



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년08월23일

(11) 등록번호 10-1650641

(24) 등록일자 2016년08월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C22C 38/04 (2006.01) C21D 9/46 (2006.01)

C22C 38/14 (2006.01) C22C 38/58 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-7017827

(22) 출원일자(국제) 2012년12월10일

심사청구일자 2014년06월27일

(85) 번역문제출일자 2014년06월27일

(65) 공개번호 10-2014-0098218

(43) 공개일자 2014년08월07일

(86) 국제출원번호 PCT/JP2012/007870

(87) 국제공개번호 WO 2013/088692

국제공개일자 2013년06월20일

(30) 우선권주장

JP-P-2011-270937 2011년12월12일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

JP2011021224 A*

JP2000328186 A*

JP평성10317094 A

JP평성10265899 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

제이에프이 스틸 가부시키키가이샤

일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방 3고

(72) 발명자

기즈 다로

일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방 3고 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤 지테크자이 산부 나이

후지타 고이치로

일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방 3고 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤 지테크자이 산부 나이

(74) 대리인

특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 26 항

심사관 : 정상익

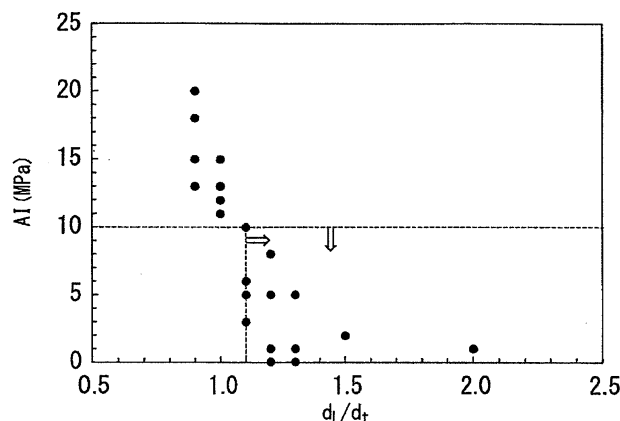
(54) 발명의 명칭 내시효성이 우수한 강판 및 그 제조 방법

(57) 요약

내시효성이 우수한 강판 및 그 제조 방법을 제공한다.

질량% 로, C : 0.015 ~ 0.05 %, Si : 0.10 % 미만, Mn : 0.1 ~ 2.0 %, P : 0.20 % 이하, S : 0.1 % 이하, Al : 0.01 ~ 0.10 %, N : 0.005 % 이하, Ti : 0.06 ~ 0.5 % 를 함유하고, 또한 C 와 Ti 가 $Ti^*/C \geq 4$ (여기에서, Ti^* (질량%) = $Ti - 3.4N$, Ti, C, N : 각 원소의 함유량 (질량%)) 를 만족시키는 조성을 갖고, 평균 입경이 7 μm 이상인 페라이트를 주체로 하고, 또한 페라이트의, 압연 방향 평균 입경 d_L 과 관두께 방향 평균 입경 d_t 의 비 d_L/d_t 가 1.1 이상인 조직을 갖는다. 이로써, 내시효성이 우수한 강판이 된다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

질량% 로,

C : 0.015 ~ 0.05 %, Si : 0.10 % 미만,
Mn : 0.1 ~ 2.0 %, P : 0.20 % 이하,
S : 0.1 % 이하, Al : 0.01 ~ 0.10 %,
N : 0.005 % 이하, Ti : 0.06 ~ 0.5 %

를 함유하고, 또한 C 와 Ti 가 하기 (1) 식을 만족시키고, 잔부 Fe 및 불가피적 불순물을 함유하는 조성을 갖고, 페라이트상을 주체로 하고, 그 페라이트상의 평균 입경이 $7\ \mu\text{m}$ 이상이고, 또한 페라이트상의 압연 방향 평균 입경 d_L 과 관두께 방향 평균 입경 d_t 의 비 d_L/d_t 가 1.1 이상 2.0 이하인 조직을 가지며, 하기 압연 방향의 AI (시효 지수 aging index) 값이 10 MPa 이하인 내시효성이 우수한 강판:

$$Ti^*/C \geq 4 \cdots (1)$$

여기에서, $Ti^* = Ti - 3.4N$,

Ti, C, N : 각 원소의 함유량 (질량%),

압연 방향의 AI 값은, 압연 방향이 인장 방향이 되도록 인장 시험편을 채취하여 7.5 %의 예비 변형을 부여하고, $100\ ^\circ\text{C} \times 30\ \text{min}$ 의 시효 처리를 실시한 후의 항복 응력에서 7.5 % 예비 변형 후의 응력을 뺀 값으로 정의된다.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 조성에 더하여, 추가로 질량% 로, B : 0.0005 ~ 0.0050 % 를 함유하는 강판.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 조성에 더하여, 추가로 질량% 로, Nb : 0.005 ~ 0.1 %, V : 0.005 ~ 0.1 %, W : 0.005 ~ 0.1 %, Mo : 0.005 ~ 0.1 %, Cr : 0.005 ~ 0.1 % 로 이루어지는 군에서 선택된 적어도 1 종을 함유하는 강판.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 조성에 더하여, 추가로 질량% 로, Nb : 0.005 ~ 0.1 %, V : 0.005 ~ 0.1 %, W : 0.005 ~ 0.1 %, Mo : 0.005 ~ 0.1 %, Cr : 0.005 ~ 0.1 % 로 이루어지는 군에서 선택된 적어도 1 종을 함유하는 강판.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 조성에 더하여, 추가로 질량% 로, Ni : 0.01 ~ 0.1 %, Cu : 0.01 ~ 0.1 % 로 이루어지는 군에서 선택된 적어도 1 종을 함유하는 강판.

청구항 6

제 2 항에 있어서,

상기 조성에 더하여, 추가로 질량% 로, Ni : 0.01 ~ 0.1 %, Cu : 0.01 ~ 0.1 % 로 이루어지는 군에서 선택된 적어도 1 종을 함유하는 강판.

청구항 7

제 3 항에 있어서,

상기 조성에 더하여, 추가로 질량% 로, Ni : 0.01 ~ 0.1 %, Cu : 0.01 ~ 0.1 % 로 이루어지는 군에서 선택된 적어도 1 종을 함유하는 강판.

청구항 8

제 4 항에 있어서,

상기 조성에 더하여, 추가로 질량% 로, Ni : 0.01 ~ 0.1 %, Cu : 0.01 ~ 0.1 % 로 이루어지는 군에서 선택된 적어도 1 종을 함유하는 강판.

청구항 9

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 강판이, 판두께 : 0.5 mm 이하의 박강판인 강판.

청구항 10

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 강판이, 표면에 도금층을 갖는 강판.

청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 강판이, 표면에 도금층을 갖는 강판.

