



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0073469
(43) 공개일자 2019년06월26일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 - C22C 38/04 (2006.01) C21D 9/46 (2006.01)
 - C22C 38/02 (2006.01) C22C 38/14 (2006.01)
 - C22C 38/58 (2006.01) C22C 38/60 (2006.01)
 - C23C 2/06 (2006.01) C23C 2/12 (2006.01)
 - C23C 2/40 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
 - C22C 38/04 (2013.01)
 - C21D 9/46 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2019-7014685
- (22) 출원일자(국제) 2017년11월15일
 - 심사청구일자 2019년05월22일
- (85) 번역문제출일자 2019년05월22일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2017/041148
- (87) 국제공개번호 WO 2018/092817
 - 국제공개일자 2018년05월24일
- (30) 우선권주장
 - JP-P-2016-223344 2016년11월16일 일본(JP)

- (71) 출원인
 - 제이에프이 스틸 가부시카가이사
 - 일본 도쿄도 지요다꾸 우치사이와이쵸 2쵸메 2방 3고
- (72) 발명자
 - 가와사키 요시아스
 - 일본 도쿄도 지요다꾸 우치사이와이쵸 2쵸메 2방 3고 제이에프이 스틸 가부시카가이사 지테크자이 산부 나이
 - 야마시타 다카코
 - 일본 도쿄도 지요다꾸 우치사이와이쵸 2쵸메 2방 3고 제이에프이 스틸 가부시카가이사 지테크자이 산부 나이
 - (뒷면에 계속)
- (74) 대리인
 - 특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **고강도 강판 및 그 제조 방법**

(57) 요약

소정의 성분 조성으로 한 다음, 강 조직을, 면적률로, 페라이트 : 35 % 이상 80 % 이하, 마텐자이트 : 5 % 이상 25 % 이하로 하고, 체적률로, 잔류 오스테나이트 : 8 % 이상으로 하고, 또 페라이트, 마텐자이트 및 잔류 오스테나이트의 평균 결정 입경을 각각 6.0 μm 이하, 3.0 μm 이하, 3.0 μm 이하로 함과 함께, 페라이트, 마텐자이트 및 잔류 오스테나이트의 결정립의 평균 애스펙트비를 각각 2.0 초과 15.0 이하로 하고, 추가로 잔류 오스테나이트 중의 Mn 량 (질량%) 을 페라이트 중의 Mn 량 (질량%) 으로 나눈 값을 2.0 이상으로 함으로써, 연성과 구멍 확대성이 우수함과 함께, YR (항복비) 이 68 % 미만이고, 또한 590 MPa 이상의 TS (인장 강도) 를 갖는 고강도 강판을 제공한다.

(52) CPC특허분류

C22C 38/02 (2013.01)

C22C 38/14 (2013.01)

C22C 38/58 (2013.01)

C22C 38/60 (2013.01)

C23C 2/06 (2013.01)

C23C 2/12 (2013.01)

C23C 2/40 (2013.01)

(72) 발명자

우에노 마사야스

일본 도쿄도 지요다꾸 우치사이와이쵸 2쵸메 2방
3고 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤 지테크자이산
부 나이

도지 유키

일본 도쿄도 지요다꾸 우치사이와이쵸 2쵸메 2방
3고 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤 지테크자이산
부 나이

교바야시 다카시

일본 도쿄도 지요다꾸 우치사이와이쵸 2쵸메 2방
3고 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤 지테크자이산
부 나이

후나카와 요시마사

일본 도쿄도 지요다꾸 우치사이와이쵸 2쵸메 2방
3고 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤 지테크자이산
부 나이

명세서

청구범위

청구항 1

성분 조성이, 질량% 로, C : 0.030 % 이상 0.250 % 이하, Si : 0.01 % 이상 3.00 % 이하, Mn : 2.60 % 이상 4.20 % 이하, P : 0.001 % 이상 0.100 % 이하, S : 0.0001 % 이상 0.0200 % 이하, N : 0.0005 % 이상 0.0100 % 이하 및 Ti : 0.003 % 이상 0.200 % 이하를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지고, 강 조직이, 면적률로, 페라이트가 35 % 이상 80 % 이하, 마텐자이트가 5 % 이상 25 % 이하이고, 체적률로, 잔류 오스테나이트가 8 % 이상이고,

또, 상기 페라이트의 평균 결정 입경이 6.0 μm 이하, 상기 마텐자이트의 평균 결정 입경이 3.0 μm 이하, 상기 잔류 오스테나이트의 평균 결정 입경이 3.0 μm 이하임과 함께, 상기 페라이트, 상기 마텐자이트 및 상기 잔류 오스테나이트의 결정립의 평균 애스펙트비가 각각 2.0 초과 15.0 이하이고,

또한, 상기 잔류 오스테나이트 중의 Mn 량 (질량%) 을 상기 페라이트 중의 Mn 량 (질량%) 으로 나눈 값이 2.0 이상이고,

인장 강도가 590 MPa 이상, 또한 항복비가 68 % 미만인, 고강도 강판.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 성분 조성이, 추가로, 질량% 로, Al : 0.01 % 이상 2.00 % 이하를 함유하는, 고강도 강판.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 성분 조성이, 추가로, 질량% 로, Nb : 0.005 % 이상 0.200 % 이하, B : 0.0003 % 이상 0.0050 % 이하, Ni : 0.005 % 이상 1.000 % 이하, Cr : 0.005 % 이상 1.000 % 이하, V : 0.005 % 이상 0.500 % 이하, Mo : 0.005 % 이상 1.000 % 이하, Cu : 0.005 % 이상 1.000 % 이하, Sn : 0.002 % 이상 0.200 % 이하, Sb : 0.002 % 이상 0.200 % 이하, Ta : 0.001 % 이상 0.010 % 이하, Ca : 0.0005 % 이상 0.0050 % 이하, Mg : 0.0005 % 이상 0.0050 % 이하 및 REM : 0.0005 % 이상 0.0050 % 이하 중에서 선택되는 적어도 1 종의 원소를 함유하는, 고강도 강판.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 기재된 고강도 강판으로서, 표면에 용융 아연 도금층을 구비하는, 고강도 강판.

청구항 5

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 기재된 고강도 강판으로서, 표면에 용융 알루미늄 도금층을 구비하는, 고강도 강판.

청구항 6

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 기재된 고강도 강판으로서, 표면에 전기 아연 도금층을 구비하는, 고강도 강판.

청구항 7

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 기재된 고강도 강판의 제조 방법으로서,

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 기재된 성분 조성을 갖는 강 슬래브를, 1100 $^{\circ}\text{C}$ 이상 1300 $^{\circ}\text{C}$ 이하로 가열하고, 마무리 압연출축 온도 : 750 $^{\circ}\text{C}$ 이상 1000 $^{\circ}\text{C}$ 이하에서 열간 압연하고, 평균 권취 온도 : 300 $^{\circ}\text{C}$ 이상

750 ℃ 이하에서 권취하여, 열연판으로 하는, 열간 압연 공정과,
 상기 열연판에, 산세를 실시하여, 스케일을 제거하는, 산세 공정과,
 상기 열연판을, (Ac₁ 변태점 + 20 ℃) 이상 (Ac₁ 변태점 + 120 ℃) 이하의 온도역에서 600 s 이상 21600 s 이하 유지하는, 열연판 어닐링 공정과,
 상기 열연판을, 압하율 : 3 % 이상 30 % 미만에서 냉간 압연하여 냉연판으로 하는, 냉간 압연 공정과,
 상기 냉연판을, (Ac₁ 변태점 + 10 ℃) 이상 (Ac₁ 변태점 + 100 ℃) 이하의 온도역에서 900 s 초과 21600 s 이하 유지한 후, 냉각시키는, 냉연판 어닐링 공정을 구비하는, 고강도 강판의 제조 방법.

청구항 8

제 4 항에 기재된 고강도 강판의 제조 방법으로서,
 제 7 항의 상기 냉연판 어닐링 공정 후, 상기 냉연판에, 용융 아연 도금 처리를 실시하는 공정, 또는 용융 아연 도금 처리를 실시한 후, 450 ℃ 이상 600 ℃ 이하의 온도역에서 합금화 처리를 실시하는 공정을 추가로 구비하는, 고강도 강판의 제조 방법.

청구항 9

제 5 항에 기재된 고강도 강판의 제조 방법으로서,
 제 7 항의 상기 냉연판 어닐링 공정 후, 상기 냉연판에 용융 알루미늄 도금 처리를 실시하는 공정을 추가로 구비하는, 고강도 강판의 제조 방법.

청구항 10

제 6 항에 기재된 고강도 강판의 제조 방법으로서,
 제 7 항의 상기 냉연판 어닐링 공정 후, 상기 냉연판에 전기 아연 도금 처리를 실시하는 공정을 추가로 구비하는, 고강도 강판의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 자동차, 전기 등의 산업 분야에서 사용되는 부재로서 바람직한, 연성 및 연신 플랜지성 (구멍 확대성) 이 우수하고, 또한 낮은 항복비를 갖는 고강도 강판 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근, 지구 환경의 보전의 견지로부터, 자동차의 연비 향상이 중요한 과제가 되고 있다. 이 때문에, 차체 재료의 고강도화에 의해 박육화를 도모하고, 차체 그 자체를 경량화하고자 하는 움직임이 활발해지고 있다.

[0003] 그러나, 일반적으로 강판의 고강도화는 연성과 연신 플랜지성 (구멍 확대성) 의 저하를 초래하는 점에서, 고강도화를 도모하면 강판의 성형성이 저하되어, 성형시의 균열 등의 문제를 일으킨다. 그 때문에, 단순하게는 강판의 박육화를 도모할 수 없다. 그래서, 높은 강도와 우수한 성형성 (연성과 구멍 확대성) 을 겸비하는 재료의 개발이 요망되고 있다. 또, TS (인장 강도) : 590 MPa 이상의 강판은, 자동차의 제조 공정에 있어서, 프레스 가공 후에 아크 용접이나 스폿 용접 등에 의해 장착되어, 모듈화되기 때문에, 장착시에 높은 치수 정밀도가 요구된다.

[0004] 이 때문에, 이와 같은 강판에서는, 우수한 연성과 구멍 확대성에 더하여, 가공 후에 스프링 백 등을 발생하기 어렵게 할 필요가 있고, 그러기 위해서는, 가공 전에 YR (항복비) 이 낮은 것이 중요해진다.

[0005] 예를 들어, 특허문헌 1 에는, 인장 강도가 1000 MPa 이상이고, 전체 연신 (EL) 이 30 % 이상인 잔류 오스테나이트의 가공 야기 변태를 이용한 매우 높은 연성을 갖는 강판이 제안되어 있다.

[0006] 또, 특허문헌 2 에는, 고 Mn 강을 사용하여, 페라이트와 오스테나이트의 2 상역에서의 열처리를 실시함으로써, 높은 강도-연성 밸런스를 얻고자 하는 강판이 제안되어 있다.

[0007] 또한, 특허문헌 3 에는, 고 Mn 강으로 열연 후의 조직을 베이나이트나 마텐자이트를 포함하는 조직으로 하고, 추가로 어닐링과 템퍼링을 실시함으로써 미세한 잔류 오스테나이트를 형성시킨 후, 템퍼드 베이나이트 혹은 템퍼드 마텐자이트를 포함하는 조직으로 함으로써, 국부 연성을 개선하고자 하는 강판이 제안되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 소61-157625호
- (특허문헌 0002) 일본 공개특허공보 평1-259120호
- (특허문헌 0003) 일본 공개특허공보 2003-138345호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 여기서, 특허문헌 1 에 기재된 강판에서는, C, Si 및 Mn 을 기본 성분으로 하는 강판을 오스테나이트화한 후에, 베이나이트 변태 온도역에 퀴칭하여 등온 유지하는, 이른바 오스템퍼 처리를 실시함으로써 제조된다. 그리고, 이 오스템퍼 처리를 실시할 때에, 오스테나이트로의 C 의 농화에 의해 잔류 오스테나이트가 생성된다.
- [0010] 그러나, 다량의 잔류 오스테나이트를 얻기 위해서는, 0.3 질량% 를 초과하는 다량의 C 가 필요해지지만, 0.3 질량% 를 초과하는 C 농도에서는, 스폿 용접성의 저하가 현저하여, 자동차용 강판으로는 실용화가 곤란하다.
- [0011] 이에 더하여, 특허문헌 1 에 기재된 강판에서는, 연성의 향상을 주목적으로 하고 있어, 구멍 확대성이나 항복비에 대해서는 고려가 이루어지지 않았다.
- [0012] 또, 특허문헌 2 및 3 에 기재된 강판에서는, 연성의 향상에 대해 기술되어 있지만, 그 항복비에 대해서는 고려가 이루어지지 않았다.
- [0013] 본 발명은, 이러한 사정을 감안하여 개발된 것으로서, 연성 및 구멍 확대성이 우수함과 함께, 낮은 항복비를 갖는 고강도 강판, 구체적으로는, YR (항복비) 이 68 % 미만이고, 또한 TS (인장 강도) 가 590 MPa 이상인 고강도 강판을, 그 유리한 제조 방법과 함께 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0014] 또한, 본 발명에서 말하는 고강도 강판에는, 표면에 용융 아연 도금층을 구비하는 고강도 강판 (고강도 용융 아연 도금 강판) 이나, 표면에 용융 알루미늄 도금층을 구비하는 고강도 강판 (고강도 용융 알루미늄 도금 강판), 표면에 전기 아연 도금층을 구비하는 고강도 강판 (고강도 전기 아연 도금 강판) 이 포함된다.

