



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

(45) 공고일자 2023년03월10일  
(11) 등록번호 10-2508575  
(24) 등록일자 2023년03월07일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*C22C 38/04* (2006.01) *B21C 47/02* (2006.01)  
*C21D 8/02* (2006.01) *C22C 38/00* (2006.01)  
*C22C 38/02* (2006.01) *C22C 38/06* (2006.01)  
*C22C 38/12* (2006.01) *C22C 38/14* (2006.01)  
*C22C 38/38* (2006.01) *C23C 2/06* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*C22C 38/04* (2013.01)  
*B21C 47/02* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2021-7023747
- (22) 출원일자(국제) 2019년10월18일  
 심사청구일자 2021년07월26일
- (85) 번역문제출일자 2021년07월26일
- (65) 공개번호 10-2021-0107821
- (43) 공개일자 2021년09월01일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2019/041132
- (87) 국제공개번호 WO 2020/158066  
 국제공개일자 2020년08월06일
- (30) 우선권주장  
 JP-P-2019-013797 2019년01월30일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌  
 W02018159405 A1  
 W02018062342 A1  
 KR1020140041833 A

- (73) 특허권자  
**제이에프이 스틸 가부시킴가이샤**  
 일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방 3고
- (72) 발명자  
**양 링링**  
 일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방 3고 제이에프이 스틸 가부시킴가이샤 지테크자이 산부 나이
- 나카가이토 다츠야**  
 일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방 3고 제이에프이 스틸 가부시킴가이샤 지테크자이 산부 나이
- 다케다 유키**  
 일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방 3고 제이에프이 스틸 가부시킴가이샤 지테크자이 산부 나이
- (74) 대리인  
**특허법인코리아나**

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 윤여분

(54) 발명의 명칭 **고강도 강판 및 그 제조 방법**

**(57) 요약**

저항 스폿 용접부의 피로 강도가 우수한 고강도 강판을 제공하는 것을 목적으로 한다. 소정의 성분 조성, 압연 방향의 판두께 단면에 있어서, 페라이트의 면적률이 5 ~ 50 % 이고, 프레스 마텐자이트 및 잔류  $\gamma$  의 합계 면적률이 2 ~ 30 % 이고, 상기 프레스 마텐자이트 및 상기 잔류  $\gamma$  의 평균 입경은 각각 5  $\mu\text{m}$  이하이고, 표면으로부터 판두께 방향 200  $\mu\text{m}$  의 범위에서, 상기 프레스 마텐자이트 및 상기 잔류  $\gamma$  중, 페라이트와만 인접하는 상기 프레스 마텐자이트 및 상기 잔류  $\gamma$  의 비율이, 합계 면적률로 30 % 이하인 강 조직을 갖고, 항복 강도가 550 MPa 이상인 고강도 강판.

(52) CPC특허분류

- C21D 8/0226* (2013.01)
  - C21D 8/0236* (2013.01)
  - C22C 38/001* (2013.01)
  - C22C 38/02* (2013.01)
  - C22C 38/06* (2013.01)
  - C22C 38/12* (2013.01)
  - C22C 38/14* (2013.01)
  - C22C 38/38* (2013.01)
  - C23C 2/06* (2013.01)
-

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

질량% 로, C : 0.07 ~ 0.25 % ,

Si : 0.01 ~ 1.80 % ,

Mn : 1.8 ~ 3.2 % ,

P : 0.05 % 이하,

S : 0.02 % 이하,

Al : 0.01 ~ 2.0 % ,

N : 0.01 % 이하를 함유하고,

B : 0.0001 ~ 0.005 % ,

Ti : 0.005 ~ 0.04 % ,

Nb : 0.005 ~ 0.06 % 중 어느 1 종 이상을 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성과,

압연 방향의 판두께 단면 (斷面) 에 있어서, 페라이트의 면적률이 5 ~ 50 % 이고, 프레시 마텐자이트 및 잔류  $\gamma$  의 합계 면적률이 2 ~ 30 % 이고, 상기 프레시 마텐자이트 및 상기 잔류  $\gamma$  의 평균 입경은 각각 5  $\mu\text{m}$  이하이고, 표면으로부터 판두께 방향 200  $\mu\text{m}$  의 범위에서, 상기 프레시 마텐자이트 및 상기 잔류  $\gamma$  중, 페라이트와만 인접하는 상기 프레시 마텐자이트 및 상기 잔류  $\gamma$  의 비율이, 합계 면적률로 30 % 이하인 강 (鋼) 조직을 갖고,

항복 강도가 550 MPa 이상인 고강도 강판.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서,

상기 성분 조성에 더하여 추가로, 질량% 로, Mo : 0.03 ~ 0.50 % ,

Cr : 0.1 ~ 1.0 % 중 어느 1 종 이상을 합계로 1 % 이하를 함유하는 고강도 강판.

**청구항 3**

제 1 항에 있어서,

상기 성분 조성에 더하여 추가로, 질량% 로, Cu, Ni, Sn, As, Sb, Ca, Mg, Pb, Co, Ta, W, REM, Zn, V, Sr, Cs, Hf 중 어느 1 종 이상을 합계로 0.5 % 이하를 함유하는 고강도 강판.

**청구항 4**

제 2 항에 있어서,

상기 성분 조성에 더하여 추가로, 질량% 로, Cu, Ni, Sn, As, Sb, Ca, Mg, Pb, Co, Ta, W, REM, Zn, V, Sr, Cs, Hf 중 어느 1 종 이상을 합계로 0.5 % 이하를 함유하는 고강도 강판.

**청구항 5**

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

강판 표면에 도금층을 갖는 고강도 강판.

**청구항 6**

제 5 항에 있어서,

상기 도금층이, 용융 아연 도금층 또는 합금화 용융 아연 도금층인 고강도 강판.

**청구항 7**

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 기재된 성분 조성을 갖는 강 슬래브를 열간 압연 후, 평균 냉각 속도가 10 ~ 30 °C/s 인 조건으로 냉각시키고, 권취 온도가 400 ~ 700 °C 인 조건으로 권취하는 열연 공정과,

상기 열연 공정에서 얻어진 열연 강판을 냉간 압연하는 냉연 공정과,

상기 냉연 공정에서 얻어진 냉연 강판을, 600 °C 내지 700 °C 의 온도 범위의 평균 가열 속도를 13 °C/s 이상으로 하여, 어닐링 온도까지 가열하고, 그 후 750 ~ 900 °C 의 어닐링 온도역에서, 어닐링 시간 : 30 ~ 200 초의 조건으로 어닐링하고, 그 어닐링 시에 반경 800 mm 이하의 롤로 굽힘 및 되돌리기를 합계 7 회 이상 13 회 이하 실시하고, 상기 어닐링 온도로부터 10 °C/s 이상의 평균 냉각 속도로 200 ~ 340 °C 의 온도역으로 냉각시키고, 350 ~ 600 °C 의 온도역으로 재가열하여 10 ~ 300 초 유지하는 조건으로 실시하는 어닐링 공정을 갖는 고강도 강판의 제조 방법.

**청구항 8**

제 7 항에 있어서,

상기 어닐링 공정 후에, 도금 처리를 실시하는 도금 공정을 갖는 고강도 강판의 제조 방법.

**청구항 9**

제 8 항에 있어서,

상기 도금 처리는, 용융 아연 도금 처리 또는 합금화 용융 아연 도금 처리를 실시하는 고강도 강판의 제조 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은, 자동차 등의 수송기에 사용되는 부재에 적합한, 고가공성이고, 또한 반복 하중을 받았을 경우에도 피로 특성이 우수한 고강도 강판 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 최근, 이동체, 예를 들어 자동차 업계에 있어서는, 지구 환경 보전이라는 관점에서, 탄산 가스 (CO<sub>2</sub>) 배출량을 삭감하기 위해서, 자동차의 연비를 개선하는 것이 항상 중요한 과제가 되어 왔다. 자동차의 연비 향상에는, 자동차 차체의 경량화를 도모하는 것이 유효하고, 자동차 차체의 강도를 유지하면서 차체의 경량화를 도모할 필요가 있다. 자동차 부품용 소재가 되는 강판을 고강도화하고, 구조를 간략화하여 부품 점수를 삭감할 수 있으면, 경량화를 달성할 수 있다.

