



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2023년01월04일  
(11) 등록번호 10-2485009  
(24) 등록일자 2023년01월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C22C 38/04 (2006.01) C21D 8/02 (2006.01)  
C21D 9/46 (2006.01) C22C 38/00 (2006.01)  
C22C 38/02 (2006.01) C22C 38/06 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
C22C 38/04 (2013.01)  
C21D 8/0226 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2020-0177516  
(22) 출원일자 2020년12월17일  
심사청구일자 2020년12월17일  
(65) 공개번호 10-2022-0087124  
(43) 공개일자 2022년06월24일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020160114660 A  
KR1020200036759 A  
KR1020180125560 A  
KR1020200064122 A

(73) 특허권자  
주식회사 포스코  
경상북도 포항시 남구 동해안로 6261(괴동동)  
(72) 발명자  
이재훈  
전라남도 광양시 폭포사랑길 20-26 광양제철소  
임영록  
전라남도 광양시 폭포사랑길 20-26 광양제철소  
(74) 대리인  
특허법인씨엔에스

전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 윤여분

**(54) 발명의 명칭 가공성이 우수한 고강도 강판 및 그 제조방법**

**(57) 요약**

본 발명은 자동차 부품 등에 사용될 수 있는 강판에 관한 것으로서, 강도와 연성의 밸런스, 강도와 구멍확장성의 밸런스 및 항복비 평가지수가 우수한 강판과 이를 제조하는 방법에 관한 것이다.

(52) CPC특허분류

*C21D 8/0236* (2013.01)

*C21D 8/0273* (2013.01)

*C21D 9/46* (2013.01)

*C22C 38/001* (2013.01)

*C22C 38/02* (2013.01)

*C22C 38/06* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

중량%로, C: 0.1~0.25%, Si: 0.01~1.5%, Mn: 1.0~4.0%, Al: 0.01~1.5%, P: 0.15% 이하, S: 0.03% 이하, N: 0.03% 이하, B: 0.0005~0.005%, 나머지 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하고,

미세조직으로, 베이나이트, 템퍼드 마르텐사이트, 프레스 마르텐사이트, 잔류 오스테나이트 및 기타 불가피한 조직을 포함하며,

아래의 [관계식 1] 및 [관계식 2]를 만족하고,

아래의 [관계식 3]으로 표현되는 인장강도와 연신율의 밸런스( $B_{TE}$ )가  $3.0 \times 10^6$  내지  $6.2 \times 10^6$  ( $\text{MPa}^2\%$ )을 만족하고, 아래의 [관계식 4]로 표현되는 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $B_{TH}$ )가  $6.0 \times 10^6$  내지  $11.5 \times 10^6$  ( $\text{MPa}^2\%$ )을 만족하며, 아래의 [관계식 5]로 표현되는 항복비 평가지수( $I_{VR}$ )가 0.15 내지 0.42를 만족하는, 가공성이 우수한 고강도 강판.

[관계식 1]

$$0.03 \leq [B]_{FM} / [B]_{TM} \leq 0.55$$

상기 관계식 1에서,  $[B]_{FM}$ 은 프레스 마르텐사이트에 포함된 보론(B)의 함량(중량%)이고,  $[B]_{TM}$ 은 템퍼드 마르텐사이트에 포함된 보론(B)의 함량(중량%)이다.

[관계식 2]

$$V(1.2\mu\text{m}, \gamma) / V(\gamma) \geq 0.12$$

상기 관계식 2에서,  $V(1.2\mu\text{m}, \gamma)$ 는 평균 결정립경이  $1.2\mu\text{m}$  이상인 잔류 오스테나이트 분율(부피%)이고,  $V(\gamma)$ 은 강판의 잔류 오스테나이트 분율(부피%)이다.

[관계식 3]

$$B_{TE} = [\text{인장강도(TS, MPa)}]^2 * [\text{연신율(E1, \%)}]^{1/2}$$

[관계식 4]

$$B_{TH} = [\text{인장강도(TS, MPa)}]^2 * [\text{구멍확장률(HER, \%)}]^{1/2}$$

[관계식 5]

$$I_{VR} = 1 - [\text{항복비(YR)}]$$

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 강판은, 중량%로, 아래의 (1) 내지 (8) 중 어느 하나 이상을 더 포함하는, 가공성이 우수한 고강도 강판.

- (1) Ti: 0~0.5%, Nb: 0~0.5% 및 V: 0~0.5% 중 1종 이상
- (2) Cr: 0~3.0% 및 Mo: 0~3.0% 중 1종 이상
- (3) Cu: 0~4.0% 및 Ni: 0~4.0% 중 1종 이상
- (4) Ca: 0~0.05%, Y를 제외하는 REM: 0~0.05% 및 Mg: 0~0.05% 중 1종 이상

- (5) W: 0~0.5% 및 Zr: 0~0.5% 중 1종 이상
- (6) Sb: 0~0.5% 및 Sn: 0~0.5% 중 1종 이상
- (7) Y: 0~0.2% 및 Hf: 0~0.2% 중 1종 이상
- (8) Co: 0~1.5%

### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 강관의 미세조직은, 부피분율로, 10~30%의 베이나이트, 50~70%의 템퍼드 마르텐사이트, 10~30%의 프레스 마르텐사이트, 2~10%의 잔류 오스테나이트, 5% 이하(0% 포함)의 페라이트를 포함하는, 가공성이 우수한 고강도 강관.

### 청구항 4

삭제

### 청구항 5

중량%로, C: 0.1~0.25%, Si: 0.01~1.5%, Mn: 1.0~4.0%, Al: 0.01~1.5%, P: 0.15% 이하, S: 0.03% 이하, N: 0.03% 이하, B: 0.0005~0.005%, 나머지 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하는 냉간압연된 강관을 제공하는 단계;

상기 냉간압연된 강관을 5℃/s 이상의 평균 가열속도로 700℃까지 가열(1차 가열)하고, 5℃/s 이하의 평균 가열속도로 Ac3~920℃의 온도범위까지 가열(2차 가열)한 후 50~1200초 동안 유지(1차 유지)하는 단계;

상기 1차 유지된 강관을 2~100℃/s의 평균 냉각속도로 350~550℃의 온도범위까지 냉각(1차 냉각)한 후 5~600초 동안 유지(2차 유지)하는 단계;

상기 2차 유지된 강관을 2~100℃/s의 평균 냉각속도로 200~400℃의 온도범위까지 냉각(2차 냉각)하는 단계;

상기 2차 냉각된 강관을 5~100℃/s의 평균 가열속도로 350~550℃의 온도범위까지 가열(3차 가열)한 후 50~155,000초 동안 유지(3차 유지)하는 단계; 및

상기 3차 유지된 강관을 1℃/s 이상의 평균 냉각속도로 상온까지 냉각(3차 냉각)하는 단계를 포함하는, 가공성이 우수한 고강도 강관의 제조방법.

### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 냉간압연된 강관은 아래의 (1) 내지 (8) 중 어느 하나 이상을 더 포함하는, 가공성이 우수한 고강도 강관의 제조방법.

- (1) Ti: 0~0.5%, Nb: 0~0.5% 및 V: 0~0.5% 중 1종 이상
- (2) Cr: 0~3.0% 및 Mo: 0~3.0% 중 1종 이상
- (3) Cu: 0~4.0% 및 Ni: 0~4.0% 중 1종 이상
- (4) Ca: 0~0.05%, Y를 제외하는 REM: 0~0.05% 및 Mg: 0~0.05% 중 1종 이상
- (5) W: 0~0.5% 및 Zr: 0~0.5% 중 1종 이상
- (6) Sb: 0~0.5% 및 Sn: 0~0.5% 중 1종 이상
- (7) Y: 0~0.2% 및 Hf: 0~0.2% 중 1종 이상

(8) Co: 0~1.5%

**청구항 7**

제5항에 있어서,

상기 냉간압연된 강관은,

강 슬라브를 1000~1350℃로 가열하는 단계;

800~1000℃의 온도범위에서 마무리 열간압연하는 단계;

350~650℃의 온도범위에서 상기 열간압연된 강관을 권취하는 단계;

상기 권취된 강관을 산세하는 단계; 및

상기 산세된 강관을 30~90%의 압하율로 냉간압연하는 단계;를 통해 제공되는, 가공성이 우수한 고강도 강관의 제조방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 자동차 부품 등에 사용될 수 있는 강관에 관한 것으로서, 고강도 특성을 구비하면서도 가공성이 우수한 강관과 이를 제조하는 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0003] 최근 자동차 산업은 지구 환경을 보호하기 위하여 소재 경량화를 도모하고, 동시에 탑승자 안정성을 확보할 수 있는 방안에 주목하고 있다. 이러한 안정성과 경량화 요구에 부응하기 위해 고강도 강관의 적용이 급격히 증가하고 있다. 일반적으로 강관의 고강도화가 이루어질수록 강관의 가공성은 저하되는 것으로 알려져 있다. 따라서, 자동차 부품용 강관에 있어서, 고강도 특성을 구비하면서도, 연성 및 구멍확장성 등으로 대표되는 가공성이 우수한 강관이 요구되고 있는 실정이다.

[0005] 잔류 오스테나이트의 변태유기소성을 이용한 TRIP(Transformation Induced Plasticity)강은 페라이트, 베이나이트, 마르텐사이트 및 잔류 오스테나이트 등으로 이루어지는 복잡한 미세구조를 가지므로, 고강도 특성을 가지면서도 일정 수준 이상의 가공성을 가지는 것으로 알려져 있다.

[0007] 강관의 가공성을 더욱 개선하는 기술로써, 템퍼드 마르텐사이트를 활용하는 방법이 특허문헌 1 및 2에 개시되어 있다. 경질의 마르텐사이트를 템퍼링(tempering)시켜 만든 템퍼드 마르텐사이트는 연질화된 마르텐사이트이므로, 템퍼드 마르텐사이트는 기존의 템퍼링되지 않은 마르텐사이트(프레시 마르텐사이트)와 강도의 차이가 존재한다. 따라서, 프레시 마르텐사이트를 억제시키고 템퍼드 마르텐사이트를 형성하게 되면 가공성이 증가할 수 있다.

[0008] 그러나, 특허문헌 1 및 2에 개시된 기술로는 인장강도와 연신율의 밸런스( $TS^2 * EL^{1/2}$ )가  $3.0 * 10^6$  내지  $6.2 * 10^6$  ( $MPa^2 \%^{1/2}$ )의 범위를 만족하지 못하며, 이는 강도 및 연성이 모두 우수한 강관을 확보하기 어렵다는 것을 의미한다.

[0010] 한편, 강관의 가공성을 개선하기 위한 다른 기술로써, 보론(B) 첨가를 통해 베이나이트의 생성을 유도하는 방법이 특허문헌 3에 개시되어 있다. 보론(B)을 첨가하는 경우 페라이트-펄라이트 변태를 억제하고 베이나이트의 생성을 유도하므로, 강도와 가공성의 양립을 도모할 수 있다.

[0011] 그러나, 특허문헌 3에 개시된 기술로는  $3.0 * 10^6$  내지  $6.2 * 10^6$  ( $MPa^2 \%^{1/2}$ )의 인장강도와 연신율의 밸런스( $B_{TE}$ ),  $6.0 * 10^6$  내지  $11.5 * 10^6$  ( $MPa^2 \%^{1/2}$ )의 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $B_{TH}$ ) 및 0.15 내지 0.42의 항복비 평가지수( $I_{VR}$ )를 동시에 확보하지 못하므로, 이는 강도, 구멍확장성, 연성 및 항복비가 모두 우수한 강관을 확보하기 어

렵다는 것을 의미한다.

[0012] 즉, 인장강도와 연신율의 밸런스( $B_{TE}$ ), 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $B_{TH}$ ) 및 항복비 평가지수( $I_{VR}$ )가 모두 우수한 강판에 대한 요구를 충족시키지 못하고 있는 실정이다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

[0014] (특허문헌 0001) 한국 공개특허공보 제10-2006-0118602호  
 (특허문헌 0002) 일본 공개특허공보 제2009-019258호  
 (특허문헌 0003) 일본 공개특허공보 제2016-216808호

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0015] 본 발명의 일 측면에 따르면, 강판의 조성 및 미세조직을 최적화하여 인장강도와 연신율의 밸런스, 인장강도와 구멍확장률의 밸런스 및 항복비 평가지수가 모두 우수한 강판과 이를 제조하는 방법이 제공될 수 있다.

