 원소를 함유하는 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판.

### 청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

추가로, 성분 조성으로서, 질량% 로, Ti : 0.01 ~ 0.20 %, Nb : 0.01 ~ 0.20 % 에서 선택되는 1 종 또는 2 종의 원소를 함유하는 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판.

### 청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

추가로, 성분 조성으로서, 질량% 로, B : 0.0002 ~ 0.005 % 를 함유하는 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판.

### 청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

추가로, 성분 조성으로서, 질량% 로, Ca : 0.001 ~ 0.005 %, REM : 0.001 ~ 0.005 % 에서 선택되는 1 종 또는 2 종의 원소를 함유하는 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판.

### 청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

아연 도금이 합금화 아연 도금인 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판.

### 청구항 8

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 기재된 성분 조성을 갖는 슬래브에 열간 압연을 실시하고, 이어서 연속 소둔을 실시할 때에, 500  $^{\circ}\text{C}$  ~  $A_1$  변태점의 온도역의 평균 가열 속도를 10  $^{\circ}\text{C}/\text{s}$  이상으로 하여 750 ~ 900  $^{\circ}\text{C}$  까지 가열하고, 이어서 10 초 이상 유지한 후, 10  $^{\circ}\text{C}/\text{s}$  이상의 평균 냉각 속도로 750  $^{\circ}\text{C}$  로부터 (Ms 점 - 100  $^{\circ}\text{C}$ ) ~ (Ms 점 - 200  $^{\circ}\text{C}$ ) 의 온도역까지 냉각시키고, 350 ~ 600  $^{\circ}\text{C}$  까지 재가열하여 10 ~ 600 초 유지한 후, 아연 도금을 실시하는 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판의 제조 방법.

**청구항 9**

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 기재된 성분 조성을 갖는 슬래브에 열간 압연, 냉간 압연을 실시하고, 이어서 연속 소둔을 실시할 때에, 500 ℃ ~ A<sub>1</sub> 변태점의 온도역의 평균 가열 속도를 10 ℃/s 이상으로 하여 750 ~ 900 ℃ 까지 가열하고, 이어서 10 초 이상 유지한 후, 10 ℃/s 이상의 평균 냉각 속도로 750 ℃ 로부터 (Ms 점 - 100 ℃) ~ (Ms 점 - 200 ℃) 의 온도역까지 냉각시키고, 350 ~ 600 ℃ 까지 재가열하여 10 ~ 600 초 유지한 후, 아연 도금을 실시하는 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판의 제조 방법.

**청구항 10**

제 8 항 또는 제 9 항에 있어서,

상기 350 ~ 600 ℃ 까지 재가열 후의 유지 시간은, 하기 식 (1) 에 의해 구해지는 시간 (t) ~ 600 초의 범위 인 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판의 제조 방법.

$$t \text{ (초)} = 2.5 \times 10^{-5} / \text{Exp}(-80400/8.31/(T + 273)) \text{ ---(1)}$$

단, T : 재가열 온도 (℃) 임.

**청구항 11**

제 8 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

용융 아연 도금을 실시한 후, 추가로 아연 도금의 합금화 처리를 실시하는 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판의 제조 방법.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은, 주로 자동차, 전기 등의 산업 분야에서 사용되는 부재로서 바람직한 가공성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 최근, 지구 환경 보전의 견지에서, 자동차의 연비 향상이 중요한 과제가 되고 있다. 이것에 수반하여, 차체 재료의 고강도화에 의해 박육화를 도모하여, 차체 자체를 경량화시키고자 하는 움직임이 활발해지고 있다. 그러나, 강판의 고강도화는 연성(延性)의 저하, 즉 성형 가공성의 저하를 초래한다. 이 때문에, 고강도와 고가공성을 겸비한 재료의 개발이 요망되고 있는 것이 현상이다.

[0003] 나아가서는, 최근의 자동차에 대한 내식성 향상 요구의 고조도 가미되어, 용융 아연 도금을 실시한 고장력 강판의 개발이 많이 행해지고 있다.

[0004] 이와 같은 요구에 대하여, 지금까지 페라이트, 마르텐사이트 2 상 강 (DP 강) 이나 잔류 오스테나이트의 변태 야기 소성을 이용한 TRIP 강 등, 여러 가지 복합 조직형 고강도 용융 아연 도금 강판이 개발되어 왔다.

[0005] 예를 들어 특허문헌 1 에는, 질량% 로, C : 0.05 ~ 0.15 %, Si : 0.3 ~ 1.5 %, Mn : 1.5 ~ 2.8 %, P : 0.03 % 이하, S : 0.02 % 이하, Al : 0.005 ~ 0.5 %, N : 0.0060 % 이하, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지고, 또한 (Mn%)/(C%) ≧ 15 또한 (Si%)/(C%) ≧ 4 를 만족하고, 페라이트상 중에 체적률로 3 ~ 20 % 의 마르텐사이트상과 잔류 오스테나이트상을 함유하는 성형성이 좋은 고강도 합금화 용융 아연 도금 강판이 제안되어 있다. 즉, 특허문헌 1 은, 다량의 Si 를 첨가함으로써 잔류  $\gamma$  를 확보하여 고연성을 달성하는 가공성이 우수한 합금화 용융 아연 도금 강판을 얻고자 하는 기술이다.

[0006] 그러나, 이들 DP 강이나 TRIP 강은 신장 특성은 우수하지만 구멍 확장성이 열등하다는 문제가 있다. 구멍 확장성은 가공 구멍부를 확장시켜 플랜지 성형시킬 때의 가공성을 나타내는 지표로서, 신장 특성과 함께 고강도

강관에 요구되는 중요한 특성이다.

[0007] 특허문헌 2 에는, 신장 플랜지성이 우수한 용융 아연 도금 강관의 제조 방법으로서, 소둔 균열 (均熱) 후, 용융 아연 도금욕까지의 동안에 Ms 점 이하까지 강냉각시켜 생성된 마르텐사이트를 재가열하여 템퍼링 마르텐사이트로 하여 구멍 확장성을 향상시키는 기술이 개시되어 있다. 그러나, 마르텐사이트를 템퍼링 마르텐사이트로 함으로써 구멍 확장성은 향상되지만, EL 이 낮은 것이 문제가 된다.

[0008] 또한, 딥드로잉성과 신장 플랜지성이 우수한 고장력 용융 아연 도금 강관으로서, 특허문헌 3 에는, C 와 V 및 Nb 의 함유량과 소둔 온도를 규제하고, 재결정 소둔 전의 고용 C 양을 저감시키고 {111} 재결정 집합 조직을 발달시켜 고(高) r 값화를 달성하고, 소둔시에 V 및 Nb 계 탄화물을 용해시켜 오스테나이트 중에 C 를 농화(濃化) 시키고, 그 후의 냉각 과정에서 마르텐사이트상을 생성하는 기술이 개시되어 있다. 그러나, 인장 강도는 600 MPa 정도이고, 인장 강도와 신장의 밸런스 (TS × EL) 는 19000 MPa · % 정도로, 충분한 강도 및 연성이 얻어졌다고는 할 수 없다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 평11-279691호

(특허문헌 0002) 일본 공개특허공보 평6-93340호

(특허문헌 0003) 일본 공개특허공보 2004-2409호

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0010] 상기 서술한 바와 같이, 특허문헌 1 ~ 3 에 기재된 용융 아연 도금 강관에서는, 연성 및 신장 플랜지성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강관은 얻어지지 않았다.

[0011] 본 발명은, 이러한 사정을 감안하여, 590 MPa 이상의 TS 를 갖고, 또한 연성 및 신장 플랜지성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강관 및 그 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0012] 본 발명자들은, 상기한 과제를 달성하여 연성 및 신장 플랜지성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강관을 제조하기 위해서, 강관의 조성 및 마이크로 조직의 관점에서 예의 연구를 거듭하였다.