청구항 12

강 소재를, 가열하여 조압연 및 마무리 압연으로 이루어지는 열간 압연을 실시하여 열연판으로 하는 강판의 제조 방법에 있어서,

상기 강 소재가, 질량% 로,

C : 0.015 ~ 0.05 %, Si : 0.10 % 미만,

Mn : 0.1 ~ 2.0 %, P : 0.20 % 이하,

S : 0.1 % 이하, Al : 0.01 ~ 0.10 %,

N : 0.005 % 이하, Ti : 0.06 ~ 0.5 %

를 함유하고, 또한 C 와 Ti 가 하기 (1) 식을 만족시키고, 잔부 Fe 및 불가피적 불순물을 함유하는 조성을 갖고,

상기 열간 압연이, 900 ~ 950 °C 의 온도 범위의 유지 시간이 3 s 이상이고,

상기 마무리 압연이, 마무리 압연 종료 온도 : Ar3 변태점 이상의 온도에서 압연을 종료하는 압연으로 하고, 그 마무리 압연 종료 후, 상기 열연판을 평균 냉각 속도 : 50 °C/s 이하로 냉각시키고, 권취 온도 : 600 °C 이상에서 감는 내시효성이 우수한 강판의 제조 방법:

$$Ti^*/C \geq 4 \cdots (1)$$

여기에서, $Ti^* = Ti - 3.4N$,

Ti, C, N : 각 원소의 함유량 (질량%).

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 강 소재가, 상기 조성에 더하여, 추가로 질량% 로, B : 0.0005 ~ 0.0050 % 를 함유하는 강판의 제조 방법.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 강 소재가, 상기 조성에 더하여, 추가로 질량% 로, Nb : 0.005 ~ 0.1 %, V : 0.005 ~ 0.1 %, W : 0.005 ~ 0.1 %, Mo : 0.005 ~ 0.1 %, Cr : 0.005 ~ 0.1 % 로 이루어지는 군에서 선택된 적어도 1 종을 함유하는 강판의 제조 방법.

청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 강 소재가, 상기 조성에 더하여, 추가로 질량% 로, Nb : 0.005 ~ 0.1 %, V : 0.005 ~ 0.1 %, W : 0.005 ~ 0.1 %, Mo : 0.005 ~ 0.1 %, Cr : 0.005 ~ 0.1 % 로 이루어지는 군에서 선택된 적어도 1 종을 함유하는 강판의 제조 방법.

청구항 16

제 12 항에 있어서,

상기 강 소재가, 상기 조성에 더하여, 추가로 질량% 로, Ni : 0.01 ~ 0.1 %, Cu : 0.01 ~ 0.1 % 로 이루어지는 군에서 선택된 적어도 1 종을 함유하는 강판의 제조 방법.

청구항 17

제 13 항에 있어서,

상기 강 소재가, 상기 조성에 더하여, 추가로 질량% 로, Ni : 0.01 ~ 0.1 %, Cu : 0.01 ~ 0.1 % 로 이루어지는 군에서 선택된 적어도 1 종을 함유하는 강판의 제조 방법.

청구항 18

제 14 항에 있어서,

상기 강 소재가, 상기 조성에 더하여, 추가로 질량% 로, Ni : 0.01 ~ 0.1 %, Cu : 0.01 ~ 0.1 % 로 이루어지는 군에서 선택된 적어도 1 종을 함유하는 강판의 제조 방법.

청구항 19

제 15 항에 있어서,

상기 강 소재가, 상기 조성에 더하여, 추가로 질량% 로, Ni : 0.01 ~ 0.1 %, Cu : 0.01 ~ 0.1 % 로 이루어지는 군에서 선택된 적어도 1 종을 함유하는 강판의 제조 방법.

청구항 20

제 12 항 내지 제 19 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 열간 압연에 있어서의 상기 조압연이, 합계 압하율 : 80 % 이상이고, 최종 압연 온도 : 1150 °C 이하로 하는 압연인 강판의 제조 방법.

청구항 21

제 12 항 내지 제 19 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 열연판에 추가로 산세 및 냉간 압연을 실시하여 냉연판으로 하고, 그 냉연판에 추가로 650 ~ 850 °C 의

범위의 균열 온도에서 10 ~ 300 s 동안 유지하는 균열 처리를 실시하는 강판의 제조 방법.

청구항 22

제 20 항에 있어서,

상기 열연판에 추가로 산세 및 냉간 압연을 실시하여 냉연판으로 하고, 그 냉연판에 추가로 650 ~ 850 °C 의 범위의 균열 온도에서 10 ~ 300 s 동안 유지하는 균열 처리를 실시하는 강판의 제조 방법.

청구항 23

제 12 항 내지 제 19 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 강판에, 추가로 도금 처리를 실시하는 강판의 제조 방법.

청구항 24

제 20 항에 있어서,

상기 강판에, 추가로 도금 처리를 실시하는 강판의 제조 방법.

청구항 25

제 21 항에 있어서,

상기 강판에, 추가로 도금 처리를 실시하는 강판의 제조 방법.

청구항 26

제 22 항에 있어서,

상기 강판에, 추가로 도금 처리를 실시하는 강판의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 컴프레서 등의 압력 용기용 혹은 알칼리 전지, Li 전지 등의 용기용으로서 바람직한 강판에 관한 것으로, 특히 내시효성 (aging resistance property) 의 향상에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근, 진공 탈가스에 의해 C 량을 수십 ppm 이하로 저감시킨 다음에, 추가로 Ti, Nb 등의 탄질화물 형성 원소를 미량 첨가하여 고용 C, N 을 프리화한 IF (Interstitial Free) 강판이 개발되어, 용기용 등 각종 용도에 널리 사용되고 있다. 고용 C, N 을 프리화한 IF 강판은 시효 경화되는 경우가 없어, 가공성이 우수하기 때문에, 드로잉 가공 등의 고성형성이 요구되는 용기용 강판으로서 사용되는 경우가 많다. 그러나, 용강의 C 량을 저감시키면, 비특허문헌 1 에 나타나는 바와 같이, 용존 산소량이 증가하기 때문에, 알루미늄 등의 개재물이 증가한다는 문제가 있다.

[0003] 최근, 지구 환경 보전 등의 관점에서, 강판을 박육화하여 강재의 사용량을 삭감하고자 하는 요망이 커지고 있다. 이와 같은 요망을 따라 IF 강판을 박육화하면, 개재물이 표면에 나타나기 쉬워지고, 극박재의 경우에는 판두께를 판통한 결함이 되기 쉽거나 하는 문제가 발생한다. 한편, 저탄소 강판 (C 량을 극단적으로 저감시키는 경우가 없기 때문에 개재물이 적어, 개재물이 표면에 나타나기 쉽거나 하는 문제가 발생하지 않음) 에서는, 시효 경화가 발생하여 성형성이 저하되기 때문에, 박육화시에 프레스 균열 등의 문제가 발생하기 쉽다.

[0004] 이 때문에, 이와 같은 강판의 박육화와 관련하여, 개재물이 적고 또한 시효 경화되지 않는 저탄소 강판이 강력하게 요망되고 있었다.