[0017] 본 발명의 과제는 상술한 사항에 한정되지 않는다. 본 발명의 추가적인 과제는 명세서 전반적인 내용에 기술되어 있으며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 명세서에 기재된 내용으로부터 본 발명의 추가적인 과제를 이해하는데 아무런 어려움이 없을 것이다.

#### 과제의 해결 수단

[0019] 본 발명의 일 측면에 따른 가공성이 우수한 고강도 강판은, 중량%로, C: 0.1~0.25%, Si: 0.01~1.5%, Mn: 1.0~4.0%, Al: 0.01~1.5%, P: 0.15% 이하, S: 0.03% 이하, N: 0.03% 이하, B: 0.0005~0.005%, 나머지 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하고, 미세조직으로, 베이나이트, 템퍼드 마르텐사이트, 프레스시 마르텐사이트, 잔류 오스테나이트 및 기타 불가피한 조직을 포함하며, 아래의 [관계식 1] 및 [관계식 2]를 만족할 수 있다.

[0020] [관계식 1]

[0021]  $0.03 \leq [B]_{FM} / [B]_{TM} \leq 0.55$

[0022] 상기 관계식 1에서,  $[B]_{FM}$ 은 프레스시 마르텐사이트에 포함된 보론(B)의 함량(중량%)이고,  $[B]_{TM}$ 은 템퍼드 마르텐사이트에 포함된 보론(B)의 함량(중량%)이다.

[0023] [관계식 2]

[0024]  $V(1.2\mu m, \gamma) / V(\gamma) \geq 0.12$

[0025] 상기 관계식 2에서,  $V(1.2\mu m, \gamma)$ 는 평균 결정립경이  $1.2\mu m$  이상인 잔류 오스테나이트 분율(부피%)이고,  $V(\gamma)$ 은 강판의 잔류 오스테나이트 분율(부피%)이다.

[0026] 상기 강판은, 중량%로, 아래의 (1) 내지 (8) 중 어느 하나 이상을 더 포함할 수 있다.

[0027] (1) Ti: 0~0.5%, Nb: 0~0.5% 및 V: 0~0.5% 중 1종 이상

[0028] (2) Cr: 0~3.0% 및 Mo: 0~3.0% 중 1종 이상

[0029] (3) Cu: 0~4.0% 및 Ni: 0~4.0% 중 1종 이상

[0030] (4) Ca: 0~0.05%, Y를 제외하는 REM: 0~0.05% 및 Mg: 0~0.05% 중 1종 이상

[0031] (5) W: 0~0.5% 및 Zr: 0~0.5% 중 1종 이상

[0032] (6) Sb: 0~0.5% 및 Sn: 0~0.5% 중 1종 이상

- [0033] (7) Y: 0~0.2% 및 Hf: 0~0.2% 중 1종 이상
- [0034] (8) Co: 0~1.5%
- [0035] 상기 강관의 미세조직은, 부피분율로, 10~30%의 베이나이트, 50~70%의 템퍼드 마르텐사이트, 10~30%의 프레시 마르텐사이트, 2~10%의 잔류 오스테나이트, 5% 이하(0% 포함)의 페라이트를 포함할 수 있다.
- [0036] 상기 강관은, 아래의 [관계식 3]으로 표현되는 인장강도와 연신율의 밸런스( $B_{TE}$ )가  $3.0 \times 10^6$  내지  $6.2 \times 10^6$  ( $MPa^2 \%^{1/2}$ )을 만족하고, 아래의 [관계식 4]로 표현되는 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $B_{TH}$ )가  $6.0 \times 10^6$  내지  $11.5 \times 10^6$  ( $MPa^2 \%^{1/2}$ )을 만족하며, 아래의 [관계식 5]로 표현되는 항복비 평가지수( $I_{YR}$ )가 0.15 내지 0.42를 만족할 수 있다.
- [0037] [관계식 3]
- [0038]  $B_{TE} = [\text{인장강도}(TS, \text{MPa})]^2 * [\text{연신율}(El, \%)]^{1/2}$
- [0039] [관계식 4]
- [0040]  $B_{TH} = [\text{인장강도}(TS, \text{MPa})]^2 * [\text{구멍확장률}(HER, \%)]^{1/2}$
- [0041] [관계식 5]
- [0042]  $I_{YR} = 1 - [\text{항복비}(YR)]$
- [0043] 본 발명의 일 측면에 따른 가공성이 우수한 고강도 강관의 제조방법은, 중량%로, C: 0.1~0.25%, Si: 0.01~1.5%, Mn: 1.0~4.0%, Al: 0.01~1.5%, P: 0.15% 이하, S: 0.03% 이하, N: 0.03% 이하, B: 0.0005~0.005%, 나머지 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하는 냉간압연된 강관을 제공하는 단계; 상기 냉간압연된 강관을 5°C/s 이상의 평균 가열속도로 700°C까지 가열(1차 가열)하고, 5°C/s 이하의 평균 가열속도로 Ac3~920°C의 온도범위까지 가열(2차 가열)한 후 50~1200초 동안 유지(1차 유지)하는 단계; 상기 1차 유지된 강관을 2~100°C/s의 평균 냉각속도로 350~550°C의 온도범위까지 냉각(1차 냉각)한 후 5~600초 동안 유지(2차 유지)하는 단계; 상기 2차 유지된 강관을 2~100°C/s의 평균 냉각속도로 200~400°C의 온도범위까지 냉각(2차 냉각)하는 단계; 상기 2차 냉각된 강관을 5~100°C/s의 평균 가열속도로 350~550°C의 온도범위까지 가열(3차 가열)한 후 50초 이상 유지(3차 유지)하는 단계; 상기 3차 유지된 강관을 1°C/s 이상의 평균 냉각속도로 상온까지 냉각(3차 냉각)하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0044] 상기 강 슬라브는 아래의 (1) 내지 (8) 중 어느 하나 이상을 더 포함할 수 있다.
- [0045] (1) Ti: 0~0.5%, Nb: 0~0.5% 및 V: 0~0.5% 중 1종 이상
- [0046] (2) Cr: 0~3.0% 및 Mo: 0~3.0% 중 1종 이상
- [0047] (3) Cu: 0~4.0% 및 Ni: 0~4.0% 중 1종 이상
- [0048] (4) Ca: 0~0.05%, Y를 제외하는 REM: 0~0.05% 및 Mg: 0~0.05% 중 1종 이상
- [0049] (5) W: 0~0.5% 및 Zr: 0~0.5% 중 1종 이상
- [0050] (6) Sb: 0~0.5% 및 Sn: 0~0.5% 중 1종 이상
- [0051] (7) Y: 0~0.2% 및 Hf: 0~0.2% 중 1종 이상
- [0052] (8) Co: 0~1.5%
- [0053] 상기 냉간압연된 강관은, 강 슬라브를 1000~1350°C로 가열하는 단계; 800~1000°C의 온도범위에서 마무리 열간압연하는 단계; 350~650°C의 온도범위에서 상기 열간압연된 강관을 권취하는 단계; 상기 권취된 강관을 산세하는 단계; 및 상기 산세된 강관을 30~90%의 압하율로 냉간압연하는 단계;를 통해 제공될 수 있다.

**발명의 효과**

- [0055] 본 발명의 바람직한 일 측면에 의하면, 인장강도와 연성의 밸런스, 인장강도와 구멍확장성의 밸런스 및 항복비

평가지수가 우수하여 자동차 부품 등에 적합하게 사용될 수 있는 강판 및 그 제조방법을 제공할 수 있다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0057] 본 발명은 가공성이 우수한 고강도 강판 및 그 제조방법에 관한 것으로, 이하에서는 본 발명의 바람직한 구현예들을 설명하고자 한다. 본 발명의 구현예들은 여러 가지 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래에서 설명되는 구현예들에 한정되는 것으로 해석되어서는 안된다. 본 구현예들은 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가지는 자에게 본 발명을 더욱 상세하기 위하여 제공되는 것이다.
- [0059] 본 발명의 발명자들은 베이나이트, 템퍼드 마르텐사이트, 프레스시 마르텐사이트 및 잔류 오스테나이트를 포함하는 보론(B) 첨가형 변태유기소성(Transformation Induced Plasticity, TRIP)강에 있어서, 템퍼드 마르텐사이트, 프레스시 마르텐사이트 및 잔류 오스테나이트의 조직 분율을 일정 범위로 제어하고, 템퍼드 마르텐사이트와 프레스시 마르텐사이트에 포함되는 보론(B) 함량을 일정 범위로 제어함과 동시에, 잔류 오스테나이트의 형상 및 크기를 일정 범위로 제어하는 경우, 우수한 인장강도와 연성의 밸런스, 우수한 인장강도와 구멍확장성의 밸런스 및 우수한 항복비 평가지수의 동시 확보가 가능하다는 점을 인지하게 되었다. 이를 규명하여 우수한 강도, 항복비, 연성 및 구멍확장성을 효과적으로 양립시킬 수 있는 방법을 고안하고, 본 발명에 이르게 되었다.
- [0061] 이하, 본 발명의 일 측면에 따른 가공성이 우수한 고강도 강판에 대해 보다 상세히 설명한다.
- [0063] 본 발명의 일 측면에 따른 가공성이 우수한 고강도 강판은, 중량%로, C: 0.1~0.25%, Si: 0.01~1.5%, Mn: 1.0~4.0%, Al: 0.01~1.5%, P: 0.15% 이하, S: 0.03% 이하, N: 0.03% 이하, B: 0.0005~0.005%, 나머지 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하고, 미세조직으로, 베이나이트, 템퍼드 마르텐사이트, 프레스시 마르텐사이트, 잔류 오스테나이트 및 기타 불가피한 조직을 포함하며, 아래의 [관계식 1] 및 [관계식 2]를 만족할 수 있다.
- [0064] [관계식 1]
- [0065]  $0.03 \leq [B]_{FM}/[B]_{TM} \leq 0.55$
- [0066] 상기 관계식 1에서,  $[B]_{FM}$ 은 프레스시 마르텐사이트에 포함된 보론(B)의 함량(중량%)이고,  $[B]_{TM}$ 은 템퍼드 마르텐사이트에 포함된 보론(B)의 함량(중량%)이다.
- [0067] [관계식 2]
- [0068]  $V(1.2\mu m, \gamma) / V(\gamma) \geq 0.12$
- [0069] 상기 관계식 2에서,  $V(1.2\mu m, \gamma)$ 는 평균 결정립경이 1.2 $\mu m$  이상인 잔류 오스테나이트 분율(부피%)이고,  $V(\gamma)$ 은 강판의 잔류 오스테나이트 분율(부피%)이다.
- [0071] 이하, 본 발명의 강 조성에 대하여 보다 상세히 설명한다. 이하, 특별히 달리 표시하지 않는 한 각 원소의 함량을 나타내는 %는 중량을 기준으로 한다.
- [0073] 본 발명의 일 측면에 따른 가공성이 우수한 고강도 강판은, 중량%로, C: 0.1~0.25%, Si: 0.01~1.5%, Mn: 1.0~4.0%, Al: 0.01~1.5%, P: 0.15% 이하, S: 0.03% 이하, N: 0.03% 이하, B: 0.0005~0.005%, 나머지 Fe 및 불가피한 불순물을 포함한다. 또한, 추가적으로 Ti: 0.5% 이하(0% 포함), Nb: 0.5% 이하(0% 포함), V: 0.5% 이하(0% 포함), Cr: 3.0% 이하(0% 포함), Mo: 3.0% 이하(0% 포함), Cu: 4.0% 이하(0% 포함), Ni: 4.0% 이하(0% 포함), Ca: 0.05% 이하(0% 포함), Y를 제외하는 REM: 0.05% 이하(0% 포함), Mg: 0.05% 이하(0% 포함), W: 0.5% 이하(0% 포함), Zr: 0.5% 이하(0% 포함), Sb: 0.5% 이하(0% 포함), Sn: 0.5% 이하(0% 포함), Y: 0.2% 이하(0% 포함), Hf: 0.2% 이하(0% 포함), Co: 1.5% 이하(0% 포함) 중 1종 이상을 더 포함할 수 있다.
- [0075] 탄소(C): 0.1~0.25%
- [0076] 탄소(C)는 강판의 강도 확보에 불가결한 원소인 동시에, 강판의 연성 향상에 기여하는 잔류 오스테나이트를 안정화시키는 원소이기도 하다. 따라서, 본 발명은 이와 같은 효과 달성을 위해 0.1% 이상의 탄소(C)를 포함할 수 있다. 바람직한 탄소(C) 함량은 0.1% 초과일 수 있고, 0.11% 이상일 수 있으며, 0.12% 이상일 수 있다. 반면, 탄소(C) 함량이 일정 수준을 초과하는 경우, 과도한 강도 상승에 따라 연성이 저하되고, 용접성이 열화될 수 있다. 따라서, 본 발명은 탄소(C) 함량의 상한을 0.25%로 제한할 수 있다. 탄소(C) 함량은 0.24% 이하일 수 있으며, 보다 바람직한 탄소 함량(C)은 0.23% 이하일 수 있다.