과제의 해결 수단

- [0015] 그런데, 발명자들은, 성형성 (연성과 구멍 확대성) 이 우수하고, 낮은 항복비를 갖는 고강도 강판을 개발하기 위하여, 예의 검토를 거듭한 결과, 이하의 지견을 얻었다.
- [0016] (1) 연성이나 구멍 확대성이 우수하고, YR 이 68 % 미만이고, 또한 TS 가 590 MPa 이상인 고강도 강판을 얻으려면, 이하의 점이 중요하다.
- [0017] · Mn 을 2.60 질량% 이상 4.20 질량% 이하의 범위에서 함유시킴과 함께, 그 밖의 성분 조성을 소정의 범위로 조정한다.
- [0018] · 강 조직을, 페라이트, 마텐자이트, 잔류 오스테나이트를 적정량 포함하는 조직으로 하고, 이들 구성상을 미세화한다.
- [0019] · 냉간 압연의 압하율을 3 % 이상 30 % 미만으로 함으로써, 상기 페라이트 및 상기 마텐자이트 및 상기 잔류 오스테나이트의 결정립의 평균 에스펙트비가 각각 2.0 초과 15.0 이하가 되도록 조정한다.
- [0020] · 잔류 오스테나이트 중의 Mn 량 (질량%) 을 페라이트 중의 Mn 량 (질량%) 으로 나눈 값을, 적정화한다.
- [0021] (2) 또한, 상기와 같은 조직을 만들려면, 성분 조성을 소정의 범위로 조정함과 함께, 제조 조건, 특히 열간 압연 후의 열처리 (열연판 어닐링) 조건 및 냉간 압연 후의 열처리 (냉연판 어닐링) 조건을 적정하게 제어하는 것

이 중요하다.

- [0022] 본 발명은, 상기의 지견에 기초하여, 추가로 검토를 더한 끝에 완성된 것이다.
- [0023] 즉, 본 발명의 요지 구성은 다음과 같다.
- [0024] 1. 성분 조성이, 질량% 로, C : 0.030 % 이상 0.250 % 이하, Si : 0.01 % 이상 3.00 % 이하, Mn : 2.60 % 이상 4.20 % 이하, P : 0.001 % 이상 0.100 % 이하, S : 0.0001 % 이상 0.0200 % 이하, N : 0.0005 % 이상 0.0100 % 이하 및 Ti : 0.003 % 이상 0.200 % 이하를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지고,
- [0025] 강 조직이, 면적률로, 페라이트가 35 % 이상 80 % 이하, 마텐자이트가 5 % 이상 25 % 이하이고, 체적률로, 잔류 오스테나이트가 8 % 이상이고,
- [0026] 또, 상기 페라이트의 평균 결정 입경이 6.0 μm 이하, 상기 마텐자이트의 평균 결정 입경이 3.0 μm 이하, 상기 잔류 오스테나이트의 평균 결정 입경이 3.0 μm 이하임과 함께, 상기 페라이트, 상기 마텐자이트 및 상기 잔류 오스테나이트의 결정립의 평균 에스펙트비가 각각 2.0 초과 15.0 이하이고,
- [0027] 또한, 상기 잔류 오스테나이트 중의 Mn 량 (질량%) 을 상기 페라이트 중의 Mn 량 (질량%) 으로 나눈 값이 2.0 이상이고,
- [0028] 인장 강도가 590 MPa 이상, 또한 항복비가 68 % 미만인, 고강도 강관.
- [0029] 2. 상기 성분 조성이, 추가로, 질량% 로, Al : 0.01 % 이상 2.00 % 이하를 함유하는, 상기 1 에 기재된 고강도 강관.
- [0030] 3. 상기 성분 조성이, 추가로, 질량% 로, Nb : 0.005 % 이상 0.200 % 이하, B : 0.0003 % 이상 0.0050 % 이하, Ni : 0.005 % 이상 1.000 % 이하, Cr : 0.005 % 이상 1.000 % 이하, V : 0.005 % 이상 0.500 % 이하, Mo : 0.005 % 이상 1.000 % 이하, Cu : 0.005 % 이상 1.000 % 이하, Sn : 0.002 % 이상 0.200 % 이하, Sb : 0.002 % 이상 0.200 % 이하, Ta : 0.001 % 이상 0.010 % 이하, Ca : 0.0005 % 이상 0.0050 % 이하, Mg : 0.0005 % 이상 0.0050 % 이하 및 REM : 0.0005 % 이상 0.0050 % 이하 중에서 선택되는 적어도 1 종의 원소를 함유하는, 상기 1 또는 2 에 기재된 고강도 강관.
- [0031] 4. 상기 1 내지 3 중 어느 하나에 기재된 고강도 강관으로서, 표면에 용융 아연 도금층을 구비하는, 고강도 강관.
- [0032] 5. 상기 1 내지 3 중 어느 하나에 기재된 고강도 강관으로서, 표면에 용융 알루미늄 도금층을 구비하는, 고강도 강관.
- [0033] 6. 상기 1 내지 3 중 어느 하나에 기재된 고강도 강관으로서, 표면에 전기 아연 도금층을 구비하는, 고강도 강관.
- [0034] 7. 상기 1 내지 3 중 어느 하나에 기재된 고강도 강관의 제조 방법으로서,
- [0035] 상기 1 내지 3 중 어느 하나에 기재된 성분 조성을 갖는 강 슬래브를, 1100 $^{\circ}\text{C}$ 이상 1300 $^{\circ}\text{C}$ 이하로 가열하고, 마무리 압연출축 온도 : 750 $^{\circ}\text{C}$ 이상 1000 $^{\circ}\text{C}$ 이하에서 열간 압연하고, 평균 권취 온도 : 300 $^{\circ}\text{C}$ 이상 750 $^{\circ}\text{C}$ 이하에서 권취하여, 열연판으로 하는, 열간 압연 공정과,
- [0036] 상기 열연판에, 산세를 실시하여, 스케일을 제거하는, 산세 공정과,
- [0037] 상기 열연판을, (Ac_1 변태점 + 20 $^{\circ}\text{C}$) 이상 (Ac_1 변태점 + 120 $^{\circ}\text{C}$) 이하의 온도역에서 600 s 이상 21600 s 이하 유지하는, 열연판 어닐링 공정과,
- [0038] 상기 열연판을, 압하율 : 3 % 이상 30 % 미만에서 냉간 압연하여 냉연판으로 하는, 냉간 압연 공정과,
- [0039] 상기 냉연판을, (Ac_1 변태점 + 10 $^{\circ}\text{C}$) 이상 (Ac_1 변태점 + 100 $^{\circ}\text{C}$) 이하의 온도역에서 900 s 초과 21600 s 이하 유지한 후, 냉각시키는, 냉연판 어닐링 공정,
- [0040] 을 구비하는, 고강도 강관의 제조 방법.
- [0041] 8. 상기 4 에 기재된 고강도 강관을 제조하는 방법으로서,
- [0042] 상기 7 의 상기 냉연판 어닐링 공정 후, 상기 냉연판에, 용융 아연 도금 처리를 실시하는 공정, 또는 용융 아연

도금 처리를 실시한 후, 450 °C 이상 600 °C 이하의 온도역에서 합금화 처리를 실시하는 공정을 추가로 구비하는, 고강도 강관의 제조 방법.

- [0043] 9. 상기 5 에 기재된 고강도 강관을 제조하는 방법으로서,
- [0044] 상기 7 의 상기 냉연판 어닐링 공정 후, 상기 냉연판에 용융 알루미늄 도금 처리를 실시하는 공정을 추가로 구비하는, 고강도 강관의 제조 방법.
- [0045] 10. 상기 6 에 기재된 고강도 강관을 제조하는 방법으로서,
- [0046] 상기 7 의 상기 냉연판 어닐링 공정 후, 상기 냉연판에 전기 아연 도금 처리를 실시하는 공정을 추가로 구비하는, 고강도 강관의 제조 방법.

발명의 효과

- [0047] 본 발명에 의하면, 연성과 구멍 확대성이 우수함과 함께, YR (항복비) 이 68 % 미만이고, 590 MPa 이상의 TS (인장 강도) 를 갖는 고강도 강관을 얻을 수 있다.
- [0048] 또, 본 발명의 고강도 강관을, 예를 들어, 자동차 구조 부재에 적용함으로써, 차체 경량화에 의한 연비 개선을 도모할 수 있어, 산업적인 이용 가치는 매우 크다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0049] 이하, 본 발명을 구체적으로 설명한다. 먼저, 본 발명의 고강도 강관의 성분 조성에 대해 설명한다.
- [0050] 또한, 성분 조성에 있어서의 「%」 표시는, 특별히 언급하지 않는 한 「질량%」를 의미하는 것으로 한다.
- [0051] C : 0.030 % 이상 0.250 % 이하
- [0052] C 는, 마텐자이트 등의 저온 변태상을 생성시키고, 강도를 상승시키기 위해서 필요한 원소이다. 또, 잔류 오스테나이트의 안정성을 향상시키고, 강의 연성을 향상시키는 데에 유효한 원소이다.
- [0053] 여기서, C 량이 0.030 % 미만에서는 원하는 마텐자이트량을 확보하는 것이 어려워, 원하는 강도가 얻어지지 않는다. 또, 충분한 잔류 오스테나이트량을 확보하는 것이 어려워, 양호한 연성이 얻어지지 않는다. 한편, C 를, 0.250 % 를 초과하여 과잉으로 첨가하면, 경질인 마텐자이트량이 과대해져, 마텐자이트의 결정립계에서의 마이크로 보이드가 증가한다. 이 때문에, 구멍 확대 시험시에 균열의 전파가 진행되기 쉬워져, 연신 플랜지성 (구멍 확대성) 이 저하된다. 또, 용접부 및 열영향부의 경화가 현저해지고, 용접부의 기계적 특성이 저하되기 때문에, 스폿 용접성이나 아크 용접성 등도 열화된다.
- [0054] 이러한 관점에서, C 량은 0.030 % 이상 0.250 % 이하의 범위로 한다. 바람직하게는, 0.080 % 이상 0.200 % 이하의 범위이다.
- [0055] Si : 0.01 % 이상 3.00 % 이하
- [0056] Si 는, 페라이트의 가공 경화능을 향상시키기 때문에, 양호한 연성의 확보에 유효한 원소이다. 그러나, Si 량이 0.01 % 에 못 미치면 그 첨가 효과가 부족해지기 때문에, 그 하한은 0.01 % 로 한다. 한편, 3.00 % 를 초과하는 Si 의 과잉 첨가는, 강의 취화에 의한 연성이나 구멍 확대성의 저하를 일으킬 뿐만 아니라, 적(赤) 스케일 등의 발생에 의한 표면 성상의 열화를 일으킨다. 그 때문에, Si 량은 0.01 % 이상 3.00 % 이하의 범위로 한다. 바람직하게는, 0.20 % 이상 2.00 % 이하의 범위이다.
- [0057] Mn : 2.60 % 이상 4.20 % 이하
- [0058] Mn 은, 본 발명에 있어서 매우 중요한 원소이다. 즉, Mn 은, 잔류 오스테나이트를 안정화시키는 원소로, 양호한 연성의 확보에 유효하고, 추가로 고용 강화에 의해 강의 강도를 상승시키는 원소이기도 하다. 이와 같은 효과는, 강의 Mn 량이 2.60 % 이상에서 확인된다. 한편, Mn 량이 4.20 % 를 초과하는 첨가는, 비용 상승의 요인이 된다. 이러한 관점에서, Mn 량은 2.60 % 이상 4.20 % 이하의 범위로 한다. 바람직하게는 3.00 % 이상이다.
- [0059] P : 0.001 % 이상 0.100 % 이하
- [0060] P 는, 고용 강화의 작용을 갖고, 원하는 강도에 따라 첨가할 수 있는 원소이다. 또, 페라이트 변태를 촉진시키고, 강관의 복합 조직화에도 유효한 원소이다. 이러한 효과를 얻기 위해서는, P 량을 0.001 % 이상

로 할 필요가 있다. 한편, P 량이 0.100 % 를 초과하면, 스폿 용접성의 현저한 열화를 초래한다. 또, 용융 아연 도금을 합금화 처리하는 경우에는, 합금화 속도를 저하시키고, 합금화 용융 아연 도금층의 품질을 저해한다. 따라서, P 량은 0.001 % 이상 0.100 % 이하의 범위로 한다. 바람직하게는 0.001 % 이상 0.050 % 이하의 범위이다.