[0003] 그러나, 항복 강도가 550 MPa 이상인 고강도 강판에서는, 통상적으로, 고강도화를 위해서 필요한 합금 원소를 많이 함유하기 때문에, 특히 저항 스폿 용접에서는, 너깃이라 불리는 용융 응고부 주변의 열 영향부의 인성(靱性)이 부족하여, 용접부를 변형시킨 후, 용접부 피로 강도가 저하된다. 용접부 피로 강도의 저하를 억제할 수 있으면, 자동차 전체의 충돌 강도를 충분히 유지할 수 있다. 현재까지 다양한 기술이 제안되어 있지만, 이 용접부 피로 강도를 직접 목적으로 한 것은 아니다.

[0004] 특허문헌 1 에는 용접성과 가공성이 우수한 고강도 냉연 강판 및 그 제조 방법이 개시되어 있다. 또, 특허문헌 2 에는 인장 강도 780 MPa 이상인 굽힘 피로 특성이 우수한 고강도 박강판 및 용융 아연 도금 강판 그리고 그 제조 방법이 개시되어 있다. 또, 특허문헌 3 에는 인장 강도 980 MPa 이상인 가공성, 용접성 및 피로 특성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판 및 그 제조 방법이 개시되어 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0005] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 2016-188395호
- (특허문헌 0002) 일본 특허공보 제6292353호
- (특허문헌 0003) 일본 특허공보 제4924730호

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0006] 특허문헌 1 에 기재된 고강도 냉연 강판에서는, 용접부 및 충돌 흡수 부재에 적용이다. 그러나, 용접부를 변형시킨 후, 용접부의 피로 강도가 저하되고, 파괴되어 버려, 실용상에 과제가 남는다.
- [0007] 특허문헌 2, 3 에 기재된 고강도 용융 아연 도금 강판에서는, 종래의 정적인 인장 전단에는 유효하기는 하다. 그러나, 용접부를 변형시킨 후의, 용접부의 피로 강도 저하를 억제할 수 있으면, 보다 바람직하다.
- [0008] 상기 서술한 바와 같이, 종래의 기술에서는, 모두 용접부를 변형할 때의 용접부의 피로 강도에 과제가 있고, 실용상 보강 부재를 사용하여 회피하기 때문에 경량화 효과는 매우 한정된 것으로 되어 있는 것이 현상이다.
- [0009] 본 발명은, 상기한 종래 기술이 안고 있는 문제를 유리하게 해결하는 것이며, 저항 스폿 용접부의 피로 강도가 우수한 고강도 강판 및 그 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

- [0010] 상기의 목적을 달성하기 위해서는, 본 발명자들은, 저항 스폿 용접부의 피로 강도 (이하, 간단히 용접부의 피로 강도라고 칭하는 경우도 있다.) 에 대해 예의 검토한 결과, 열 영향부의 인성을 높이기 위해서 용접의 열 영향을 받기 전의 조직을 여러 가지 변화시켜, 하기에 나타내는 지견을 얻었다.
- [0011] (1) 스폿 용접부를 변형시킨 후, 용접부의 피로 강도 저하에 의해 발생한 균열은, 압연 방향의 조직을 프레스 마텐자이트와 잔류  $\gamma$  를 합계로 2 ~ 30 % 함유하고, 프레스 마텐자이트와 잔류  $\gamma$  의 합계 면적률이 2 ~ 30 % 이고, 프레스 마텐자이트 및 잔류  $\gamma$  의 평균 입경은 각각 5  $\mu\text{m}$  이하이고, 표층으로부터 판두께 방향 200  $\mu\text{m}$  의 범위에서, 프레스 마텐자이트 및 잔류  $\gamma$  중, 페라이트와만 인접하는 프레스 마텐자이트 및 잔류  $\gamma$  의 비율이, 합계 면적률로 30 % 이하인 강 (鋼) 조직으로 제어함으로써, 억제할 수 있다.
- [0012] (2) 열 영향부에서는, 조직의 경도차에 의해 프레스 마텐자이트와 페라이트의 계면에 보이드가 발생하기 쉽고, 그것이 연결되면 용이하게 너깃 주위에 균열이 발생한다. 그래서, 페라이트와만 인접하는 프레스 마텐자이트와 잔류  $\gamma$  의 합계 면적률을 제어함으로써 보이드의 발생을 억제할 수 있다. 또, 미소한 프레스 마텐자이트는 발생한 균열의 진전을 저지할 수 있다.
- [0013] 보다 구체적으로는, 본 발명은 이하의 것을 제공한다.
- [0014] [1] 질량% 로, C : 0.07 ~ 0.25 %, Si : 0.01 ~ 1.80 %, Mn : 1.8 ~ 3.2 %, P : 0.05 % 이하, S : 0.02 % 이하, Al : 0.01 ~ 2.0 %, N : 0.01 % 이하를 함유하고, B : 0.0001 ~ 0.005 %, Ti : 0.005 ~ 0.04 %, Nb : 0.005 ~ 0.06 % 중 어느 1 종 이상을 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성과,
- [0015] 압연 방향의 판두께 단면 (斷面) 에 있어서, 페라이트의 면적률이 5 ~ 50 % 이고, 프레스 마텐자이트 및 잔류  $\gamma$  의 합계 면적률이 2 ~ 30 % 이고, 상기 프레스 마텐자이트 및 상기 잔류  $\gamma$  의 평균 입경은 각각 5  $\mu\text{m}$  이하이고, 표면으로부터 판두께 방향 200  $\mu\text{m}$  의 범위에서, 상기 프레스 마텐자이트 및 상기 잔류  $\gamma$  중, 페라이트와만 인접하는 상기 프레스 마텐자이트 및 상기 잔류  $\gamma$  의 비율이, 합계 면적률로 30 % 이하인 강 조직을 갖고,
- [0016] 항복 강도가 550 MPa 이상인 고강도 강판.
- [0017] [2] 상기 성분 조성에 더하여 추가로, 질량% 로, Mo : 0.03 ~ 0.50 %, Cr : 0.1 ~ 1.0 % 중 어느 1 종 이상을 합계로 1 % 이하를 함유하는 [1] 에 기재된 고강도 강판.

- [0018] [3] 상기 성분 조성에 더하여 추가로, 질량% 로, Cu, Ni, Sn, As, Sb, Ca, Mg, Pb, Co, Ta, W, REM, Zn, V, Sr, Cs, Hf 중 어느 1 종 이상을 합계로 0.5 % 이하를 함유하는 [1] 또는 [2] 에 기재된 고강도 강판.
- [0019] [4] 강판 표면에 도금층을 갖는 [1] ~ [3] 중 어느 하나에 기재된 고강도 강판.
- [0020] [5] 상기 도금층이, 용융 아연 도금층 또는 합금화 용융 아연 도금층인 [4] 에 기재된 고강도 강판.
- [0021] [6] [1] ~ [3] 중 어느 하나에 기재된 성분 조성을 갖는 강 슬래브를 열간 압연 후, 평균 냉각 속도가 10 ~ 30 °C/s 인 조건으로 냉각시키고, 권취 온도가 400 ~ 700 °C 인 조건으로 권취하는 열연 공정과,
- [0022] 상기 열연 공정에서 얻어진 열연 강판을 냉간 압연하는 냉연 공정과,
- [0023] 상기 냉연 공정에서 얻어진 냉연 강판을, 600 °C 내지 700 °C 의 온도 범위의 평균 가열 속도를 13 °C/s 이상으로 하여, 어닐링 온도까지 가열하고, 그 후 750 ~ 900 °C 의 어닐링 온도역에서, 어닐링 시간 : 30 ~ 200 초의 조건으로 어닐링하고, 그 어닐링 시에 반경 800 mm 이하의 롤로 굽힘 및 되돌리기를 합계 7 회 이상 13 회 이하 실시하고, 상기 어닐링 온도로부터 10 °C/s 이상의 평균 냉각 속도로 200 ~ 340 °C 의 온도역으로 냉각시키고, 350 ~ 600 °C 의 온도역으로 재가열하여 10 ~ 300 초 유지하는 조건으로 실시하는 어닐링 공정을 갖는 것을 특징으로 하는 고강도 강판의 제조 방법.
- [0024] [7] 상기 어닐링 공정 후에, 도금 처리를 실시하는 도금 공정을 갖는 [6] 에 기재된 고강도 강판의 제조 방법.
- [0025] [8] 상기 도금 처리는, 용융 아연 도금 처리 또는 합금화 용융 아연 도금 처리를 실시하는 [7] 에 기재된 고강도 강판의 제조 방법.