- [0078] 실리콘(Si): 0.01~1.5% 이하
- [0079] 실리콘(Si)은 고용강화에 의한 강도 향상에 기여하는 원소이며, 조직을 균일화시킴으로써 가공성을 개선하는 원소이기도 하다. 또한, 실리콘(Si)은 시멘타이트의 석출을 억제시켜 잔류 오스테나이트의 생성에 기여하는 원소이다. 따라서, 본 발명은 이와 같은 효과 달성을 위해 0.01% 이상의 실리콘(Si)을 첨가할 수 있다. 바람직한 실리 콘(Si) 함량은 0.02% 이상일 수 있으며, 보다 바람직한 실리 콘(Si) 함량은 0.04% 이상일 수 있다. 다만, 실리 콘(Si) 함량이 일정 수준을 초과하는 경우, 도금공정에서 미도금과 같이 도금결함 문제를 유발할 뿐만 아니라, 강관의 용접성을 저하시킬 수 있는바, 본 발명은 실리 콘(Si) 함량의 상한을 1.5%로 제한할 수 있다. 바람직한 실리 콘(Si) 함량의 상한은 1.48%일 수 있으며, 보다 바람직한 실리 콘(Si) 함량의 상한은 1.46%일 수 있다.
- [0081] 망간(Mn): 1.0~4.0%
- [0082] 망간(Mn)은 강도와 연성을 함께 높이는데 유용한 원소이다. 따라서, 본 발명은 이와 같은 효과를 달성하기 위하여 1.0% 이상의 망간(Mn)을 첨가할 수 있다. 바람직한 망간(Mn) 함량의 하한은 1.2%일 수 있으며, 보다 바람직한 망간(Mn) 함량의 하한은 1.4%일 수 있다. 반면, 망간(Mn)이 과다하게 첨가되는 경우, 베이나이트 변태시간이 증가하여 오스테나이트 중의 탄소(C) 농화도가 충분하지 않게 되므로, 목적하는 오스테나이트 분율을 확보할 수 없는 문제점이 존재한다. 따라서, 본 발명은 망간(Mn) 함량의 상한을 4.0%로 제한할 수 있다. 바람직한 망간 (Mn) 함량의 상한은 3.9%일 수 있다.
- [0084] 알루미늄(Al): 0.01~1.5%
- [0085] 알루미늄(Al)은 강중의 산소와 결합하여 탈산 작용을 하는 원소이다. 또한, 알루미늄(Al)은 실리 콘(Si)과 동일 하게 시멘타이트 석출을 억제시켜 잔류 오스테나이트를 안정화시키는 원소이기도 하다. 따라서, 본 발명은 이와 같은 효과 달성을 위해 0.01% 이상의 알루미늄(Al)을 첨가할 수 있다. 바람직한 알루미늄(Al) 함량은 0.03% 이 상일 수 있으며, 보다 바람직한 알루미늄(Al) 함량은 0.05% 이상일 수 있다. 반면, 알루미늄(Al)이 과다하게 첨 가되는 경우, 강관의 개재물이 증가될 뿐만 아니라, 강관의 가공성을 저하시킬 수 있는바, 본 발명은 알루미늄 (Al) 함량의 상한을 1.5%로 제한할 수 있다. 바람직한 알루미늄(Al) 함량의 상한은 1.48%일 수 있다.
- [0087] 인(P): 0.15% 이하 (0% 포함)
- [0088] 인(P)은 불순물로 함유되어 충격인성을 열화시키는 원소이다. 따라서, 인(P)의 함량은 0.15% 이하로 관리하는 것이 바람직하다.
- [0090] 황(S): 0.03% 이하 (0% 포함)
- [0091] 황(S)은 불순물로 함유되어 강관 중에 MnS를 형성하고, 연성을 열화시키는 원소이다. 따라서, 황(S)의 함량은 0.03% 이하인 것이 바람직하다.
- [0093] 질소(N): 0.03% 이하 (0% 포함)
- [0094] 질소(N)는 불순물로 함유되어 연속주조 중에 질화물을 만들어 슬라브의 균열을 일으키는 원소이다. 따라서, 질 소(N)의 함량은 0.03% 이하인 것이 바람직하다.
- [0096] 보론(B): 0.0005~0.005%
- [0097] 보론(B)은 담금질성을 향상시켜 강도를 높이는 원소이며, 결정립계의 핵생성을 억제하는 원소이기도 하다. 또한, 본 발명은 템퍼드 마르텐사이트 중의 보론(B) 농화를 통해 우수한 인장강도와 연신율의 밸런스, 우수한 인장강도와 구멍확장성의 밸런스 및 우수한 항복비 평가지수를 동시에 확보하고자 하므로, 본 발명에서 보론 (B)은 필수적으로 첨가되어야 한다. 따라서, 본 발명은 이와 같은 효과를 위해 0.0005% 이상의 보론(B)을 첨가 할 수 있다. 다만, 보론(B)이 일정 수준을 초과하여 첨가되는 경우, 과도한 특성효과뿐만 아니라, 제조원가 상 승의 원인이 되므로, 본 발명은 보론(B)의 함량의 상한을 0.005%로 제한할 수 있다.
- [0099] 한편, 본 발명의 강관은 상술한 합금성분 이외에 추가적으로 포함될 수 있는 합금 조성이 존재하며, 이에 대해 서는 아래에서 상세히 설명한다.
- [0101] 티타늄(Ti): 0~0.5%, 니오븀(Nb): 0~0.5% 및 바나듐(V): 0~0.5% 중 1종 이상
- [0102] 티타늄(Ti), 니오븀(Nb) 및 바나듐(V)은 석출물을 만들어 결정립을 미세화시키는 원소이며, 강관의 강도 및 충 격인성의 향상에도 기여하는 원소이므로, 본 발명은 이와 같은 효과를 위해 티타늄(Ti), 니오븀(Nb) 및 바나듐 (V) 중의 1종 이상을 첨가할 수 있다. 다만, 티타늄(Ti), 니오븀(Nb) 및 바나듐(V)의 각 함량이 일 정 수준을

초과하는 경우, 과도한 석출물이 형성되어 충격인성이 저하될 뿐만 아니라, 제조원가 상승의 원인이 되므로, 본 발명은 티타늄(Ti), 니오븀(Nb) 및 바나듐(V)의 함량을 각각 0.5% 이하로 제한할 수 있다.

- [0104] 크롬(Cr): 0~3.0% 및 몰리브덴(Mo): 0~3.0% 중 1종 이상
- [0105] 크롬(Cr) 및 몰리브덴(Mo)은 합금화 처리시 오스테나이트 분해를 억제할 뿐만 아니라, 망간(Mn)과 동일하게 오스테나이트를 안정화시키는 원소이므로, 본 발명은 이와 같은 효과를 위해 크롬(Cr) 및 몰리브덴(Mo) 중의 1종 이상을 첨가할 수 있다. 다만, 크롬(Cr) 및 몰리브덴(Mo)의 함량이 일정 수준을 초과하는 경우, 베이나이트 변태시간이 증가하여 오스테나이트 중의 탄소(C) 농화량이 충분하지 않게 되므로, 목적하는 잔류 오스테나이트 분율을 확보할 수 없다. 따라서, 본 발명은 크롬(Cr) 및 몰리브덴(Mo)의 함량을 각각 3.0% 이하로 제한할 수 있다.
- [0107] 구리(Cu): 0~4.0% 및 니켈(Ni): 0~4.0% 중 1종 이상
- [0108] 구리(Cu) 및 니켈(Ni)은 오스테나이트를 안정화시키고, 부식을 억제하는 원소이다. 또한, 구리(Cu) 및 니켈(Ni)은 강판 표면으로 농화되어, 강판 내로 이동하는 수소 침입을 막아 수소지연과피해를 억제하는 원소이기도 하다. 따라서, 본 발명은 이와 같은 효과를 위해, 구리(Cu) 및 니켈(Ni) 중의 1종 이상을 첨가할 수 있다. 다만, 구리(Cu) 및 니켈(Ni)의 함량이 일정 수준을 초과하는 경우, 과도한 특성효과뿐만 아니라, 제조원가 상승의 원인이 되므로, 본 발명은 구리(Cu) 및 니켈(Ni)의 함량을 각각 4.0% 이하로 제한할 수 있다.
- [0110] 칼슘(Ca): 0~0.05%, 마그네슘(Mg): 0~0.05% 및 이트륨(Y)을 제외한 희토류 원소(REM): 0~0.05% 중 1종 이상
- [0111] 여기서, 희토류원소(REM)란 스칸듐(Sc), 이트륨(Y)과 란타넘족원소를 의미한다. 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 이트륨(Y)을 제외한 희토류원소(REM)는 황화물을 구형화시킴으로써 강판의 연성 향상에 기여하는 원소이므로, 본 발명은 이와 같은 효과를 위해 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 이트륨(Y)을 제외한 희토류원소(REM) 중의 1종 이상을 첨가할 수 있다. 다만, 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 이트륨(Y)을 제외한 희토류원소(REM)의 함량이 일정 수준을 초과하는 경우, 과도한 특성효과뿐만 아니라 제조원가 상승의 원인이 되므로, 본 발명은 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 이트륨(Y)을 제외한 희토류원소(REM)의 함량을 각각 0.05% 이하로 제한할 수 있다.
- [0113] 텅스텐(W): 0~0.5% 및 지르코늄(Zr): 0~0.5% 중 1종 이상
- [0114] 텅스텐(W) 및 지르코늄(Zr)은 담금질성을 향상시켜 강판의 강도를 증가시키는 원소이므로, 본 발명은 이와 같은 효과를 위해 텅스텐(W) 및 지르코늄(Zr) 중의 1종 이상을 첨가할 수 있다. 다만, 텅스텐(W) 및 지르코늄(Zr)의 함량이 일정 수준을 초과하는 경우, 과도한 특성효과뿐만 아니라 제조원가 상승의 원인이 되므로, 본 발명은 텅스텐(W) 및 지르코늄(Zr)의 함량을 각각 0.5% 이하로 제한할 수 있다.
- [0116] 안티몬(Sb): 0~0.5% 및 주석(Sn): 0~0.5% 중 1종 이상
- [0117] 안티몬(Sb) 및 주석(Sn)은 강판의 도금 젖음성과 도금 밀착성을 향상시키는 원소이므로, 본 발명은 이와 같은 효과를 위해 안티몬(Sb) 및 주석(Sn) 중의 1종 이상을 첨가할 수 있다. 다만, 안티몬(Sb) 및 주석(Sn)의 함량이 일정 수준을 초과하는 경우, 강판의 취성이 증가하여 열간가공 또는 냉간가공 시 균열이 발생할 수 있으므로, 본 발명은 안티몬(Sb) 및 주석(Sn)의 함량을 각각 0.5% 이하로 제한할 수 있다.
- [0119] 이트륨(Y): 0~0.2% 및 하프늄(Hf): 0~0.2% 중 1종 이상
- [0120] 이트륨(Y) 및 하프늄(Hf)은 강판의 내식성을 향상시키는 원소이므로, 본 발명은 이와 같은 효과를 위해 이트륨(Y) 및 하프늄(Hf) 중의 1종 이상을 첨가할 수 있다. 다만, 이트륨(Y) 및 하프늄(Hf)의 함량이 일정 수준을 초과하는 경우, 강판의 연성이 열화될 수 있으므로, 본 발명은 이트륨(Y) 및 하프늄(Hf)의 함량을 각각 0.2% 이하로 제한할 수 있다.
- [0122] 코발트(Co): 0~1.5%
- [0123] 코발트(Co)는 베이나이트 변태를 촉진시켜 TRIP 효과를 증가시키는 원소이므로, 본 발명은 이와 같은 효과를 위해 코발트(Co)를 첨가할 수 있다. 다만, 코발트(Co)의 함량이 일정 수준을 초과하는 경우, 강판의 용접성과 연성이 열화될 수 있으므로, 본 발명은 코발트(Co) 함량을 1.5% 이하로 제한할 수 있다.
- [0125] 본 발명의 일 측면에 따른 가공성이 우수한 고강도 강판은 전술한 성분 이외에 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함할 수 있다. 다만, 통상의 제조과정에서는 원료 또는 주위 환경으로부터 의도되지 않는 불순물이 불가피하게 혼입될 수 있으므로, 이를 전면적으로 배제할 수는 없다. 이들 불순물은 본 기술분야에서 통상의 지식