[0013] 그 결과, 합금 원소를 적절하게 조정하여, 소둔 과정에서의 균열 온도로부터의 냉각시에, 강의 선행창 계수로부터 구해지는 오스테나이트로부터의 마르텐사이트 변태 개시 온도 (이하, Ms 점 혹은 간단히 MS 라고 칭하는 경우도 있음) 를 이용하여, (Ms - 100 ℃) ~ (Ms - 200 ℃) 의 온도역까지 강냉각시켜 오스테나이트의 일부를 마르텐사이트로 변태시키는 부분 담금질을 실시한 후, 재가열하여 도금 처리함으로써, 면적률로, 20 % 이상의 페라이트상과 10 % 이하 (0 % 를 포함함) 의 마르텐사이트상과 10 % 이상 60 % 이하의 템퍼링 마르텐사이트를 갖고, 체적률로, 3 % 이상 10 % 이하의 잔류 오스테나이트상을 가지며, 또한 잔류 오스테나이트의 평균 결정입경을 2.0 μm 이하로 할 수 있고, 이와 같은 조직으로 함으로써 높은 연성 및 신장 플랜지성이 가능해짐을 알 수 있었다.

[0014] 일반적으로 잔류 오스테나이트가 존재하면 잔류 오스테나이트의 TRIP 효과에 의해 연성이 향상된다. 그러나, 변형의 부가에 의해 잔류 오스테나이트가 변태되어 생성되는 마르텐사이트는 매우 경질인 것이 되고, 그 결과, 주상인 페라이트와의 경도차가 커져 신장 플랜지성이 저하되는 것도 알려져 있다.

[0015] 이에 대하여, 본 발명에서는, 성분 및 조직 구성을 규정함으로써 높은 연성과 높은 신장 플랜지성을 양립시킬 수 있게 되어, 잔류 오스테나이트가 존재해도 높은 신장 플랜지성을 얻을 수 있게 된다. 잔류 오스테나이트가 존재해도 높은 신장 플랜지성을 얻을 수 있게 되는 상세한 이유에 대해서는 불명확하지만, 잔류 오스테나이트의 미세화와 템퍼링 마르텐사이트의 복합 조직으로 되어 있는 것을 이유로서 생각할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 지견에 추가하여, 잔류 오스테나이트 중의 평균 고용 C 양을 1 % 이상으로 안정적인 잔류 오스테나이트로 함으로써, 연성뿐만 아니라 딥드로잉성도 향상되는 것을 지견하였다.

**과제의 해결 수단**

- [0017] 본 발명은, 이상의 지견에 기초하여 이루어진 것으로서, 그 요지는 이하와 같다.
- [0018] [1] 성분 조성은, 질량% 로, C : 0.05 ~ 0.3 %, Si : 0.01 ~ 2.5 %, Mn : 0.5 ~ 3.5 %, P : 0.003 ~ 0.100 % 이하, S : 0.02 % 이하, Al : 0.010 ~ 1.5 % 를 함유하고, Si 와 Al 의 첨가량의 합계가 0.5 ~ 2.5 % 이고, 잔부가 철 및 불가피적 불순물로 이루어지며, 조직은, 면적률로, 20 % 이상의 페라이트상과 10 % 이하 (0 % 를 포함함) 의 마르텐사이트상과 10 % 이상 60 % 이하의 템퍼링 마르텐사이트상을 갖고, 체적률로, 3 % 이상 10 % 이하의 잔류 오스테나이트상을 갖고, 또한 잔류 오스테나이트상의 평균 결정 입경이 2.0 μm 이하인 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판.
- [0019] [2] 상기 [1] 에 있어서, 상기 잔류 오스테나이트상 중의 평균 고용 C 농도가 1 % 이상인 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판.
- [0020] [3] 상기 [1] 또는 [2] 에 있어서, 추가로, 성분 조성으로서, 질량% 로, Cr : 0.005 ~ 2.00 %, Mo : 0.005 ~ 2.00 %, V : 0.005 ~ 2.00 %, Ni : 0.005 ~ 2.00 %, Cu : 0.005 ~ 2.00 % 에서 선택되는 1 종 또는 2 종 이상의 원소를 함유하는 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판.
- [0021] [4] 상기 [1] ~ [3] 중 어느 하나에 있어서, 추가로, 성분 조성으로서, 질량% 로, Ti : 0.01 ~ 0.20 %, Nb : 0.01 ~ 0.20 % 에서 선택되는 1 종 또는 2 종의 원소를 함유하는 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판.
- [0022] [5] 상기 [1] ~ [4] 중 어느 하나에 있어서, 추가로, 성분 조성으로서, 질량% 로, B : 0.0002 ~ 0.005 % 를 함유하는 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판.
- [0023] [6] 상기 [1] ~ [5] 중 어느 하나에 있어서, 추가로, 성분 조성으로서, 질량% 로, Ca : 0.001 ~ 0.005 %, REM : 0.001 ~ 0.005 % 에서 선택되는 1 종 또는 2 종의 원소를 함유하는 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판.
- [0024] [7] 상기 [1] ~ [6] 중 어느 하나에 있어서, 아연 도금이 합금화 아연 도금인 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판.
- [0025] [8] 상기 [1] ~ [6] 중 어느 하나에 기재된 성분 조성을 갖는 슬래브에 열간 압연을 실시하고, 이어서 연속 소둔을 실시할 때에, 500 ℃ ~ A<sub>1</sub> 변태점의 온도역의 평균 가열 속도를 10 ℃/s 이상으로 하여 750 ~ 900 ℃ 까지 가열하고, 이어서 10 초 이상 유지한 후, 10 ℃/s 이상의 평균 냉각 속도로 750 ℃ 로부터 (Ms 점 - 100 ℃) ~ (Ms 점 - 200 ℃) 의 온도역까지 냉각시키고, 350 ~ 600 ℃ 까지 재가열하여 10 ~ 600 초 유지한 후, 아연 도금을 실시하는 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판의 제조 방법.
- [0026] [9] 상기 [1] ~ [6] 중 어느 하나에 기재된 성분 조성을 갖는 슬래브에 열간 압연, 냉간 압연을 실시하고, 이어서 연속 소둔을 실시할 때에, 500 ℃ ~ A<sub>1</sub> 변태점의 온도역의 평균 가열 속도를 10 ℃/s 이상으로 하여 750 ~ 900 ℃ 까지 가열하고, 이어서 10 초 이상 유지한 후, 10 ℃/s 이상의 평균 냉각 속도로 750 ℃ 로부터 (Ms 점 - 100 ℃) ~ (Ms 점 - 200 ℃) 의 온도역까지 냉각시키고, 350 ~ 600 ℃ 까지 재가열하여 10 ~ 600 초 유지한 후, 아연 도금을 실시하는 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판의 제조 방법.
- [0027] [10] 상기 [8] 또는 [9] 에 있어서, 상기 350 ~ 600 ℃ 까지 재가열 후의 유지 시간은, 하기 식 (1) 에 의해 구해지는 시간 (t) ~ 600 초의 범위인 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판의 제조 방법.
- [0028] 
$$t \text{ (초)} = 2.5 \times 10^{-5} / \text{Exp}(-80400/8.31/(T + 273)) \text{ ---(1)}$$
- [0029] 단, T : 재가열 온도 (℃) 임.
- [0030] [11] 상기 [8] ~ [10] 중 어느 하나에 있어서, 용융 아연 도금을 실시한 후, 추가로 아연 도금의 합금화 처리를 실시하는 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판의 제조 방법.
- [0031] 한편, 본 명세서에 있어서 강의 성분을 나타내는 % 는 모두 질량% 이다. 또한 본 발명에 있어서 「고강도 용융 아연 도금 강판」 이란, 인장 강도 (TS) 가 590 MPa 이상인 용융 아연 도금 강판이다.

[0032] 본 발명에 의하면, 590 Mpa 이상의 TS 를 갖고, 또한 연성, 신장 플랜지성 및 딥드로잉성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판이 얻어진다. 본 발명의 고강도 용융 아연 도금 강판을 예를 들어 자동차 구조 부재에 적용함으로써, 자동차의 경량화와 충돌 안전성 향상을 양립시킬 수 있게 하여, 자동차 차체의 고성능화에 크게 기여한다는 우수한 효과를 나타낸다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0033] 발명을 실시하기 위한 최선의 형태

[0034] 이하에, 본 발명의 상세를 설명한다.