[0061] S : 0.0001 % 이상 0.0200 % 이하

[0062] S 는, 입계에 편석하여 열간 가공시에 강을 취화시킬 뿐만 아니라, 황화물로서 존재하여 강관의 국부 변형능을 저하시킨다. 또, S 량이 0.0200 % 를 초과하면, 스폿 용접성의 현저한 열화를 초래한다. 그 때문에, S 량은 0.0200 % 이하, 바람직하게는 0.0100 % 이하, 보다 바람직하게는 0.0050 % 이하로 할 필요가 있다. 그러나, 생산 기술상의 제약으로부터, S 량은 0.0001 % 이상으로 한다. 따라서, S 량은 0.0001 % 이상 0.0200 % 이하의 범위로 한다. 바람직하게는 0.0001 % 이상 0.0100 % 이하의 범위, 보다 바람직하게는 0.0001 % 이상 0.0050 % 이하의 범위이다.

[0063] N : 0.0005 % 이상 0.0100 % 이하

[0064] N 은, 강의 내시효성을 열화시키는 원소이다. 특히, N 량이 0.0100 % 를 초과하면, 내시효성의 열화가 현저해진다. N 량은 적을수록 바람직하지만, 생산 기술상의 제약으로부터, N 량은 0.0005 % 이상으로 한다. 따라서, N 량은 0.0005 % 이상 0.0100 % 이하의 범위로 한다. 바람직하게는 0.0010 % 이상 0.0070 % 이하의 범위이다.

[0065] Ti : 0.003 % 이상 0.200 % 이하

[0066] Ti 는, 본 발명에 있어서 매우 중요한 원소이다. 즉, Ti 는, 강의 결정립 미세화 강화나 석출 강화에 유효하고, 그 효과는 Ti 를 0.003 % 이상 첨가함으로써 얻어진다. 또, 고온에서의 연성이 향상되고, 연속 주조에 있어서의 주조성의 개선에도 유효하게 기여한다. 그러나, Ti 량이 0.200 % 를 초과하면, 경질인 마텐자이트량이 과대해져, 마텐자이트의 결정립계에서의 마이크로 보이드가 증가한다. 이 때문에, 구멍 확대 시험시에 균열의 전파가 진행되기 쉬워져, 구멍 확대성이 저하된다. 따라서, Ti 량은 0.003 % 이상 0.200 % 이하의 범위로 한다. 바람직하게는, 0.010 % 이상 0.100 % 이하의 범위이다.

[0067] 또, 본 발명에서는, 상기의 성분에 더하여, Al 을 다음의 범위에서 함유시킬 수 있다.

[0068] Al : 0.01 % 이상 2.00 % 이하

[0069] Al 은, 페라이트와 오스테나이트의 2 상역을 확대시키고, 어닐링 온도 의존성의 저감, 요컨대, 재질 안정성에 유효한 원소이다. 또, Al 은, 탈산제로서 작용하여, 강의 청정화에 유효한 원소이기도 하다. 그러나, Al 량이 0.01 % 에 못 미치면 그 첨가 효과가 부족하기 때문에, 그 하한은 0.01 % 로 한다. 한편, Al 의 2.00 % 를 초과하는 다량의 첨가는, 연속 주조시의 강편 균열 발생의 위험성이 높아져, 제조성을 저하시킨다. 따라서, Al 을 첨가하는 경우, 그 양은 0.01 % 이상 2.00 % 이하의 범위로 한다. 바람직하게는, 0.20 % 이상 1.20 % 이하의 범위이다.

[0070] 또한, 본 발명에서는, 상기의 성분에 더하여, Nb, B, Ni, Cr, V, Mo, Cu, Sn, Sb, Ta, Ca, Mg 및 REM 의 중에서 선택되는 적어도 1 종의 원소를 함유시킬 수 있다.

[0071] Nb : 0.005 % 이상 0.200 % 이하

[0072] Nb 는, 강의 석출 강화에 유효하고, 그 첨가 효과는 0.005 % 이상에서 얻어진다. 그러나, Nb 량이 0.200 % 를 초과하면, 경질인 마텐자이트량이 과대해져, 마텐자이트의 결정립계에서의 마이크로 보이드가 증가한다. 이 때문에, 구멍 확대 시험시에 균열의 전파가 진행되기 쉬워져, 구멍 확대성이 저하된다. 또, 비용 상승의 요인도 된다. 따라서, Nb 를 첨가하는 경우, 그 양은 0.005 % 이상 0.200 % 이하의 범위로 한다. 바람직하게는 0.010 % 이상 0.100 % 이하의 범위이다.

[0073] B : 0.0003 % 이상 0.0050 % 이하

[0074] B 는, 오스테나이트립계로부터의 페라이트의 생성 및 성장을 억제하는 작용을 갖고, 임기 응변인 조직 제어가 가능하기 때문에, 필요에 따라 첨가할 수 있다. 그 첨가 효과는, 0.0003 % 이상에서 얻어진다. 한편, B 량이 0.0050 % 를 초과하면, 성형성이 저하된다. 따라서, B 를 첨가하는 경우, 그 양은 0.0003 % 이상 0.0050 % 이하의 범위로 한다. 바람직하게는, 0.0005 % 이상 0.0030 % 이하의 범위이다.

- [0075] Ni : 0.005 % 이상 1.000 % 이하
- [0076] Ni 는, 잔류 오스테나이트를 안정화시키는 원소로, 양호한 연성의 확보에 유효하고, 또한 고용 강화에 의해 강의 강도를 상승시키는 원소이기도 하다. 그 첨가 효과는, 0.005 % 이상에서 얻어진다. 한편, Ni 량이 1.000 % 를 초과하면, 경질인 마텐자이트량이 과대해져, 마텐자이트의 결정립계에서의 마이크로 보이드가 증가한다. 이 때문에, 구멍 확대 시험시에 균열의 전파가 진행되기 쉬워져, 구멍 확대성이 저하된다. 또, 비용 상승의 요인도 된다. 따라서, Ni 를 첨가하는 경우, 그 양은 0.005 % 이상 1.000 % 이하의 범위로 한다.
- [0077] Cr : 0.005 % 이상 1.000 % 이하, V : 0.005 % 이상 0.500 % 이하, Mo : 0.005 % 이상 1.000 % 이하
- [0078] Cr, V 및 Mo 는 모두, 강도와 연성의 밸런스를 향상시키는 작용을 가지므로, 필요에 따라 첨가할 수 있는 원소이다. 그 첨가 효과는, Cr : 0.005 % 이상, V : 0.005 % 이상 및 Mo : 0.005 % 이상에서 얻어진다. 그러나, 각각 Cr : 1.000 %, V : 0.500 % 및 Mo : 1.000 % 를 초과하여 과잉으로 첨가하면, 경질인 마텐자이트량이 과대해져, 마텐자이트의 결정립계에서의 마이크로 보이드가 증가한다. 이 때문에, 구멍 확대 시험시에 균열의 전파가 진행되기 쉬워져, 구멍 확대성이 저하된다. 또, 비용 상승의 요인도 된다. 따라서, 이들 원소를 첨가하는 경우, 그 양은 각각 Cr : 0.005 % 이상 1.000 % 이하, V : 0.005 % 이상 0.500 % 이하 및 Mo : 0.005 % 이상 1.000 % 이하의 범위로 한다.
- [0079] Cu : 0.005 % 이상 1.000 % 이하
- [0080] Cu 는, 강의 강화에 유효한 원소이며, 그 첨가 효과는 0.005 % 이상에서 얻어진다. 한편, Cu 량이 1.000 % 를 초과하면, 경질인 마텐자이트량이 과대해져, 마텐자이트의 결정립계에서의 마이크로 보이드가 증가한다. 이 때문에, 구멍 확대 시험시에 균열의 전파가 진행되기 쉬워져, 구멍 확대성이 저하된다. 따라서, Cu 를 첨가하는 경우, 그 양은 0.005 % 이상 1.000 % 이하의 범위로 한다.
- [0081] Sn : 0.002 % 이상 0.200 % 이하, Sb : 0.002 % 이상 0.200 % 이하
- [0082] Sn 및 Sb 는 각각, 강판 표면의 질화나 산화에 의해 발생하는 강판 표층의 수십 μm 정도의 두께 영역의 탈탄을 억제하는 관점에서, 필요에 따라 첨가할 수 있는 원소이다. 이와 같은 질화나 산화를 억제함으로써, 강판 표면에 있어서의 마텐자이트량이 감소하는 것을 방지할 수 있기 때문에, Sn 및 Sb 는 강도나 재질 안정성의 확보에 유효하다. 한편, Sn 및 Sb 를 각각 0.200 % 를 초과하여 과잉으로 첨가하면, 인성의 저하를 초래한다. 따라서, Sn, Sb 를 첨가하는 경우에는, 그 양은 각각, 0.002 % 이상 0.200 % 이하의 범위로 한다.
- [0083] Ta : 0.001 % 이상 0.010 % 이하
- [0084] Ta 는, Ti 나 Nb 와 마찬가지로, 합금 탄화물이나 합금 탄질화물을 생성하여 고강도화에 기여한다. 이에 더하여, Ta 는, Nb 탄화물이나 Nb 탄질화물에 일부 고용되어, (Nb, Ta) (C, N) 과 같은 복합 석출물을 생성함으로써 석출물의 조대화를 억제하고, 석출 강화에 의한 강도 향상에 대한 기여를 안정화시키는 효과가 있다고 생각된다. 이 때문에, Ta 를 함유시키는 것이 바람직하다. 여기서, 전술한 석출물 안정화의 효과는, Ta 의 함유량을 0.001 % 이상으로 함으로써 얻어진다. 한편, Ta 를 과잉으로 첨가해도 그 첨가 효과가 포화하는 데다가, 합금 비용도 증가한다. 따라서, Ta 를 첨가하는 경우, 그 양은 0.001 % 이상 0.010 % 이하의 범위로 한다.
- [0085] Ca : 0.0005 % 이상 0.0050 % 이하, Mg : 0.0005 % 이상 0.0050 % 이하 및 REM : 0.0005 % 이상 0.0050 % 이하
- [0086] Ca, Mg 및 REM 은 모두, 황화물의 형상을 구상화하여, 구멍 확대성 (연신 플랜지성) 에 대한 황화물의 악영향을 개선하는 데에 있어서 유효한 원소이다. 이 효과를 얻기 위해서는, 각각 0.0005 % 이상의 첨가가 필요하다. 한편, Ca, Mg 및 REM 각각이 0.0050 % 를 초과하는 과잉의 첨가는, 개재물 등의 증가를 일으켜 표면 및 내부 결함 등을 일으킨다. 따라서, Ca, Mg 및 REM 을 첨가하는 경우, 그 양은 각각 0.0005 % 이상 0.0050 % 이하의 범위로 한다.
- [0087] 또한, 상기 이외의 성분은 Fe 및 불가피적 불순물이다.
- [0088] 다음으로, 본 발명의 고강도 강판의 마이크로 조직에 대해 설명한다.