을 가진 자라면 누구라도 알 수 있는 것이기 때문에 그 모든 내용을 본 명세서에서 특별히 언급하지는 않는다. 더불어, 기술한 성분 이외에 유효한 성분의 추가적인 첨가가 전면적으로 배제되는 것은 아니다.

- [0127] 본 발명의 일 측면에 따른 가공성이 우수한 고강도 강관은, 베이나이트, 템퍼드 마르텐사이트(Tempered Martensite), 프레스 마르텐사이트(Fresh Martensite), 잔류 오스테나이트 및 기타 불가피한 조직을 미세조직으로 포함할 수 있다.
- [0129] 템퍼링하지 않은 마르텐사이트(프레스 마르텐사이트, FM)와 템퍼링한 마르텐사이트(템퍼드 마르텐사이트, TM)는 모두 강관의 강도를 향상시키는 미세조직이다. 그러나, 템퍼드 마르텐사이트에 비해 프레스 마르텐사이트는 강관의 연성 및 버링성을 저하시키는 특징이 있다. 또한, 템퍼드 마르텐사이트에 비해 프레스 마르텐사이트는 강관의 항복비를 저하시키는 경향이 있다. 이는 템퍼링 열처리에 의해 템퍼드 마르텐사이트의 미세조직이 연질화되기 때문이다. 따라서, 본 발명이 목적하는 인장강도와 연신율의 벨런스( $TS^2 * EL^{1/2}$ ), 인장강도와 구멍확장률의 벨런스( $TS^2 * HER^{1/2}$ ) 및 항복비 평가지수(1-YR)를 확보하기 위하여 템퍼드 마르텐사이트와 프레스 마르텐사이트의 조직 분율을 제어하는 것이 바람직하다.  $3.0 * 10^6$  이상의 인장강도와 연신율의 벨런스( $TS^2 * EL^{1/2}$ ),  $6.0 * 10^6$  이상의 인장강도와 구멍확장률의 벨런스( $TS^2 * HER^{1/2}$ ) 및 0.42 이하의 항복비 평가지수(1-YR)를 만족하기 위해, 템퍼드 마르텐사이트의 분율을 50부피% 이상으로 제한하고, 프레스 마르텐사이트의 분율을 10부피% 이상으로 제한하는 것이 바람직하다. 보다 바람직한 템퍼드 마르텐사이트 분율은 52부피% 이상 또는 54부피% 이상일 수 있으며, 보다 바람직한 프레스 마르텐사이트 분율은 12부피% 이상일 수 있다. 반면, 템퍼드 마르텐사이트 또는 프레스 마르텐사이트가 과도하게 형성되는 경우, 연성 및 버링성이 저하되어 결국  $3.0 * 10^6$  이상의 인장강도와 연신율의 벨런스( $TS^2 * EL^{1/2}$ ),  $6.0 * 10^6$  이상의 인장강도와 구멍확장률의 벨런스( $TS^2 * HER^{1/2}$ ) 및 0.42 이하의 항복비 평가지수(1-YR)를 동시에 만족할 수 없게 된다. 따라서, 본 발명은 템퍼드 마르텐사이트의 분율을 70부피% 이하로 제한하고, 프레스 마르텐사이트의 분율을 30부피% 이하로 제한할 수 있다. 보다 바람직한 템퍼드 마르텐사이트의 분율은 68부피% 이하 또는 65부피% 이하일 수 있으며, 보다 바람직한 프레스 마르텐사이트의 분율은 25부피% 이하일 수 있다.
- [0131] 본 발명이 목적하는 수준의 인장강도와 연신율의 벨런스( $TS^2 * EL^{1/2}$ ), 인장강도와 구멍확장률의 벨런스( $TS^2 * HER^{1/2}$ ) 및 항복비 평가지수(1-YR)를 확보하기 위해서는 베이나이트 분율의 최적화가 필요하다.  $3.0 * 10^6$  이상의 인장강도와 연신율의 벨런스( $TS^2 * EL^{1/2}$ ),  $6.0 * 10^6$  이상의 인장강도와 구멍확장률의 벨런스( $TS^2 * HER^{1/2}$ ) 및 0.42 이하의 항복비 평가지수(1-YR)를 확보하기 위해, 베이나이트의 분율을 10부피% 이상으로 제어하는 것이 바람직하다. 보다 바람직한 베이나이트의 분율은 12부피% 이상 또는 14부피% 이상일 수 있다. 반면, 베이나이트가 과도하게 형성되는 경우 결국 템퍼드 마르텐사이트의 분율 감소를 유발하므로, 목적하는 인장강도와 연신율의 벨런스( $TS^2 * EL^{1/2}$ ), 인장강도와 구멍확장률의 벨런스( $TS^2 * HER^{1/2}$ ) 및 항복비 평가지수(1-YR)를 확보하기 위해 베이나이트의 분율을 30부피% 이하로 제한할 수 있다. 바람직한 베이나이트 분율은 12부피% 이상 또는 14부피% 이상이거나, 28부피% 이하 또는 26부피% 이하일 수 있다.
- [0133] 잔류 오스테나이트가 포함된 강관은, 가공 중 오스테나이트에서 마르텐사이트로의 변태시 발생하는 변태유기소성에 의해 우수한 연성 및 가공성을 갖는다. 잔류 오스테나이트의 분율이 일정 수준 미만인 경우에는 인장강도와 연신율의 벨런스( $TS^2 * EL^{1/2}$ )가  $3.0 * 10^6$  ( $MPa^2\%$ ) 미만으로 바람직하지 않다. 한편, 잔류 오스테나이트의 분율이 일정 수준을 초과하게 되면 국부연신율(Local Elongation)이 저하되거나, 점용접성이 저하될 수 있다. 따라서, 본 발명은 인장강도와 연신율의 벨런스( $TS^2 * EL^{1/2}$ )가 우수한 강관을 얻기 위해 잔류 오스테나이트의 분율을 2~10%의 범위로 제한할 수 있다. 바람직한 잔류 오스테나이트 분율은 3부피% 이상이거나, 8부피% 이하일 수 있다.
- [0135] 본 발명의 강관은, 불가피한 조직으로서, 페라이트, 펄라이트, 도상 마르텐사이트(Martensite Austenite Constituent, M-A) 등을 포함할 수 있다. 페라이트가 과도하게 형성되는 경우 강관의 강도가 저하될 수 있으므로, 본 발명은 페라이트의 분율을 5부피%(0% 포함) 이하로 제한할 수 있다. 아울러, 펄라이트가 과도하게 형성되는 경우 강관의 가공성이 저하되거나, 잔류 오스테나이트의 분율이 저감될 수 있으므로, 본 발명은 펄라이트의 형성을 가급적 제한하고자 한다.
- [0137] 본 발명의 일 측면에 따른 가공성이 우수한 고강도 강관은, 아래의 [관계식 1] 및 [관계식 2]를 만족할 수

있다.

- [0138] [관계식 1]
- [0139]  $0.03 \leq [B]_{FM}/[B]_{TM} \leq 0.55$
- [0140] 상기 관계식 1에서,  $[B]_{FM}$ 은 프레스 마르텐사이트에 포함된 보론(B)의 함량(중량%)이고,  $[B]_{TM}$ 은 템퍼드 마르텐 사이트에 포함된 보론(B)의 함량(중량%)이다.
- [0141] [관계식 2]
- [0142]  $V(1.2\mu m, \gamma) / V(\gamma) \geq 0.12$
- [0143] 상기 관계식 2에서,  $V(1.2\mu m, \gamma)$ 는 평균 결정립경이  $1.2\mu m$  이상인 잔류 오스테나이트 분율(부피%)이고,  $V(\gamma)$ 은 강관의 잔류 오스테나이트 분율(부피%)이다.
- [0145] 본 발명은 목적하는 인장강도와 연신율의 밸런스( $TS^2 * EL^{1/2}$ ), 인장강도와 구멍확장물의 밸런스( $TS^2 * HER^{1/2}$ ) 및 항복비 평가지수(1-YR)를 확보하기 위해, 템퍼드 마르텐사이트, 프레스 마르텐사이트 및 잔류 오스테나이트의 조직 분율을 일정 범위로 제어할 뿐만 아니라, 템퍼드 마르텐사이트와 프레스 마르텐사이트에 포함되는 보론(B) 함량 비율을 일정 범위로 제어하고, 전체 잔류 오스테나이트에 대한 특정 크기, 형상 및 종류의 잔류 오스테나이트의 비율을 일정 범위로 제어한다.
- [0147] 본 발명은 [관계식 1]과 같이 템퍼드 마르텐사이트에 포함된 보론(B)의 함량( $[B]_{TM}$ , 중량%)에 대한 프레스 마르텐 사이트에 포함된 보론(B)의 함량( $[B]_{FM}$ , 중량%)의 비를 0.03 내지 0.55의 범위로 제어하므로,  $3.0 * 10^6$  내지  $6.2 * 10^6$  ( $MPa^2 \%^{1/2}$ )의 인장강도와 연신율의 밸런스( $B_{TE}$ ),  $6.0 * 10^6$  내지  $11.5 * 10^6$  ( $MPa^2 \%^{1/2}$ )의 인장강도와 구멍확장물의 밸런스( $B_{TH}$ ) 및 0.15 내지 0.42의 항복비 평가지수( $I_{YR}$ )를 동시에 확보할 수 있다.
- [0149] 본 발명의 발명자는 보론(B) 첨가형 TRIP강의 물성 확보 방안과 관련하여 심도 있는 연구를 수행한 결과, 이론적 근거가 명확히 밝혀진 것은 아니지만, 템퍼드 마르텐사이트에 포함되는 보론(B) 함량에 대한 프레스 마르텐 사이트에 포함된 보론(B) 함량의 비율이 일정 범위를 만족하는 경우에 한하여 본 발명이 목적하는 물성을 확보할 수 있다는 점에 주목하게 되었다. 특히, 템퍼드 마르텐사이트 및 프레스 마르텐사이트에 포함된 보론(B)의 함량 비율에 따라 강관의 항복비가 일정한 경향성을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 따라서, 본 발명은 [관계식 1]과 같이 템퍼드 마르텐사이트에 포함되는 보론(B) 함량에 대한 프레스 마르텐 사이트에 포함된 보론(B) 함량의 비율을 0.03 내지 0.55의 범위로 제한하므로, 목적하는 인장강도와 연신율의 밸런스( $TS^2 * EL^{1/2}$ ), 인장강도와 구멍확장물의 밸런스( $TS^2 * HER^{1/2}$ ) 및 항복비 평가지수(1-YR)를 확보할 수 있다.
- [0151] 또한, 본 발명의 발명자는 잔류 오스테나이트의 분율 뿐만 아니라, 전체 잔류 오스테나이트에 대한 특정 크기의 잔류 오스테나이트의 비율이 강도 및 가공성 확보에 중요한 요소임을 알 수 있었다.
- [0153] 잔류 오스테나이트 중 평균 결정립경이  $1.2\mu m$  이상인 잔류 오스테나이트의 비율이 증가할수록 강관의 가공성 향상에 도움을 줄 수 있다. 평균 결정립경이  $1.2\mu m$  이상인 잔류 오스테나이트는 베이나이트 형성 온도에서 열처리되어 평균 크기가 증가된 잔류 오스테나이트로서, 평균 결정립경이  $1.2\mu m$  이하인 잔류 오스테나이트에 비해 마르텐사이트로의 변태 구동력이 상대적으로 억제된 조직이다. 따라서, 평균 결정립경이  $1.2\mu m$  이상인 잔류 오스테나이트는 마르텐사이트로의 변태가 억제되므로, 평균 결정립경이  $1.2\mu m$  이상인 잔류 오스테나이트의 비율이 일정 수준 이상인 경우 강관의 가공성을 더욱 효과적으로 향상시킬 수 있다.
- [0155] 본 발명은 [관계식 2]와 같이 강관에 포함되는 전체 잔류 오스테나이트의 분율( $V(\gamma)$ , 부피%)에 대한 평균 결정립경이  $1.2\mu m$  이상인 잔류 오스테나이트의 분율( $V(1.2\mu m, \gamma)$ , 부피%)의 비율을 0.12 이상으로 제어하므로, 목적하는 인장강도와 연신율의 밸런스( $TS^2 * EL^{1/2}$ ) 및 인장강도와 구멍확장물의 밸런스( $TS^2 * HER^{1/2}$ )을 효과적으로 확보할 수 있다.
- [0157] 본 발명의 일 측면에 따른 가공성이 우수한 고강도 강관은, 아래의 [관계식 3]으로 표현되는 인장강도와 연신율의 밸런스( $B_{TE}$ )가  $3.0 * 10^6$  내지  $6.2 * 10^6$  ( $MPa^2 \%^{1/2}$ )을 만족하고, 아래의 [관계식 4]로 표현되는 인장강도와 구멍확