[0035] 1) 성분 조성

[0036] C : 0.05 ~ 0.3 %

[0037] C 는 오스테나이트를 안정화시키고 페라이트 이외의 상을 생성하기 쉽게 하기 때문에, 강판 강도를 상승시킴과 함께, 조직을 복합화시켜 TS 와 EL 의 밸런스를 향상시키기 위해서 필요한 원소이다. C 양이 0.05 % 미만에서는 제조 조건의 최적화를 도모하였다 해도 페라이트 이외의 상의 확보가 어려워, TS 와 EL 의 밸런스가 저하된다. 한편, C 양이 0.3 % 를 초과하면, 용접부 및 열 영향부의 경화가 현저하여, 용접부의 기계적 특성이 열화된다. 이상으로부터, C 양은 0.05 % 이상 0.3 % 이하로 한다. 바람직하게는 0.08 % 이상 0.15 % 이하이다.

[0038] Si : 0.01 ~ 2.5 %

[0039] Si 는 강의 강화에 유효한 원소이다. 또한 페라이트 생성 원소이고, 오스테나이트상 중에 대한 C 의 농화 촉진 및 탄화물의 생성을 억제하기 때문에, 잔류 오스테나이트의 생성을 촉진하는 기능을 갖는다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, Si 양은 0.01 % 이상 필요하다. 단, 과잉 첨가는 연성이나 표면 성상, 용접성을 열화시키므로, 상한은 2.5 % 이하로 한다. 바람직하게는 0.7 % 이상 2.0 % 이하이다.

[0040] Mn : 0.5 ~ 3.5 %

[0041] Mn 은 강의 강화에 유효한 원소이고, 템퍼링 마르텐사이트상 등의 저온 변태상의 생성을 촉진한다. 이와 같은 작용은, Mn 양이 0.5 % 이상에서 확인된다. 단, Mn 양이 3.5 % 를 초과하여 과잉으로 첨가되면, 제 2 상분율의 과잉 증가나 고용 강화에 의한 페라이트의 연성 열화가 현저해져 성형성이 저하된다. 따라서, Mn 양은 0.5 % 이상 3.5 % 이하로 한다. 바람직하게는 1.5 % 이상 3.0 % 이하이다.

[0042] P : 0.003 ~ 0.100 %

[0043] P 는 강의 강화에 유효한 원소로서, 이 효과는 0.003 % 이상에서 얻어진다. 그러나, 0.100 % 를 초과하여 과잉으로 첨가되면 입계 편석에 의해 취화 (脆化) 를 일으켜, 내충격성을 열화시킨다. 따라서, P 양은 0.003 % 이상 0.100 % 이하로 한다.

[0044] S : 0.02 % 이하

[0045] S 는 MnS 등의 개재물이 되어, 내충격 특성의 열화나 용접부의 메탈 플로우를 따른 크랙의 원인이 되므로 최대한 낮은 편이 좋지만, 제조 비용면에서 0.02 % 이하로 한다.

[0046] Al : 0.010 ~ 1.5 %, Si + Al : 0.5 ~ 2.5 %

[0047] Al 은 탈산제로서 작용하고, 강의 청정도에 유효한 원소로서, 탈산 공정에서 첨가하는 것이 바람직하다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, Al 양은 0.010 % 이상 필요하다. 한편, 다량으로 첨가하면 연속 주조시의 강판 크랙 발생의 위험성이 높아져 제조성을 저하시킨다. 따라서 Al 양의 상한은 1.5 % 로 한다.

[0048] 또한, Al 은 Si 와 동일하게 페라이트상 생성 원소이고, 오스테나이트상 중에 대한 C 의 농화 촉진 및 탄화물의 생성을 억제하기 때문에, 잔류 오스테나이트상의 생성을 촉진하는 기능이 있다. 이와 같은 효과는 Al 과 Si 의 첨가량의 합계가 0.5 % 미만에서는 불충분하여 충분한 연성이 얻어지지 않는다. 한편, Al 과 Si 의 첨가량의 합계가 2.5 % 를 초과하면 강판 중의 개재물이 증가하고, 연성을 열화시킨다. 따라서, Al 과 Si 의 첨가량의 합계는 2.5 % 이하로 한다.

[0049] 본 발명에서는, N 은 가공성 등의 작용 효과를 저해하지 않는 범위로서 0.01 % 이하의 함유는 허용할 수 있다.

- [0050] 잔부는 Fe 및 불가피적 불순물이다.
- [0051] 단, 이들 성분 원소에 추가하여, 이하의 합금 원소를 필요에 따라 첨가할 수 있다.
- [0052] Cr : 0.005 ~ 2.00 %, Mo : 0.005 ~ 2.00 %, V : 0.005 ~ 2.00 %, Ni : 0.005 ~ 2.00 %, Cu : 0.005 ~ 2.00 % 에서 선택되는 1 종 또는 2 종 이상
- [0053] Cr, Mo, V, Ni, Cu 는 소둔 온도로부터의 냉각시에 펄라이트상의 생성을 억제하고, 저온 변태상의 생성을 촉진하여 강의 강화에 유효하게 기능한다. 이 효과는, Cr, Mo, V, Ni, Cu 중 적어도 1 종을 0.005 % 이상 함유 시킴으로써 얻어진다. 그러나, Cr, Mo, V, Ni, Cu 의 각각의 성분이 2.00 % 를 초과하면 그 효과는 포화되고, 비용 상승의 요인이 된다. 따라서, 첨가하는 경우에는, Cr, Mo, V, Ni, Cu 양은 각각 0.005 % 이상 2.00 % 이하로 한다.
- [0054] Ti : 0.01 ~ 0.20 %, Nb : 0.01 ~ 0.20 % 에서 선택되는 1 종 또는 2 종
- [0055] Ti, Nb 는 탄질화물을 형성하고, 강을 석출 강화에 의해 고강도화시키는 작용을 갖는다. 이와 같은 효과는 각각 0.01 % 이상에서 확인된다. 한편, Ti, Nb 를 각각 0.20 % 를 초과하여 함유해도, 과도하게 고강도화되어 연성이 저하된다. 따라서, 첨가하는 경우에는, Ti, Nb 는 각각 0.01 % 이상 0.20 % 이하로 한다.
- [0056] B : 0.0002 ~ 0.005 %
- [0057] B 는 오스테나이트상 입계로부터의 페라이트의 생성을 억제하고 강도를 상승시키는 작용을 갖는다. 그 효과는 0.0002 % 이상에서 얻어진다. 한편, B 양이 0.005 % 를 초과하면 그 효과는 포화되고, 비용 상승의 요인이 된다. 따라서, 첨가하는 경우에는, B 양은 0.0002 % 이상 0.005 % 이하로 한다.
- [0058] Ca : 0.001 ~ 0.005 %, REM : 0.001 ~ 0.005 % 에서 선택되는 1 종 또는 2 종
- [0059] Ca, REM 은 모두 황화물의 형태 제어에 의해 가공성을 개선시키는 효과를 갖고 있으며, 필요에 따라 Ca, REM 의 1 종 또는 2 종은 0.001 % 이상 함유할 수 있다. 그러나 과잉 첨가는 청정도에 악영향을 미칠 우려가 있기 때문에, 각각 0.005 % 이하로 한다.
- [0060] 2) 마이크로 조직
- [0061] 페라이트상의 면적률이 20 % 이상
- [0062] 페라이트상의 면적률이 20 % 미만이면 TS 와 EL 의 밸런스가 저하되기 때문에 20 % 이상으로 한다. 바람직하게는 50 % 이상이다.
- [0063] 마르텐사이트상의 면적률이 0 ~ 10 %
- [0064] 마르텐사이트상은 강의 고강도화에는 유효하게 기능하지만, 면적률이 10 % 를 초과하여 과잉으로 존재하면  $\lambda$  (구멍 확장률) 가 현저하게 저하된다. 따라서, 마르텐사이트상의 면적률은 10 % 이하로 한다. 마르텐사이트상을 전혀 함유하지 않아 면적률이 0 % 여도 본 발명의 효과에는 영향을 미치지 않으므로 문제가 없다.
- [0065] 템퍼링 마르텐사이트상의 면적률이 10 ~ 60 %
- [0066] 템퍼링 마르텐사이트상은 강의 강화에 유효하게 기능한다. 또한, 이들 상은 마르텐사이트상에 비해 구멍 확장성에 대한 악영향이 작아, 현저한 구멍 확장성의 저하 없이 강도를 확보할 수 있는 유효한 상이다. 템퍼링 마르텐사이트상의 면적률이 10 % 미만에서는 이와 같은 강도 확보가 곤란해진다. 한편, 60 % 를 초과하면 TS 와 EL 의 밸런스가 저하된다. 따라서, 템퍼링 마르텐사이트상의 면적률은 10 % 이상 60 % 이하로 한다.
- [0067] 잔류 오스테나이트상의 체적률이 3 ~ 10 %, 잔류 오스테나이트상의 평균 결정 입경이 2.0  $\mu\text{m}$  이하, 바람직하게는 잔류 오스테나이트상 중의 평균 고용 C 농도가 1 % 이상
- [0068] 잔류 오스테나이트상은 강의 강화에 기여할 뿐만 아니라, 강의 TS 와 EL 의 밸런스의 향상에 유효하게 기능한다. 이와 같은 효과는 체적률이 3 % 이상에서 얻어진다. 또한, 잔류 오스테나이트상은 가공에 의해 마르텐사이트로 변태되어, 구멍 확장성을 저하시키지만, 그 평균 결정 입경을 2.0  $\mu\text{m}$  이하 및 체적률을 10 % 이하로 함으로써 현저한 구멍 확장성의 저하는 억제된다. 따라서, 잔류 오스테나이트상의 체적률은 3 % 이상 10 % 이하로 하고, 잔류 오스테나이트상의 평균 결정 입경은 2.0  $\mu\text{m}$  이하로 한다.
- [0069] 또한, 잔류 오스테나이트상 중의 평균 고용 C 농도의 증가에 의해 딥드로잉성이 향상된다. 이와 같은 효과