**발명의 효과**

- [0026] 본 발명에 의하면, 저항 스폿 용접부의 피로 강도가 우수한 고강도 강판이 얻어진다.
- [0027] 또한, 본 발명에 있어서의 고강도란, 항복 강도 (항복점, YP) 가 550 MPa 이상을 말한다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0028] 이하, 본 발명을 구체적으로 설명한다. 또한, 본 발명은 이하의 실시형태에 한정되지 않는다.
- [0029] 본 발명의 강판은, 특정한 성분 조성과 특정한 강 조직을 갖는다. 그래서, 성분 조성, 강 조직의 순서로 본 발명의 강판을 설명한다.
- [0030] 본 발명의 강판은 하기의 성분 조성을 포함한다. 하기의 설명에 있어서, 성분의 함유량의 단위인 「%」 는 「질량%」 를 의미한다.
- [0031] C : 0.07 ~ 0.25 %
- [0032] C 는 마텐자이트를 생성시켜 강도를 상승시키기 위해서 필요한 원소이다. C 량이 0.07 % 미만에서는, 마텐자이트의 경도가 낮고, 항복 강도가 550 MPa 이상이 되지 않는다. 한편, C 량이 0.25 % 를 초과하면 열 영향부에 시멘타이트가 다량으로 생성되어 열 영향부에서 마텐자이트로 된 부분의 인성을 저하시켜, 용접부의 피로 강도가 저하된다. 따라서, C 량은 0.07 ~ 0.25 % 로 한다. 바람직하게는 0.09 % 이상이고, 바람직하게는 0.20 % 이하이다. 보다 바람직하게는 0.11 % 이상이고, 바람직하게는 0.16 % 이하이다.
- [0033] Si : 0.01 ~ 1.80 %
- [0034] Si 는 고용 강화에 의해 강판의 경도를 높이는 작용을 갖는 원소이다. 항복 강도를 안정적으로 확보하기 위해서, Si 는 0.01 % 이상의 함유를 필요로 한다. 한편, Si 는 1.80 % 를 초과하면, 용접부의 인성이 나빠져, 용접부의 피로 강도가 저하된다. 이 때문에, 상한을 1.80 % 로 한다. 바람직하게는 0.3 % 이상이고, 바람직하게는 1.6 % 이하이다.
- [0035] Mn : 1.8 ~ 3.2 %
- [0036] Mn 은 고용 강화에 의해 강판의 경도를 높이는 작용을 갖는 원소이다. 또, 페라이트 변태나 베이나이트 변태 등을 억제하여 마텐자이트의 생성으로 소재의 강도를 상승시키는 원소이다. 항복 강도를 안정적으로 확보하기 위해서, Mn 은 1.8 % 이상의 함유를 필요로 한다. 한편, Mn 량이 많아지면, 템퍼링으로 시멘타이트가 생성됨과 함께, 열 영향부의 인성이 저하되고, 용접부의 피로 강도가 저하된다. 따라서, Mn 의 상한은

3.2 % 로 한다. 바람직하게는 2.3 % 이상이고, 바람직하게는 3.0 % 이하이다.

- [0037] P : 0.05 % 이하
- [0038] P 는 입계 (粒界) 에 편석하여 가공성을 저하시킨다. 그 때문에, P 는 0.05 % 이하로 하였다. 바람직하게는 0.03 % 이하이고, 보다 바람직하게는 0.02 % 이하이다. 하한에 대해서는 특별히 정하지 않지만, 용제상의 경제성에서, 0.0005 % 이상이 바람직하다.
- [0039] S : 0.02 % 이하
- [0040] S 는, Mn 과 결합하여 조대 (粗大) 한 MnS 를 형성하고, 인성을 저하시킨다. 이 때문에, S 량은 저감하는 것이 바람직하고, S 는 0.02 % 이하이면 된다. 바람직하게는 0.01 % 이하이고, 보다 바람직하게는 0.002 % 이하이다. 하한에 대해서는 특별히 정하지 않지만, 용제상의 경제성에서, 0.0005 % 이상이 바람직하다.
- [0041] Al : 0.01 ~ 2.0 %
- [0042] Al 은 탈산제로서 작용하는 원소이다. 강 중에 산화물이 대량으로 존재하면 인성이 저하되기 때문에 탈산은 중요하다. 또, Al 은 시멘타이트의 석출을 억제하는 경우가 있어, 그 효과를 얻기 위해서, 0.01 % 이상 함유할 필요가 있다. 한편, 2.0 % 를 초과하면, 산화물이나 질화물이 응집 조대화하여 인성을 저하시킨다. 따라서, Al 은 2.0 % 이하로 하였다. 바람직하게는 0.03 % 이상이고, 바람직하게는 0.1 % 이하이다.
- [0043] N : 0.01 % 이하
- [0044] N 은 본 발명에 있어서는 유해한 원소이며, 최대한 저감하는 것이 바람직하다. N 은 Ti 와 결합하여 TiN 을 형성한다. N 이 0.01 % 를 초과하면, 형성되는 TiN 량이 많아지는 것에 기인하여 용접부의 인성을 열화시킨다. 따라서, N 은 0.01 % 이하로 하였다. 바람직하게는 0.006 % 이하이다. 하한에 대해서는 특별히 정하지 않지만, 용제상의 경제성에서, 0.0005 % 이상이 바람직하다.
- [0045] B : 0.0001 ~ 0.005 %, Ti : 0.005 ~ 0.04 %, Nb : 0.005 ~ 0.06 % 이하 중 어느 1 종 이상
- [0046] B : 0.0001 ~ 0.005 %
- [0047] B 는 입계를 강화하기 때문에, 인성 향상에 필요한 원소이다. 이 효과를 충분히 얻으려면, B 의 함유량은 0.0001 % 이상으로 할 필요가 있다. 한편, 0.005 % 를 초과하면, B 는  $Fe_{23}(CB)_6$  을 형성하여 인성을 열화시킨다. 이 때문에, B 는 0.0001 ~ 0.005 % 의 범위로 한정한다.
- [0048] Ti : 0.005 ~ 0.04 %
- [0049] Ti 는 N 과 결합하고, 질화물을 형성함으로써, BN 의 형성을 억제하고, B 의 효과를 끌어냄과 함께, TiN 을 형성시켜 결정립을 미세화하여 인성을 향상시킨다. 이 효과를 얻기 위해서, Ti 의 함유량은 0.005 % 이상으로 할 필요가 있다. 한편, 0.04 % 를 초과하면, 이 효과가 포화할 뿐만 아니라, 압연 부하를 높이기 때문에, 안정된 강판 제조가 곤란해진다. 이 때문에, Ti 는 0.005 ~ 0.04 % 의 범위로 한정한다.
- [0050] Nb : 0.005 ~ 0.06 %
- [0051] Nb 는 본 발명의 효과를 더욱 향상시키는 원소이다. Nb 가 마텐자이트 미세화나 열 영향부의 결정립의 조대화를 방지하여 열 영향부의 인성을 향상시킨다. 이 효과를 얻기 위해서, Nb 의 함유량은 0.005 % 이상으로 할 필요가 있다. 한편, 0.06 % 를 초과하면, Nb 탄화물이 석출하여 인성이 반대로 열화해 버린다. 이 때문에, Nb 는 0.06 % 이하의 범위로 한정한다. 바람직하게는 0.01 % 이상이고, 바람직하게는 0.04 % 이하이다.
- [0052] 이상이 기본 성분이다. 본 발명의 고강도 강판은, 상기 기본 성분을 함유하고, 상기 기본 성분 이외의 잔부는 Fe (철) 및 불가피적 불순물을 포함하는 성분 조성을 갖는다. 여기서, 본 발명의 고강도 강판은, 상기 기본 성분을 함유하고, 잔부는 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성을 갖는 것이 바람직하다.
- [0053] 본 발명의 고강도 강판은, 상기 성분 조성에 더하여, 하기의 성분을 임의 성분으로서 함유시킬 수 있다.
- [0054] 본 발명의 고강도 강판은, 상기 성분 조성에 더하여, Mo : 0.03 ~ 0.50 %, Cr : 0.1 ~ 1.0 % 중 어느 1 종 이상을 합계로 1 % 이하를 임의 원소로서 함유해도 된다.
- [0055] Mo : 0.03 ~ 0.50 %