[0005] 이와 같은 요망에 대해, 예를 들어 특허문헌 1 에는, 중량% 로, C : 0.01 ~ 0.1 % 미만, Si : 0.1 ~ 1.2 %, Mn : 3.0 % 이하, Ti : (유효 *Ti)/C 가 4 ~ 12, B : 0.0005 ~ 0.005 %, Al : 0.1 % 이하, P : 0.1 % 이하, S : 0.02 % 이하, N : 0.005 % 이하를 함유하는 성형 가공용 고강도 강판이 기재되어 있다. 여기에서, 유효 *Ti = Ti - 1.5S - 3.43N 으로 정의된다. 특허문헌 1 에 기재된 기술에 의하면, Si 를 많

이 함유시켜 페라이트 중으로부터의 C 배출을 촉진시키고, 또한 유효 *Ti/C 를 4 ~ 12 로 조정함으로써 C 량을 많이 한 저 C 강판에 있어서도, 고용 C, N, S 등을 완전히 고정시킬 수 있어, 면내 이방성이 작고, 저항복비, 완전 비시효로 고온 가열에 의한 연질화를 방지할 수 있다고 하고 있다.

- [0006] 또, 특허문헌 2 에는, 질량% 로, C : 0.0080 ~ 0.0200 %, Si : 0.02 % 이하, Mn : 0.15 ~ 0.25 %, Al : 0.065 ~ 0.200 %, N : 0.0035 % 이하, Ti : $0.5 \leq (Ti - (48/14)N - (48/32)S)/((48/12)C) \leq 2.0$ 을 함유하고, 평균 결정 입경이 20.0 μm 이하인 이방성이 작은 강판이 기재되어 있다. 특허문헌 2 에 기재된 기술에 의하면, 면내 이방성 (in-plane anisotropy) 의 지수인 Δr 의 냉간 압연을 의존성이 작고, 제조 조건의 편차에 의한 Δr 의 변화가 작은 강판이 얻어진다고 하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 평05-5156호
(특허문헌 0002) 일본 공개특허공보 2007-9272호

비특허문헌

- [0008] (비특허문헌 0001) 금속 화학 입문 시리즈 2 철강 정련, p.195, 2000년 7월 발행, 금속 학회.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 그러나, 특허문헌 1 에 기재된 기술에서는, 페라이트 중으로부터의 C 배출을 촉진시켜, 페라이트역에서 Ti 탄화물을 석출시키고 있으나, 페라이트역에서 석출되는 Ti 탄화물은 미세하고 또한 매트릭스와 정합하여 석출되기 때문에, 강판이 경질화되고, 특히 시효 후의 강도의 상승이 현저해진다는 문제가 있었다. 또, 특허문헌 2 에 기재된 기술에 있어서도, Ti 탄화물이 미세하게 석출되고, 시효 후의 강도가 현저히 높아져 성형성이 저하된다는 문제가 있었다.

- [0010] 본 발명은, 이러한 종래 기술의 문제를 해결하여 내시효성이 우수한 강판 및 그 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다. 본 발명의 강판은 여러 가지 두께를 채용할 수 있고, 예를 들어 판두께 : 0.5 mm 이하의 극박재에 특히 바람직하게 적용할 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0011] 본 발명자들은 상기한 목적을 달성하기 위해, 내시효성에 미치는 각종 요인에 대하여 예의 연구하였다. 그 결과, 열간 압연에 있어서 석출물을 조대하게 석출시킴으로써, 페라이트립 (ferrite grain) 의 에스펙트비, 즉 압연 방향 평균 입경 d_L 과 판두께 방향 평균 입경 d_t 의 비 d_L/d_t 를 크게 할 수 있고, 그 결과 내시효성이 현저히 향상되는 것을 알아냈다. 즉, 페라이트립의 압연 방향 평균 입경 d_L 과 판두께 방향 평균 입경 d_t 의 비 d_L/d_t 를 1.1 이상으로 조정함으로써, 예를 들어 시효 지수 AI (aging index) 를 10 MPa 이하로 할 수 있는 것을 알아냈다.

- [0012] 먼저, 본 발명자들이 실시한 실험 결과에 대하여 설명한다.

- [0013] 질량% 로, 0.015 ~ 0.055 % C-0.01 ~ 0.10 % Si-0.1 ~ 2.0 % Mn-0.01 ~ 0.20 % P-0.01 ~ 0.05 % S-0.01 ~ 0.12 % Al-0.05 ~ 0.55 % Ti-0.001 ~ 0.005 % N 을 함유하고, Ti 와 C 의 비를 조정하여 함유하는 조성의 슬래브에 여러 가지 조건의 조(粗)압연, 마무리 압연으로 이루어지는 열간 압연을 실시하여 2.0 ~ 4.0 mm 의 열연판으로 하였다. 이어서, 얻어진 열연판을 산세하고, 냉간 압연을 실시하여 0.25 ~ 1.0 mm 의 냉연판으로 하고, 이어서, 여러 가지 조건의 균열 처리를 실시하였다.

- [0014] 얻어진 강판에 대하여 조직 관찰을 실시하고, 실시예에 기재된 방법으로 압연 방향의 페라이트 평균 입경 d_L 과

관두께 방향의 페라이트 평균 입경 d_t 를 각각 구하였다. 또, 얻어진 강판에 대하여 시효 지수 AI 및 시효 후의 항복 응력 (실시예에 기재된 방법으로 구함) 을 구하였다. 또한, 시효 지수 AI 는, 얻어진 강판으로부터 채취한 인장 시험편에 7.5 % 의 예비 변형 (pre-strain) 을 부여한 후, 100 °C × 30 min 의 시효 처리를 실시하고, 시효 처리 후의 항복 응력에서 7.5 % 예비 변형 후의 강도 (응력) 를 뺀 값으로서 산출하는 것으로 한다.

[0015] 얻어진 결과를 도 1, 도 2 에 나타낸다.

[0016] 도 1 로부터, d_L/d_t 를 1.1 이상으로 함으로써, 시효 지수 AI 를 10 MPa 이하로 할 수 있는 것을 알 수 있다. 또, 도 2 로부터, d_L/d_t 를 1.1 이상으로 함으로써, 시효 후의 항복 응력을 400 MPa 이하로 할 수 있는 것을 알 수 있다.

[0017] d_L/d_t 를 1.1 이상으로 함으로써, 시효 후의 강도 증가를 억제할 수 있거나 혹은 시효 지수 AI 를 10 MPa 이하로 할 수 있는 메커니즘에 대해서는 현재까지 명확하게 되어 있는 것은 아니지만, 본 발명자들은 다음과 같이 생각하고 있다.

[0018] 석출물 (TiC) 을 조대화함으로써, 특히 압연 방향 (관두께 방향에 비해 석출물의 밀도가 낮음) 의 페라이트립의 성장이 저해되지 않는 점에서, 페라이트립의 압연 방향 평균 입경 d_L 과 관두께 방향 평균 입경 d_t 의 비 d_L/d_t 를 크게 할 수 있다. 그리고, 페라이트립의 d_L/d_t 가 커짐으로써, 변형을 부가할 때에 관두께 방향으로 변형을 집중시킬 수 있고, 시효 처리 후에, 인장 방향 (압연 방향) 의 항복 응력의 증가량이 적어져, 결과적으로 시효 지수 AI 도 작게 할 수 있다.

[0019] 본 발명은, 이러한 지견에 기초하여 추가로 검토를 하여 완성된 것이다. 즉, 본 발명의 요지는 다음과 같다.