는 잔류 오스테나이트상 중의 평균 고용 C 농도가 1 % 이상에서 현저해진다.

[0070] 또한, 페라이트상, 마르텐사이트상, 템퍼링 마르텐사이트상, 잔류 오스테나이트상 이외의 상으로는, 펄라이트상 및 베이나이트상을 함유할 수 있지만, 상기 마이크로 조직의 구성이 만족되면 본 발명의 목적을 달성할 수 있다. 단, 연성 및 구멍 확장성 확보의 관점에서 펄라이트상은 3 % 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0071] 또한, 본 발명에 있어서의 페라이트상, 마르텐사이트상 및 템퍼링 마르텐사이트상의 면적률이란, 관찰 면적에서 차지하는 각 상의 면적 비율을 말한다. 상기 각 면적률은, 강판의 압연 방향에 평행한 판두께 단면을 연마 후, 3 % 나이탈로 부식시키고, SEM (주사 전자 현미경) 을 사용하여 2000 배의 배율로 10 시야 관찰하고, 시판 되는 화상 처리 소프트웨어를 사용하여 구할 수 있다. 또한, 잔류 오스테나이트상의 체적률이란, 판두께 1/4 면에 있어서의 bcc 철의 (200), (211), (220) 면의 X 선 회절 적분 강도에 대한 fcc 철의 (200), (220), (311) 면의 X 선 회절 적분 강도의 비율이다.

[0072] 잔류 오스테나이트상 평균 입경이란, TEM (투과형 전자 현미경) 에 의해 박막을 관찰하여, 임의로 선택한 오스테나이트의 면적을 화상 해석에 의해 구하고, 정방형 근사하였을 때의 1 편의 길이를 그 입자의 결정 입경으로 하여 구한, 10 입자의 평균값을 말한다.

[0073] 잔류 오스테나이트상 중의 평균 고용 C 농도 ( $[C\gamma\%]$ ) 는, CoK $\alpha$  선을 사용하여 fcc 철의 회절면 (220) 으로부터 구한 격자 상수  $a$  (Å) 와, [Mn%], [Al%] 를 하기 식 (2) 에 대입하고 계산하여 구할 수 있다.

[0074] 
$$a = 3.578 + 0.033 [C\gamma\%] + 0.00095 [Mn\%] + 0.0056 [Al\%] \text{ ---(2)}$$

[0075] 단,  $[C\gamma\%]$  는 잔류 오스테나이트상 중의 평균 고용 C 농도이고, [Mn%], [Al%] 는 각각 Mn, Al 의 함유량 (질량%) 을 나타낸다.

[0076] 3) 제조 조건

[0077] 본 발명의 고강도 용융 아연 도금 강판은, 상기 성분 조성을 갖는 슬래브에 열간 압연 후 그대로 연속 소둔을 실시하거나, 혹은 추가로 냉간 압연을 실시한 후에 연속 소둔을 실시할 때에, 500 °C ~ A<sub>1</sub> 변태점의 온도역의 평균 가열 속도를 10 °C/s 이상으로 하여 750 ~ 900 °C 까지 가열하고, 이어서 10 초 이상 유지한 후, 10 °C/s 이상의 평균 냉각 속도로 750 °C 로부터 (Ms 점 - 100 °C) ~ (Ms 점 - 200 °C) 의 온도역까지 냉각시키고, 350 ~ 600 °C 까지 재가열하여 10 ~ 600 초 유지한 후, 아연 도금을 실시하는 방법에 의해 제조할 수 있다. 바람직하게는, 상기 350 ~ 600 °C 까지 가열 후의 유지 시간이, 하기 식 (1) 에 의해 구해지는 시간 (t) ~ 600 초의 범위이다.

[0078] 
$$t \text{ (초)} = 2.5 \times 10^{-5} / \text{Exp}(-80400/8.31/(T + 273)) \text{ ---(1)}$$

[0079] 단, T : 재가열 온도 (°C) 이다.

[0080] 이하, 상세히 설명한다.

[0081] 상기 성분 조성으로 조정된 강을 전로 (轉爐) 등에서 용제 (溶製) 하고, 연속 주조법 등에 의해 슬래브로 한다. 사용하는 강 슬래브는, 성분의 매크로 편석을 방지하기 위해서 연속 주조법으로 제조하는 것이 바람직하지만, 조괴법 (造塊法), 박 (薄) 슬래브 주조법으로 제조해도 된다. 또한, 강 슬래브를 제조한 후, 일단 실온까지 냉각시키고, 그 후 다시 가열하는 종래법에 추가하여, 실온까지 냉각시키지 않고 온편인 채로 가열로에 삽입하거나, 혹은 약간의 보열을 행한 후에 즉시 압연하는 직송 압연·직접 압연 등의 에너지 절감 프로세스도 문제없이 적용할 수 있다.

[0082] 슬래브 가열 온도 : 1100 °C 이상 (적합 조건)

[0083] 슬래브 가열 온도는, 저온 가열이 에너지적으로는 바람직하지만, 가열 온도가 1100 °C 미만에서는, 탄화물을 충분히 고용시킬 수 없거나, 압연 하중의 증대에 따른 열간 압연시의 트러블 발생 위험이 증대되는 등의 문제가 발생한다. 또한, 산화 중량의 증가에 따른 스케일 로스의 증대 등으로부터, 슬래브 가열 온도는 1300 °C 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0084] 또한, 슬래브 가열 온도를 낮게 해도 열간 압연시의 트러블을 방지한다는 관점에서, 시트 바를 가열하는, 이른바 시트 바 히터를 활용해도 된다.