- [0056] Mo 는 오스테나이트의 핵 생성을 촉진하고, 마텐자이트를 미세화시킨다. 이 효과를 얻기 위해서, Mo 를 함유하는 경우, 0.03 % 이상으로 한다. 한편, Mo 가 입계 편석하면, 페라이트의 입 (粒) 성장이 멈추기 때문에, 페라이트 분율이 낮아진다. 이것을 억제하기 위해서, Mo 를 함유하는 경우, 0.50 % 이하로 한다. 보다 바람직하게는, 0.30 % 이하이다.
- [0057] Cr : 0.1 ~ 1.0 %
- [0058] Cr 은 템퍼링 취화 (脆化) 를 억제하는 효과를 갖는 원소이다. 그 때문에, 함유시킴으로써 본 발명의 효과는 더욱 증대한다. 이 때문에, Cr 을 함유하는 경우에는 0.1 % 이상으로 한다. 그러나, 1.0 % 를 초과한 함유는 Cr 탄화물의 형성을 초래하고 열 영향부의 인성 열화를 초래한다. 따라서, Cr 을 함유하는 경우, 1.0 % 이하로 한다.
- [0059] 본 발명의 고강도 강관은, 또한 상기 성분 조성에 더하여, Cu, Ni, Sn, As, Sb, Ca, Mg, Pb, Co, Ta, W, REM, Zn, V, Sr, Cs, Hf 중 어느 1 종 이상을 합계로 0.5 % 이하를 임의 원소로서 함유해도 된다. 바람직하게는 0.1 % 이하, 보다 바람직하게는 0.03 % 이하이다.
- [0060] 이상, 본 발명의 고강도 강관의 성분 조성에 대해서 설명했지만, 본 발명에서 기대한 효과를 얻으려면, 성분 조성을 상기의 범위로 조정하는 것만으로는 불충분하고, 강 조직에 대해 특정 범위를 만족하도록 제어하는 것이 중요하다.
- [0061] 이하, 본 발명의 강 조직에 대해서 설명한다. 또한, 본 발명의 강 조직은, 압연 방향의 관두께 단면에 있어서의 조직으로 한다.
- [0062] 페라이트의 면적률 : 5 ~ 50 %
- [0063] 페라이트는 인성을 향상시키는 효과가 있다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는 면적률은 5 % 이상으로 한다. 한편, 페라이트의 면적률이 50 % 를 초과하면, 항복 강도 550 MPa 를 얻을 수 없게 된다. 이 때문에, 페라이트의 면적률은 5 ~ 50 % 로 한다. 또한, 바람직하게는 10 % 이상이고, 바람직하게는 40 % 이하이다.
- [0064] 프레시 마텐자이트 및 잔류  $\gamma$  의 합계 면적률 : 2 ~ 30 %
- [0065] 프레시 마텐자이트는 경질상이며, 강관의 강도를 증가시키는 작용을 갖고 있다. 본 발명의 잔류  $\gamma$  는, 소량의 변형으로도 프레시 마텐자이트로 변태한다. 이 때문에, 항복 강도 550 MPa 를 얻으려면 프레시 마텐자이트와 잔류  $\gamma$  의 합계 면적률은 2 % 이상으로 한다. 한편, 면적률이 30 % 초과하면, 프레시 마텐자이트와 페라이트의 계면이 보이드의 발생 기점이 되어, 균열이 발생한다. 이 때문에, 프레시 마텐자이트와 잔류  $\gamma$  의 합계 면적률은 2 ~ 30 % 로 한다. 바람직하게는, 3 % 이상이고, 바람직하게는 25 % 이하이다.
- [0066] 또한, 프레시 마텐자이트와 잔류  $\gamma$  는 주사형 전자 현미경으로 구별할 수 없다. 이 때문에, 본 발명에서는, 주사형 전자 현미경에 의해 3000 배로 관찰했을 때에, 입내 (粒内) 에 시멘타이트가 확인되지 않고, 또한 페라이트상보다 밝은 콘트라스트의 조직의 면적률을, 프레시 마텐자이트와 잔류  $\gamma$  의 합계 면적률로 한다.
- [0067] 프레시 마텐자이트 및 잔류  $\gamma$  의 평균 입경 : 각각 5  $\mu\text{m}$  이하
- [0068] 미소한 프레시 마텐자이트와 잔류  $\gamma$  는, 발생한 균열의 진전을 저지할 수 있다. 이와 같은 결과를 얻기 위해서는, 프레시 마텐자이트와 잔류  $\gamma$  의 평균 입경은, 각각 5  $\mu\text{m}$  이하로 할 필요가 있다. 바람직하게는, 3  $\mu\text{m}$  이하이다. 하한은 특별히 정하지 않지만, 1  $\mu\text{m}$  이상인 것이 바람직하다.
- [0069] 표면으로부터 관두께 방향 200  $\mu\text{m}$  의 범위에서, 프레시 마텐자이트 및 잔류  $\gamma$  중, 페라이트와만 인접하는 프레시 마텐자이트 및 잔류  $\gamma$  의 비율 : 합계 면적률로 30 % 이하
- [0070] 조직의 경도차에 의해 프레시 마텐자이트와 페라이트의 계면에 보이드가 발생하기 쉽고, 그것이 연결되면 용이하게 너깃 주위에 균열이 발생한다. 보이드의 발생을 방지하기 위해서, 페라이트와만 인접하는 프레시 마텐자이트와 잔류  $\gamma$  의 합계 면적률을 30 % 이하로 할 필요가 있다. 또, 균열은 표면으로부터 발생하기 쉽다. 이 때문에, 균열의 발생을 방지하기 위해서, 표면으로부터 관두께 방향 200  $\mu\text{m}$  의 범위로 하였다.
- [0071] 또한, 잔부 조직으로는, 템퍼드 마텐자이트, 베이나이트, 펄라이트를 들 수 있으며, 93 % 이하이면 허용할 수 있다. 템퍼드 마텐자이트는 40 ~ 85 % 의 범위에서 허용된다. 또, 베이나이트와 펄라이트의 합계는



16 % 이하이면 허용된다.