장률의 벨런스( $B_{TH}$ )가  $6.0 \times 10^6$  내지  $11.5 \times 10^6$  ( $MPa^2 \%^{1/2}$ )을 만족하며, 아래의 [관계식 5]로 표현되는 항복비 평가 지수( $I_{YR}$ )가 0.15 내지 0.42를 만족할 수 있다.

[0158] [관계식 3]

[0159]  $B_{TE} = [\text{인장강도}(TS, MPa)]^2 * [\text{연신율}(E1, \%)]^{1/2}$

[0160] [관계식 4]

[0161]  $B_{TH} = [\text{인장강도}(TS, MPa)]^2 * [\text{구멍확장률}(HER, \%)]^{1/2}$

[0162] [관계식 5]

[0163]  $I_{YR} = 1 - [\text{항복비}(YR)]$

[0165] 이하, 본 발명의 강관을 제조하는 방법의 일 예에 대해 상세히 설명한다.

[0167] 본 발명의 일 측면에 따른 고강도 강관의 제조방법은, 소정의 합금조성을 가지는 냉간압연된 강관을 5℃/s 이상의 평균 가열속도로 700℃까지 가열(1차 가열)하고, 5℃/s 이하의 평균 가열속도로 Ac3~920℃의 온도범위까지 가열(2차 가열)한 후 50~1200초 동안 유지(1차 유지)하는 단계; 상기 1차 유지된 강관을 2~100℃/s의 평균 냉각속도로 350~550℃의 온도범위까지 냉각(1차 냉각)한 후 5~600초 동안 유지(2차 유지)하는 단계; 상기 2차 유지된 강관을 2~100℃/s의 평균 냉각속도로 200~400℃의 온도범위까지 냉각(2차 냉각)하는 단계; 상기 2차 냉각된 강관을 5~100℃/s의 평균 가열속도로 350~550℃의 온도범위까지 가열(3차 가열)한 후 50초 이상 유지(3차 유지)하는 단계; 상기 3차 유지된 강관을 1℃/s 이상의 평균 냉각속도로 상온까지 냉각(3차 냉각)하는 단계를 포함할 수 있다.

[0169] 상기 냉간압연된 강관은, 소정의 합금조성을 가지는 강 슬라브를 1000~1350℃로 가열하는 단계; 800~1000℃의 온도범위에서 마무리 열간압연하는 단계; 350~650℃의 온도범위에서 상기 열간압연된 강관을 권취하는 단계; 상기 권취된 강관을 산세하는 단계; 및 상기 산세된 강관을 30~90%의 압하율로 냉간압연하는 단계;를 통해 제공될 수 있다.

[0171] 강 슬라브 준비 및 가열

[0172] 소정의 합금조성을 가지는 강 슬라브를 준비한다. 본 발명의 강 슬라브는 전술한 강관의 합금조성과 대응하는 합금조성을 가지므로, 강 슬라브의 합금조성에 대한 설명은 전술한 강관의 합금조성에 대한 설명으로 대신한다.

[0173]

[0174] 준비된 강 슬라브를 일정 온도범위로 가열할 수 있으며, 이 때의 강 슬라브의 가열 온도는 1000~1350℃의 범위일 수 있다. 강 슬라브의 가열 온도가 1000℃ 미만일 경우, 목적하는 마무리 열간압연 온도범위 이하의 온도구간에서 열간압연될 소지가 있으며, 강 슬라브의 가열 온도가 1350℃를 초과하는 경우, 강의 용점에 도달하여 녹아버릴 소지가 있다.

[0176] 열간압연 및 권취

[0177] 가열된 강 슬라브는 열간압연되어 열연강관으로 제공될 수 있다. 열간압연 시 마무리 열간압연 온도는 800~1000℃의 범위가 바람직하다. 마무리 열간압연 온도가 800℃ 미만인 경우, 과도한 압연부하가 문제될 수 있으며, 마무리 열간압연 온도가 1000℃를 초과하는 경우, 열연강관의 결정립이 조대하게 형성되어 최종 강관의 물성저하를 야기할 수 있다.

[0179] 열간압연이 완료된 열연강관은 10℃/s 이상의 평균 냉각속도로 냉각될 수 있으며, 350~650℃의 온도범위에서 권취될 수 있다. 권취온도가 350℃미만인 경우, 권취가 용이하지 않고, 권취온도가 650℃를 초과하는 경우, 표면 스케일(scale)이 열연강관의 내부까지 형성되어 산세를 어렵게 할 소지가 있기 때문이다.

[0181] 산세 및 냉간압연

[0182] 권취된 열연코일을 언코일링 한 후 강관 표면에 생성된 스케일을 제거하기 위해서 산세를 실시하고, 냉간압연을 실시할 수 있다. 본 발명에서 산세 및 냉간압연 조건을 특별히 제한하는 것은 아니나, 냉간압연은 누적 압하율 30~90%로 실시하는 것이 바람직하다. 냉간압연의 누적 압하율이 90%를 초과하는 경우, 강관의 높은 강도로 인하

여 냉간압연을 단시간에 수행하기 어려울 소지가 있다.

- [0184] 냉간압연된 강관은 소둔 열처리 공정을 거쳐 미도금의 냉연강관으로 제작되거나, 내식성을 부여하기 위해서 도금공정을 거쳐 도금강관으로 제작될 수 있다. 도금은 용융아연도금, 전기아연도금, 용융알루미늄도금 등의 도금 방법을 적용할 수 있고, 그 방법과 종류를 특별히 제한하지 않는다.
- [0186] 소둔 열처리
- [0187] 본 발명은 강관의 강도 및 가공성 동시 확보를 위해서, 소둔 열처리 공정을 실시한다.
- [0189] 냉간압연된 강관을 5℃/s 이상의 평균 가열속도로 700℃까지 가열(1차 가열)하고, 5℃/s 이하의 평균 가열속도로 Ac3~920℃의 온도범위까지 가열(2차 가열)한 후 50~1200초 동안 유지(1차 유지)한다.
- [0191] 700℃까지 가열하는 1차 가열의 평균 가열속도가 5℃/s 미만인 경우, 가열하는 동안 생성된 페라이트와 세멘타이트로부터 과량의 오스테나이트가 형성되며, 결국 최종 조직으로서 미세한 템퍼드 마르텐사이트와 잔류 오스테나이트를 형성할 수 없게 된다. 이로 인하여 목적하는 인장강도와 연신율의 밸런스( $TS^2 * EL^{1/2}$ ) 및 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $TS^2 * HER^{1/2}$ )를 구현할 수 없게 된다. 또한, 1차 유지 온도까지의 2차 가열 속도가 5℃/s를 초과하는 경우, 가열하는 동안 생성된 세멘타이트로부터 오스테나이트로의 변태가 가속화되어 과량의 오스테나이트가 다량 형성되며, 최종 조직이 조대화되고, 템퍼드 마르텐사이트로 보론(B)이 충분히 농화되지 못할 수 있다. 이로 인하여  $[B]_{FM}/[B]_{TM}$  이 0.55를 초과하게 되며, 목적하는 수준의 인장강도와 연신율의 밸런스( $TS^2 * EL^{1/2}$ ), 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $TS^2 * HER^{1/2}$ ) 및 항복비 평가지수( $I_{VR}$ )를 구현할 수 없게 된다.
- [0193] 1차 유지 온도가 Ac3 미만(이상역)인 경우, 5부피% 이상의 페라이트가 형성되며, 그에 따라 인장강도와 연신율의 밸런스( $TS^2 * EL^{1/2}$ ) 및 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $TS^2 * HER^{1/2}$ )가 저하될 수 있다. 또한, 1차 유지 시간이 50초 미만인 경우, 조직을 충분히 균일화 시키지 못하여 강관의 물성이 저하될 수 있다. 1차 유지 온도 및 1차 유지 시간의 상한은 특별히 한정하지는 않으나, 결정립 조대화로 인한 인성의 감소를 방지하기 위해, 1차 유지 온도는 920℃ 이하, 1차 유지시간은 1200초 이하로 제한하는 것이 바람직하다.
- [0195] 1차 유지 후, 평균 냉각속도 2℃/s 이상의 1차 냉각속도로 350~550℃의 온도범위까지 냉각(1차 냉각)한 후 해당 온도범위에서 5초 이상 유지(2차 유지)할 수 있다. 1차 냉각의 평균 냉각속도가 2℃/s 미만인 경우, 느린 냉각으로 인하여 잔류 오스테나이트의 분율이 부족해지며, 그에 따라 강관의 인장강도와 연신율의 밸런스( $TS^2 * EL^{1/2}$ ) 및 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $TS^2 * HER^{1/2}$ )가 저하될 수 있다. 1차 냉각의 평균 냉각속도 상한은 특별히 규정할 필요는 없으나, 100℃ 이하로 하는 것이 바람직하다. 2차 유지 온도가 350℃ 미만인 경우, 낮은 열처리 온도로 인하여 강관의  $V(1.2\mu m, \bar{y}) / V(\bar{y})$  및 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $TS^2 * HER^{1/2}$ )가 저하될 수 있다. 반면, 2차 유지 온도가 550℃를 초과하는 경우, 잔류 오스테나이트가 부족하여 강관의 인장강도와 연신율의 밸런스( $TS^2 * EL^{1/2}$ ) 및 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $TS^2 * HER^{1/2}$ )가 저하될 수 있다. 또한, 상기 2차 유지 시간이 5초 미만인 경우, 열처리 시간이 부족하여 강관의  $V(1.2\mu m, \bar{y}) / V(\bar{y})$  및 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $TS^2 * HER^{1/2}$ )가 저하될 수 있다. 2차 유지 시간의 상한은 특별히 규정할 필요가 없으나, 600초 이하로 제한하는 것이 바람직하다.
- [0197] 2차 유지 후, 2℃/s 이상의 평균 냉각속도로 200~400℃의 1차 냉각 정지 온도까지 냉각(2차 냉각)할 수 있다. 2차 냉각의 평균 냉각속도가 2℃/s 미만일 경우, 느린 냉각으로 인하여 잔류 오스테나이트의 분율이 부족해지며, 그에 따라 강관의 인장강도와 연신율의 밸런스( $TS^2 * EL^{1/2}$ ), 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $TS^2 * HER^{1/2}$ )가 저하될 수 있다. 2차 냉각의 평균 냉각속도 상한은 특별히 규정할 필요는 없으나, 100℃/s 이하로 하는 것이 바람직하다. 1차 냉각 정지 온도가 200℃ 미만인 경우, 템퍼드 마르텐사이트가 과하게 형성되고 잔류 오스테나이트가 부족하여 강관의  $V(1.2\mu m, \bar{y}) / V(\bar{y})$ , 인장강도와 연신율의 밸런스( $TS^2 * EL^{1/2}$ ) 및 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $TS^2 * HER^{1/2}$ )가 저하될 수 있다. 반면, 1차 냉각 정지 온도가 400℃를 초과하는 경우, 베이나이트가 과하게 형성되고, 템퍼드 마르텐사이트가 부족하여 강관의 인장강도와 연신율의 밸런스( $TS^2 * EL^{1/2}$ ) 및 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $TS^2 * HER^{1/2}$ )가 저하될 수 있다.