[0020] (1) 질량% 로,

[0021] C : 0.015 ~ 0.05 %, Si : 0.10 % 미만,

[0022] Mn : 0.1 ~ 2.0 %, P : 0.20 % 이하,

[0023] S : 0.1 % 이하, Al : 0.01 ~ 0.10 %,

[0024] N : 0.005 % 이하, Ti : 0.06 ~ 0.5 %

[0025] 를 함유하고, 또한 C 와 Ti 가 하기 (1) 식을 만족시키고, 잔부 Fe 및 불가피적 불순물을 함유하는 조성을 갖고, 페라이트상을 주체로 하고, 그 페라이트상의 평균 입경이 7 μ m 이상이고, 또한 페라이트상의 압연 방향 평균 입경 d_L 과 관두께 방향 평균 입경 d_t 의 비 d_L/d_t 가 1.1 이상인 조직을 가지며, 하기 압연 방향의 AI (시효 지수 aging index) 값이 10 MPa 이하인 내시효성이 우수한 강판.

[0026] $Ti^*/C \geq 4 \cdots (1)$

[0027] 여기에서, $Ti^* = Ti - 3.4N$,

[0028] Ti, C, N : 각 원소의 함유량 (질량%),

[0029] 압연 방향의 AI 값은, 압연 방향이 인장 방향이 되도록 인장 시험편을 채취하여 7.5 % 의 예비 변형을 부여하고, 100 °C × 30 min 의 시효 처리를 실시한 후의 항복 응력에서 7.5 % 예비 변형 후의 응력을 뺀 값으로 정의된다.

[0030] (2) (1) 에 있어서, 상기 조성에 더하여, 추가로 질량% 로, B : 0.0005 ~ 0.0050 % 를 함유하는 것을 특징으로 하는 내시효성이 우수한 강판.

[0031] (3) (1) 또는 (2) 에 있어서, 상기 조성에 더하여, 추가로 질량% 로, Nb : 0.005 ~ 0.1 %, V : 0.005 ~ 0.1 %, W : 0.005 ~ 0.1 %, Mo : 0.005 ~ 0.1 %, Cr : 0.005 ~ 0.1 % 중 1 종 또는 2 종 이상을 함유하는 것을 특징으로 하는 내시효성이 우수한 강판.

[0032] (4) (1) 내지 (3) 중 어느 하나에 있어서, 상기 조성에 더하여, 추가로 질량% 로, Ni : 0.01 ~ 0.1 %, Cu : 0.01 ~ 0.1 % 중 1 종 또는 2 종을 함유하는 것을 특징으로 하는 내시효성이 우수한 강판.

- [0033] (5) (1) 내지 (4) 중 어느 하나에 있어서, 상기 강판이, 판두께 : 0.5 mm 이하의 박강판인 것을 특징으로 하는 내시효성이 우수한 강판.
- [0034] (6) (1) 내지 (5) 중 어느 하나에 있어서, 상기 강판이, 표면에 도금층을 갖는 것을 특징으로 하는 내시효성이 우수한 강판.
- [0035] (7) 강 소재를, 가열하여 조압연 및 마무리 압연으로 이루어지는 열간 압연을 실시하여 열연판으로 하는 강판의 제조 방법에 있어서, 상기 강 소재가, 질량% 로, C : 0.015 ~ 0.05 %, Si : 0.10 % 미만, Mn : 0.1 ~ 2.0 %, P : 0.20 % 이하, S : 0.1 % 이하, Al : 0.01 ~ 0.10 %, N : 0.005 % 이하, Ti : 0.06 ~ 0.5 % 를 함유하고, 또한 C 와 Ti 가 하기 (1) 식
- [0036]
$$Ti^*/C \geq 4 \cdots (1)$$
- [0037] (여기에서, Ti^* (질량%) = $Ti - 3.4N$, Ti, C, N : 각 원소의 함유량 (질량%))
- [0038] 을 만족시키도록 함유하고, 잔부 Fe 및 불가피적 불순물을 함유하는 조성을 갖고, 상기 열간 압연이, 900 ~ 950 °C 의 온도 범위의 유지 시간이 3 s 이상이고, 상기 마무리 압연이, 마무리 압연 종료 온도 : Ar3 변태점 이상의 온도에서 압연을 종료하는 압연으로 하고, 그 마무리 압연 종료 후, 상기 열연판을 평균 냉각 속도 : 50 °C/s 이하로 냉각시키고, 권취 온도 : 600 °C 이상에서 감는 내시효성이 우수한 강판의 제조 방법.
- [0039] (8) (7) 에 있어서, 상기 강 소재가, 상기 조성에 더하여, 추가로 질량% 로, B : 0.0005 ~ 0.0050 % 를 함유하는 것을 특징으로 하는 내시효성이 우수한 강판의 제조 방법.
- [0040] (9) (7) 또는 (8) 에 있어서, 상기 강 소재가, 상기 조성에 더하여, 추가로 질량% 로, Nb : 0.005 ~ 0.1 %, V : 0.005 ~ 0.1 %, W : 0.005 ~ 0.1 %, Mo : 0.005 ~ 0.1 %, Cr : 0.005 ~ 0.1 % 중 1 종 또는 2 종 이상을 함유하는 것을 특징으로 하는 내시효성이 우수한 강판의 제조 방법.
- [0041] (10) (7) 내지 (9) 중 어느 하나에 있어서, 상기 강 소재가, 상기 조성에 더하여, 추가로 질량% 로, Ni : 0.01 ~ 0.1 %, Cu : 0.01 ~ 0.1 % 중 1 종 또는 2 종을 함유하는 것을 특징으로 하는 내시효성이 우수한 강판의 제조 방법.
- [0042] (11) (7) 내지 (10) 중 어느 하나에 있어서, 상기 열간 압연에 있어서의 상기 조압연이, 합계 압하율 : 80 % 이상이고, 최종 압연 온도 : 1150 °C 이하로 하는 압연인 것을 특징으로 하는 내시효성이 우수한 강판의 제조 방법.
- [0043] (12) (7) 내지 (11) 중 어느 하나에 있어서, 상기 열연판에 추가로 산세 및 냉간 압연을 실시하여 냉연판으로 하고, 그 냉연판에 추가로 650 ~ 850 °C 의 범위의 균열 온도에서 10 ~ 300 s 동안 유지하는 균열 처리를 실시하는 것을 특징으로 하는 내시효성이 우수한 강판의 제조 방법.
- [0044] (13) (7) 내지 (12) 중 어느 하나에 있어서, 상기 강판에, 추가로 도금 처리를 실시하는 것을 특징으로 하는 내시효성이 우수한 강판의 제조 방법.
- [0045] 상기 (1) ~ (4) 의 강판 조성에 대해서는,
- [0046] 「질량% 로, C : 0.015 ~ 0.05 %, Si : 0.10 % 미만, Mn : 0.1 ~ 2.0 %, P : 0.20 % 이하, S : 0.1 % 이하, Al : 0.01 ~ 0.10 %, N : 0.005 % 이하, Ti : 0.06 ~ 0.5 % 를 함유하고,
- [0047] 혹은 추가로 (optionally), 질량% 로, B : 0.0005 ~ 0.0050 % 를 함유하고,
- [0048] 혹은 추가로 질량% 로, Nb : 0.005 ~ 0.1 %, V : 0.005 ~ 0.1 %, W : 0.005 ~ 0.1 %, Mo : 0.005 ~ 0.1 %, Cr : 0.005 ~ 0.1 % 중 적어도 어느 것을 함유하고,
- [0049] 혹은 추가로 질량% 로, Ni : 0.01 ~ 0.1 %, Cu : 0.01 ~ 0.1 % 중 적어도 어느 것을 함유하고,
- [0050] 또한 C 와 Ti 가 다음 (1) 식
- [0051]
$$Ti^*/C \geq 4 \cdots (1)$$
- [0052] (여기에서, Ti^* (질량%) = $Ti - 3.4N$, Ti, C, N : 각 원소의 함유량 (질량%))
- [0053] 을 만족시키고, 잔부 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어진다」라고 표현할 수도 있다. 상기 (7) ~ (10) 의 강 소재의 조성에 대해서도 마찬가지이다.