- [0072] 또, 본 발명의 고강도 강관은, 도금층을 가져도 된다. 도금층의 종류는 특별히 한정되지 않는다. 예를 들어, 용융 아연 도금층, 합금화 용융 아연 도금층을 들 수 있다. 또한, 본 발명에서 규정하는 표면은, 도금층을 갖는 경우에는 도금층과 강관의 계면을 의미한다.
- [0073] 다음으로, 본 발명의 고강도 강관의 제조 방법에 대해서 설명한다.
- [0074] 이하, 본 발명의 고강도 강관의 제조 방법은, 열연 공정, 냉연 공정과 어닐링 공정을 갖는다. 또, 본 발명의 고강도 강관이 도금층을 갖는 고강도 강관인 경우에는, 추가로 도금 공정을 갖는다. 이하, 이들의 각 공정에 대해서 설명한다.
- [0075] 열연 공정이란, 상기 성분 조성을 갖는 강 슬래브를 열간 압연 후, 평균 냉각 속도가 10 ~ 30 °C/s 인 조건으로 냉각시키고, 권취 온도가 400 ~ 700 °C 인 조건으로 권취하는 공정이다.
- [0076] 본 발명에 있어서, 강 소재의 용제 방법은 특별히 한정되지 않고, 전로(轉爐), 전기로 등, 공지된 용제 방법을 채용할 수 있다. 또, 용제 후, 편석 등의 문제 때문에 연속 주조법에 의해 강 슬래브(강 소재)로 하는 것이 바람직하지만, 조괴 - 분괴 압연법, 박 슬래브 연속 주조법 등, 공지된 주조 방법으로 슬래브로 해도 된다. 또한, 주조 후에 강 슬래브를 열간 압연함에 있어서, 가열로에서 강 슬래브를 재가열한 후에 압연해도 되고, 소정 온도 이상의 온도를 유지하고 있는 경우에는, 강 슬래브를 가열하는 일 없이 직송 압연해도 된다.
- [0077] 상기의 얻어진 강 소재에, 조(粗)압연 및 마무리 압연을 포함하는 열간 압연을 실시한다. 본 발명에 있어서는, 조압연 전에 강 소재 중의 탄화물을 용해하는 것이 바람직하다. 그래서, 탄화물을 용해시키거나, 압연 하중의 증대를 방지하거나 하기 위해서, 강 슬래브를 1100 °C 이상으로 가열하는 것이 바람직하다. 또, 스케일 로스의 증대를 방지하기 위해서, 강 슬래브의 가열 온도는 1300 °C 이하로 하는 것이 바람직하다. 또, 전술한 바와 같이, 조압연 전의 강 소재가, 소정 온도 이상의 온도를 유지하고 있고, 강 소재 중의 탄화물이 용해되어 있는 경우에는, 조압연 전의 강 소재를 가열하는 공정은 생략 가능하다. 또한, 조압연 조건에 대해서는 특별히 한정할 필요는 없다. 또, 마무리 압연에 대해서도 특별히 한정할 필요는 없다.
- [0078] 열간 압연 후의 평균 냉각 속도 : 10 ~ 30 °C/s
- [0079] 열간 압연 후, 권취 온도까지의 평균 냉각 속도가 10 °C/s 미만이면, 페라이트립(粒)이 성장하지 않고, 열 영향부의 인성이 저하된다. 한편, 30 °C/s 를 초과하면, 페라이트립이 지나치게 성장하여, 강도가 저하된다. 따라서, 평균 냉각 속도는 10 ~ 30 °C/s 이다. 바람직하게는 15 °C/s 이상이고, 바람직하게는 25 °C/s 이하이다.
- [0080] 권취 온도 : 400 ~ 700 °C
- [0081] 권취 온도가 400 °C 를 하회하면, 베이나이트 등 저온 변태상이 생성되고, 용접 열 영향부에서 연화가 발생한다. 한편, 권취 온도가 700 °C 를 초과하면, 페라이트 입경이 성장하고, 페라이트 면적률이 50 % 이상이 되어 버린다. 따라서, 권취 온도는 400 ~ 700 °C 이다. 바람직하게는, 450 °C 이상이고, 바람직하게는 650 °C 이하이다.
- [0082] 이어서, 냉연 공정을 실시한다. 냉연 공정은, 이상의 방법으로 얻어진 열연 강관을 냉간 압연하는 공정이다.
- [0083] 냉연 공정에 있어서, 압연율은 특별히 한정되지 않는다. 예를 들어, 압연율을 30 ~ 80 % 의 범위로 조정하는 것이 바람직하다.
- [0084] 이어서, 어닐링 공정을 실시한다. 어닐링 공정이란, 상기 냉연 공정에서 얻어진 냉연 강관을, 600 °C 내지 700 °C 의 온도 범위의 평균 가열 속도를 13 °C/s 이상으로 하여, 어닐링 온도까지 가열하고, 그 후 750 ~ 900 °C 의 어닐링 온도역에서, 어닐링 시간 : 30 ~ 200 초의 조건으로 어닐링하고, 그 어닐링 시에 반경 800 mm 이하의 롤로 굽힘 및 되돌리기를 함께 7 회 이상 13 회 이하 실시하고, 어닐링 온도로부터 10 °C/s 이상의 평균 냉각 속도로 200 ~ 340 °C 의 온도역으로 냉각시키고, 350 ~ 600 °C 의 온도역으로 재가열하여 10 ~ 300 초 유지하는 조건으로 실시하는 공정이다.
- [0085] 어닐링 시의 가열 조건 : 600 °C 내지 700 °C 의 온도 범위의 평균 가열 속도를 13 °C/s 이상으로 하여, 어닐링 온도까지 가열