- [0089] 페라이트의 면적률 : 35 % 이상 80 % 이하
- [0090] 본 발명의 고강도 강판에서는, 충분한 연성을 확보하기 위해서, 페라이트량을 면적률로 35 % 이상으로 할 필요가 있다. 한편, 590 MPa 이상의 TS 를 확보하기 위해서, 연질인 페라이트량을 면적률로 80 % 이하로 할 필요가 있다. 바람직하게는, 40 % 이상 75 % 이하의 범위이다.
- [0091] 마텐자이트의 면적률 : 5 % 이상 25 % 이하
- [0092] 또, 590 MPa 이상의 TS 를 달성하기 위해서는, 마텐자이트량을 면적률로 5 % 이상으로 할 필요가 있다. 한편, 양호한 연성의 확보를 위해서는, 마텐자이트량을 면적률로 25 % 이하로 할 필요가 있다. 바람직하게는 8 % 이상 20 % 이하의 범위이다.
- [0093] 여기서, 페라이트와 마텐자이트의 면적률은, 이하와 같이 하여 구할 수 있다.
- [0094] 즉, 강판의 압연 방향으로 평행한 관두께 단면 (L 단면) 을 연마 후, 3 vol.% 나이탈로 부식하고, 관두께 1/4 위치 (강판 표면으로부터 깊이 방향에서 관두께의 1/4 에 해당하는 위치) 에 대하여, SEM (주사형 전자 현미경) 을 사용하여 2000 배의 배율로, 60 μm \times 45 μm 의 범위의 시야를 10 시야 관찰하여, 조직 화상을 얻는다. 이 얻어진 조직 화상을 사용하여, Media Cybernetics 사의 Image-Pro 에 의해 각 조직 (페라이트, 마텐자이트) 의 면적률을 10 시야분 산출하고, 그들 값을 평균하여 구할 수 있다. 또, 상기의 조직 화상에 있어서, 페라이트는 회색의 조직 (하지 조직), 마텐자이트는 백색의 조직을 나타내고 있음으로써 식별된다.
- [0095] 잔류 오스테나이트의 체적률 : 8 % 이상
- [0096] 본 발명의 고강도 강판에서는, 충분한 연성을 확보하기 위해서, 잔류 오스테나이트량을 체적률로 8 % 이상으로 할 필요가 있다. 바람직하게는 10 % 이상이다. 또, 잔류 오스테나이트의 체적률의 상한은, 특별히 한정되는 것이 없지만, 잔류 오스테나이트 체적률의 증대에 수반하여, 연성 향상의 효과가 작은 잔류 오스테나이트, 즉 C 나 Mn 등의 성분이 희박한 이른바 불안정한 잔류 오스테나이트가 증가하는 점에서, 60 % 정도로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 50 % 이하이다.
- [0097] 잔류 오스테나이트의 체적률은, 강판을 관두께 방향의 1/4 면 (강판 표면으로부터 깊이 방향에서 관두께의 1/4 에 해당하는 면) 까지 연마하고, 이 관두께 1/4 면의 회절 X 선 강도를 측정함으로써 구한다. 입사 X 선에는 MoK α 선을 사용하고, 잔류 오스테나이트의 {111}, {200}, {220}, {311} 면의 피크의 적분 강도의, 페라이트의 {110}, {200}, {211} 면의 피크의 적분 강도에 대한, 12 가지 방법 모든 조합의 강도비를 구해, 이들 평균값을 잔류 오스테나이트의 체적률로 한다.
- [0098] 페라이트의 평균 결정 입경 : 6.0 μm 이하
- [0099] 페라이트의 결정립의 미세화는, TS (인장 강도) 의 향상이나 연신 플랜지성 (구멍 확대성) 의 향상에 기여한다. 여기에, 원하는 TS 를 확보하고, 높은 구멍 확대성을 확보하기 위해서는, 페라이트의 평균 결정 입경을 6.0 μm 이하로 할 필요가 있다. 바람직하게는 5.0 μm 이하이다.
- [0100] 또한, 페라이트의 평균 결정 입경의 하한값은 특별히 한정되는 것은 아니지만, 공업적으로는 0.3 μm 정도로 하는 것이 바람직하다.
- [0101] 마텐자이트의 평균 결정 입경 : 3.0 μm 이하
- [0102] 마텐자이트의 결정립의 미세화는, 구멍 확대성의 향상에 기여한다. 여기에, 높은 연신 플랜지성 (높은 구멍 확대성) 을 확보하기 위해서는, 마텐자이트의 평균 결정 입경을 3.0 μm 이하로 할 필요가 있다. 바람직하게는 2.5 μm 이하이다.
- [0103] 또한, 마텐자이트의 평균 결정 입경의 하한값은 특별히 한정되는 것은 아니지만, 공업적으로는 0.1 μm 정도로 하는 것이 바람직하다.
- [0104] 잔류 오스테나이트의 평균 결정 입경 : 3.0 μm 이하
- [0105] 잔류 오스테나이트의 결정립의 미세화는, 연성의 향상이나 구멍 확대성의 향상에 기여한다. 여기에, 양호한 연성 및 구멍 확대성을 확보하기 위해서는, 잔류 오스테나이트의 평균 결정 입경을 3.0 μm 이하로 할 필요가 있다. 바람직하게는 2.5 μm 이하이다.
- [0106] 또한, 잔류 오스테나이트의 평균 결정 입경의 하한값은 특별히 한정되는 것은 아니지만, 공업적으로는 0.1 μm

정도로 하는 것이 바람직하다.

- [0107] 또, 페라이트, 마텐자이트 및 잔류 오스테나이트의 평균 결정 입경은, 상기 서술한 Image-Pro 를 사용하여, 면적률의 측정과 동일하게 하여 얻어지는 조직 화상으로부터, 페라이트립, 마텐자이트립 및 잔류 오스테나이트립의 각각의 면적을 구하고, 원상당 직경을 산출하고, 그들 값을 평균하여 구한다. 또한, 마텐자이트와 잔류 오스테나이트는, EBSD (Electron BackScatter Diffraction ; 전자선 후방 산란 회절법) 의 Phase Map 에 의해 식별한다.
- [0108] 또한, 상기의 평균 결정 입경을 구할 때에는, 모두, 입경이 0.01 μm 이상인 결정립을 측정하는 것으로 한다.
- [0109] 페라이트, 마텐자이트 및 잔류 오스테나이트의 결정립의 평균 애스펙트비 : 2.0 초과 15.0 이하
- [0110] 페라이트, 마텐자이트 및 잔류 오스테나이트의 결정립의 평균 애스펙트비를 2.0 초과 15.0 이하로 하는 것은, 본 발명에 있어서 매우 중요하다.
- [0111] 즉, 결정립의 애스펙트비가 크다는 것은, 냉간 압연 후의 열처리 (냉연판 어닐링) 에 있어서의 승온 및 유지 중에, 재결정을 대부분 수반하지 않고, 회복과 함께 입성장하고, 신장된 미세한 결정립이 생성된 것을 의미하고 있다. 이와 같은 미세하고 높은 애스펙트비의 결정립에 의해 구성되는 조직에서는, 구멍 확대 시험 전의 타발시 및 구멍 확대 시험시에 마이크로 보이드가 발생하기 어렵기 때문에, 구멍 확대성의 향상에 크게 기여한다. 또한, 평균 애스펙트비가 큰 페라이트는 미세하더라도 변형을 담당하기 때문에, 항복점 연신을 억제할 수 있고, 프레스 성형 후의 스트레치 스트레인 (항복점 연신이 큰 재료가 소성 변형을 받을 때, 줄무늬상으로 나타나는 변형 모양의 불량 현상) 을 억제할 수 있다. 그러나, 애스펙트비가 15.0 을 초과하면 재질의 이방성이 커질 우려가 있다.
- [0112] 따라서, 페라이트, 마텐자이트 및 잔류 오스테나이트의 결정립의 평균 애스펙트비는 2.0 초과 15.0 이하의 범위로 한다.
- [0113] 또한, 페라이트, 마텐자이트 및 잔류 오스테나이트의 결정립의 평균 애스펙트비는, 2.2 이상인 것이 바람직하고, 2.4 이상으로 하는 것이 보다 바람직하다.
- [0114] 또, 여기서 말하는 결정립의 애스펙트비란, 결정립의 장축 길이를 단축 길이로 나눈 값으로, 각 결정립의 평균 애스펙트비는 이하와 같이 하여 구할 수 있다.
- [0115] 즉, 상기 서술한 Image-Pro 를 사용하여, 면적률의 측정과 동일하게 하여 얻어지는 조직 화상으로부터, 페라이트립, 마텐자이트립 및 잔류 오스테나이트립의 각각에 있어서, 30 개의 결정립의 장축 길이와 단축 길이를 산출하고, 결정립마다 장축 길이를 단축 길이로 나누고, 그들 값을 평균하여 구할 수 있다.
- [0116] 잔류 오스테나이트 중의 Mn 량 (질량%) 을 페라이트 중의 Mn 량 (질량%) 으로 나눈 값 : 2.0 이상
- [0117] 잔류 오스테나이트 중의 Mn 량 (질량%) 을 페라이트 중의 Mn 량 (질량%) 으로 나눈 값을 2.0 이상으로 하는 것은, 본 발명에 있어서 매우 중요하다. 그렇다는 것은, 양호한 연성을 확보하기 위해서는, Mn 이 농화된 안정적인 잔류 오스테나이트를 많이 할 필요가 있기 때문이다.
- [0118] 또한, 잔류 오스테나이트 중의 Mn 량 (질량%) 을 페라이트 중의 Mn 량 (질량%) 으로 나눈 값의 상한값은 특별히 한정되는 것은 아니지만, 연신 플랜지성의 관점에서, 16.0 정도로 하는 것이 바람직하다.
- [0119] 또, 잔류 오스테나이트 및 페라이트 중의 Mn 량은, 이하와 같이 하여 구할 수 있다.
- [0120] 즉, EPMA (Electron Probe Micro Analyzer ; 전자 프로브 마이크로 애널라이저) 를 사용하여, 판두께 1/4 위치에 있어서의 압연 방향 단면의 각 상으로의 Mn 의 분포 상태를 정량화하고, 이어서, 30 개의 잔류 오스테나이트립 및 30 개의 페라이트립의 Mn 량을 분석하고, 분석 결과로부터 얻어지는 각 잔류 오스테나이트립 및 페라이트립의 Mn 량을 각각 평균함으로써, 구할 수 있다.
- [0121] 또한, 본 발명의 고강도 강판의 마이크로 조직에는, 페라이트, 마텐자이트 및 잔류 오스테나이트 이외에, 베이나이틱 페라이트, 템퍼드 마텐자이트, 펄라이트 및 시멘타이트 등의 탄화물 (펄라이트 중의 시멘타이트를 제외한다) 이 포함되는 경우가 있다. 이들 조직은, 합계로 면적률 : 10 % 이하의 범위이면, 포함되어 있어도 되며, 본 발명의 효과가 저해되는 경우는 없다.
- [0122] 다음으로, 본 발명의 고강도 강판의 제조 방법에 대해 설명한다.
- [0123] 본 발명의 고강도 강판의 제조 방법은, 상기의 성분 조성을 갖는 강 슬래브를, 1100 $^{\circ}\text{C}$ 이상 1300 $^{\circ}\text{C}$ 이하로 가

열하고, 마무리 압연출측 온도 : 750 °C 이상 1000 °C 이하에서 열간 압연하고, 평균 권취 온도 : 300 °C 이상 750 °C 이하에서 권취하여, 열연판으로 하는, 열간 압연 공정과, 상기 열연판에, 산세를 실시하여, 스케일을 제거하는, 산세 공정과, 상기 열연판을, (Ac₁ 변태점 + 20 °C) 이상 (Ac₁ 변태점 + 120 °C) 이하의 온도역에서 600 s 이상 21600 s 이하 유지하는, 열연판 어닐링 공정과, 상기 열연판을, 압하율 : 3 % 이상 30 % 미만에서 냉간 압연하여 냉연판으로 하는, 냉간 압연 공정과, 상기 냉연판을, (Ac₁ 변태점 + 10 °C) 이상 (Ac₁ 변태점 + 100 °C) 이하의 온도역에서 900 s 초과 21600 s 이하 유지한 후, 냉각시키는, 냉연판 어닐링 공정을 구비하는 것이다.

- [0124] 이하, 이들 제조 조건의 한정 이유에 대하여 설명한다.
- [0125] 강 슬래브의 가열 온도 : 1100 °C 이상 1300 °C 이하
- [0126] 강 슬래브의 가열 단계에서 존재하고 있는 석출물은, 최종적으로 얻어지는 강판 내에서는 조대한 석출물로서 존재하고, 강도에 기여하지 않기 때문에, 주조시에 석출된 Ti, Nb 계 석출물을 재용해시킬 필요가 있다.
- [0127] 여기에, 강 슬래브의 가열 온도가 1100 °C 미만에서는, 탄화물의 충분한 용해가 곤란하고, 또한, 압연 하중의 증대에 의한 열간 압연시의 트러블 발생의 위험이 증대하는 등의 문제가 발생한다. 그 때문에, 강 슬래브의 가열 온도는 1100 °C 이상으로 할 필요가 있다.
- [0128] 또, 슬래브 표층의 기포, 편석 등의 결함을 스케일 오프하고, 강판 표면의 균열이나 요철을 감소시키고, 평활한 강판 표면을 달성하는 관점에서, 강 슬래브의 가열 온도는 1100 °C 이상으로 할 필요가 있다.
- [0129] 한편, 강 슬래브의 가열 온도가 1300 °C 초과에서는, 산화량의 증가에 수반하여 스케일 로스가 증대한다. 그 때문에, 강 슬래브의 가열 온도는 1300 °C 이하로 할 필요가 있다.
- [0130] 따라서, 강 슬래브의 가열 온도는 1100 °C 이상 1300 °C 이하의 범위로 한다. 바람직하게는 1150 °C 이상 1250 °C 이하의 범위이다.
- [0131] 또한, 강 슬래브는, 매크로 편석을 방지하기 위해서, 연속 주조법으로 제조하는 것이 바람직하지만, 조괴법이나 박슬래브 주조법 등에 의해 제조하는 것도 가능하다. 또, 강 슬래브를 제조한 후, 일단 실온까지 냉각시키고, 그 후 재차 가열하는 종래법을 사용할 수 있다. 또한, 강 슬래브를 제조한 후, 실온까지 냉각시키지 않고, 온편인 채로 가열로에 장입하거나, 혹은 약간의 보열을 실시한 후에 즉시 압연하는 직송 압연·직접 압연 등의 에너지 절약 프로세스도 문제없이 적용할 수 있다. 또한, 강 슬래브는 통상적인 조건에서 조압연에 의해 시트 바가 되었지만, 가열 온도를 좀 낮게 한 경우에는, 열간 압연시의 트러블을 방지하는 관점에서, 마무리 압연 전에 바 히터 등을 사용하여 시트 바를 가열하는 것이 바람직하다.
- [0132] 열간 압연의 마무리 압연출측 온도 : 750 °C 이상 1000 °C 이하
- [0133] 가열 후의 강 슬래브는, 조압연 및 마무리 압연에 의해 열간 압연되어 열연 강판이 된다. 이 때, 마무리 압연출측 온도가 1000 °C 를 초과하면, 산화물 (스케일) 의 생성량이 급격하게 증대되어, 지철과 산화물의 계면이 거칠어져, 산세, 냉간 압연 후의 강판의 표면 품질이 열화되는 경향이 있다. 또, 산세 후에 열연 스케일의 잔여물 등이 일부에 존재하면, 연성이나 연신 플랜지성에 악영향을 미친다. 또한, 결정립경이 과도하게 조대해져, 가공시에 프레스폼의 표면 거침을 일으키는 경우가 있다.
- [0134] 한편, 마무리 압연출측 온도가 750 °C 미만에서는, 압연 하중이 증대하여, 압연 부하가 커지는 것이나, 오스테나이트가 미재결정인 상태에서의 압하율이 높아진다. 그 결과, 이상 집합 조직이 발달하고, 최종 제품에 있어서의 면내 이방성이 현저해져, 재질의 균일성이 저해될 뿐만 아니라, 연성 그 자체도 저하된다.
- [0135] 따라서, 열간 압연의 마무리 압연출측 온도를 750 °C 이상 1000 °C 이하의 범위로 할 필요가 있다. 바람직하게는 800 °C 이상 950 °C 이하의 범위이다.
- [0136] 열간 압연 후의 평균 권취 온도 : 300 °C 이상 750 °C 이하
- [0137] 평균 권취 온도란, 열간 압연 코일 전체 길이의 권취 온도의 평균값이다. 열간 압연 후의 평균 권취 온도가 750 °C 를 초과하면, 열연판 조직의 페라이트의 결정 입경이 커져, 원하는 강도 확보가 곤란해진다. 한편, 열간 압연 후의 평균 권취 온도가 300 °C 미만에서는, 열연판 강도가 상승하고, 냉간 압연에 있어서의 압연 부하가 증대되거나, 판 형상의 불량 발생하거나 하기 때문에, 생산성이 저하된다. 따라서, 열간 압연 후의 평균 권취 온도를 300 °C 이상 750 °C 이하의 범위로 할 필요가 있다. 바람직하게는 400 °C 이상 650 °C 이