- [0199] 2차 냉각 후, 평균 가열속도 5℃/s 이상의 가열속도로 350~550℃의 온도범위까지 가열(3차 가열)한 후 50초 이상 유지(3차 유지)할 수 있다. 3차 가열의 평균 가열속도 상한은 특별히 규정할 필요는 없으나, 100℃/s 이하로 하는 것이 바람직하다. 3차 유지 온도가 350℃ 미만이거나 3차 유지시간이 50초 미만인 경우, 템퍼드 마르텐사이트가 과도하게 형성되어 잔류 오스테나이트의 분율을 확보하기 어렵다. 그 결과  $V(1.2\mu\text{m}, \gamma) / V(\gamma)$ , 인장강도와 연신율의 벨런스( $TS^2 * EL^{1/2}$ ) 및 인장강도와 구멍확장률의 벨런스( $TS^2 * HER^{1/2}$ )가 저하될 수 있다. 3차 유지 온도가 550℃를 초과하거나, 3차 유지 시간이 155,000초를 초과하는 경우, 잔류 오스테나이트의 분율이 부족하여 강관의  $V(1.2\mu\text{m}, \gamma) / V(\gamma)$ , 인장강도와 연신율의 벨런스( $TS^2 * EL^{1/2}$ ) 및 인장강도와 구멍확장률의 벨런스( $TS^2 * HER^{1/2}$ )가 저하될 수 있다.
- [0201] 3차 유지 후, 1℃/s 이상의 평균 냉각속도로 상온까지 냉각(3차 냉각)할 수 있다.
- [0203] 전술한 제조방법에 의해 제조된 가공성이 우수한 고강도 강관은, 미세조직으로, 베이나이트, 템퍼드 마르텐사이트, 프레스 마르텐사이트, 잔류 오스테나이트 및 기타 불가피한 조직을 포함할 수 있으며, 바람직한 일 예로서, 부피분율로, 10~30%의 베이나이트, 50~70%의 템퍼드 마르텐사이트, 10~30%의 프레스 마르텐사이트, 2~10%의 잔류 오스테나이트, 5% 이하(0% 포함)의 페라이트를 포함할 수 있다.
- [0205] 전술한 제조방법에 의해 제조된 강관은, 아래의 [관계식 3]으로 표현되는 인장강도와 연신율의 벨런스( $B_{TE}$ )가  $3.0 * 10^6$  내지  $6.2 * 10^6$  ( $\text{MPa}^2 \%^{1/2}$ )을 만족하고, 아래의 [관계식 4]로 표현되는 인장강도와 구멍확장률의 벨런스( $B_{TH}$ )가  $6.0 * 10^6$  내지  $11.5 * 10^6$  ( $\text{MPa}^2 \%^{1/2}$ )을 만족하며, 아래의 [관계식 5]로 표현되는 항복비 평가지수( $I_{YR}$ )가 0.15 내지 0.42를 만족할 수 있다.
- [0206] [관계식 3]
- [0207]  $B_{TE} = [\text{인장강도}(TS, \text{MPa})]^2 * [\text{연신율}(E1, \%)]^{1/2}$
- [0208] [관계식 4]
- [0209]  $B_{TH} = [\text{인장강도}(TS, \text{MPa})]^2 * [\text{구멍확장률}(HER, \%)]^{1/2}$
- [0210] [관계식 5]
- [0211]  $I_{YR} = 1 - [\text{항복비}(YR)]$
- [0213] 이하, 구체적인 실시예를 통해 본 발명의 일 측면에 따른 가공성이 우수한 고강도 강관 및 그 제조방법에 대해 보다 상세히 설명한다. 하기 실시예는 본 발명의 이해를 위한 것일 뿐, 본 발명의 권리범위를 특정하기 위한 것이 아님을 유의할 필요가 있다. 본 발명의 권리범위는 특허청구범위에 기재된 사항과 이로부터 합리적으로 유추되는 사항에 의해 결정된다.
- [0215] (실시예)
- [0216] 하기 표 1에 기재된 합금 조성(나머지는 Fe와 불가피한 불순물임)을 갖는 두께 100mm의 강 슬라브를 제조하여, 1200℃에서 가열한 다음, 900℃에서 마무리 열간 압연을 실시하였다. 이후 30℃/s의 평균 냉각속도로 냉각하고, 표 2 및 표 3의 권취온도에서 권취하여, 두께 3mm의 열연강관을 제조하였다. 이후, 산세하여 표면 스케일을 제거한 후, 1.5mm두께까지 냉간압연을 실시하였다.
- [0217] 이후, 상기 표 2 내지 표 5에 개시된 소둔 열처리 조건으로 열처리를 행하여, 강관을 제조하였다.
- [0219] 이렇게 제조된 강관의 미세조직을 관찰하여 그 결과를 표 6 및 표 7에 나타내었다. 미세조직 중 페라이트(F), 베이나이트(B), 템퍼드 마르텐사이트(TM), 프레스 마르텐사이트(FM) 및 펠라이트(P)는 연마된 시편 단면을 나이탈 에칭한 후 SEM을 통하여 관찰하였다. 나이탈 에칭 후에, 시편 표면에 요철이 없는 조직을 페라이트로 구분하였으며, 시멘타이트와 페라이트의 라멜라 구조를 갖는 조직을 펠라이트로 구분하였다. 베이나이트(B)와 템퍼드 마르텐사이트(TM)는 모두 라스 및 블록형태로 관찰되어 구분이 어려우므로, 베이나이트와 템퍼드 마르텐사이트는 딜라테이션 평가 후에 팽창 곡선을 이용하여 분율을 계산하였다. 즉, SEM 관찰로 측정된 베이나이트 및 템퍼드 마르텐사이트의 분율에서 팽창곡선을 통해 계산된 템퍼드 마르텐사이트 분율을 뺀 값을 베이나이트의 분율로 결정하였다. 한편, 프레스 마르텐사이트(FM)와 잔류 오스테나이트(잔류  $\gamma$ ) 역시 구별이 쉽지 않기 때문에, 상

기 SEM로 관찰된 마르텐사이트와 잔류 오스테나이트 분율에서 X선 회절법으로 계산된 잔류 오스테나이트의 분율을 뺀 값을 프레시 마르텐사이트 분율로 결정하였다.

[0221] 한편, 강관의  $[B]_{FM}/[B]_{TM}$ ,  $V(1.2\mu m, \gamma) / V(\gamma)$ , 인장강도와 연신율의 밸런스( $TS^2 * EL^{1/2}$ ), 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $TS^2 * HER^{1/2}$ ) 및 항복비 평가지수( $I_{VR}$ )를 측정 및 평가하여, 그 결과를 표 8 및 표 9에 나타내었다.

[0223] 프레시 마르텐사이트 중의 보론(B) 함유량( $[B]_{FM}$ ) 및 템퍼드 마르텐사이트 중의 보론(B) 함유량( $[B]_{TM}$ )은 EPMA(Electron Probe MicroAnalyser)를 이용하여 프레시 마르텐사이트 및 템퍼드 마르텐사이트 내에서 측정된 보론(B) 농도로 결정하였다. 평균 결정립경이 1.2 $\mu m$  이상인 잔류 오스테나이트( $V(1.2\mu m, \gamma)$ )는 EBSD(Electron Backscatter Diffraction)의 상지도(Phase Map)를 이용하여 측정하였다.

[0225] 인장강도(TS) 및 연신율(E1)은 인장시험을 통해 평가되었으며, 압연관계의 압연방향에 대해 90° 방향을 기준으로 JIS5호 규격에 의거하여 채취된 시험편으로 평가하여 인장강도(TS) 및 연신율(E1)을 측정하였다. 구멍확장률(HER)은 구멍확장시험을 통해 평가되었으며, 10mm $\Psi$ 의 펀칭구멍(다이 내경 10.3mm, 클리어런스 12.5%)을 형성한 후 꼭지각 60°의 원추형 펀치를 펀칭구멍의 버(burr)가 외측이 되는 방향으로 펀칭구멍에 삽입하고, 20mm/min의 이동 속도로 펀칭구멍 주변부를 압박 확장한 후 아래의 [관계식 6]을 이용하여 산출하였다.

[0227] [관계식 6]

[0228] 구멍확장률(HER, %) =  $\{(D - D_0) / D_0\} \times 100$

[0229] 상기 관계식 6에서, D는 균열이 두께방향을 따라 강관을 관통하였을 때의 구멍 직경(mm)을 의미하며, D<sub>0</sub>는 초기 구멍 직경(mm)을 의미한다.

**표 1**

[0231]

강종	화학성분 (중량%)										
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Cr	Mo	B	기타
A	0.15	0.48	2.26	0.012	0.0008	0.41	0.0030			0.0024	
B	0.17	0.45	2.38	0.008	0.0010	0.50	0.0029	0.25	0.31	0.0021	
C	0.14	0.60	2.19	0.009	0.0011	0.44	0.0032		0.52	0.0025	
D	0.13	0.52	1.28	0.011	0.0009	0.82	0.0028	0.82		0.0028	
E	0.16	1.44	2.26	0.010	0.0008	0.11	0.0031			0.0043	
F	0.22	0.12	1.94	0.009	0.0010	1.45	0.0027			0.0046	
G	0.14	0.38	2.46	0.010	0.0012	0.72	0.0028			0.0020	Ti: 0.05
H	0.11	0.36	2.39	0.011	0.0011	0.38	0.0031			0.0035	Nb: 0.04
I	0.19	0.49	2.55	0.008	0.0007	0.35	0.0027			0.0032	V: 0.04
J	0.23	0.27	1.76	0.009	0.0012	0.47	0.0029			0.0016	Ni: 0.35
K	0.16	0.58	2.58	0.009	0.0008	0.52	0.0029			0.0013	Cu: 0.36
L	0.18	0.75	2.74	0.011	0.0011	0.63	0.0031			0.0008	
M	0.14	0.44	3.87	0.010	0.0009	0.54	0.0030			0.0007	Ca: 0.002
N	0.17	0.91	2.36	0.011	0.0010	0.50	0.0032			0.0022	REM: 0.001
O	0.14	0.64	2.62	0.008	0.0013	0.47	0.0029			0.0025	Mg: 0.002
P	0.15	0.52	2.46	0.011	0.0009	0.51	0.0027			0.0028	W: 0.14
Q	0.12	0.66	2.70	0.009	0.0011	0.49	0.0028			0.0023	Zr: 0.12
R	0.18	0.04	2.35	0.010	0.0007	1.46	0.0030			0.0029	Sb: 0.02
S	0.20	1.42	2.52	0.009	0.0010	0.05	0.0032			0.0021	Sn: 0.03
T	0.23	0.95	2.48	0.009	0.0009	0.47	0.0029			0.0034	Y: 0.02
U	0.16	0.71	2.66	0.011	0.0012	0.58	0.0031			0.0032	Hf: 0.01
V	0.15	0.62	2.61	0.008	0.0009	0.46	0.0028			0.0031	Co: 0.35
XA	0.07	0.53	2.39	0.009	0.0010	0.54	0.0031			0.0023	
XB	0.27	0.58	2.13	0.011	0.0009	0.42	0.0028			0.0024	
XC	0.16	0.002	2.26	0.010	0.0007	0.001	0.0029			0.0028	
XD	0.15	1.54	2.05	0.009	0.0008	0.58	0.0032			0.0027	
XE	0.19	0.52	2.18	0.011	0.0011	1.55	0.0031			0.0034	
XF	0.20	0.49	0.88	0.010	0.0010	0.41	0.0027			0.0035	
XG	0.14	0.65	4.24	0.009	0.0012	0.63	0.0029			0.0031	