발명의 효과

- [0054] 본 발명에 의하면, 시효 지수 AI 가 10 MPa 이하로 내시효성이 우수한 강판을 용이하게 또한 저렴하게 제조할 수 있어 산업상 각별한 효과를 발휘한다. 또, 본 발명에 의하면, 시효 처리 후의 항복 응력이 400 MPa 이하로 시효 후의 강도 증가가 적어, 가공성의 저하가 적은 강판을 얻을 수 있다는 효과도 있다.

도면의 간단한 설명

- [0055] 도 1 은 시효 지수 AI 에 미치는, 페라이트립의 압연 방향 평균 입경 d_L 과 관두께 방향 평균 입경 d_t 의 비 d_L/d_t 의 영향을 나타내는 그래프이다.
- 도 2 는 시효 처리 후의 항복 응력에 미치는, 페라이트립의 압연 방향 평균 입경 d_L 과 관두께 방향 평균 입경 d_t 의 비 d_L/d_t 의 영향을 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0056] 본 발명의 강판은 열연 강판, 냉연 강판 혹은 도금 강판이다. 어느 강판에 있어서도 두께에 특별히 제한은 없지만, 예를 들어 0.5 mm 이하의 극박재 (통상적으로, 냉연 공정을 필요로 함) 에 특히 바람직하게 적용할 수 있다.
- [0057] 먼저, 본 발명 강판의 조성 한정 이유에 대해서 설명한다. 이하, 특별히 언급하지 않는 한, 질량% 는 단순히 % 로 기재한다.
- [0058] C : 0.015 ~ 0.05 %
- [0059] C 는 정련시의 용존 산소를 저감시켜 개재물의 형성을 억제하는 작용을 갖는다. 또, C 는 TiC 의 형성을 촉진시킨다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, 0.015 % 이상 함유할 필요가 있다. 한편, 0.05 % 를 초과하여 함유하면, 강판을 경질화시키고, 또한 고용 C 로서 존재하면, 시효 경화를 촉진시킨다. 이 때문에, C 함유량은 0.015 ~ 0.05 % 의 범위로 한정하였다. 또한, 바람직하게는 0.02 ~ 0.035 % 이다.
- [0060] Si : 0.10 % 미만
- [0061] Si 는 다량으로 함유하면, 강판이 경질화되어, 가공성 (press formability) 이 저하된다. 또, Si 는 어닐링 시에 Si 산화 피막을 생성하여, 도금성을 저해한다. 또, Si 는 열간 압연시에 오스테나이트 (γ) → 페라이트 (α) 변태 온도를 상승시키기 때문에, γ 역에서 TiC 를 석출시키는 것이 어려워진다. 이 때문에, Si 함유량은 0.10 % 미만으로 한정하였다. 또한, 0.05 % 이하가 바람직하고, 나아가서는 0.04 % 이하가 바람직하다. 또, 보다 바람직하게는 0.03 % 이하이고, 더욱 바람직하게는 0.02 % 이하이다. Si 는 함유되어 있지 않아도 문제는 없다.
- [0062] Mn : 0.1 ~ 2.0 %
- [0063] Mn 은 강 중에서 유해한 S 를 MnS 로서 고정시켜 S 의 악영향을 억제하는 작용을 갖는다. 또, Mn 은 고용되어 강을 경질화시킴과 함께, 오스테나이트 (γ) 를 안정화시키는 작용을 갖는다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, 0.1 % 이상의 Mn 을 함유할 필요가 있다. 한편, 2.0 % 를 초과하여 Mn 을 다량으로 함유하는 것은, 냉각시에 저온 변태상 (bainite and/or martensite) 의 증가를 가져옴으로써, 강판의 경질화를 초래하여 가공성을 저하시킨다. 이와 같은 점에서, Mn 함유량은 0.1 ~ 2.0 % 의 범위로 한정하였다. 또한, 바람직하게는 1.0 % 이하, 보다 바람직하게는 0.5 % 이하, 더욱 바람직하게는 0.3 % 이하이다.
- [0064] P : 0.20 % 이하
- [0065] P 는 입계에 편석되어 연성이나 인성을 저하시킨다. 또, P 는 열간 압연시에 오스테나이트 (γ) → 페라이트 (α) 변태 온도를 상승시키기 때문에, γ 역에서 TiC 를 석출시키는 것이 어려워진다. 이 때문에, P 함유량은 가능한 한 저감시키는 것이 바람직하지만, 0.20 % 까지는 허용할 수 있다. 또한, 바람직하게는 0.1 % 이하, 보다 바람직하게는 0.05 % 이하, 더욱 바람직하게는 0.03 % 이하이다. P 는 함유되어 있지 않아도 문제는 없다.
- [0066] S : 0.1 % 이하