- [0086] 600 ℃ 로부터 어닐링 온도까지의 온도 범위에서는, 급속 가열에 의해, 역변태 중의 오스테나이트 핵 생성을 촉진하고, 프레시 마텐자이트와 잔류  $\gamma$  가 미세화한다. 본 발명에서는, 프레시 마텐자이트와 잔류  $\gamma$  의 평균 입경을 각각 5  $\mu\text{m}$  이하로 하기 위해서, 600 ℃ 내지 700 ℃ 까지의 평균 가열 속도는 13 ℃/s 이상으로 한다. 또한, 700 ℃ 초과 ~ 어닐링 온도까지의 평균 가열 속도에 대해서는, 특별히 제한되지 않는다.
- [0087] 어닐링 온도 : 750 ~ 900 ℃, 어닐링 시간 : 30 ~ 200 초의 조건으로 어닐링
- [0088] 어닐링 온도가 750 ℃ 미만이나 유지 시간이 30 초 미만인 경우, 미재결정이 남아 있기 때문에, 인성이 저하된다. 한편, 어닐링 온도가 900 ℃ 를 초과하면, 프레시 마텐자이트 및 잔류  $\gamma$  의 분율이 높아지고, 템퍼링 영역도 증가하여, 열 영향부의 인성이 저하된다. 또, 어닐링 시간이 200 초를 초과하면, 철 탄화물의 다량 석출에 의해 연성 및 인성의 저하를 초래하는 경우가 있다. 따라서, 어닐링 온도는 750 ~ 900 ℃ 이고, 바람직하게는 800 ℃ 이상이고, 바람직하게는 900 ℃ 이하로 한다. 유지 시간은 30 ~ 200 초이고, 바람직하게는 50 초 이상이고, 바람직하게는 150 초 이하로 한다.
- [0089] 어닐링 시에 반경 800 mm 이하의 롤로 굽힘 및 되돌리기를 합계 7 회 이상 13 회 이하 실시한다
- [0090] 단순히 어닐링하는 것만으로는, 원하는 조직이 얻어지지 않는다. 표층으로부터 판두께 방향 200  $\mu\text{m}$  의 범위에서, 프레시 마텐자이트 및 잔류  $\gamma$  중, 페라이트와만 인접하는 프레시 마텐자이트 및 잔류  $\gamma$  의 비율이 합계 면적률로 30 % 이하로 하기 위해서, 어닐링 중 (750 ~ 900 ℃ 의 어닐링 온도역에서 30 ~ 200 초) 에 반경 800 mm 이하의 롤로 굽힘 및 되돌리기를 합계 7 회 이상 13 회 이하로 할 필요가 있다. 굽힘 및 되돌리기 횟수가 7 회 미만 또는 13 회 초과에서는, 상기의 프레시 마텐자이트 및 잔류  $\gamma$  중, 페라이트와만 인접하는 프레시 마텐자이트 및 잔류  $\gamma$  의 비율이 합계 면적률로 30 % 초과가 되어 버리기 때문에, 7 회 이상 13 회 이하로 하였다. 바람직하게는, 8 회 이상 12 회 이하이다. 또한, 굽힘 및 되돌리기 횟수만, 굽힘과 되돌리기를 합해서 1 회로 하는 것이 아니라, 굽힘 1 회, 되돌리기 1 회로 하여 횟수를 센다. 또한, 롤 지름은, 바람직하게는, 반경 700 mm 이하이다. 또, 롤 지름은, 반경 200 mm 이상인 것이 바람직하다.
- [0091] 어닐링 온도로부터 200 ~ 340 ℃ 까지의 평균 냉각 속도 : 10 ℃/s 이상
- [0092] 평균 냉각 속도가 10 ℃/s 미만이면, 페라이트립이 성장하고, 페라이트 면적률을 50 % 초과하기 때문에, 열 영향부의 인성이 저하된다. 어닐링 온도로부터 200 ℃ 미만의 온도역까지 냉각시키면, 프레시 마텐자이트와 잔류  $\gamma$  의 합계 면적률이 낮아진다. 한편, 340 ℃ 초과와 온도역까지 냉각시키면, 프레시 마텐자이트와 잔류  $\gamma$  의 합계 면적률이 높아지고, 균열이 발생하기 쉬워진다. 따라서, 어닐링 온도로부터 200 ~ 340 ℃ 까지의 평균 냉각 속도는 10 ℃/s 이상으로 한다.
- [0093] 재가열 온도 : 350 ~ 600 ℃ 재가열 시간 : 10 ~ 300 초
- [0094] 350 ℃ 미만의 온도역에서 재가열하면, 프레시 마텐자이트 및 잔류  $\gamma$  의 합계 면적률이 2 % 이상이 얻어지지 않게 되고, 균열이 발생하기 쉬워진다. 한편, 600 ℃ 초과 또는 10 초 미만으로 재가열하면, 표층으로부터 판두께 방향 200  $\mu\text{m}$  의 범위에서의 페라이트의 면적률이 증가하기 때문에, 페라이트와만 인접하는 프레시 마텐자이트와 잔류  $\gamma$  의 합계 면적률이 30 % 초과가 된다. 재가열 시간이 300 초가 되면, 생산성상 바람직하지 않을 뿐만 아니라, 베이나이트 변태가 진행되고, 강도가 저하된다. 따라서, 재가열 온도 : 350 ~ 600 ℃, 유지 시간 : 10 ~ 300 초로 한다.
- [0095] 상기 어닐링 공정 후에, 강판 표면에 도금 처리를 실시하는 도금 공정을 가져도 된다. 상기한 바와 같이, 본 발명에 있어서 도금층의 종류는 특별히 한정되지 않기 때문에, 도금 처리의 종류도 특별히 한정되지 않는다. 예를 들어, 용융 아연 도금 처리나, 그 처리 후에 합금화를 실시하는 도금 처리 등을 들 수 있다.
- [0096] 실시예
- [0097] 표 1 에 나타내는 성분 조성의 슬래브를 표 2 에 나타내는 조건으로, 열간 압연, 냉간 압연, 어닐링을 실시하여 강판을 제조하였다. 또한, 어닐링 공정에 있어서의 굽힘 및 되돌리기에서 사용한 롤 지름은, 반경 425 mm 로 하였다. 또, 표 2 에 나타내는 조건으로 제조한 강판을, 도금욕 중에 침지하고, 도금 부착량을 20 ~ 80 g/m<sup>2</sup> 의 용융 아연 도금층을 형성시켰다. 또, 일부에 대해서는 용융 아연 도금층의 형성 후에 합금화 처리를 실시하고, 합금화 용융 아연 도금 강판을 얻었다. 재료 구분은 표 2 에 아울러 나타내었다. 도금 처리 후, 냉각을 실시하였다. 조사 방법은 다음과 같다.

표 1

강 기호	성분 조성 (질량%)														기타
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	B	Ti	Nb					
A	0.134	0.62	2.68	0.01	0.001	0.04	0.002	0.002	0.02	0.018					
B	0.121	0.68	2.52	0.02	0.001	0.03	0.004	0.002	0.02	0.012	Sn:0.002,Cu:0.02				
C	0.145	0.05	2.12	0.02	0.002	0.04	0.003	-	0.03	-	V:0.005				
D	0.058	1.20	2.50	0.01	0.001	0.05	0.004	0.001	0.02	0.012					
E	0.126	0.58	2.68	0.02	0.003	0.04	0.004	0.001	0.03	0.028	Cr:0.12				
F	0.086	1.10	3.12	0.02	0.001	0.04	0.005	0.001	0.01	0.011					
G	0.121	1.71	2.56	0.02	0.018	0.03	0.007	0.003	0.01	0.011	Ni:0.011				
H	0.127	0.65	2.79	0.01	0.001	0.03	0.003	0.002	0.01	0.015					
I	0.115	1.52	2.71	0.01	0.001	0.04	0.004	0.001	0.02	-	Mo:0.04				
J	0.256	0.72	1.96	0.01	0.002	0.03	0.003	0.002	0.02	-					
K	0.101	0.65	1.64	0.02	0.003	0.05	0.006	0.002	0.01	0.045					
L	0.119	0.63	2.46	0.01	0.001	0.03	0.004	0.001	0.02	0.022	Pb:0.004,Cs:0.005				
M	0.125	2.05	2.64	0.02	0.002	0.03	0.005	0.003	0.01	-					
N	0.134	0.006	2.52	0.01	0.001	0.05	0.003	0.001	0.03	0.032					
O	0.125	0.79	2.62	0.02	0.002	0.03	0.005	0.004	0.02	0.021	Ta:0.002,Hf:0.004				
P	0.095	0.62	3.41	0.01	0.002	0.04	0.004	0.001	0.02	0.026					
Q	0.105	0.75	2.62	0.01	0.015	0.05	0.004	0.002	0.02	-	As:0.006,Mo:0.09				
R	0.115	0.63	2.58	0.02	0.001	0.04	0.005	0.004	0.03	0.015	REM:0.24				
S	0.117	0.60	2.55	0.01	0.001	0.06	0.003	0.002	0.01	0.015	W:0.006				
T	0.128	0.75	2.25	0.01	0.002	0.03	0.005	0.004	0.02	-	Zn:0.08,V:0.05				
U	0.109	0.86	2.45	0.02	0.003	0.09	0.004	0.001	0.03	0.012	Ca:0.003				
V	0.124	1.62	2.65	0.02	0.002	0.04	0.007	0.004	0.03	0.025	Co:0.015				
W	0.124	0.24	2.51	0.01	0.001	0.06	0.003	0.005	0.03	0.012	Sb:0.003				
X	0.119	0.58	3.05	0.02	0.002	0.05	0.004	0.002	0.01	-	Mg:0.0004				
Y	0.124	0.58	2.15	0.02	0.001	0.05	0.005	0.001	0.02	-	Sr:0.008				
Z	0.124	0.52	2.58	0.01	0.002	0.04	0.003		-	0.045					
AA	0.121	0.75	2.52	0.02	0.002	0.03	0.005	0.001	0.02	0.075					
AB	0.123	0.58	2.69	0.02	0.002	0.03	0.004	0.001	0.02	0.003					