[0085] 마무리 압연 종료 온도 : A<sub>3</sub> 점 이상 (적합 조건)

- [0086] 마무리 압연 종료 온도가  $A_3$  점 미만에서는, 압연 중에  $\alpha$  와  $\gamma$  가 생성되고, 강관에 밴드 형상 조직이 생성되기 쉬워지며, 이러한 밴드 형상 조직은 냉간 압연 후나 소둔 후에도 잔류하여, 재료 특성에 이방성을 발생시키거나 가공성을 저하시키는 원인이 되는 경우가 있다. 이 때문에, 마무리 압연 온도는  $A_3$  변태점 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- [0087] 권취 온도 : 450 °C ~ 700 °C (적합 조건)
- [0088] 권취 온도가 450 °C 미만이면 권취 온도의 제어가 어려워 온도 불균일이 발생하기 쉬워지고, 그 결과, 냉간 압연성이 저하되는 등의 문제가 발생하는 경우가 있다. 또한 권취 온도가 700 °C 를 초과하면 지철 표층에서 탈탄이 발생하는 등의 문제가 일어나는 경우가 있다. 이 때문에, 권취 온도는 450 ~ 700 °C 의 범위로 하는 것이 바람직하다.
- [0089] 또한 본 발명에 있어서의 열연 공정에서는, 열간 압연시의 압연 하중을 저감시키기 위해서 마무리 압연의 일부 또는 전부를 윤활 압연으로 해도 된다. 윤활 압연을 실시하는 것은, 강관 형상 균일화, 재질 균일화의 관점에서도 유효하다. 또한, 윤활 압연시의 마찰 계수는 0.25 ~ 0.10 의 범위로 하는 것이 바람직하다. 또한, 서로 전후하는 시트 바끼리를 접합시키고, 연속적으로 마무리 압연하는 연속 압연 프로세스로 하는 것이 바람직하다. 연속 압연 프로세스를 적용하는 것은, 열간 압연의 조업 안정성의 관점에서도 바람직하다.
- [0090] 이어서, 열연관에 그대로 연속 소둔을 실시하거나, 혹은 추가로 냉간 압연을 실시한 후 연속 소둔을 실시한다. 냉간 압연을 실시하는 경우, 바람직하게는 열연 강관의 표면의 산화 스케일을 산세(酸洗)에 의해 제거한 후, 냉간 압연에 제공하여 소정의 관두께의 냉연 강관으로 한다. 여기에 산세 조건이나 냉간 압연 조건은 특별히 제한되지 않고, 통상적인 방법에 따르면 된다. 냉간 압연의 압하율은 40 % 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- [0091] 연속 소둔 조건 : 500 °C ~  $A_1$  변태점의 온도역에서의 평균 가열 속도를 10 °C/s 이상으로 하여 750 ~ 900 °C 까지 가열
- [0092] 본 발명의 강에 있어서의 재결정 온도역인 500 °C 내지  $A_1$  변태점의 온도역에 있어서 평균 가열 속도를 10 °C/s 이상으로 함으로써, 가열 승온시의 재결정이 억제되고,  $A_1$  변태점 이상에서 생성되는  $\gamma$  의 미세화, 나아가서는 소둔 냉각 후의 잔류 오스테나이트상의 미세화에 유효하게 기능한다. 평균 가열 속도가 10 °C/s 미만에서는, 가열 승온시에  $\alpha$  의 재결정이 진행되어,  $\alpha$  중에 도입된 변형이 개방되어 충분한 미세화를 달성할 수 없게 된다. 바람직한 평균 가열 속도는 20 °C/s 이상이다.
- [0093] 750 °C ~ 900 °C 에서 10 초 이상 유지
- [0094] 유지 온도가 750 °C 미만 혹은 유지 시간이 10 초 미만에서는, 소둔시의 오스테나이트상의 생성이 불충분해지고, 소둔 냉각 후에 충분한 양의 저온 변태 상을 확보할 수 없게 된다. 한편, 가열 온도가 900 °C 를 초과하면, 가열시에 생성되는 오스테나이트상이 조대해지고, 소둔 후의 잔류 오스테나이트상도 조대해진다. 유지 시간의 상한은 특별히 규정하지 않지만, 600 초 이상의 유지는 효과가 포화되는 데다가, 비용 상승으로 이어지므로, 유지 시간은 600 초 미만이 바람직하다.
- [0095] 10 °C/s 이상의 평균 냉각 속도로 750 °C 로부터 (Ms 점 - 100 °C) ~ (Ms 점 - 200 °C) 의 온도역까지 냉각
- [0096] 평균 냉각 속도가 10 °C/s 미만에서는 펄라이트가 생성되고, TS 와 EL 의 밸런스 및 구멍 확장성이 저하된다. 평균 냉각 속도의 상한은 특별히 규정하지 않지만, 평균 냉각 속도가 지나치게 빠르면 강관 형상이 악화되거나, 냉각 도달 온도의 제어가 곤란해지기 때문에, 바람직하게는 200 °C/s 이하로 한다.
- [0097] 냉각 도달 온도 조건은 본 발명에 있어서 가장 중요한 조건 중 하나이다. 냉각 정지시에는 오스테나이트상의 일부가 마르텐사이트로 변태되고, 나머지는 미변태 오스테나이트상이 된다. 그로부터 재가열하고, 도금·합금화 처리 후, 실온까지 냉각시킴으로써, 마르텐사이트상은 템퍼링 마르텐사이트상이 되고, 미변태 오스테나이트상은 잔류 오스테나이트상 또는 마르텐사이트상이 된다. 소둔으로부터의 냉각 도달 온도가 낮고 Ms 점 (Ms 점 : 오스테나이트의 마르텐사이트 변태가 개시되는 온도) 으로부터의 과냉도가 클수록, 냉각 중에 생성되는 마르텐사이트량이 증가하고, 미변태 오스테나이트량이 감소하기 때문에, 냉각 도달 온도의 제어에 의해, 최종적인 마르텐사이트상 및 잔류 오스테나이트상과 템퍼링 마르텐사이트상의 면적률이 결정되게 된다. 따라서, 본 발명에서는, Ms 점과 냉각 정지 온도의 차인 과냉도가 중요하여, 냉각 온도 제어의 지표로서 Ms 점을 사용하기로 한다. 냉각 도달 온도가 (Ms 점 - 100 °C) 보다 높은 온도에서는, 냉각 정지시의 마르텐사이트

변태가 불충분하여 미변태 오스테나이트량이 많아지고, 최종적인 마르텐사이트상 또는 잔류 오스테나이트상이 과잉으로 생성되어, 구멍 확장성을 저하시킨다. 한편, 냉각 도달 온도가 (Ms - 200 °C) 보다 낮아지면, 냉각 중에 오스테나이트상이 거의 마르텐사이트로 변태되어 미변태 오스테나이트량이 감소하고, 3 % 이상의 잔류 오스테나이트상이 얻어지지 않는다. 따라서 냉각 도달 온도는 (Ms 점 - 100 °C) ~ (Ms 점 - 200 °C) 의 범위로 한다.

[0098] 또한, Ms 점은, 소둔으로부터의 냉각시의 강관의 체적 변화를 측정하고, 그 선폽창 계수의 변화로부터 구할 수 있다.

[0099] 350 ~ 600 °C 까지 재가열하여 10 ~ 600 초 유지 (바람직하게는, 하기 식 (1) 에 의해 구해지는 시간 (t) ~ 600 초의 범위) 한 후에 용융 아연 도금 처리

[0100] 
$$t \text{ (초)} = 2.5 \times 10^{-5} / \text{Exp}(-80400/8.31/(T + 273)) \text{ ---(1)}$$

[0101] 단, T : 재가열 온도 (°C) 이다.

[0102] (Ms 점 - 100 °C) ~ (Ms 점 - 200 °C) 의 온도 범위까지의 냉각 후, 350 ~ 600 °C 의 온도역까지 재가열하여 10 초 이상 600 초 이하 유지함으로써, 상기 냉각시에 생성된 마르텐사이트상이 템퍼링되어 템퍼링 마르텐사이트상이 되어, 구멍 확장성이 향상된다. 또한, 냉각시에 마르텐사이트로 변태되지 않은 미변태 오스테나이트상이 안정화되고, 최종적으로 3 % 이상의 잔류 오스테나이트상이 얻어져, 연성이 향상된다. 가열 유지에 의한 미변태 오스테나이트상의 안정화의 메커니즘에 대하여 상세는 불명확하지만, 미변태 오스테나이트에 대한 C 의 농도가 진행되어, 오스테나이트상이 안정화되는 것으로 생각할 수 있다. 가열 온도가 350 °C 미만에서는 마르텐사이트상의 템퍼링 및 오스테나이트상의 안정화가 불충분해져 구멍 확장성 및 연성이 저하된다. 한편, 가열 온도가 600 °C 를 초과하면, 냉각 정지시의 미변태 오스테나이트상이 펄라이트로 변태되고, 최종적으로 3 % 이상 잔류 오스테나이트상이 얻어지지 않게 된다. 따라서, 재가열 온도는 350 °C 이상 600 °C 이하로 한다. 유지 시간이 10 초 미만에서는 오스테나이트상의 안정화가 불충분해진다. 한편, 또한 600 초를 초과하면 냉각 정지시의 미변태 오스테나이트상이 베이나이트로 변태되고, 최종적으로 3 % 이상의 잔류 오스테나이트상이 얻어지지 않게 된다. 따라서, 가열 온도는 350 °C 이상 600 °C 이하로 하고, 그 온도역에서의 유지 시간은 10 초 이상 600 초 이하로 한다. 또한, 유지 시간이 상기 식 (1) 로부터 구해지는 t 초 이상으로 함으로써, 평균 고용 C 농도가 1 % 이상인 잔류 오스테나이트가 얻어지게 되기 때문에, 바람직하게는, 유지 시간은 t ~ 600 초이다.