하의 범위이다.

- [0138] 또한, 열간 압연시에 조압연판끼리를 접합하여 연속적으로 마무리 압연을 실시해도 된다. 또, 조압연판을 일단 권취해도 상관없다. 또, 열간 압연시의 압연 하중을 저감시키기 위해서 마무리 압연의 일부 또는 전부를 윤활 압연으로 해도 된다. 윤활 압연을 실시하는 것은, 강판 형상의 균일화, 재질의 균일화의 관점에서 도 유효하다. 또한, 윤활 압연시의 마찰 계수는, 0.10 이상 0.25 이하의 범위로 하는 것이 바람직하다.
- [0139] 이와 같이 하여 제조한 열연 강판에, 산세를 실시한다. 산세는 강판 표면의 산화물(스케일)의 제거가 가능한 점에서, 최종 제품의 고강도 강판의 양호한 화성 처리성이나 도금 품질의 확보를 위해서 중요하다. 또, 1 회의 산세를 실시해도 되고, 복수 회로 나누어 산세를 실시해도 된다.
- [0140] 열연판 어닐링(열처리) 조건 : (Ac_1 변태점 + 20 ℃) 이상 (Ac_1 변태점 + 120 ℃) 이하의 온도역에서 600 s 이상 21600 s 이하 유지
- [0141] 열연판 어닐링에 있어서, (Ac_1 변태점 + 20 ℃) 이상 (Ac_1 변태점 + 120 ℃) 이하의 온도역에서 600 s 이상 21600 s 이하 유지하는 것은, 본 발명에 있어서 매우 중요하다.
- [0142] 즉, 열연판 어닐링의 어닐링 온도(유지 온도)가 (Ac_1 변태점 + 20 ℃) 미만 또는 (Ac_1 변태점 + 120 ℃) 초과가 되는 경우나, 유지 시간이 600 s 미만이 되는 경우, 오스테나이트 중으로의 Mn의 농화가 진행되지 않고, 최종 어닐링(냉연판 어닐링) 후에 충분한 양의 잔류 오스테나이트를 확보하는 것이 곤란해져, 연성이 저하된다. 한편, 유지 시간이 21600 s를 초과하면, 오스테나이트 중으로의 Mn의 농화가 포화되어, 최종 어닐링 후에 얻어지는 강판에 있어서의 연성에 대한 효능치가 작아질 뿐만 아니라, 비용 상승의 요인도 된다.
- [0143] 따라서, 열연판 어닐링에서는, (Ac_1 변태점 + 20 ℃) 이상 (Ac_1 변태점 + 120 ℃) 이하, 바람직하게는 (Ac_1 변태점 + 30 ℃) 이상 (Ac_1 변태점 + 100 ℃) 이하의 온도역에서, 600 s 이상 21600 s 이하, 바람직하게는 1000 s 이상 18000 s 이하의 시간, 유지하는 것으로 한다.
- [0144] 또한, 열처리 방법은 연속 어닐링이나 배치 어닐링 중 어느 어닐링 방법이라도 상관없다. 또, 상기의 열처리 후, 실온까지 냉각시키지만, 그 냉각 방법 및 냉각 속도는 특별히 규정하지 않고, 배치 어닐링에 있어서의 노랭, 공랭 및 연속 어닐링에 있어서의 가스 제트 냉각, 미스트 냉각 및 수랭 등의 어느 냉각이어도 상관없다. 또, 산세는 통상적인 방법에 따르면 된다.
- [0145] 냉간 압연의 압하율 : 3 % 이상 30 % 미만
- [0146] 냉간 압연에서는, 압하율을 3 % 이상 30 % 미만으로 한다. 3 % 이상 30 % 미만의 압하율로 냉간 압연을 실시함으로써, 냉간 압연 후의 열처리(냉연판 어닐링)에 있어서의 승온 및 유지 중에, 페라이트 및 오스테나이트가 재결정을 대부분 수반하지 않고, 회복과 함께 입성장하여, 신장된 미세한 결정립이 생성된다. 즉, 에스펙트비가 높은 페라이트, 잔류 오스테나이트 및 마텐자이트가 얻어지고, 강도-연성 밸런스가 향상될 뿐만 아니라, 연신 플랜지성(구멍 확대성)도 현저하게 향상된다.
- [0147] 냉연판 어닐링(열처리) 조건 : (Ac_1 변태점 + 10 ℃) 이상 (Ac_1 변태점 + 100 ℃) 이하의 온도역에서 900 s 초과 21600 s 이하 유지
- [0148] 냉연판 어닐링에 있어서, (Ac_1 변태점 + 10 ℃) 이상 (Ac_1 변태점 + 100 ℃) 이하의 온도역에서 900 s 초과 21600 s 이하 유지하는 것은, 본 발명에 있어서, 매우 중요하다.
- [0149] 즉, 냉연판 어닐링의 어닐링 온도(유지 온도)가, (Ac_1 변태점 + 10 ℃) 미만 또는 (Ac_1 변태점 + 100 ℃) 초과가 되는 경우, 오스테나이트 중으로의 Mn의 농화가 진행되지 않아, 충분한 양의 잔류 오스테나이트를 확보하는 것이 곤란해져, 연성이 저하된다.
- [0150] 이에 더하여, 유지 시간이 900 s 이하가 되는 경우, 역변태가 진행되지 않아, 원하는 잔류 오스테나이트량의 확보가 곤란해져, 연성이 저하된다. 그 결과, YP(항복 강도)가 상승하고, YR(항복비)이 높아진다. 한편, 유지 시간이 21600 s를 초과하면, 오스테나이트 중으로의 Mn의 농화가 포화되어, 최종 어닐링(냉연판 어닐링) 후에 얻어지는 강판에 있어서의 연성에 대한 효능치가 작아질 뿐만 아니라, 비용 상승의 요인도 된다.
- [0151] 따라서, 냉연판 어닐링에서는, (Ac_1 변태점 + 10 ℃) 이상 (Ac_1 변태점 + 100 ℃) 이하, 바람직하게는 (Ac_1 변

태점 + 20 °C) 이상 (Ac₁ 변태점 + 80 °C) 이하의 온도역에서, 900 s 초과 21600 s 이하, 바람직하게는 1200 s 이상 18000 s 이하의 시간, 유지하는 것으로 한다.

[0152] 또, 상기와 같이 하여 얻은 냉연판에, 용융 아연 도금 처리나 용융 알루미늄 도금 처리, 전기 아연 도금 처리와 같은 도금 처리를 실시함으로써, 표면에 용융 아연 도금층이나 용융 알루미늄 도금층, 전기 아연 도금층을 구비하는 고강도 강판을 얻을 수 있다. 또한, 「용융 아연 도금」에는, 합금화 용융 아연 도금도 포함하는 것으로 한다.

[0153] 예를 들어, 용융 아연 도금 처리를 실시할 때에는, 상기 냉연판 어닐링을 실시하여 얻은 냉연판을 440 °C 이상 500 °C 이하의 용융 아연 도금욕 중에 침지하고, 용융 아연 도금 처리를 실시하고, 그 후, 가스 와이핑 등에 의해, 도금 부착량을 조정한다. 또한, 용융 아연 도금은 Al 량이 0.10 질량% 이상 0.22 질량% 이하인 아연 도금욕을 사용하는 것이 바람직하다. 또, 용융 아연 도금의 합금화 처리를 실시할 때에는, 용융 아연 도금 처리 후에, 450 °C 이상 600 °C 이하의 온도역에서 용융 아연 도금의 합금화 처리를 실시한다. 600 °C 를 초과하는 온도에서 합금화 처리를 실시하면, 미변태 오스테나이트가 펄라이트로 변태하여, 원하는 잔류 오스테나이트의 체적률을 확보 할 수 없어, 연성이 저하되는 경우가 있다. 한편, 합금화 처리 온도가 450 °C 에 못 미치면 합금화가 진행되지 않아, 합금층의 생성이 곤란해진다. 따라서, 아연 도금의 합금화 처리를 실시할 때에는, 450 °C 이상 600 °C 이하의 온도역에서 용융 아연 도금의 합금화 처리를 실시하는 것이 바람직하다. 또한, 용융 아연 도금층 및 합금화 용융 아연 도금층의 부착량은 편면당 10 ~ 150 g/m² 의 범위로 하는 것이 바람직하다.

[0154] 또한, 그 밖의 제조 조건은, 특별히 한정하지 않지만, 생산성의 관점에서, 상기의 어닐링, 용융 아연 도금, 용융 아연 도금의 합금화 처리 등의 일련의 처리는, 용융 아연 도금 라인인 CGL (Continuous Galvanizing Line) 로 실시하는 것이 바람직하다.

[0155] 또, 용융 알루미늄 도금 처리를 실시할 때에는, 상기 냉연판 어닐링을 실시하여 얻은 냉연판을 660 ~ 730 °C 의 알루미늄 도금욕 중에 침지하여, 용융 알루미늄 도금 처리를 실시하고, 그 후, 가스 와이핑 등에 의해, 도금 부착량을 조정한다. 또, 알루미늄 도금욕 온도가 (Ac₁ 변태점 + 10 °C) 이상 (Ac₁ 변태점 + 100 °C) 이하의 온도역에 적합한 강은, 용융 알루미늄 도금 처리에 의해, 더욱 미세하고 안정적인 잔류 오스테나이트가 생성되기 때문에, 추가적인 연성의 향상이 가능해진다. 또한, 용융 알루미늄 도금층의 부착량은 편면당 10 ~ 150 g/m² 의 범위로 하는 것이 바람직하다.

[0156] 또한, 전기 아연 도금 처리를 실시하여 전기 아연 도금층을 형성할 수도 있다. 이 때, 도금층 두께는 편면당 5 μm 내지 15 μm 의 범위로 하는 것이 바람직하다.

[0157] 또한, 상기와 같이 하여 제조한 고강도 강판에, 형상 교정이나 표면 조도의 조정 등을 목적으로 스킨 패스 압연을 실시할 수 있다. 스킨 패스 압연의 압하율은, 0.1 % 이상 2.0 % 이하의 범위가 바람직하다. 0.1 % 미만에서는 효과가 작고, 제어도 곤란한 점에서, 이것이 바람직한 범위의 하한이 된다. 또, 2.0 % 를 초과하면, 생산성이 현저하게 저하되므로, 이것을 바람직한 범위의 상한으로 한다.

[0158] 또, 스킨 패스 압연은, 온라인으로 실시해도 되고, 오프 라인으로 실시해도 된다. 또한, 한 번에 목적으로 하는 압하율의 스킨 패스를 실시해도 되고, 수 회 나누어 실시해도 상관없다. 또한, 상기와 같이 하여 제조한 고강도 강판에, 추가로 수지나 유지 코팅 등의 각종 도장 처리를 실시할 수도 있다.