※ 밑줄은 본 발명 범위 외를 의미한다

표 2

No.	관 기호	열간 압연				냉간 압연		어닐링								재료 구분	비고
		슬래브 가열 온도 (°C)	마무리 압연 온도 (°C)	평균 냉각 속도 (°C/s)	권취 온도 (°C)	압연율 (%)	가열 속도×1 (°C/s)	어닐링 온도 (°C)	어닐링 시간 (초)	반경 800 mm 이하의 롤에서의 균열 및 외돌리기 횟수	평균 냉각 속도×2 (°C/s)	냉각 정지 온도 (°C)	재가열 온도 (°C)	재가열 온도에서의 유지 시간 (초)			
1	A	1250	900	22	520	45	16	790	85	10	16	200	405	30	GA	적합강	
2	A	1250	900	20	500	46	18	770	85	9	16	200	400	30	GA	적합강	
3	A	1250	900	8	500	55	15	790	85	8	20	200	405	35	GA	비교강	
4	A	1250	900	38	500	55	15	790	85	8	20	200	405	35	GA	비교강	
5	B	1250	900	20	500	50	20	790	80	10	25	250	410	35	GA	적합강	
6	B	1250	900	20	500	50	20	810	80	10	25	250	410	35	GA	적합강	
7	B	1250	900	22	350	50	20	790	85	9	25	240	410	35	GA	비교강	
8	B	1250	900	22	710	50	20	790	85	9	25	240	410	35	GA	비교강	
9	C	1250	900	18	510	45	16	780	85	9	18	220	420	25	GA	적합강	
10	C	1250	900	18	510	45	16	780	85	9	8	220	420	30	GA	비교강	
11	C	1250	900	18	510	45	16	780	85	5	18	220	420	35	GA	비교강	
12	C	1250	900	18	510	45	16	780	85	15	18	220	420	40	GA	비교강	
13	D	1250	900	18	500	50	20	810	90	9	20	200	420	50	GA	비교강	
14	E	1250	900	25	510	45	20	790	80	8	18	250	405	35	GA	적합강	
15	E	1250	900	25	510	45	20	740	80	8	18	250	405	35	GA	비교강	
16	E	1250	900	25	510	45	20	920	80	8	18	250	405	35	GA	비교강	
17	E	1250	900	25	510	45	20	790	20	8	18	250	405	35	GA	비교강	
18	E	1250	900	25	510	45	20	790	220	8	18	250	405	35	GA	비교강	
19	F	1250	900	22	500	50	18	790	80	9	25	330	500	75	GA	적합강	
20	G	1250	900	25	510	45	18	790	85	9	20	250	410	35	GA	적합강	
21	H	1250	900	20	520	50	20	800	70	10	20	200	410	30	GA	적합강	
22	H	1250	900	20	520	50	8	800	70	10	20	200	410	30	GA	비교강	
23	H	1250	900	20	520	50	20	800	70	10	20	180	410	30	GA	비교강	
24	H	1250	900	20	520	50	20	800	70	10	20	360	410	30	GA	비교강	
25	I	1250	900	20	510	50	18	825	90	10	25	200	400	30	GA	적합강	
26	J	1250	900	25	510	45	20	800	80	8	20	200	410	35	GA	비교강	
27	K	1250	900	25	520	50	20	780	80	8	20	200	420	35	GA	비교강	
28	L	1250	900	20	510	50	15	790	80	10	20	250	400	40	GA	적합강	
29	L	1250	900	20	510	50	15	790	80	10	20	250	330	40	GA	비교강	
30	L	1250	900	20	510	50	15	790	80	10	20	250	610	40	GA	비교강	
31	M	1250	900	15	520	50	20	810	80	8	18	200	405	35	GA	비교강	
32	N	1250	900	15	520	50	20	770	80	7	18	200	405	35	GA	비교강	
33	O	1250	900	25	510	50	20	800	80	9	25	200	410	35	GA	적합강	
34	O	1250	900	25	510	50	20	800	80	9	25	200	410	7	GA	비교강	
35	O	1250	900	25	510	50	20	800	80	9	25	200	410	310	GA	비교강	
36	P	1250	900	22	500	50	20	790	80	8	25	250	450	75	GA	비교강	
37	Q	1250	900	20	500	50	15	800	80	9	25	250	430	75	GA	적합강	
38	R	1250	900	25	510	40	15	790	80	8	20	250	410	40	GA	적합강	
39	S	1250	900	20	520	40	15	780	85	8	20	240	420	30	GA	적합강	
40	T	1250	900	20	500	45	20	790	80	9	22	250	400	30	GA	적합강	
41	U	1250	900	20	510	50	20	800	80	9	25	250	410	75	GA	적합강	
42	V	1250	900	20	520	40	20	800	80	9	22	200	405	35	GA	적합강	
43	W	1250	900	20	520	40	20	800	80	9	22	220	420	50	GA	적합강	
44	X	1250	900	20	520	40	20	790	75	10	25	250	410	45	OR	적합강	
45	Y	1250	900	20	520	40	20	770	75	9	25	200	410	45	GI	적합강	
46	Z	1250	900	20	500	40	20	780	75	10	25	200	400	45	GI	적합강	
47	AA	1250	900	20	500	40	20	810	75	9	25	250	400	35	GA	비교강	
48	AB	1250	900	20	500	40	20	810	75	9	25	250	400	35	GA	비교강	

\* 1 : 800 °C 부터 700 °C 까지의 평균 가열 속도  
 \* 2 : 어닐링 온도부터 200 ~ 340 °C 까지의 평균 냉각 속도  
 ※ 밑줄은 본 발명 범위 외를 의미한다.

[0099]

[0100] (1) 조직 관찰

[0101] 얻어진 강관의 압연 방향의 관두께 단면을 연마하여, 1 질량% 나이탈에 의한 부식 현출시켰다. 주사형 전자 현미경으로 3000 배로 확대하여, 표면으로부터 관두께 1/4t 부까지의 영역 내를 10 시야분 촬영하고, ASTM E 112-10 에 준거한 절단법에 의해 구한다. t 는 강관의 두께 (관두께) 이다. 페라이트는 입내에 부식 자극이나 시멘타이트가 관찰되지 않는 형태를 갖는 조직이며, 프레스 마텐자이트 (FM) 와 잔류  $\gamma$  는 입내에 탄화물이 확인되지 않고, 페라이트보다 밝은 콘트라스트로 관찰되는 조직이다.

[0102] 페라이트의 면적률, 프레스 마텐자이트와 잔류  $\gamma$  의 합계 면적률, 프레스 마텐자이트와 잔류  $\gamma$  의 평균 입경, 표면으로부터 관두께 방향 200  $\mu$ m 의 범위에서, 프레스 마텐자이트 및 잔류  $\gamma$  중, 페라이트와만 인접하는 프레스 마텐자이트 및 잔류  $\gamma$  의 비율은, 상기 주사 전자 현미경에 의한 관찰 결과를 화상 해석함으로써 구하였다.

[0103] 페라이트의 면적률은, 각 조직 시야에 있어서, 페라이트 부분만을 추출하고, 관찰 시야 면적에 대하여 페라이트가 차지하는 면적률을 구하고, 10 시야의 면적률의 값을 평균함으로써 구하였다. 마찬가지로, 프레스 마텐자이트와 잔류  $\gamma$  의 합계 면적률은, 각 관찰 시야에 있어서, 프레스 마텐자이트 및 잔류  $\gamma$  부분만을 추출하고, 관찰 시야 면적에 대하여 프레스 마텐자이트와 잔류  $\gamma$  가 차지하는 면적률을 구하고, 10 시야의 면적률의 값을 평균함으로써 구하였다. 또, 프레스 마텐자이트와 잔류  $\gamma$  의 평균 입경에 대해서는, 프레스 마텐자이트와 잔류  $\gamma$  는 섬 (島) 형상의 형태를 나타내고, 양자는 구별하기 어려운 것이기 때문에, 일체의 것으로서 취급한다. 즉, 프레스 마텐자이트와 잔류  $\gamma$  의 평균 입경은, 각 관찰 시야에 있어서, 프레스 마텐

자이트와 잔류  $\gamma$  입자의 원상당경을 구하고, 10 시야의 프레스 마텐자이트와 잔류  $\gamma$  의 원상당경의 값을 평균한 값을, 프레스 마텐자이트와 잔류  $\gamma$  의 평균 입경으로 하였다.