[0103] 도금 처리는 용융 아연 도금 강관 (GI) 제조는 0.12 ~ 0.22 %, 합금화 용융 아연 도금 강관 (GA) 제조시에는 0.08 ~ 0.18 % 의 용해 Al 양의 도금액에 (욕온 440 ~ 500 °C) 강관을 침입시켜 실시하고, 가스 와이핑 등으로 부착량을 조정한다. 합금화 용융 아연 도금 강관 처리는, 부착량 조정 후, 450 ~ 600 °C 까지 가열하여 1 ~ 30 초 유지한다.

[0104] 또한, 용융 아연 도금 처리 후의 강관 (합금화 용융 아연 도금 강관을 포함한다) 에는, 형상 교정, 표면 조도 등의 조정을 위해서 조질 (調質) 압연을 가해도 된다. 또한, 수지 혹은 유지 (油脂) 코팅, 각종 도장 등의 처리를 해도 전혀 문제는 없다.

[0105] 실시예

[0106] 표 1 에 나타내는 성분 조성을 갖고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 강을 전로에서 용제하고, 연속 주조법에 의해 슬래브로 하였다. 얻어진 슬래브를 판두께 3.0 mm 까지 열간 압연하였다.

[0107] 열간 압연의 조건은 마무리 온도 900 °C, 압연 후의 냉각 속도 10 °C/s, 권취 온도 600 °C 에서 실시하였다. 이어서, 열연 강관을 산세한 후, 판두께 1.2 mm 까지 냉간 압연하여 냉연 강관을 제조하였다. 또한 일부, 판두께 2.3 mm 까지 열연한 강관을 산세한 것을 소둔용으로 사용하였다. 이어서, 상기에 의해 얻어진 냉연 강관 혹은 열연판에, 연속 용융 아연 도금 라인에서, 표 2 에 나타내는 조건에서 소둔을 실시하고, 460 °C 에서 용융 아연 도금을 실시한 후, 520 °C 에서 합금화 처리를 실시하고, 평균 냉각 속도 10 °C/s 로 냉각시켰다. 또한, 일부의 강관에 대해서는, 합금화 처리를 실시하지 않는 용융 아연 도금 강관도 제조하였다. 도금 부착량은 편면당 35 ~ 45 g/m<sup>2</sup> 였다.

표 1

(질량%)

| 강종 | C    | Si   | Mn  | P     | S     | Al    | N     | Cr   | Mo  | V    | Ni  | Cu  | Ti   | Nb   | B     | Ca    | REM |
|----|------|------|-----|-------|-------|-------|-------|------|-----|------|-----|-----|------|------|-------|-------|-----|
| A  | 0.08 | 1.2  | 2.0 | 0.020 | 0.003 | 0.033 | 0.003 | -    | -   | -    | -   | -   | -    | -    | -     | -     | 실시예 |
| B  | 0.14 | 1.5  | 1.8 | 0.015 | 0.002 | 0.037 | 0.002 | -    | -   | -    | -   | -   | -    | -    | -     | -     | 실시예 |
| C  | 0.17 | 1.0  | 1.4 | 0.017 | 0.004 | 1.0   | 0.005 | -    | -   | -    | -   | -   | -    | -    | -     | -     | 실시예 |
| D  | 0.25 | 0.02 | 1.8 | 0.019 | 0.002 | 1.5   | 0.004 | -    | -   | -    | -   | -   | -    | -    | -     | -     | 실시예 |
| E  | 0.11 | 1.3  | 2.1 | 0.025 | 0.003 | 0.036 | 0.004 | 0.50 | -   | -    | -   | -   | -    | -    | -     | -     | 실시예 |
| F  | 0.20 | 1.0  | 1.6 | 0.013 | 0.005 | 0.028 | 0.005 | -    | 0.4 | -    | -   | -   | -    | -    | -     | -     | 실시예 |
| G  | 0.13 | 1.3  | 1.2 | 0.008 | 0.006 | 0.031 | 0.003 | -    | -   | 0.05 | -   | -   | -    | -    | -     | -     | 실시예 |
| H  | 0.16 | 0.6  | 2.7 | 0.014 | 0.002 | 0.033 | 0.004 | -    | -   | -    | 0.4 | -   | -    | -    | -     | -     | 실시예 |
| I  | 0.08 | 1.0  | 2.2 | 0.007 | 0.003 | 0.025 | 0.002 | -    | -   | -    | 0.2 | 0.4 | -    | -    | -     | -     | 실시예 |
| J  | 0.12 | 1.1  | 1.9 | 0.007 | 0.002 | 0.033 | 0.001 | -    | -   | -    | -   | -   | 0.04 | -    | -     | -     | 실시예 |
| K  | 0.10 | 1.5  | 2.7 | 0.014 | 0.001 | 0.042 | 0.003 | -    | -   | -    | -   | -   | -    | 0.05 | -     | -     | 실시예 |
| L  | 0.10 | 0.6  | 1.9 | 0.021 | 0.005 | 0.015 | 0.004 | -    | -   | -    | -   | -   | 0.02 | -    | 0.001 | -     | 실시예 |
| M  | 0.16 | 1.2  | 2.9 | 0.006 | 0.004 | 0.026 | 0.002 | -    | -   | -    | -   | -   | -    | -    | -     | 0.003 | 실시예 |
| N  | 0.09 | 2.0  | 2.1 | 0.012 | 0.003 | 0.028 | 0.005 | -    | -   | -    | -   | -   | -    | -    | -     | -     | 실시예 |
| O  | 0.04 | 1.4  | 1.7 | 0.013 | 0.002 | 0.022 | 0.002 | -    | -   | -    | -   | -   | -    | -    | -     | -     | 비교예 |
| P  | 0.15 | 0.5  | 4.0 | 0.022 | 0.001 | 0.036 | 0.002 | -    | -   | -    | -   | -   | -    | -    | -     | -     | 비교예 |
| Q  | 0.09 | 1.2  | 0.3 | 0.007 | 0.003 | 0.029 | 0.002 | -    | -   | -    | -   | -   | -    | -    | -     | -     | 비교예 |

[0108]