- [0067] S 는 열간에서의 연성을 현저히 저하시켜, 열간 균열 (hot roll cracking) 을 유발하여 표면 성상을 현저히 저하시킨다. 또한, S 는 강도 증가에는 거의 기여하지 않는 데다가, 불순물로서 조대한 MnS 를 형성하여 연성 및 인성을 저하시킨다. 이 때문에, S 함유량은 가능한 한 저감시키는 것이 바람직하지만, 0.1 % 까지는 허용할 수 있다. 또한, 바람직하게는 0.05 % 이하, 보다 바람직하게는 0.02 % 이하, 더욱 바람직하게는 0.01 % 이하이다. S 는 함유되어 있지 않아도 문제는 없다.
- [0068] Al : 0.01 ~ 0.10 %
- [0069] Al 은 탈산제로서 작용한다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, 0.01 % 이상의 Al 을 함유할 필요가 있다. 한편, 0.10 % 를 초과하여 Al 을 다량으로 함유하는 것은, 열간 압연시에 오스테나이트 (γ) → 페라이트 (α) 변태 온도를 상승시키기 때문에, γ 역에서의 TiC 의 석출을 어렵게 한다. 이 때문에, Al 함유량은 0.01 ~ 0.10 % 의 범위로 한정하였다. 또한, 바람직하게는 0.06 % 이하, 보다 바람직하게는 0.04 % 이하이다.
- [0070] N : 0.005 % 이하
- [0071] N 은 Ti 와 결합하여 TiN 을 형성함으로써, Ti 탄화물로서 석출되는 유효한 Ti 량을 저감시킨다. 또, N 은 다량으로 함유하면, 열간 압연 중에 슬래브 균열을 유발함으로써, 표면 흠집을 다발시킬 우려가 있다. 이와 같은 점에서, N 함유량은 0.005 % 이하로 한정하였다. 또한, 바람직하게는 0.003 % 이하, 더욱 바람직하게는 0.002 % 이하이다. N 은 함유되어 있지 않아도 문제는 없다.
- [0072] Ti : 0.06 ~ 0.5 %
- [0073] Ti 는 고용 C, N 과 결합하여 Ti 탄질화물을 형성하여, 고용 C, N 에 의한 시효 경화를 억제하는 작용을 갖는다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, Ti 를 0.06 % 이상 함유할 필요가 있다. 한편, 0.5 % 를 초과하여 다량으로 Ti 를 함유하는 것은, 제조 비용의 상승을 초래함과 함께, 열간 압연시에 오스테나이트 (γ) → 페라이트 (α) 변태 온도를 상승시키기 때문에, γ 역에서의 TiC 의 석출을 어렵게 한다. 이 때문에, Ti 함유량은 0.06 ~ 0.5 % 의 범위로 한정하였다. 또한, 바람직하게는 0.1 ~ 0.3 %, 보다 바람직하게는 0.2 % 이하, 더욱 바람직하게는 0.15 % 이하이다.
- [0074] 또한, Ti 는 상기한 범위 내이며, 또한 다음 (1) 식을 만족시키도록 조정하여 함유한다.
- [0075] $Ti^*/C \geq 4 \cdots (1)$
- [0076] 또한, 여기에서, Ti^* (질량%) = $Ti - 3.4N$ (여기에서, Ti, C, N : 각 원소의 함유량 (질량%)) 이다. Ti^* 는, TiN 으로서 석출되는 이외의 Ti 량을 의미한다. Ti^*/C 를 4 이상으로 함으로써, 고용 C 전부를 TiC 로서 석출시킬 수 있어, 시효 경화를 억제할 수 있다. 또한, Ti^*/C 의 상한은 특별히 한정하지 않지만, 10 정도 이하로 하면 충분하다. 또한, Ti^*/C 는 바람직하게는 5 이상, 더욱 바람직하게는 6 이상이다.
- [0077] 상기한 성분이 기본 성분이지만, 기본 조성에 더하여 추가로, 선택 원소로서, B : 0.0005 ~ 0.0050 % 및/또는 Nb : 0.005 ~ 0.1 %, V : 0.005 ~ 0.1 %, W : 0.005 ~ 0.1 %, Mo : 0.005 ~ 0.1 %, Cr : 0.005 ~ 0.1 % 중 1 종 또는 2 종 이상 및/또는 Ni : 0.01 ~ 0.1 %, Cu : 0.01 ~ 0.1 % 중 1 종 또는 2 종을 선택하여 함유할 수 있다.
- [0078] B : 0.0005 ~ 0.0050 %
- [0079] B 는 열간 압연시에 γ 입계에 편석하여 입계를 안정화시킴으로써, 페라이트의 핵 생성 사이트를 줄여 페라이트립을 조대화시키는 작용을 갖는다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, 0.0005 % 이상 함유하는 것이 바람직하다. 한편, 0.0050 % 를 초과하여 함유하는 것은, 열간 압연시에 γ 의 재결정을 크게 억제하기 때문에, 열간 압연 하중의 증대를 초래함과 함께, 냉연 후의 어닐링시에 재결정을 현저히 억제한다. 이 때문에, 함유하는 경우에는, B 함유량은 0.0005 ~ 0.0050 % 의 범위로 한정하는 것이 바람직하다. 또한, 보다 바람직하게는 0.0010 ~ 0.0030 %, 더욱 바람직하게는 0.0020 % 이하이다.
- [0080] Nb : 0.005 ~ 0.1 %, V : 0.005 ~ 0.1 %, W : 0.005 ~ 0.1 %, Mo : 0.005 ~ 0.1 %, Cr : 0.005 ~ 0.1 % 중 1 종 또는 2 종 이상
- [0081] Nb, V, W, Mo, Cr 은 모두 탄화물 형성 원소로서, 탄화물 형성을 통해 고용 C 의 감소에 기여하고, 내시효성을 개선시키는 작용을 가져, 필요에 따라 선택하여 함유할 수 있다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, Nb : 0.005 % 이상, V : 0.005 % 이상, W : 0.005 % 이상, Mo : 0.005 % 이상, Cr : 0.005 % 이상을 각각 함유

하는 것이 바람직하다. 한편, Nb : 0.1 %, V : 0.1 %, W : 0.1 %, Mo : 0.1 %, Cr : 0.1 % 를 각각 초과하여 함유하는 것은, 강판을 경질화시켜 가공성을 저하시킨다. 이 때문에, 함유하는 경우에는, Nb : 0.005 ~ 0.1 %, V : 0.005 ~ 0.1 %, W : 0.005 ~ 0.1 %, Mo : 0.005 ~ 0.1 %, Cr : 0.005 ~ 0.1 % 의 범위로 각각 한정하는 것이 바람직하다. 또한, 보다 바람직하게는 Nb : 0.05 % 이하, V : 0.05 % 이하, W : 0.05 % 이하, Mo : 0.05 % 이하, Cr : 0.05 % 이하이다.

[0082] Ni : 0.01 ~ 0.1 %, Cu : 0.01 ~ 0.1 % 중 1 종 또는 2 종

[0083] Ni, Cu 는 모두 열간 압연시에 γ 상을 세립화하여, γ 상 중에서의 TiC 의 석출을 촉진시키는 작용을 가져, 필요에 따라 1 종 또는 2 종을 함유할 수 있다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, 각각 Ni : 0.01 % 이상, Cu : 0.01 % 이상 함유할 필요가 있다. 한편, Ni : 0.1 %, Cu : 0.1 % 를 각각 초과하여 함유하는 것은, 열간 압연시의 압연 하중이 증대되어, 생산성이 현저히 저하된다. 이 때문에, 함유하는 경우에는, Ni : 0.01 ~ 0.1 %, Cu : 0.01 ~ 0.1 % 의 범위로 각각 한정하는 것이 바람직하다. 또한, 보다 바람직하게는 Ni : 0.05 % 이하, Cu : 0.05 % 이하이다.

[0084] 상기한 성분 이외의 잔부는, Fe 및 불가피적 불순물로 이루어진다. 또한, 불가피적 불순물은, Sn, Mg, Co, As, Pb, Zn, O 등 합계로 0.5 % 이하를 허용할 수 있다.

[0085] 다음으로, 본 발명 강판의 조직 한정 이유에 대해서 설명한다.

[0086] 본 발명의 강판은 연질이며 가공성이 우수한 페라이트를 주체로 하는 조직을 갖는다. 여기에서, 「주체」란 강판의 단면으로 관찰하여 면적률로 95 % 이상, 바람직하게는 98 % 이상, 더욱 바람직하게는 100 % 를 점유하는 조직을 말하는 것으로 한다. 또한, 페라이트 이외의 제 2 상으로는, 펄라이트, 시멘타이트, 베이나이트, 마텐자이트 등을 예시할 수 있다.