[0159] 실시예

[0160] 표 1 에 나타내는 성분 조성을 갖고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 강을 전로로 용제하고, 연속 주조법으로 강 슬래브로 하였다. 얻어진 강 슬래브를, 표 2 에 나타내는 조건으로 열간 압연하고, 산세 후, 열연판 어닐링을 실시하고, 이어서 냉간 압연하고, 그 후, 냉연판 어닐링을 실시함으로써, 냉연판 (CR) 을 얻었다. 또, 일부의 것에 대해서는, 추가로 용융 아연 도금 처리 (용융 아연 도금 처리 후에 합금화 처리를 실시하는 것도 포함한다), 용융 알루미늄 도금 처리 또는 전기 아연 도금 처리를 실시하고, 용융 아연 도금 강판 (GI), 합금화 용융 아연 도금 강판 (GA), 용융 알루미늄 도금 강판 (AI), 전기 아연 도금 강판 (EG) 으로 하였다.

[0161] 또한, 용융 아연 도금욕은, GI 에서는, Al : 0.19 질량% 함유 아연욕을 사용하고, GA 에서는, Al : 0.14 질량% 함유 아연욕을 사용하고, 욕온은 모두 465 °C 로 하였다. 또한, GA 의 합금화 온도는 표 2 에 나타낸 바와 같다. 또, 도금 부착량은 편면당 45 g/m² (양면 도금) 로 하고, GA 는, 도금층 중의 Fe 농도를 9 질량% 이

상 12 질량% 이하로 하였다. 또한, 용융 알루미늄 도금 강판용의 용융 알루미늄 도금욕의 욕온은 700 ℃ 로 하였다. 또, EG의 막두께는 편면당 8 ~ 12 μm (양면 도금) 로 하였다.

[0162] 또한, 표 1 중의 Ac₁ 변태점 (℃) 은, 이하의 식을 사용하여 구하였다.

[0163] Ac₁ 변태점 (℃) = 751 - 16 × (%C) + 11 × (%Si) - 28 × (%Mn) - 5.5 × (%Cu) - 16 × (%Ni) + 13 × (%Cr) + 3.4 × (%Mo)

[0164] 여기서, (%C), (%Si), (%Mn), (%Cu), (%Ni), (%Cr), (%Mo) 는, 각각의 원소의 강 중 함유량 (질량%) 이다.

표 1

| 강종 | 성분 조성 (질량%) | | | | | | | | | | | | | | Ac ₁ 변태점 (℃) | 비고 | | | | | | | |
|----|-------------|------|------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----|-------------------------|--------|-------|----|----|--------|--------|-----|-----|
| | C | Si | Mn | P | S | N | Ti | Al | Nb | B | Ni | Cr | V | Mo | | | Cu | Sn | Sb | Ta | Ca | Mg | REM |
| A | 0.22 | 0.22 | 4.89 | 0.003 | 0.0009 | 0.0043 | 0.041 | 0.042 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 615 | 적합강 |
| B | 0.225 | 0.92 | 5.42 | 0.005 | 0.0011 | 0.0031 | 0.032 | 0.035 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 606 | 적합강 |
| C | 0.239 | 0.24 | 4.58 | 0.004 | 0.0008 | 0.0032 | 0.055 | 0.031 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 622 | 적합강 |
| D | 0.151 | 0.28 | 5.03 | 0.002 | 0.0007 | 0.0038 | 0.041 | 0.045 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 611 | 적합강 |
| E | 0.052 | 0.51 | 5.18 | 0.008 | 0.0009 | 0.0055 | 0.036 | 0.028 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 629 | 적합강 |
| F | 0.119 | 2.66 | 5.32 | 0.012 | 0.0006 | 0.0048 | 0.028 | 0.030 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 621 | 적합강 |
| G | 0.172 | 1.25 | 5.02 | 0.021 | 0.0012 | 0.0032 | 0.015 | 0.034 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 591 | 적합강 |
| H | 0.141 | 0.05 | 5.67 | 0.004 | 0.0009 | 0.0048 | 0.109 | 0.032 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 594 | 적합강 |
| I | 0.124 | 0.75 | 5.82 | 0.013 | 0.0006 | 0.0035 | 0.059 | 0.029 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 603 | 적합강 |
| J | 0.136 | 0.57 | 5.42 | 0.015 | 0.0013 | 0.0045 | 0.091 | 0.038 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 640 | 적합강 |
| K | 0.121 | 1.42 | 4.44 | 0.003 | 0.0023 | 0.0053 | 0.078 | 0.050 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 640 | 적합강 |
| L | 0.011 | 0.82 | 4.45 | 0.026 | 0.0021 | 0.0039 | 0.036 | 0.045 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 652 | 비교강 |
| M | 0.326 | 0.18 | 4.69 | 0.019 | 0.0007 | 0.0046 | 0.042 | 0.028 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 661 | 비교강 |
| N | 0.154 | 3.53 | 4.78 | 0.004 | 0.0011 | 0.0037 | 0.028 | 0.025 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 682 | 비교강 |
| O | 0.220 | 1.38 | 2.08 | 0.008 | 0.0008 | 0.0032 | 0.054 | 0.035 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 704 | 비교강 |
| P | 0.192 | 1.01 | 5.55 | 0.023 | 0.0014 | 0.0035 | 0.001 | 0.040 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 604 | 비교강 |
| Q | 0.211 | 0.31 | 4.94 | 0.005 | 0.0007 | 0.0052 | 0.026 | 0.750 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 613 | 적합강 |
| R | 0.175 | 0.19 | 5.60 | 0.003 | 0.0006 | 0.0033 | 0.028 | 0.031 | 0.028 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 593 | 적합강 |
| S | 0.202 | 0.13 | 4.87 | 0.006 | 0.0024 | 0.0025 | 0.041 | 0.035 | - | 0.0018 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 613 | 적합강 |
| T | 0.093 | 0.08 | 5.52 | 0.016 | 0.0009 | 0.0031 | 0.046 | 0.025 | - | - | 0.725 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 610 | 적합강 |
| U | 0.142 | 0.21 | 5.01 | 0.036 | 0.0008 | 0.0025 | 0.031 | 0.032 | - | - | 0.315 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 609 | 적합강 |
| V | 0.131 | 0.07 | 4.72 | 0.003 | 0.0026 | 0.0032 | 0.039 | 0.030 | - | - | - | 0.045 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 618 | 적합강 |
| W | 0.108 | 0.42 | 5.12 | 0.009 | 0.0005 | 0.0033 | 0.052 | 0.029 | - | - | - | - | 0.585 | - | - | - | - | - | - | - | - | 610 | 적합강 |
| X | 0.108 | 0.18 | 5.05 | 0.011 | 0.0076 | 0.0044 | 0.019 | 0.038 | - | - | - | - | 0.315 | - | - | - | - | - | - | - | - | 594 | 적합강 |
| Y | 0.152 | 0.21 | 5.62 | 0.005 | 0.0049 | 0.0025 | 0.055 | 0.025 | - | - | - | - | - | - | 0.008 | - | - | - | - | - | - | 617 | 적합강 |
| Z | 0.105 | 1.52 | 5.32 | 0.008 | 0.0009 | 0.0033 | 0.049 | 0.041 | - | - | - | - | - | - | - | 0.008 | - | - | - | - | - | 600 | 적합강 |
| AA | 0.224 | 0.63 | 5.52 | 0.002 | 0.0019 | 0.0043 | 0.022 | 0.040 | 0.035 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 606 | 적합강 |
| AB | 0.184 | 0.49 | 5.28 | 0.031 | 0.0006 | 0.0034 | 0.045 | 0.032 | 0.046 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 585 | 적합강 |
| AC | 0.235 | 0.28 | 5.89 | 0.042 | 0.0009 | 0.0042 | 0.031 | 0.029 | 0.052 | - | - | - | - | - | - | 0.007 | - | - | - | - | - | 609 | 적합강 |
| AD | 0.088 | 0.07 | 5.06 | 0.003 | 0.0010 | 0.0029 | 0.025 | 0.034 | - | - | - | - | - | - | - | 0.0028 | - | - | - | - | - | 609 | 적합강 |
| AE | 0.134 | 2.32 | 5.89 | 0.004 | 0.0008 | 0.0024 | 0.072 | 0.032 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.0032 | - | 618 | 적합강 |
| AF | 0.218 | 1.31 | 5.14 | 0.002 | 0.0006 | 0.0033 | 0.042 | 0.038 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.0020 | 618 | 적합강 |
| AG | 0.148 | 0.27 | 5.75 | 0.007 | 0.0005 | 0.0038 | 0.011 | 0.040 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.008 | - | - | - | - | 591 | 적합강 |

밑줄부: 적정 범위 외를 나타낸다.

[0165]

표 2

| No. | 강종 | 슬래브 가열 온도 (°C) | 열간 압연 조건 | | 열연판 어닐링 조건 | | 냉간 압연 조건 | | 냉연판 어닐링 조건 | | GA의 합금화 온도 (°C) | 종류* | 비고 |
|-----|----|-------------------------|--------------------------|------------------------|------------------|-----------------|------------|------------------|-----------------|-----|--------------------------|-------|----|
| | | | 마무리 압연속 온도 (°C) | 평균 권취 온도 (°C) | 유지 온도 (°C) | 유지 시간 (s) | 압하율 (%) | 유지 온도 (°C) | 유지 시간 (s) | | | | |
| 1 | A | 1230 | 910 | 520 | 725 | 20000 | 23.8 | 715 | 12000 | - | CR | 본 발명에 | |
| 2 | B | 1220 | 880 | 500 | 710 | 18000 | 22.2 | 710 | 20000 | - | CR | 본 발명에 | |
| 3 | C | 1200 | 850 | 480 | 720 | 16000 | 11.1 | 715 | 18000 | 510 | GA | 본 발명에 | |
| 4 | D | 1260 | 920 | 620 | 680 | 20000 | 25.0 | 670 | 9000 | - | CR | 본 발명에 | |
| 5 | E | 1240 | 860 | 580 | 685 | 21000 | 26.3 | 675 | 6000 | - | CR | 본 발명에 | |
| 6 | F | 1190 | 890 | 640 | 745 | 15000 | 28.6 | 735 | 12000 | - | CR | 본 발명에 | |
| 7 | G | 1230 | 930 | 600 | 760 | 13000 | 25.0 | 750 | 10000 | 550 | GA | 본 발명에 | |
| 8 | H | 1210 | 880 | 620 | 710 | 14000 | 20.0 | 700 | 16000 | 490 | GA | 본 발명에 | |
| 9 | H | 1220 | 640 | 550 | 710 | 16000 | 21.4 | 700 | 11000 | - | CR | 비교예 | |
| 10 | H | 1220 | 1120 | 560 | 720 | 12000 | 22.2 | 710 | 8000 | 500 | GA | 비교예 | |
| 11 | H | 1260 | 850 | 880 | 725 | 8000 | 27.3 | 715 | 5000 | - | CR | 비교예 | |
| 12 | H | 1250 | 860 | 510 | 550 | 12000 | 26.3 | 700 | 17000 | - | EG | 비교예 | |
| 13 | H | 1210 | 850 | 600 | 850 | 16000 | 25.0 | 700 | 15000 | - | CR | 비교예 | |
| 14 | H | 1220 | 910 | 620 | 710 | 300 | 22.2 | 705 | 18000 | - | CR | 비교예 | |
| 15 | H | 1180 | 860 | 550 | 720 | 20000 | 68.8 | 710 | 13000 | 505 | GA | 비교예 | |
| 16 | H | 1150 | 880 | 650 | 720 | 8000 | 10.0 | 540 | 11000 | - | CR | 비교예 | |
| 17 | H | 1190 | 820 | 620 | 725 | 11000 | 17.9 | 840 | 17000 | - | AI | 비교예 | |
| 18 | I | 1250 | 840 | 550 | 700 | 19000 | 23.3 | 690 | 12000 | - | CR | 본 발명에 | |
| 19 | J | 1220 | 890 | 530 | 710 | 8000 | 22.2 | 705 | 18000 | - | GI | 본 발명에 | |
| 20 | K | 1240 | 940 | 610 | 750 | 17000 | 8.0 | 740 | 14000 | - | CR | 본 발명에 | |
| 21 | L | 1130 | 850 | 640 | 710 | 15000 | 20.0 | 700 | 8000 | - | CR | 비교예 | |
| 22 | M | 1180 | 950 | 600 | 720 | 17000 | 25.0 | 715 | 13000 | - | EG | 비교예 | |
| 23 | N | 1240 | 810 | 590 | 750 | 19000 | 26.3 | 740 | 14000 | - | CR | 비교예 | |
| 24 | O | 1230 | 900 | 490 | 770 | 9000 | 20.0 | 760 | 17000 | - | AI | 비교예 | |
| 25 | P | 1200 | 840 | 500 | 710 | 5000 | 25.0 | 705 | 19000 | - | EG | 비교예 | |
| 26 | Q | 1240 | 860 | 600 | 740 | 18000 | 27.3 | 735 | 18000 | - | CR | 본 발명에 | |
| 27 | R | 1230 | 890 | 550 | 715 | 16000 | 22.2 | 710 | 7000 | 515 | GA | 본 발명에 | |
| 28 | S | 1220 | 830 | 620 | 710 | 19000 | 22.2 | 700 | 16000 | - | AI | 본 발명에 | |
| 29 | T | 1190 | 820 | 520 | 720 | 13000 | 28.6 | 720 | 10000 | - | EG | 본 발명에 | |
| 30 | U | 1250 | 870 | 650 | 700 | 8000 | 27.3 | 690 | 12000 | - | AI | 본 발명에 | |
| 31 | V | 1200 | 820 | 600 | 710 | 14000 | 25.0 | 700 | 8000 | - | CR | 본 발명에 | |
| 32 | W | 1230 | 880 | 550 | 730 | 16000 | 26.3 | 715 | 9000 | - | CR | 본 발명에 | |
| 33 | X | 1220 | 930 | 580 | 730 | 19000 | 18.2 | 720 | 5000 | - | GI | 본 발명에 | |
| 34 | Y | 1240 | 920 | 520 | 715 | 20000 | 23.8 | 705 | 2000 | - | EG | 본 발명에 | |
| 35 | Z | 1230 | 880 | 600 | 735 | 20000 | 25.0 | 730 | 14000 | - | AI | 본 발명에 | |
| 36 | AA | 1200 | 800 | 560 | 720 | 12000 | 28.6 | 710 | 16000 | 530 | GA | 본 발명에 | |
| 37 | AB | 1230 | 870 | 550 | 725 | 17000 | 13.0 | 715 | 3000 | - | GI | 본 발명에 | |
| 38 | AC | 1240 | 790 | 500 | 710 | 6000 | 26.3 | 700 | 12000 | - | AI | 본 발명에 | |
| 39 | AD | 1230 | 820 | 600 | 705 | 12000 | 27.3 | 690 | 5000 | - | CR | 본 발명에 | |
| 40 | AE | 1240 | 960 | 620 | 730 | 5000 | 28.0 | 710 | 16000 | - | CR | 본 발명에 | |
| 41 | AF | 1260 | 900 | 550 | 710 | 10000 | 25.0 | 695 | 9000 | - | GI | 본 발명에 | |
| 42 | AG | 1230 | 870 | 530 | 710 | 15000 | 14.3 | 700 | 12000 | - | CR | 본 발명에 | |