표 2

| No.  | 강종 | 시범태점<br>(°C) | 냉각<br>방법<br>유무 | 500°C~시각지의<br>평균 가열 속도<br>(°C/s) | 최고 도열<br>온도 (°C) | 유지<br>시간(s) | 냉각 속도<br>(°C/s) | 냉각 후의<br>도열 온도(°C) | Mg 점<br>(°C) | 재가열<br>온도 (°C) | 재가열 후<br>유지 시간(s) | θ°<br>(s) | 도금 합금화<br>처리 유무 |
|------|----|--------------|----------------|----------------------------------|------------------|-------------|-----------------|--------------------|--------------|----------------|-------------------|-----------|-----------------|
| 1    | A  | 725          | 유              | 25                               | 830              | 60          | 50              | 200                | 357          | 400            | 80                | 44        | 실시에             |
| 2    | A  | 725          | 유              | 5                                | 830              | 60          | 50              | 200                | 377          | 400            | 80                | 44        | 비교예             |
| 3    | A  | 725          | 유              | 25                               | 810              | 60          | 50              | 100                | 353          | 420            | 80                | 29        | 비교예             |
| 4    | B  | 732          | 유              | 30                               | 850              | 80          | 80              | 180                | 366          | 430            | 60                | 24        | 유               |
| 5    | B  | 732          | 유              | 30                               | 720              | 60          | 80              | 250                | 388          | 430            | 60                | 24        | 유               |
| 6    | B  | 732          | 유              | 30                               | 950              | 60          | 80              | 220                | 384          | 400            | 60                | 44        | 비교예             |
| 7    | C  | 727          | 유              | 15                               | 820              | 90          | 30              | 180                | 321          | 450            | 45                | 16        | 실시에             |
| 8    | C  | 727          | 유              | 20                               | 820              | 5           | 30              | 30                 | 321          | 450            | 45                | 16        | 비교예             |
| 9    | C  | 727          | 유              | 20                               | 820              | 90          | 30              | 30                 | 324          | 450            | 60                | 16        | 실시에             |
| 10   | D  | 704          | 유              | 20                               | 780              | 150         | 70              | 150                | 360          | 450            | 60                | 16        | 유               |
| 11   | D  | 704          | 유              | 20                               | 780              | 120         | 3               | 210                | 361          | 450            | 60                | 16        | 비교예             |
| 12   | D  | 704          | 유              | 20                               | 780              | 120         | 100             | 280                | 361          | 450            | 60                | 16        | 비교예             |
| 13   | E  | 734          | 유              | 25                               | 850              | 75          | 80              | 180                | 349          | 400            | 30                | 44        | 실시에             |
| 14   | E  | 734          | 유              | 25                               | 850              | 60          | 80              | 200                | 342          | 250            | 60                | 2704      | 유               |
| 15   | E  | 734          | 유              | 25                               | 830              | 75          | 80              | 200                | 339          | 650            | 60                | 1         | 유               |
| 16   | E  | 734          | 유              | 25                               | 850              | 75          | 80              | 40                 | 349          | 400            | 30                | 44        | 유               |
| 17   | F  | 734          | 유              | 15                               | 800              | 240         | 90              | 100                | 246          | 400            | 90                | 44        | 유               |
| 18   | F  | 734          | 유              | 15                               | 820              | 240         | 90              | 100                | 246          | 400            | 0                 | 44        | 비교예             |
| 19   | F  | 734          | 유              | 15                               | 800              | 240         | 90              | 100                | 246          | 450            | 800               | 16        | 유               |
| 20   | G  | 738          | 유              | 20                               | 850              | 60          | 100             | 200                | 351          | 500            | 30                | 7         | 유               |
| 20-1 | G  | 738          | 무              | 20                               | 850              | 60          | 30              | 180                | 322          | 500            | 30                | 7         | 유               |
| 21   | H  | 695          | 유              | 20                               | 840              | 120         | 90              | 140                | 287          | 400            | 30                | 44        | 실시에             |
| 22   | I  | 713          | 유              | 20                               | 850              | 75          | 150             | 220                | 360          | 500            | 45                | 7         | 유               |
| 23   | J  | 718          | 유              | 15                               | 800              | 45          | 80              | 180                | 316          | 400            | 20                | 44        | 실시에             |
| 24   | K  | 716          | 유              | 15                               | 750              | 200         | 100             | 210                | 367          | 550            | 10                | 3         | 유               |
| 25   | L  | 708          | 유              | 15                               | 780              | 120         | 150             | 220                | 408          | 400            | 60                | 44        | 유               |
| 26   | M  | 706          | 유              | 25                               | 840              | 90          | 150             | 160                | 348          | 400            | 20                | 44        | 무               |
| 27   | N  | 733          | 유              | 25                               | 820              | 60          | 50              | 210                | 354          | 450            | 90                | 16        | 유               |
| 28   | P  | 679          | 유              | 20                               | 800              | 60          | 30              | 180                | 340          | 400            | 60                | 44        | 유               |
| 29   | P  | 679          | 유              | 20                               | 820              | 90          | 80              | 200                | 317          | 400            | 30                | 44        | 비교예             |
| 30   | Q  | 741          | 유              | 15                               | 820              | 75          | 80              | 190                | 323          | 400            | 120               | 44        | 비교예             |

\*) 하기 식에 의해 구해지는 시간  
 $t(\text{초}) = 2.5 \times 10^5 / \text{rate} (-80400/8.31 / (T+273))$  단, T: 재가열 온도 (°C)이다.

[0109]

[0110]

이상에 의해 얻어진 용융 아연 도금 강관에 대하여, 단면 마이크로 조직, 인장 특성, 구멍 확장성 및 딥드로잉성을 조사하였다. 얻어진 결과를 표 3 에 나타낸다.

[0111]

또한, 강관의 단면 마이크로 조직은 3 % 나이탈 용액 (3 % 질산 + 에탄올) 으로 조직을 현출시키고, 주사형 전자 현미경으로 깊이 방향 관두께 1/4 위치를 관찰하여 촬영한 조직 사진을 사용하여 화상 해석 처리를 실시하고, 페라이트상의 분율을 정량화하였다 (또한, 화상 해석 처리는 시판되는 화상 처리 소프트웨어를 사용할 수 있음).

[0112]

마르텐사이트상의 면적률, 템퍼링 마르텐사이트상의 면적률은, 조직의 미세한 정도에 따라 1000 ~ 3000 배의 적절한 배율의 SEM 사진을 촬영하고, 화상 처리 소프트웨어로 정량화하였다. 잔류 오스테나이트상의 체적률은, 강관을 관두께 방향의 1/4 면까지 연마하고, 이 관두께 1/4 면의 회절 X 선 강도에 의해 구하였다. 입사 X 선에는 MoKα 선을 사용하고, 잔류 오스테나이트상의 {111}, {200}, {220}, {311} 면과 페라이트상의 {110}, {200}, {211} 면의 피크의 적분 강도의 모든 조합에 대하여 강도비를 구하고, 이들의 평균값을 잔류 오스테나이트상의 체적률로 하였다.

[0113]

잔류 오스테나이트상의 평균 결정 입경은 투과형 전자 현미경을 사용하여 임의로 선택한 입자의 잔류 오스테나

이트의 면적을 구하고, 정방형 환산하였을 때의 1 편의 길이를 그 입자의 결정 입경으로 하여, 그것을 10 개의 입자에 대하여 구하고, 그 평균값을 그 강의 잔류 오스테나이트상의 평균 결정 입경으로 하였다.

[0114] 잔류 오스테나이트상 중의 평균 고용 C 농도 ( $[C\gamma\%]$ ) 는, CoK $\alpha$  선을 사용하여 fcc 철의 회절면 (220) 으로부터 구한 격자 상수  $a$  (Å) 와,  $[Mn\%]$ ,  $[Al\%]$  를 하기 식 (2) 에 대입하고 계산하여 구할 수 있다.

[0115] 
$$a = 3.578 + 0.033 [C\gamma\%] + 0.00095 [Mn\%] + 0.0056 [Al\%] \text{ ---(2)}$$

[0116] 단,  $[C\gamma\%]$  는 잔류 오스테나이트 중의 평균 고용 C 농도이고,  $[Mn\%]$ ,  $[Al\%]$  는 각각 Mn, Al 의 함유량 (질량%) 을 나타낸다.

[0117] 또한 인장 특성은, 인장 방향이 강관의 압연 방향과 직각 방향이 되도록 샘플 채취한 JIS 5 호 시험편을 사용하고, JIS Z 2241 에 준거한 인장 시험을 실시하여, YS (항복 응력), TS (인장 강도), EL (연신율) 을 측정하여, 항복비 (YS/TS) 와 강도와 연신율의 곱 (TS  $\times$  EL) 으로 나타내는 강도와 연신율 밸런스의 값을 구하였다.

[0118] 또한, 구멍 확장률 ( $\lambda$ ) 은 일본 철강 연맹 규격 JFS T 1001 에 준한 구멍 확장 시험을 실시하여 측정하였다.