[0087] 또, 본 발명의 강판에서는, 주체인 페라이트는 압연 방향 평균 입경 d_L 과 관두께 방향 평균 입경 d_t 의 비 d_L/d_t 가 1.1 이상인 상으로 한다. 페라이트의 압연 방향 평균 입경 d_L 을 페라이트의 관두께 방향 평균 입경 d_t 보다 크게 함으로써 내시효성이 향상된다. 왜냐하면 d_L 이 d_t 보다 커지는, 즉, d_L/d_t : 1.1 이상으로 함으로써, 변형을 부가할 때에 관두께 방향으로 변형을 집중시킬 수 있어, 시효 처리 후에, 인장 방향 (압연 방향) 의 항복 응력의 증가량이 적어져, 결과적으로 시효 지수 AI 를 작게 할 수 있기 때문이다. 또한, d_L/d_t 는 1.2 이상으로 하는 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 1.3 이상이다. 또한, 바람직하게는 상한은 2.0 정도이다.

[0088] 또, 본 발명의 강판에서는, 주체가 되는 페라이트의 평균 입경은 7 μm 이상으로 한다. 또한, 페라이트의 평균 입경으로는, 페라이트의 압연 방향 평균 입경 d_L , 관두께 방향 평균 입경 d_t 로부터 $2/(1/d_L + 1/d_t)$ 를 산출하여 사용하는 것으로 한다.

[0089] 페라이트의 평균 입경이 작아지면, 강판이 경질화되어 가공성이 저하된다. 이 때문에, 본 발명에서는 페라이트의 평균 입경을 7 μm 이상으로 한정하였다. 페라이트의 평균 입경의 상한은 특별히 한정하지 않지만, 입경이 커지면 가공시에, 오렌지 필이라고 하는 표면 요철 모양이 생기기 쉬워진다. 이 때문에, 페라이트의 평균 입경을 50 μm 이하로 하는 것이 바람직하다. 또한, 보다 바람직하게는 30 μm 이하이다.

[0090] 다음으로, 본 발명 강판의 바람직한 제조 방법에 대해서 설명한다.

[0091] 본 발명에서는, 강 소재를 주조 후, 냉편 혹은 온편을 가열하거나 혹은 열편 또는 직접 조압연 및 마무리 압연으로 이루어지는 열간 압연을 실시하여 열연판으로 한다.

[0092] 강 소재의 제조 방법은 특별히 한정할 필요는 없지만, 상기한 조성을 갖는 용강을 전로, 전기로 등의 상용되는 용제 방법으로 용제하고, 연속 주조법 등의 상용되는 주조 방법으로 슬래브 등의 강 소재로 하는 것이 바람직하다.

[0093] 주조된 강 소재는, 열간 압연이 가능한 정도의 온도를 유지하고 있는 경우에는 그대로, 그렇지 않으면 냉편 혹은 열편 (혹은 온편) 을 재가열하여 열간 압연을 실시하여 열연판이 된다. 또한, 열간 압연을 위한 재가열 온도는, 특별히 한정할 필요는 없지만, 1100 ~ 1300 $^{\circ}\text{C}$ 로 하는 것이 바람직하다.

[0094] 강 소재의 재가열 온도가 1100 $^{\circ}\text{C}$ 미만에서는 변형 저항이 높고, 압연기에 대한 부하가 지나치게 커져 원하는 열간 압연이 어려워진다. 한편, 1300 $^{\circ}\text{C}$ 를 초과하는 온도에서는, 스케일 로스가 지나치게 많아져 수율의

저하를 초래함과 함께, 결정립의 조대화가 현저하기 때문에, 원하는 특성을 확보하는 것이 어려워진다.

- [0095] 본 발명 강관의 제조 방법에서는, 열간 압연은, 열간 압연 도중에, 900 ~ 950 °C 의 온도 범위에서의 유지 시간이 3 s 이상인 압연으로 한다.
- [0096] 오스테나이트역인 900 ~ 950 °C 의 온도 범위에서 유지함으로써, TiC 의 석출의 구동력이 증가하여, TiC 의 석출을 촉진시킬 수 있다. 또한, 유지 시간은 3 s 이상으로 한다. 바람직하게는 5 s 이상, 더욱 바람직하게는 10 s 이상이다. 이 오스테나이트역에서의 유지는 열간 압연 도중이어도 되고, 마무리 압연 전이어도 되고, 마무리 압연 도중이어도 된다. 즉, 「유지」란 소정 온도역을 소정 시간 유지할 수 있으면 충분하고, 그 유지 중에 압연 변형을 받고 있어도 된다.
- [0097] 조압연은 원하는 치수 형상의 시트 바를 확보할 수 있으면 되어, 그 조건에 대해서는 특별히 한정할 필요는 없지만, 오스테나이트역에서의 TiC 의 석출을 촉진시킨다는 관점에서는, 조압연에서의 합계 압하량을 80 % 이상으로 하고, 조압연의 압연 종료 온도를 1150 °C 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0098] 조압연에서의 합계 압하율 : 80 % 이상
- [0099] 조압연에서의 압하율을 크게 함으로써, TiC 가 변형 야기 석출 (strain induced precipitation) 되기 쉬워져, 오스테나이트역에서의 TiC 의 석출을 촉진시킬 수 있다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, 합계 압하율을 80 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또한, 보다 바람직하게는 85 % 이상, 더욱 바람직하게는 88 % 이상이다. 조압연에서의 합계 압하율의 상한은 특별히 한정하지 않지만, 통상적인 조압연 설비로 가능한 범위인 95 % 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0100] 조압연의 압연 종료 온도를 1150 °C 이하
- [0101] 조압연의 압연 종료 온도를 저하시킴으로써, TiC 의 변형 야기 석출이 현저해져, 오스테나이트역에서의 TiC 의 석출을 촉진시킬 수 있다. 이와 같은 효과를 얻기 위해서는, 1150 °C 이하로 하는 것이 바람직하다. 또한, 보다 바람직하게는 1100 °C 이하, 더욱 바람직하게는 1050 °C 이하이다. 후속되는 마무리 압연과의 관계에서 1000 °C 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- [0102] 조압연을 종료한 후, 마무리 압연을 실시하여 열연판으로 한다.
- [0103] 마무리 압연 종료 온도 : Ar3 변태점 이상
- [0104] 마무리 압연은 Ar3 변태점 이상의 마무리 압연 종료 온도에서 압연을 종료시킨다. 마무리 압연 종료 온도가 Ar3 변태점 미만에서는, 압연 중에 페라이트가 생성되기 때문에, TiC 의 석출 구동력이 높아지고, 그 결과 압연 시의 가공 변형에 의해 TiC 가 변형 야기 석출되어, TiC 가 페라이트 중에 미세하게 석출된다. 이 때문에, 원하는 낮은 시효 지수 AI 를 확보할 수 없게 된다. 또한, Ar3 변태점은 950 °C 에서 50 % 의 압하를 실시한 후, 10 °C/s 의 냉각 속도로 냉각시켰을 때의 열 팽창 곡선으로부터 구한 값을 사용하는 것으로 한다.
- [0105] 열간 압연 종료 후, 열연판은, 평균 냉각 속도 : 50 °C/s 이하로 냉각되고, 600 °C 이상의 온도에서 감긴다.
- [0106] 열간 압연 종료 후의 평균 냉각 속도 : 50 °C/s 이하
- [0107] 열간 압연 종료 후의 냉각을 느리게 하면, 오스테나이트역에서 석출된 TiC 를 핵으로 하여, TiC 를 조대하게 석출시킬 수 있다. 그 때문에, 열간 압연 종료 후의 냉각 속도, 즉 마무리 압연 종료에서부터 권취까지의 평균 냉각 속도를 50 °C/s 이하로 한정한다. 열간 압연 종료 후의 냉각 속도가 50 °C/s 를 초과하면, TiC 가 미세하게 석출되어, 조대한 TiC 를 확보할 수 없게 된다. 또한, 바람직하게는 40 °C/s 이하, 보다 바람직하게는 30 °C/s 이하, 더욱 바람직하게는 20 °C/s 이하이다. 열간 압연 종료 후의 냉각 속도의 하한은 특별히 한정할 필요는 없지만, 느린 냉각에서는 스케일 두께가 두꺼워져 수율의 저하를 가져오기 때문에, 10 °C/s 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- [0108] 권취 온도 : 600 °C 이상
- [0109] 권취 온도가 저온이면, 석출되는 탄화물 (TiC) 이 미세해지고, 강관이 경질화되는 데다가, 탄화물의 석출이 불충분하여 C 는 고용된 상태가 된다. 고용 C 가 잔존하면, 그 강관은 시효 경화된다. 이와 같은 것을 피하기 위해, 권취 온도는 600 °C 이상으로 하였다. 또한, 바람직하게는 620 °C 이상, 보다 바람직하게는 650 °C 이상이다. 권취 온도의 상한은 특별히 한정하지 않지만, 스케일에서 기인하는 표면 결함을 방지하는 의미에서, 상한은 750 °C 로 하는 것이 바람직하다.