밑줄부: 적정 범위 외를 나타낸다.

* CR: 냉연판 (도금 없음), GI: 용융 아연 도금 강판 (아연 도금의 합금화 처리 없음),

GA: 합금화 용융 아연 도금 강판, AI: 용융 알루미늄 도금 강판, EG: 전기 아연 도금 강판

[0166]

[0167]

이렇게 하여 얻어진 강판에 대하여, 전술한 방법에 의해 단면 마이크로 조직을 조사하였다. 이들 결과를 표 3에 나타낸다.

표 3

| No. | 강종 | 판 두께 (mm) | 강 조직 | | | | | | | | | | | | 비고 | |
|-----|----|--------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------------|-----|-----|---------------|-----|-----|-----------------|-----------------------|----------------------|------|------------------------|
| | | | F의 면적률 (%) | M의 면적률 (%) | RA의 체적률 (%) | 평균 결정 인경 (μm) | | | 결정립의 에스펙트비 | | | 잔부 조직 | RA 종의 Mn량 (질량%) | F 종의 Mn량 (질량%) | | RA 종의 Mn량 /F 종의 Mn량 |
| | | | | | | F | M | RA | F | M | RA | | | | | |
| 1 | A | 1.6 | 76.5 | 7.7 | 12.8 | 4.9 | 2.5 | 2.6 | 4.8 | 4.4 | 4.2 | P, θ | 6.71 | 2.66 | 2.52 | 본 발명에 |
| 2 | B | 1.4 | 62.4 | 14.7 | 19.4 | 3.6 | 1.9 | 1.9 | 4.1 | 3.6 | 3.8 | P, θ | 7.30 | 2.84 | 2.57 | 본 발명에 |
| 3 | C | 1.6 | 49.5 | 19.7 | 24.9 | 3.1 | 1.1 | 1.2 | 3.8 | 3.4 | 3.2 | P, θ | 8.31 | 3.08 | 2.70 | 본 발명에 |
| 4 | D | 1.8 | 52.5 | 20.5 | 23.7 | 2.9 | 1.0 | 1.3 | 3.7 | 3.5 | 3.3 | P, θ | 8.14 | 3.02 | 2.70 | 본 발명에 |
| 5 | E | 1.4 | 77.8 | 8.4 | 10.9 | 4.1 | 2.4 | 2.3 | 3.6 | 3.4 | 3.2 | P, θ | 8.44 | 2.98 | 2.83 | 본 발명에 |
| 6 | F | 1.0 | 56.4 | 21.5 | 18.5 | 4.4 | 2.1 | 2.6 | 3.5 | 2.9 | 3.1 | P, θ | 6.24 | 2.59 | 2.41 | 본 발명에 |
| 7 | G | 1.5 | 64.4 | 14.5 | 17.4 | 4.6 | 2.2 | 2.3 | 3.4 | 3.1 | 2.7 | P, θ | 6.12 | 2.45 | 2.50 | 본 발명에 |
| 8 | H | 1.6 | 53.7 | 22.7 | 20.6 | 2.6 | 1.4 | 1.5 | 3.2 | 2.5 | 2.8 | P, θ | 8.03 | 2.65 | 3.03 | 본 발명에 |
| 9 | H | 2.2 | 54.6 | 3.89 | 4.4 | 5.2 | 2.1 | 2.2 | 4.7 | 4.3 | 4.1 | F, P, θ | 7.43 | 2.84 | 2.62 | 비교예 |
| 10 | H | 1.4 | 58.2 | 4.9 | 6.7 | 6.8 | 3.8 | 3.5 | 4.2 | 3.1 | 3.3 | F, P, θ | 7.27 | 2.92 | 2.49 | 비교예 |
| 11 | H | 1.6 | 59.1 | 13.6 | 17.9 | 7.8 | 4.4 | 4.3 | 3.1 | 3.2 | 3.1 | P, θ | 6.83 | 2.89 | 2.36 | 비교예 |
| 12 | H | 1.4 | 62.2 | 16.3 | 6.1 | 5.1 | 2.1 | 1.8 | 2.9 | 2.6 | 2.4 | P, θ | 5.22 | 3.58 | 1.46 | 비교예 |
| 13 | H | 1.8 | 63.1 | 18.9 | 5.2 | 4.6 | 1.5 | 1.4 | 3.0 | 2.4 | 2.5 | P, θ | 5.28 | 3.42 | 1.54 | 비교예 |
| 14 | H | 1.4 | 62.9 | 17.4 | 6.4 | 4.7 | 1.8 | 1.3 | 2.9 | 2.5 | 2.4 | P, θ | 5.37 | 3.62 | 1.48 | 비교예 |
| 15 | H | 1.0 | 68.2 | 16.9 | 8.4 | 4.0 | 2.4 | 2.8 | 3.4 | 1.2 | 1.3 | P, θ | 7.04 | 2.81 | 2.51 | 비교예 |
| 16 | H | 1.8 | 47.4 | 3.3 | 2.9 | 6.9 | 3.7 | 2.4 | 2.8 | 3.2 | 2.7 | TM, θ | 5.64 | 3.61 | 1.56 | 비교예 |
| 17 | H | 2.3 | 20.4 | 53.1 | 4.2 | 7.8 | 3.9 | 4.1 | 3.8 | 3.1 | 2.9 | TM, P, θ | 5.51 | 3.73 | 1.48 | 비교예 |
| 18 | I | 2.3 | 62.8 | 16.4 | 17.6 | 3.9 | 1.3 | 1.6 | 3.3 | 2.9 | 3.1 | P, θ | 8.32 | 2.98 | 2.79 | 본 발명에 |
| 19 | J | 1.4 | 61.5 | 18.1 | 18.2 | 4.1 | 1.8 | 1.7 | 3.4 | 2.8 | 2.8 | P, θ | 8.28 | 2.92 | 2.84 | 본 발명에 |
| 20 | K | 2.3 | 78.5 | 7.9 | 11.2 | 4.9 | 2.3 | 2.7 | 4.7 | 4.1 | 4.0 | P, θ | 6.71 | 2.66 | 2.52 | 본 발명에 |
| 21 | L | 1.2 | 89.1 | 3.2 | 3.9 | 7.8 | 0.6 | 0.4 | 3.3 | 2.4 | 2.3 | P, θ | 6.38 | 2.76 | 2.31 | 비교예 |
| 22 | M | 1.8 | 23.4 | 38.3 | 31.2 | 4.7 | 4.0 | 3.8 | 4.1 | 3.6 | 3.5 | P, θ | 7.32 | 2.79 | 2.62 | 비교예 |
| 23 | N | 1.4 | 53.5 | 19.8 | 24.1 | 5.2 | 4.1 | 3.7 | 4.1 | 3.2 | 3.6 | P, θ | 7.27 | 2.88 | 2.52 | 비교예 |
| 24 | O | 1.6 | 85.2 | 4.3 | 3.9 | 6.8 | 4.2 | 4.2 | 3.9 | 3.5 | 3.1 | P, θ | 3.52 | 2.12 | 1.66 | 비교예 |
| 25 | P | 1.8 | 59.9 | 16.7 | 18.2 | 7.1 | 4.3 | 4.4 | 3.4 | 3.3 | 4.1 | P, θ | 7.31 | 2.84 | 2.57 | 비교예 |
| 26 | Q | 1.6 | 55.4 | 19.6 | 22.1 | 4.3 | 1.5 | 1.8 | 2.9 | 2.6 | 2.7 | P, θ | 6.11 | 2.53 | 2.42 | 본 발명에 |
| 27 | R | 1.4 | 56.8 | 21.3 | 18.2 | 4.2 | 1.4 | 1.3 | 3.2 | 2.5 | 2.4 | P, θ | 7.24 | 2.52 | 2.87 | 본 발명에 |
| 28 | S | 1.4 | 54.5 | 21.5 | 20.5 | 4.1 | 1.2 | 1.1 | 2.8 | 2.3 | 2.7 | P, θ | 6.89 | 2.49 | 2.77 | 본 발명에 |
| 29 | T | 1.0 | 66.4 | 14.1 | 17.2 | 4.5 | 2.1 | 1.8 | 3.4 | 3.1 | 2.8 | P, θ | 6.56 | 2.45 | 2.68 | 본 발명에 |
| 30 | U | 0.8 | 56.2 | 21.1 | 18.3 | 4.3 | 1.1 | 1.3 | 3.1 | 2.9 | 3.2 | P, θ | 6.24 | 2.56 | 2.44 | 본 발명에 |
| 31 | V | 1.2 | 61.5 | 15.5 | 19.7 | 4.6 | 1.4 | 1.6 | 3.5 | 2.5 | 2.7 | P, θ | 6.41 | 2.85 | 2.25 | 본 발명에 |
| 32 | W | 1.4 | 64.3 | 13.5 | 19.4 | 3.8 | 1.9 | 2.2 | 3.1 | 3.1 | 2.8 | P, θ | 6.32 | 2.65 | 2.38 | 본 발명에 |
| 33 | X | 1.8 | 72.4 | 12.8 | 13.4 | 4.1 | 2.4 | 2.6 | 3.8 | 2.7 | 2.2 | P, θ | 6.11 | 2.53 | 2.42 | 본 발명에 |
| 34 | Y | 1.6 | 63.6 | 14.7 | 17.2 | 4.2 | 2.1 | 1.8 | 3.4 | 2.8 | 2.6 | P, θ | 6.94 | 2.59 | 2.68 | 본 발명에 |
| 35 | Z | 1.2 | 66.1 | 15.9 | 14.7 | 4.0 | 1.9 | 1.6 | 3.5 | 3.0 | 2.7 | P, θ | 7.02 | 2.61 | 2.69 | 본 발명에 |
| 36 | AA | 1.0 | 54.3 | 22.7 | 20.3 | 3.8 | 1.2 | 1.4 | 3.1 | 2.7 | 3.1 | P, θ | 6.38 | 2.42 | 2.64 | 본 발명에 |
| 37 | AB | 2.0 | 67.6 | 14.2 | 13.9 | 4.2 | 1.7 | 1.8 | 3.4 | 3.1 | 2.5 | P, θ | 6.02 | 2.65 | 2.27 | 본 발명에 |
| 38 | AC | 1.4 | 56.1 | 21.3 | 19.6 | 3.7 | 1.3 | 1.5 | 2.9 | 2.9 | 2.4 | P, θ | 7.24 | 2.59 | 2.80 | 본 발명에 |
| 39 | AD | 1.6 | 67.1 | 14.8 | 16.2 | 4.4 | 2.2 | 1.7 | 3.1 | 2.5 | 2.7 | P, θ | 7.02 | 2.45 | 2.87 | 본 발명에 |
| 40 | AE | 1.8 | 57.3 | 20.7 | 19.8 | 3.5 | 1.4 | 1.3 | 3.5 | 3.8 | 4.1 | P, θ | 7.12 | 2.58 | 2.76 | 본 발명에 |
| 41 | AF | 1.2 | 57.5 | 20.3 | 21.1 | 4.1 | 1.2 | 1.4 | 3.7 | 3.5 | 3.3 | P, θ | 7.28 | 2.54 | 2.87 | 본 발명에 |
| 42 | AG | 1.2 | 56.2 | 20.5 | 20.7 | 3.4 | 1.4 | 1.5 | 3.4 | 3.2 | 3.6 | P, θ | 7.04 | 2.69 | 2.62 | 본 발명에 |

밑줄부: 적정 범위 외를 나타낸다.