XH	0.17	0.58	2.37	0.011	0.0009	0.57	0.0033	3.22		0.0022	
XI	0.15	0.46	2.42	0.010	0.0008	0.52	0.0028		3.17	0.0024	
XJ	0.14	0.53	2.47	0.012	0.0011	0.46	0.0031			0.0003	
XK	0.16	0.51	2.52	0.009	0.0010	0.43	0.0032			0.0052	

표 2

[0233]

시편 번호	강종	열연 강판 권취 온도 (°C)	1차 평균 가열 속도 (°C/s)	1차 가열 정지 온도 (°C)	2차 평균 가열 속도 (°C/s)	1차 유지 온도 구간	1차 유지 시간 (s)	1차 평균 냉각 속도 (°C/s)	2차 유지 온도 (°C)
1	A	550	15	700	0.5	단상역	180	20	450
2	A	550	1	700	0.5	단상역	180	20	450
3	A	550	15	700	10	단상역	180	20	400
4	A	550	15	700	0.5	이상역	180	20	400
5	A	550	15	700	0.5	단상역	180	0.5	400
6	A	550	15	700	0.5	단상역	180	20	320
8	A	550	15	700	0.5	단상역	180	20	400
9	A	500	15	700	0.5	단상역	180	20	450
10	A	500	15	700	0.5	단상역	180	20	450
11	A	500	15	700	0.5	단상역	180	20	500
12	A	500	15	700	0.5	단상역	180	20	400
13	A	500	15	700	0.5	단상역	180	20	400
14	A	550	15	700	0.5	단상역	180	20	450
15	A	550	15	700	0.5	단상역	180	20	500
16	B	550	15	700	0.5	단상역	180	20	400
17	C	500	15	700	0.5	단상역	180	20	450
18	D	500	15	700	0.5	단상역	180	20	500
19	E	400	15	700	0.5	단상역	180	20	500
20	F	600	15	700	0.5	단상역	180	20	450
21	G	450	15	700	0.5	단상역	180	20	450
22	H	500	15	700	0.5	단상역	180	20	400
23	I	500	15	700	0.5	단상역	180	20	400
24	J	500	15	700	0.5	단상역	180	20	450
25	K	550	15	700	0.5	단상역	180	20	450

[0234]

삭제

표 3

[0235]

시편 번호	강종	열연 강판 권취 온도 (°C)	1차 평균 가열 속도 (°C/s)	1차 가열 정지 온도 (°C)	2차 평균 가열 속도 (°C/s)	1차 유지 온도 구간	1차 유지 시간 (s)	1차 평균 냉각 속도 (°C/s)	2차 유지 온도 (°C)
26	L	550	15	700	0.5	단상역	180	20	500
27	M	550	15	700	0.5	단상역	180	20	500
28	N	550	15	700	0.5	단상역	180	20	450
29	O	500	15	700	0.5	단상역	180	20	450
30	P	500	15	700	0.5	단상역	180	20	400
31	Q	550	15	700	0.5	단상역	180	20	500
32	R	550	15	700	0.5	단상역	180	20	450
33	S	500	15	700	0.5	단상역	180	20	450
34	T	550	15	700	0.5	단상역	180	20	400

35	U	450	15	700	0.5	단상역	180	20	400
36	V	600	15	700	0.5	단상역	180	20	500
37	XA	550	15	700	0.5	단상역	180	20	450
38	XB	550	15	700	0.5	단상역	180	20	400
39	XC	550	15	700	0.5	단상역	180	20	450
40	XD	500	15	700	0.5	단상역	180	20	500
41	XE	500	15	700	0.5	단상역	180	20	450
42	XF	500	15	700	0.5	단상역	180	20	400
43	XG	550	15	700	0.5	단상역	180	20	450
44	XH	550	15	700	0.5	단상역	180	20	400
45	XI	500	15	700	0.5	단상역	180	20	450
46	XJ	500	15	700	0.5	단상역	180	20	450
47	XK	500	15	700	0.5	단상역	180	20	450

표 4

[0237]

시편 번호	강종	2차 유지 시간 (s)	2차 평균 냉각 속도 (℃/s)	1차 냉각 정지 온도 (℃)	3차 평균 가열 속도 (℃/s)	3차 유지 온도 (℃)	3차 유지 시간 (s)	3차 평균 냉각 속도 (℃/s)
1	A	50	20	350	15	400	400	10
2	A	50	20	300	15	450	400	10
3	A	50	20	350	15	450	400	10
4	A	50	20	350	15	400	400	10
5	A	50	20	300	15	400	400	10
6	A	50	20	300	15	400	400	10
8	A	2	20	300	15	450	400	10
9	A	50	0.5	300	15	450	400	10
10	A	50	20	170	15	400	400	10
11	A	50	20	430	15	400	400	10
12	A	50	20	300	15	320	400	10
13	A	50	20	350	15	580	400	10
14	A	50	20	350	15	450	30	10
15	A	50	20	300	15	400	160,000	10
16	B	50	20	300	15	400	400	10
17	C	50	20	300	15	450	400	10
18	D	50	20	350	15	450	400	10
19	E	50	20	250	15	500	400	10
20	F	50	20	300	15	450	400	10
21	G	50	20	350	15	450	400	10
22	H	50	20	300	15	400	400	10
23	I	50	20	300	15	400	400	10
24	J	50	20	230	15	500	400	10
25	K	50	20	370	15	450	400	10

[0238]

삭제

표 5

[0239]

시편 번호	강종	2차 유지 시간 (s)	2차 평균 냉각 속도 (°C/s)	1차 냉각 정지 온도 (°C)	3차 평균 가열 속도 (°C/s)	3차 유지 온도 (°C)	3차 유지 시간 (s)	3차 평균 냉각 속도 (°C/s)
26	L	50	20	300	15	450	400	10
27	M	50	20	350	15	450	400	10
28	N	50	20	350	15	500	400	10
29	O	50	20	300	15	500	400	10
30	P	50	20	300	15	450	400	10
31	Q	50	20	250	15	400	400	10
32	R	50	20	350	15	400	400	10
33	S	50	20	230	15	450	400	10
34	T	50	20	370	15	450	400	10
35	U	50	20	300	15	400	400	10
36	V	50	20	250	15	400	400	10
37	XA	50	20	350	15	450	400	10
38	XB	50	20	300	15	450	400	10
39	XC	50	20	300	15	400	400	10
40	XD	50	20	350	15	400	400	10
41	XE	50	20	350	15	450	400	10
42	XF	50	20	300	15	450	400	10
43	XG	50	20	300	15	500	400	10
44	XH	50	20	350	15	400	400	10
45	XI	50	20	350	15	400	400	10
46	XJ	50	20	350	15	400	400	10
47	XK	50	20	350	15	400	400	10

표 6

[0241]

시편 번호	강종	F (vol.%)	B (vol.%)	TM (vol.%)	FM (vol.%)	P(vol.%)	γ (vol.%)
1	A	0	20	58	15	0	7
2	A	0	28	46	25	0	1
3	A	0	19	55	18	3	5
4	A	16	14	53	13	0	4
5	A	0	25	59	15	0	1
6	A	0	22	56	19	0	3
8	A	0	18	62	17	0	3
9	A	0	22	61	16	0	1
10	A	0	15	72	12	0	1
11	A	0	33	45	15	0	7
12	A	0	13	74	12	0	1
13	A	0	18	65	16	0	1
14	A	0	13	72	14	0	1
15	A	0	20	62	17	0	1
16	B	0	17	61	16	0	6
17	C	0	20	59	17	0	4
18	D	0	22	55	15	0	8
19	E	0	18	61	14	0	7
20	F	0	21	58	16	0	5
21	G	0	18	61	15	0	6
22	H	0	16	59	17	0	8
23	I	0	20	60	14	0	6
24	J	0	18	62	16	0	4

25	K	0	19	57	15	0	9
----	---	---	----	----	----	---	---

표 7

[0243]

번호	강종	F (vol.%)	B (vol.%)	TM (vol.%)	FM (vol.%)	P (vol.%)	γ (vol.%)
26	L	0	21	55	17	0	7
27	M	0	22	54	18	0	6
28	N	0	19	62	15	0	4
29	O	0	20	57	16	0	7
30	P	0	21	56	18	0	5
31	Q	0	20	59	17	0	4
32	R	0	17	63	14	0	6
33	S	0	19	55	23	0	3
34	T	0	21	56	18	0	5
35	U	0	23	55	16	0	6
36	V	0	18	59	15	0	8
37	XA	0	22	57	16	0	5
38	XB	0	16	39	33	0	12
39	XC	0	21	61	17	0	1
40	XD	0	12	52	33	0	3
41	XE	0	11	53	32	0	4
42	XF	0	15	60	13	11	1
43	XG	0	13	52	32	0	3
44	XH	0	12	54	31	0	3
45	XI	0	11	53	32	0	4
46	XJ	0	20	61	16	0	3
47	XK	0	21	62	13	0	4

표 8

[0245]

번호	강종	$[B]_{FM}/[B]_{TM}$	$V(1.2\mu m, \gamma) / V(\gamma)$	$B_{TE}$ ( $10^6 \text{ MPa}^2 \%^{1/2}$ )	$B_{TH}$ ( $10^6 \text{ MPa}^2 \%^1$ )	1-YR
1	A	0.32	0.23	4.1	9.4	0.35
2	A	0.11	0.24	2.2	4.1	0.26
3	A	0.59	0.21	1.6	5.5	0.49
4	A	0.22	0.26	2.1	4.3	0.33
5	A	0.09	0.18	2.3	4.8	0.28
6	A	0.24	0.06	3.9	3.7	0.31
8	A	0.19	0.10	4.2	4.0	0.27
9	A	0.28	0.27	2.6	3.5	0.31
10	A	0.30	0.08	2.0	4.7	0.25
11	A	0.35	0.22	2.3	5.4	0.20
12	A	0.26	0.05	2.2	4.9	0.23
13	A	0.22	0.04	1.8	5.3	0.36
14	A	0.25	0.09	1.5	4.5	0.28
15	A	0.28	0.07	2.3	4.9	0.33
16	B	0.23	0.24	3.5	9.7	0.27
17	C	0.49	0.28	5.4	11.2	0.21
18	D	0.06	0.25	4.4	10.1	0.18
19	E	0.52	0.23	6.1	6.9	0.39
20	F	0.31	0.13	5.0	11.0	0.28
21	G	0.35	0.17	5.2	8.5	0.32
22	H	0.07	0.19	3.9	7.8	0.34
23	I	0.53	0.15	4.5	9.2	0.22
24	J	0.24	0.24	5.3	7.3	0.29

25	K	0.30	0.22	5.7	8.4	0.35
----	---	------	------	-----	-----	------

표 9

[0247]