[0104] 「표면으로부터 관두께 방향 200  $\mu\text{m}$  의 범위에서, 프레스 마텐자이트 및 잔류  $\gamma$  중, 페라이트와만 인접하는 프레스 마텐자이트 및 잔류  $\gamma$  의 비율」은, 표면으로부터 관두께 방향 200  $\mu\text{m}$  까지의 영역 내를 10 시야분 촬영하고, 각 관찰 시야에 있어서, 화상 해석에 의해, 조직 경계에 있어서 1 개 지점도 페라이트 이외의 조직과 접하고 있지 않은 프레스 마텐자이트 및 잔류  $\gamma$  를 결정하고, 면적률을 구하고, 그 값을 관찰 시야 내에 존재하는 프레스 마텐자이트 및 잔류  $\gamma$  의 합계 면적으로 나눈 값을, 「프레스 마텐자이트 및 잔류  $\gamma$  중, 페라이트와 인접하는 프레스 마텐자이트 및 잔류  $\gamma$  의 비율」로 하고, 10 시야의 각각의 비율을, 평균함으로써 구하였다. 또한, 그 밖의 상(相)으로서 템퍼드 마텐자이트, 베이나이트 및 펄라이트가 확인되었다.

[0105] (2) 인장 특성

[0106] 압연 방향과 90° 의 방향을 길이 방향(인장 방향)으로 하는 JIS Z 2201 에 기재된 5 호 시험편을 사용하여, JIS Z 2241 에 준거한 인장 시험을 5 회 실시하고, 평균의 항복 강도 (YP), 인장 강도 (TS), 맞댐 신장 (EL) 을 구하였다.

[0107] (3) 구멍 확장률

[0108] 일본 철강 연맹 규격 JFST1001 에 기초하여 실시하였다. 초기 직경  $d_0 = 10 \text{ mm}$  의 구멍을 타발하고, 60° 의 원추형 펀치를 상승시켜 구멍을 넓혔을 때에, 균열이 관두께 관통한 지점에서 펀치의 상승을 멈추고, 균열 관통 후의 타발 구멍 지름  $d$  를 측정하고, 다음 식에 의해 구멍 확장률을 산출하였다.

[0109] 구멍 확장률 (%) =  $((d - d_0) / d_0) \times 100$

[0110] 이 시험은, 동일 번호의 강관에 대해 3 회 실시하고, 구멍 확장률의 평균값 ( $\lambda$ ) 을 구하였다.

[0111] (4) 용접부 피로 시험

[0112] 이하의 조건으로 스폿 용접을 실시하였다. 전극 : DR 6 mm - 40 R, 가압력 : 4802 N (490 kgf), 통전 시간 : 17 cycles 로 실시하고, 너깃 직경을 6.5 mm 가 되도록 전류값을 조정하고, 십자 인장 시험편을 제조하였다.

그 후, 피로 한도를  $10^7$  회, 시험 속도 20 Hz 로 시험을 실시하고, JIS Z 3137 에 기초하여 십자 인장 시험을 실시하였다. 하중 범위가 250 N 이상인 경우 「◎」라고 판정하고, 하중 범위가 180 N 초과 250 N 미만인 경우 「○」로 판정하고, 하중 범위가 110 N 이상 180 N 미만인 경우 「△」로 판정하고, 하중 범위가 110 N 미만인 경우 「×」로 판정하였다.

[0113] 결과를 표 3 에 나타낸다.

표 3

No.	강판 조직 특징						강판 특성				용접부 피로 시험	비고
	페라이트 (%)	FM + 잔류 $\gamma$ (%)	템퍼드 마텐자이트 (%)	FM 과 잔류 $\gamma$ 의 평균 일령 ( $\mu$ m)	페라이트상과만 인접하는 프레스 마텐자이트와 잔류 $\gamma$ 의 합계 면적률 (%)	잔부 조직 (베이나이트 + 펠라이트)	YP(MPa)	TS(MPa)	EL(%)	$\lambda$ (%)		
1	16	8	65	1	20	11	890	1020	11.8	70	◎	적합강
2	30	15	44	2	25	11	740	1000	13.1	55	◎	적합강
3	2	12	75	3	25	11	700	1010	10.2	45	×	비교강
4	55	4	36	2	75	5	520	860	15.6	30	×	비교강
5	20	9	64	2	15	7	720	1020	13.2	50	◎	적합강
6	10	8	75	1	15	7	850	1010	10.6	65	◎	적합강
7	3	4	90	3	50	3	750	1040	12.5	45	×	비교강
8	56	3	32	2	75	9	530	890	14.9	32	×	비교강
9	10	6	75	1	12	9	850	1060	12.5	50	◎	적합강
10	3	7	80	1	25	10	540	940	14.5	45	×	비교강
11	15	5	70	1	75	10	820	1030	13.1	40	×	비교강
12	13	5	70	1	74	12	830	1020	12.9	40	×	비교강
13	60	3	30	2	75	7	500	790	16.2	35	×	비교강
14	18	8	69	2	18	5	710	1035	13.6	45	◎	적합강
15	4	4	85	1	75	7	545	860	10.2	20	×	비교강
16	4	2	88	2	50	8	540	880	10.5	60	×	비교강
17	5	3	85	1	75	7	535	870	10.5	20	×	비교강
18	15	2	70	2	80	13	650	1020	9.2	30	×	비교강
19	35	5	45	2	28	15	610	950	15.2	40	○	적합강
20	25	10	52	3	25	13	750	1030	13.9	45	○	적합강
21	15	9	68	2	15	8	780	1020	12.6	55	◎	적합강
22	22	9	60	7	40	9	620	680	15.6	45	×	비교강
23	20	1	73	2	80	6	545	920	12.5	70	×	비교강
24	18	35	40	6	65	7	800	1080	10.6	20	×	비교강
25	16	12	62	2	28	10	810	995	15.4	60	○	적합강
26	2	32	60	7	40	6	910	1250	9.3	15	×	비교강
27	55	1	38	3	75	6	540	860	15.9	30	×	비교강
28	22	10	60	2	20	8	730	1025	13.5	55	◎	적합강
29	24	1	70	2	72	5	700	1000	13.8	50	×	비교강
30	23	4	65	3	80	8	680	980	13.6	40	×	비교강
31	20	8	63	2	50	9	760	1020	13.4	50	×	비교강
32	25	3	64	6	50	8	545	900	12.9	40	×	비교강
33	18	10	60	2	15	12	790	1030	12.9	50	◎	적합강
34	15	9	70	2	78	6	780	1025	13.3	45	×	비교강
35	17	6	69	2	65	8	540	880	12.8	35	×	비교강
36	30	6	58	2	72	6	545	920	14.8	35	×	비교강
37	25	8	58	1	15	9	770	1000	13.5	40	○	적합강
38	20	11	56	2	20	13	740	1030	13.8	50	◎	적합강
39	22	10	54	2	25	14	735	1020	13.2	45	◎	적합강
40	20	8	56	2	15	16	700	1020	14.5	50	◎	적합강
41	23	9	54	1	18	14	760	980	14.2	40	◎	적합강
42	20	9	55	2	20	16	785	1020	13.4	50	○	적합강
43	18	9	66	2	25	7	630	920	14.3	45	○	적합강
44	20	11	63	2	25	6	700	1020	14.1	45	○	적합강
45	40	6	45	2	28	9	640	960	16.1	30	○	적합강
46	22	9	60	1	28	9	725	1015	15.2	40	○	적합강
47	8	8	80	1	35	4	860	1060	12.8	20	×	비교강
48	10	4	76	7	50	10	720	1030	13.7	25	×	비교강

\* 밑줄은 본 발명 범위 외를 의미한다.  
FM : 프레스 마텐자이트

[0114]