F: 페라이트, F': 미재결정 페라이트, RA: 잔류 오스테나이트, M: 마텐자이트, TM: 템퍼드 마텐자이트
P: 펄라이트, θ : 탄화물 (시멘타이트 등)

[0168]

또, 상기와 같이 하여, 얻어진 강관에 대하여, 인장 시험 및 구멍 확대 시험을 실시하고, 인장 특성 및 구멍 확대성을 이하와 같이 하여 평가하였다.

[0170]

인장 시험은, 인장 방향이 강관의 압연 방향과 직각 방향이 되도록 샘플을 채취한 JIS 5 호 시험편을 사용하여, JIS Z 2241 (2011년) 에 준거하여 실시하고, YP (항복 응력), YR (항복비), TS (인장 강도) 및 EL (전체 연신) 을 측정하였다. 여기서, YR 은, YP 를 TS 로 나누어, 백분율로 나타낸 값이다.

[0171]

또한, YR < 68 %, TS \geq 590 MPa 이상이고 또한, TS \times EL \geq 24000 MPa \cdot % 이며, 또한 TS 590 MPa 급에서는 EL \geq 34 %, TS 780 MPa 급에서는 EL \geq 30 %, TS 980 MPa 급에서는 EL \geq 24 % 인 경우를 양호로 판단하였다.

[0172]

또한, TS : 590 MPa 급이란, TS 가 590 MPa 이상 780 MPa 미만인 강관이고, TS : 780 MPa 급은, TS 가 780 MPa 이상 980 MPa 미만인 강관이고, TS : 980 MPa 급은, TS 가 980 MPa 이상 1180 MPa 미만인 강관이다.

[0173]

또, 구멍 확대 시험은, JIS Z 2256 (2010년) 에 준거하여 실시하였다. 얻어진 각 강관을 100 mm \times 100 mm 로 절단 후, 클리어런스 12 % \pm 1 % 로 직경 10 mm 의 구멍을 타발한 후, 내경 75 mm 의 다이스를 사용하여

블랭크 홀더력 9 ton (88.26 kN) 으로 가압한 상태로, 60° 원추의 편치를 구멍에 밀어 넣어 균열 발생 한계에 있어서의 구멍 직경을 측정하였다. 그리고, 다음 식으로부터, 한계 구멍 확대율 λ (%) 을 구하고, 이 한계 구멍 확대율의 값으로부터 구멍 확대성을 평가하였다.

[0174] 한계 구멍 확대율 λ (%) = $\{(D_f - D_0)/D_0\} \times 100$

[0175] 단, D_f 는 균열 발생시의 구멍 직경 (mm), D_0 는 초기 구멍 직경 (mm) 이다.

[0176] 또한, TS 590 MPa 급에서는 $\lambda \geq 30$ %, TS 780 MPa 급에서는 $\lambda \geq 25$ %, TS 980 MPa 급에서는 $\lambda \geq 20$ % 인 경우를 양호로 판단하였다.

[0177] 이에 더하여, 상기 인장 시험을 연신값 10 % 에서 도중에 멈추고, 그 시험편의 표면 조도 R_a 를 측정하였다. R_a 의 측정은, JIS B 0601 (2013년) 에 준거하여 실시하였다. 또한, 스트레처 스트레인이 현저한 경우, $R_a > 2.00 \mu\text{m}$ 가 되기 때문에, $R_a \leq 2.00 \mu\text{m}$ 인 경우를 양호로 판단하였다.

[0178] 또한, 강관의 제조시에, 생산성, 나아가서는 열간 압연 및 냉간 압연시의 통관성, 최종 어닐링판 (냉연판 어닐링 후의 강관) 의 표면 성상에 대해 평가를 실시하였다.

[0179] 여기서, 생산성에 대해서는,

[0180] (1) 열연판의 형상 불량 발생하고,

[0181] (2) 다음 공정으로 진행하기 위해서 열연판의 형상 교정이 필요할 때나,

[0182] (3) 어닐링 처리의 유지 시간이 길 때,

[0183] 등의 리드 타임 비용을 평가하였다. 그리고, (1) ~ (3) 중 어느 것에도 해당하지 않는 경우를 「양호」, (1) ~ (3) 의 어느 것에 해당하는 경우를 「불량」으로 판단하였다.

[0184] 또, 열간 압연의 통관성은, 압연 하중의 증대에 의해, 압연시의 트러블 발생의 위험이 증대하는 경우를 불량으로 판단하였다.

[0185] 동일하게, 냉간 압연의 통관성도, 압연 하중의 증대에 의해, 압연시의 트러블 발생의 위험이 증대하는 경우를 불량으로 판단하였다.

[0186] 또한, 최종 어닐링판의 표면 성상에 대해서는, 슬래브 표층의 기포, 편석 등의 결함을 스케일 오프할 수 없고, 강관 표면의 균열, 요철이 증대하여, 평활한 강관 표면이 얻어지지 않는 경우를 불량으로 판단하였다. 또, 산화물 (스케일) 의 생성량이 급격하게 증대하고, 지철과 산화물의 계면이 거칠어져, 산세, 냉간 압연 후의 표면 품질이 열화되는 경우나 산세 후에 열연 스케일의 잔여물 등이 일부에 존재하는 경우에 대해서도, 불량으로 판단하였다.

[0187] 이들 평가 결과를 표 4 에 나타낸다.

표 4

| No. | 인장 시험 결과 | | | | | 구멍 확대 시험 결과 | 10% 인장후 표면 조도 | 생산성 | 열간 압연 의 통관성 | 냉간 압연 의 통관성 | 최종 어닐링 관의 표면 성상 | 비고 |
|-----|-------------|-----------|-------------|-----------|--------------------|----------------|------------------|-----|----------------|----------------|-----------------------|-------|
| | YP (MPa) | YR (%) | TS (MPa) | EL (%) | TS × EL (MPa·%) | λ (%) | Ra (μm) | | | | | |
| 1 | 389 | 61.6 | 632 | 38.5 | 24332 | 47 | 1.02 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 본 발명에 |
| 2 | 457 | 56.5 | 809 | 32.8 | 26535 | 38 | 0.97 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 본 발명에 |
| 3 | 620 | 61.3 | 1011 | 26.9 | 27196 | 32 | 1.26 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 본 발명에 |
| 4 | 635 | 62.1 | 1022 | 26.8 | 27390 | 33 | 1.22 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 본 발명에 |
| 5 | 376 | 57.5 | 654 | 37.3 | 24394 | 40 | 1.18 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 본 발명에 |
| 6 | 607 | 61.4 | 989 | 27.7 | 27395 | 28 | 1.34 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 본 발명에 |
| 7 | 486 | 59.9 | 812 | 33.1 | 26877 | 29 | 1.63 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 본 발명에 |
| 8 | 651 | 64.6 | 1007 | 27.2 | 27390 | 30 | 1.27 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 본 발명에 |
| 9 | 350 | 62.9 | 556 | 30.8 | 17125 | 18 | 2.31 | 불량 | 불량 | 불량 | 불량 | 비교예 |
| 10 | 349 | 61.4 | 568 | 31.5 | 17892 | 19 | 2.46 | 불량 | 양호 | 불량 | 불량 | 비교예 |
| 11 | 320 | 58.7 | 545 | 31.2 | 17004 | 18 | 1.16 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 비교예 |
| 12 | 325 | 56.6 | 574 | 33.1 | 18999 | 17 | 1.59 | 양호 | 양호 | 불량 | 양호 | 비교예 |
| 13 | 338 | 60.0 | 563 | 30.7 | 17284 | 19 | 1.12 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 비교예 |
| 14 | 326 | 59.2 | 551 | 31.1 | 17136 | 18 | 1.08 | 양호 | 양호 | 불량 | 양호 | 비교예 |
| 15 | 616 | 62.3 | 989 | 25.1 | 24824 | 17 | 2.47 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 비교예 |
| 16 | 515 | 88.3 | 583 | 31.6 | 18423 | 40 | 1.27 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 비교예 |
| 17 | 651 | 64.3 | 1012 | 18.7 | 18924 | 33 | 1.07 | 불량 | 양호 | 양호 | 양호 | 비교예 |
| 18 | 653 | 64.3 | 1016 | 27.6 | 28042 | 30 | 1.19 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 본 발명에 |
| 19 | 629 | 61.5 | 1022 | 27.0 | 27594 | 28 | 1.35 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 본 발명에 |
| 20 | 378 | 57.4 | 658 | 37.9 | 24938 | 38 | 0.87 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 본 발명에 |
| 21 | 120 | 22.0 | 545 | 32.0 | 17440 | 42 | 0.96 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 비교예 |
| 22 | 705 | 61.1 | 1153 | 15.6 | 17987 | 12 | 1.22 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 비교예 |
| 23 | 625 | 63.3 | 988 | 18.9 | 18673 | 10 | 2.38 | 양호 | 양호 | 양호 | 불량 | 비교예 |
| 24 | 342 | 59.6 | 574 | 30.2 | 17335 | 34 | 1.14 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 비교예 |
| 25 | 318 | 54.6 | 582 | 41.4 | 24095 | 33 | 1.35 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 비교예 |
| 26 | 622 | 62.6 | 994 | 28.1 | 27931 | 33 | 1.12 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 본 발명에 |
| 27 | 618 | 61.4 | 1007 | 27.7 | 27894 | 28 | 1.27 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 본 발명에 |
| 28 | 657 | 60.7 | 1082 | 26.9 | 29106 | 27 | 1.17 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 본 발명에 |
| 29 | 504 | 59.6 | 846 | 35.5 | 30033 | 32 | 1.34 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 본 발명에 |
| 30 | 639 | 64.1 | 997 | 28.9 | 28813 | 28 | 1.26 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 본 발명에 |
| 31 | 604 | 61.3 | 986 | 29.6 | 29186 | 29 | 1.02 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 본 발명에 |
| 32 | 428 | 54.2 | 789 | 37.6 | 29666 | 29 | 1.08 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 본 발명에 |
| 33 | 390 | 59.7 | 653 | 36.2 | 23639 | 45 | 0.97 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 본 발명에 |
| 34 | 512 | 61.3 | 835 | 34.5 | 28808 | 34 | 1.34 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 본 발명에 |
| 35 | 508 | 60.3 | 842 | 33.8 | 28460 | 32 | 1.25 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 본 발명에 |
| 36 | 662 | 61.6 | 1074 | 34.9 | 37483 | 30 | 1.54 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 본 발명에 |
| 37 | 512 | 61.3 | 835 | 34.2 | 28557 | 28 | 1.06 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 본 발명에 |
| 38 | 649 | 59.4 | 1092 | 28.3 | 30904 | 24 | 1.43 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 본 발명에 |
| 39 | 508 | 62.6 | 812 | 33.9 | 27527 | 32 | 1.17 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 본 발명에 |
| 40 | 629 | 63.3 | 993 | 29.9 | 29691 | 29 | 1.22 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 본 발명에 |
| 41 | 657 | 61.2 | 1073 | 27.5 | 29508 | 28 | 1.18 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 본 발명에 |
| 42 | 619 | 62.9 | 984 | 28.7 | 28241 | 34 | 0.89 | 양호 | 양호 | 양호 | 양호 | 본 발명에 |

[0188]

[0189]

표 4 에 나타낸 바와 같이, 본 발명예는 모두, 인장 강도 (TS) 가 590 MPa 이상, 또한 항복비 (YR) 가 68 % 미만임과 함께, 양호한 연성 및 강도-연성 밸런스를 갖고, 나아가서는 구멍 확대성도 우수한 고강도 강관인 것을 알 수 있다. 또, 본 발명예는 모두, 생산성이나 열간 압연 및 냉간 압연의 통관성, 나아가서는 최종 어닐링관의 표면 성상도 우수하였다.

[0190]

한편, 비교예에서는, 인장 강도, 항복비, 연성, 강도-연성 밸런스, 구멍 확대성 중 어느 하나 이상에 대하여, 원하는 특성이 얻어지지 않았다.

[0191]

산업상 이용가능성

[0192]

본 발명에 의하면, YR (항복비) 이 68 % 미만이고, 또한 590 MPa 이상의 TS (인장 강도) 를 갖는 연성과 구멍 확대성이 우수하고, 또한 낮은 항복비를 갖는 고강도 강관의 제조가 가능해진다.

[0193]

따라서, 본 발명의 고강도 강관을, 예를 들어, 자동차 구조 부재에 적용함으로써, 차체 경량화에 의한 연비 개선을 도모할 수 있어, 산업상의 이용 가치는 매우 크다.