번호	강종	[B] <sub>FM</sub> /[B] <sub>TM</sub>	V(1.2μm, γ) /V(γ)	B <sub>TE</sub> (10 <sup>6</sup> MPa <sup>2</sup> % <sup>1/2</sup> )	B <sub>TH</sub> (10 <sup>6</sup> MPa <sup>2</sup> % <sup>1/2</sup> )	1-YR
26	L	0.27	0.16	5.6	10.2	0.31
27	M	0.32	0.15	3.8	9.5	0.28
28	N	0.25	0.18	4.5	8.8	0.22
29	O	0.07	0.23	5.0	9.1	0.27
30	P	0.30	0.21	4.6	8.3	0.36
31	Q	0.48	0.20	4.9	7.9	0.52
32	R	0.52	0.26	5.4	6.5	0.07
33	S	0.47	0.24	4.7	7.4	0.30
34	T	0.42	0.23	3.3	11.3	0.27
35	U	0.36	0.14	3.8	10.7	0.24
36	V	0.28	0.16	6.0	9.6	0.32
37	XA	0.29	0.17	2.5	4.1	0.28
38	XB	0.24	0.19	2.3	5.0	0.21
39	XC	0.15	0.21	1.8	5.2	0.36
40	XD	0.17	0.20	2.2	4.7	0.25
41	XE	0.23	0.24	1.5	5.8	0.33
42	XF	0.12	0.26	2.4	5.3	0.29
43	XG	0.25	0.25	2.0	4.9	0.24
44	XH	0.22	0.23	1.6	4.3	0.32
45	XI	0.19	0.17	2.2	5.5	0.28
46	XJ	0.57	0.15	3.8	6.2	0.45
47	XK	0.01	0.18	3.3	6.4	0.12

[0249]

상기 표 1 내지 9에 나타난 바와 같이, 본 발명에서 제시하는 조건을 충족하는 시편들의 경우, [관계식 1] 및 [관계식 2]를 모두 만족하며, 인장강도와 연신율의 밸런스(B<sub>TE</sub>)가 3.0\*10<sup>6</sup> 내지 6.2\*10<sup>6</sup> (MPa<sup>2</sup>%<sup>1/2</sup>)을 만족하고, 인장강도와 구멍확장률의 밸런스(B<sub>TH</sub>)가 6.0\*10<sup>6</sup> 내지 11.5\*10<sup>6</sup> (MPa<sup>2</sup>%<sup>1/2</sup>)을 만족하며, 항복비 평가지수(I<sub>YR</sub>)가 0.15 내지 0.42를 만족하는 것을 알 수 있다.

[0251]

시편 2는 1차 평균 가열속도가 5℃/s 미만에서 실시되어, 템퍼드 마르텐사이트와 잔류 오스테나이트가 부족하였다. 그 결과 시편 2는 인장강도와 연신율의 밸런스(B<sub>TE</sub>)가 3.0\*10<sup>6</sup> 미만, 인장강도와 구멍확장률의 밸런스(B<sub>TH</sub>)가 6.0\*10<sup>6</sup> 미만이었다.

[0252]

시편 3은 2차 평균 가열속도가 5℃/s 초과에서 실시되어, 괴상의 오스테나이트가 형성되었고 템퍼드 마르텐사이트 중으로 보론(B)이 농화되지 못하였다. 그 결과 시편 3은 [B]<sub>FM</sub>/[B]<sub>TM</sub>가 0.55 초과, 항복비 평가지수(I<sub>YR</sub>)가 0.42 초과, 인장강도와 연신율의 밸런스(B<sub>TE</sub>)가 3.0\*10<sup>6</sup> 미만, 인장강도와 구멍확장률의 밸런스(B<sub>TH</sub>)가 6.0\*10<sup>6</sup> 미만이었다.

[0253]

시편 4는 1차 유지온도가 Ac3 미만의 이상역에서 실시되어, 페라이트 분율이 초과하였다. 그 결과 시편 4는 인장강도와 연신율의 밸런스(B<sub>TE</sub>)가 3.0\*10<sup>6</sup> 미만, 인장강도와 구멍확장률의 밸런스(B<sub>TH</sub>)가 6.0\*10<sup>6</sup> 미만이었다.

[0254]

시편 5는 1차 평균 냉각속도가 1℃/s 미만에서 실시되어, 잔류 오스테나이트 분율이 부족하였다. 그 결과 시편 5는 인장강도와 연신율의 밸런스(B<sub>TE</sub>)가 3.0\*10<sup>6</sup> 미만, 인장강도와 구멍확장률의 밸런스(B<sub>TH</sub>)가 6.0\*10<sup>6</sup> 미만이었다.

[0255]

시편 6은 2차 유지온도가 350℃ 미만에서 실시되어, 열처리 온도가 부족하였다. 그 결과 시편 6은 V(1.2μm, γ)

/  $V(\gamma)$ 가 0.12 미만, 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $B_{TH}$ )가  $6.0 \times 10^6$  미만이었다.

- [0257] 시편 8은 2차 유지시간이 5초 미만에서 실시되어, 열처리 시간이 부족하였다. 그 결과 시편 8은  $V(1.2\mu m, \gamma) / V(\gamma)$ 가 0.12 미만, 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $B_{TH}$ )가  $6.0 \times 10^6$  미만이었다.
- [0258] 시편 9는 2차 평균 냉각속도가  $2^\circ C/s$  미만에서 실시되어, 잔류 오스테나이트 분율이 부족하였다. 그 결과 시편 9는 인장강도와 연신율의 밸런스( $B_{TE}$ )가  $3.0 \times 10^6$  미만, 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $B_{TH}$ )가  $6.0 \times 10^6$  미만이었다.
- [0259] 시편 10은 1차 냉각 정지온도가  $200^\circ C$  미만에서 실시되어, 템퍼드 마르텐사이트 분율이 초과되고 잔류 오스테나이트 분율이 부족하였다. 그 결과 시편 10은  $V(1.2\mu m, \gamma) / V(\gamma)$ 가 0.12 미만, 인장강도와 연신율의 밸런스( $B_{TE}$ )가  $3.0 \times 10^6$  미만, 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $B_{TH}$ )가  $6.0 \times 10^6$  미만이었다.
- [0260] 시편 11은 1차 냉각 정지온도가  $400^\circ C$  초과에서 실시되어, 베이나이트 분율이 초과되고 템퍼드 마르텐사이트 분율이 부족하였다. 그 결과 시편 11은 인장강도와 연신율의 밸런스( $B_{TE}$ )가  $3.0 \times 10^6$  미만, 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $B_{TH}$ )가  $6.0 \times 10^6$  미만이었다.
- [0261] 시편 12는 3차 유지온도가  $350^\circ C$  미만에서 실시되어, 템퍼드 마르텐사이트 분율이 초과되고, 잔류 오스테나이트 분율이 부족하였다. 그 결과 시편 12는  $V(1.2\mu m, \gamma) / V(\gamma)$ 가 0.12 미만, 인장강도와 연신율의 밸런스( $B_{TE}$ )가  $3.0 \times 10^6$  미만, 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $B_{TH}$ )가  $6.0 \times 10^6$  미만이었다.
- [0262] 시편 13은 3차 유지온도가  $550^\circ C$  초과에서 실시되어, 잔류 오스테나이트 분율이 부족하였다. 그 결과 시편 16은  $V(1.2\mu m, \gamma) / V(\gamma)$ 가 0.12 미만, 인장강도와 연신율의 밸런스( $B_{TE}$ )가  $3.0 \times 10^6$  미만, 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $B_{TH}$ )가  $6.0 \times 10^6$  미만이었다.
- [0263] 시편 14는 3차 유지시간이 50s 미만에서 실시되어, 템퍼드 마르텐사이트 분율이 초과되고, 잔류 오스테나이트 분율이 부족하였다. 그 결과 시편 14는  $V(1.2\mu m, \gamma) / V(\gamma)$ 가 0.12 미만, 인장강도와 연신율의 밸런스( $B_{TE}$ )가  $3.0 \times 10^6$  미만, 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $B_{TH}$ )가  $6.0 \times 10^6$  미만이었다.
- [0264] 시편 15는 3차 유지시간이 155000s 초과에서 실시되어, 잔류 오스테나이트 분율이 부족하였다. 그 결과 시편 15는  $V(1.2\mu m, \gamma) / V(\gamma)$ 가 0.12 미만, 인장강도와 연신율의 밸런스( $B_{TE}$ )가  $3.0 \times 10^6$  미만, 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $B_{TH}$ )가  $6.0 \times 10^6$  미만이었다.
- [0265] 시편 37은 탄소(C) 함유량이 낮아 인장강도와 연신율의 밸런스( $B_{TE}$ )가  $3.0 \times 10^6$  미만, 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $B_{TH}$ )가  $6.0 \times 10^6$  미만이었다.
- [0266] 시편 38은 탄소(C) 함유량이 높아 템퍼드 마르텐사이트 분율이 부족하였고, 프레스 마르텐사이트 분율이 초과하였으며, 잔류 오스테나이트 분율이 초과하였다. 그 결과 시편 38은 인장강도와 연신율의 밸런스( $B_{TE}$ )가  $3.0 \times 10^6$  미만, 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $B_{TH}$ )가  $6.0 \times 10^6$  미만이었다.
- [0267] 시편 39는 실리콘(Si) 함유량이 낮아 잔류 오스테나이트 분율이 부족하였다. 그 결과 시편 39는 인장강도와 연신율의 밸런스( $B_{TE}$ )가  $3.0 \times 10^6$  미만, 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $B_{TH}$ )가  $6.0 \times 10^6$  미만이었다.
- [0268] 시편 40은 실리콘(Si) 함유량이 높아 프레스 마르텐사이트 분율이 초과하였다. 그 결과 시편 40은 인장강도와 연신율의 밸런스( $B_{TE}$ )가  $3.0 \times 10^6$  미만, 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $B_{TH}$ )가  $6.0 \times 10^6$  미만이었다.

- [0269] 시편 41은 알루미늄(Al) 함유량이 높아 프레스 마르텐사이트 분율이 초과하였다. 그 결과 시편 41은 인장강도와 연신율의 밸런스( $B_{TE}$ )가  $3.0 \times 10^6$  미만, 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $B_{TH}$ )가  $6.0 \times 10^6$  미만이었다.
- [0270] 시편 42는 망간(Mn) 함유량이 낮아 펄라이트 생성으로 잔류 오스테나이트 분율이 부족하였다. 그 결과 시편 42는 인장강도와 연신율의 밸런스( $B_{TE}$ )가  $3.0 \times 10^6$  미만, 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $B_{TH}$ )가  $6.0 \times 10^6$  미만이었다.
- [0271] 시편 43은 망간(Mn) 함유량이 높아 프레스 마르텐사이트 분율이 초과하였다. 그 결과 시편 43은 인장강도와 연신율의 밸런스( $B_{TE}$ )가  $3.0 \times 10^6$  미만, 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $B_{TH}$ )가  $6.0 \times 10^6$  미만이었다.
- [0272] 시편 44는 크롬(Cr) 함유량이 높아 프레스 마르텐사이트 분율이 초과하였다. 그 결과 시편 44는 인장강도와 연신율의 밸런스( $B_{TE}$ )가  $3.0 \times 10^6$  미만, 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $B_{TH}$ )가  $6.0 \times 10^6$  미만이었다.
- [0273] 시편 45는 몰리브덴(Mo) 함유량이 높아 프레스 마르텐사이트 분율이 초과하였다. 그 결과 시편 45는 인장강도와 연신율의 밸런스( $B_{TE}$ )가  $3.0 \times 10^6$  미만, 인장강도와 구멍확장률의 밸런스( $B_{TH}$ )가  $6.0 \times 10^6$  미만이었다.
- [0274] 시편 46은 보론(B) 함유량이 낮아 템퍼드 마르텐사이트 중으로 보론(B)이 농화되지 못하였다. 그 결과 시편 51은  $[B]_{FM}/[B]_{TM}$ 이 0.55를 초과하고, 항복비 평가지수( $I_{YR}$ )가 0.42를 초과하였다.
- [0275] 시편 47은 보론(B) 함유량이 높아 템퍼드 마르텐사이트 중으로 보론(B)이 과하게 농화되었다. 그 결과 시편 52는  $[B]_{FM}/[B]_{TM}$ 이 0.03 미만이었고, 항복비 평가지수( $I_{YR}$ )가 0.15 미만이었다.
- [0277] 이상에서 실시예를 통하여 본 발명을 상세하게 설명하였으나, 이와 다른 형태의 실시예들도 가능하다. 그러므로, 이하에 기재된 청구항들의 기술적 사상과 범위는 실시예들에 한정되지 않는다.