[0119] 딥드로잉성은, 스위프트 컵 시험에 의한 한계 드로잉비 (LDR) 로 평가하였다. 시험에는 직경 33 mm $\phi$  의 원통 펀치를 사용하고, 펀치 코너 곡률 반경 및 다이스 코너 곡률 반경은 모두 5 mm 의 금형을 사용하였다. 샘플은 원형 블랭크로 절삭 가공한 것을 사용하고, 주름 누름 압력 3 ton, 성형 속도 1 mm/s 로 시험을 실시하였다. 도금 상태 등에 따라 표면의 슬라이딩 상태가 바뀌기 때문에, 표면의 슬라이딩 상태가 시험에 영향을 주지 않도록, 샘플과 다이스 사이에 테플론 시트를 두어 고윤활 조건에서 시험을 실시하였다. 블랭크 직경을 1 mm 피치로 변화시켜, 과단하지 않고 드로잉하여 빼낸 블랭크 직경 (D) 과 펀치 직경 (d) 의 비 (D/d) 를 LDR 로 하였다.

표 3

| No.  | 강종 | 패러이트상<br>면적률 (%) | 마르텐<br>사이트상<br>면적률 (%) | 템퍼링<br>마르텐사이트상<br>면적률 (%) | 잔류<br>오스테나이트<br>체적률 (%) | 잔류<br>오스테나이트<br>평균 결정<br>입径 (μm) | 잔류<br>오스테나이트 중<br>고용 C 양 (%) | 그 밖의<br>상 <sup>*1</sup> | TSM(MPa) | EL(%) | TS×EL<br>/ MPa·% | 구멍<br>확장률<br>(%) | LDR  |     |
|------|----|------------------|------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------|-------|------------------|------------------|------|-----|
| 1    | A  | 75               | 0                      | 20                        | 5                       | 1.5                              | 1.07                         | -                       | 635      | 34    | 21590            | 76               | 2.12 | 실시예 |
| 2    | A  | 70               | 0                      | 23                        | 7                       | 2.3                              | 1.05                         | -                       | 628      | 35    | 21980            | 54               | 2.12 | 비교예 |
| 3    | A  | 76               | 0                      | 23                        | 1                       | 1.2                              | 1.06                         | -                       | 637      | 28    | 17636            | 78               | 2.06 | 비교예 |
| 4    | B  | 56               | 0                      | 38                        | 6                       | 1.7                              | 1.06                         | -                       | 669      | 32    | 22048            | 82               | 2.12 | 실시예 |
| 5    | B  | 67               | 0                      | 20                        | 0                       | 2.7                              | -                            | P                       | 620      | 28    | 17960            | 50               | 2.03 | 비교예 |
| 6    | B  | 48               | 0                      | 43                        | 9                       | 2.7                              | 1.08                         | -                       | 680      | 33    | 22440            | 47               | 2.12 | 비교예 |
| 7    | C  | 70               | 0                      | 25                        | 6                       | 1.6                              | 1.12                         | -                       | 690      | 31    | 21390            | 75               | 2.15 | 실시예 |
| 8    | C  | 76               | 0                      | 15                        | 0                       | -                                | -                            | P                       | 645      | 27    | 17415            | 63               | 2.03 | 비교예 |
| 9    | C  | 70               | 0                      | 29                        | 1                       | 1.6                              | 1.14                         | -                       | 674      | 27    | 18198            | 85               | 2.06 | 비교예 |
| 10   | D  | 55               | 0                      | 38                        | 7                       | 1.8                              | 1.07                         | -                       | 734      | 31    | 22754            | 87               | 2.09 | 실시예 |
| 11   | D  | 68               | 0                      | 17                        | 1                       | 1.5                              | 0.85                         | P                       | 688      | 26    | 17888            | 62               | 2.03 | 비교예 |
| 12   | D  | 45               | 14                     | 32                        | 9                       | 1.7                              | 1.03                         | -                       | 755      | 31    | 23405            | 40               | 2.09 | 비교예 |
| 13   | E  | 64               | 5                      | 25                        | 6                       | 1.4                              | 0.85                         | -                       | 875      | 26    | 22750            | 75               | 2.06 | 실시예 |
| 14   | E  | 66               | 11                     | 22                        | 1                       | 1.3                              | 0.65                         | -                       | 913      | 19    | 17947            | 53               | 2.03 | 비교예 |
| 15   | E  | 67               | 0                      | 21                        | 0                       | -                                | -                            | P                       | 822      | 21    | 17262            | 76               | 2.03 | 비교예 |
| 16   | E  | 64               | 0                      | 35                        | 1                       | 1.3                              | 0.76                         | -                       | 660      | 22    | 18920            | 80               | 2.03 | 비교예 |
| 17   | F  | 60               | 4                      | 30                        | 6                       | 1.6                              | 1.18                         | -                       | 1005     | 22    | 22110            | 77               | 2.18 | 실시예 |
| 18   | F  | 60               | 9                      | 30                        | 1                       | 1.4                              | 0.51                         | -                       | 1040     | 17    | 17680            | 43               | 2.03 | 비교예 |
| 19   | F  | 60               | 0                      | 30                        | 1                       | 1.4                              | 0.83                         | B                       | 975      | 19    | 18825            | 85               | 2.06 | 비교예 |
| 20   | G  | 69               | 0                      | 25                        | 6                       | 1.6                              | 1.12                         | -                       | 798      | 28    | 22344            | 75               | 2.18 | 실시예 |
| 20-1 | G  | 74               | 0                      | 21                        | 5                       | 1.5                              | 1.10                         | -                       | 786      | 29    | 22794            | 73               | 2.15 | 실시예 |
| 21   | H  | 62               | 6                      | 28                        | 6                       | 1.3                              | 0.97                         | -                       | 1060     | 21    | 22960            | 79               | 2.06 | 실시예 |
| 22   | I  | 70               | 2                      | 22                        | 6                       | 1.4                              | 1.06                         | -                       | 964      | 23    | 22172            | 73               | 2.12 | 실시예 |
| 23   | J  | 73               | 0                      | 21                        | 6                       | 1.6                              | 0.81                         | -                       | 927      | 24    | 22248            | 75               | 2.06 | 실시예 |
| 24   | K  | 54               | 7                      | 32                        | 7                       | 1.4                              | 1.14                         | -                       | 997      | 24    | 23928            | 83               | 2.15 | 실시예 |
| 25   | L  | 48               | 0                      | 45                        | 7                       | 1.4                              | 1.04                         | -                       | 648      | 35    | 22660            | 85               | 2.12 | 실시예 |
| 26   | M  | 35               | 8                      | 50                        | 7                       | 1.7                              | 0.92                         | -                       | 1078     | 22    | 23716            | 83               | 2.06 | 실시예 |
| 27   | N  | 72               | 0                      | 22                        | 6                       | 1.5                              | 1.05                         | -                       | 959      | 24    | 23016            | 75               | 2.12 | 실시예 |
| 28   | O  | 90               | 0                      | 6                         | 2                       | 1.3                              | 1.03                         | -                       | 486      | 34    | 16524            | 84               | 2.03 | 비교예 |
| 29   | P  | 31               | 15                     | 50                        | 4                       | 1.8                              | 0.65                         | -                       | 1288     | 12    | 15456            | 48               | 2.03 | 비교예 |
| 30   | Q  | 85               | 0                      | 5                         | 0                       | 1.4                              | -                            | P                       | 535      | 30    | 16950            | 73               | 2.03 | 비교예 |

\*1:P는 펄라이트, B는 배이나이트를 나타낸다.

[0120]

[0121] 표 3 으로부터, 본 발명의 강관은 TS 와 EL 의 밸런스 (TS × EL) 가 21000 MPa · % 이상, λ 가 70 % 이상으  
로서, 우수한 강도, 연성 및 신장 플랜지성 (stretch flangeability) 을 나타내고 있다.

[0122] 또한, 잔류 오스테나이트상 중의 평균 고용 C 농도가 1 % 이상인 강에서는 LDR 이 2.09 이상으로 우수한 딥드  
로잉성도 나타내고 있다.

[0123] 한편, 본 발명의 범위를 벗어나는 비교예의 강관은 TS 와 EL 의 밸런스 (TS × EL) 가 21000 MPa · % 미만 및  
(또는) λ 가 70 % 미만이 되어, 강도, 연성 및 신장 플랜지성이 모두 열등하다.