- [0110] 얻어진 열연판은, 그대로 제품판 (열연 강판) 으로 해도 되지만, 필요에 따라 열연판에 산세 및 냉간 압연을 실시하고, 추가로 어닐링 (균열 처리) 을 실시하여 재결정시킴으로써, 냉연 어닐링판 (냉연 강판) 으로 해도 된다.
- [0111] 산세는 통상적인 방법에 따라 실시하면 된다. 또, 냉간 압연의 압하율 (냉간 압연율) 은 특별히 한정할 필요는 없지만, 통상적인 냉연 장비로 압연할 수 있는 50 ~ 95 % 로 하는 것이 바람직하다. 냉간 압연율이 커짐에 따라, 재결정 후의 페라이트 결정 입경이 작아지는 경향으로부터, 냉간 압연율은 90 % 이하로 하는 것이 바람직하다. 또, 냉간 압연율이 커짐에 따라, 집합 조직이 발달하여 성형성이 향상되는 점에서, 냉간 압연율은 70 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또한, 보다 바람직하게는 80 % 이상, 더욱 바람직하게는 85 % 이상이다.
- [0112] 냉연판에 추가로 균열 처리 (어닐링) 를 실시하고, 재결정시켜 냉연 어닐링판으로 한다.
- [0113] 균열 처리 온도 (균열 온도) : 650 ~ 850 ℃
- [0114] 균열 (어닐링) 온도가 650 ℃ 미만에서는, 재결정이 충분히 생기지 않기 때문에, 원하는 연성을 확보할 수 없게 된다. 한편, 850 ℃ 를 초과하는 온도에서는, TiC 가 재고용되어, 고용 C 가 잔존하거나 페라이트립이 성장하여, 등축립화 (等軸粒化) (polygonal ferrite 에 가까워지는 것) 가 진행된다. 이 때문에, 압연 방향의 페라이트 입경과 판두께 방향의 페라이트 입경의 비 d_L/d_t 가 1.1 미만이 되는 경우가 있다. 이 때문에, 균열 처리 온도 (균열 온도) 는 650 ~ 850 ℃ 범위의 온도로 하는 것이 바람직하다. 또한, 보다 바람직하게는 700 ~ 800 ℃, 더욱 바람직하게는 700 ~ 770 ℃, 특히 바람직하게는 700 ~ 750 ℃ 이다.
- [0115] 균열 처리의 균열 시간 : 10 ~ 300 s
- [0116] 균열 시간이 10 s 미만에서는 재결정이 완료되지 않기 때문에, 연성이 저하된다. 한편, 300 s 를 초과하면, 페라이트립의 성장이 진행되어 등축립화되기 때문에, d_L/d_t 가 1.1 미만이 되는 경우가 있다. 이 때문에, 균열 처리의 균열 시간은 10 ~ 300 s 의 범위로 하는 것이 바람직하다. 또한, 보다 바람직하게는 30 ~ 200 s, 더욱 바람직하게는 60 ~ 200 s 이다.
- [0117] 또, 균열 처리 (어닐링) 에 있어서의 균열 온도까지의 가열 속도는, 특별히 한정할 필요는 없지만, 통상적인 가열로 등의 설비로 가열할 수 있는 가열 속도인 1 ~ 50 ℃/s 정도이면 특별히 문제는 없다. 균열 처리 (어닐링) 후의 냉각 속도도 특별히 한정할 필요도 없다.
- [0118] 또한, 강판에는 필요에 따라 연신율 : 0.5 ~ 3 % 정도의 조질 압연을 실시해도 된다.
- [0119] 또, 상기한 방법에 의해 제조된 강판 (열연 강판, 냉연 강판) 에는, 내식성을 향상시키기 위해, 추가로 도금 처리를 실시해도 된다. 도금 처리로는, 용융 아연 도금, 전기 아연 도금, Ni 도금, Sn 도금, Cr 도금, Al 도금의 군에서 선택된 각종 도금, 혹은 그들의 합금 도금을 모두 적용할 수 있다. 또, 기판인 강판에 도금 처리를 실시한 후에, 내식성을 향상시키기 위해, 추가로 확산 어닐링을 실시하는 확산 합금 도금 (diffusional alloy galvanizing) 으로 해도 된다.
- [0120] 도금 처리를 실시한 후, 화성 처리 피막 (chemical conversion coating) 혹은 수지 피막 등을 형성시켜도 아무런 문제는 없다.
- [0121] 실시예
- [0122] 표 1 에 나타내는 조성의 용강을 전로로 용제하고, 연속 주조법으로 강 소재 (슬래브 : 두께 250 mm) 로 하였다. 또한, 표 1 에는 기재하고 있지 않지만, N : 0.006 % 에서 다른 화학 성분이 강 No.1 과 동등한 강에 있어서 슬래브 균열이 발생하였다. 이들 강 소재를 표 2 에 나타내는 가열 온도로 가열하고, 표 2 에 나타내는 조건에서, 조압연 및 마무리 압연으로 이루어지는 열간 압연을 실시하거나, 혹은 추가로 산세하여 냉간 압연 및 어닐링 (균열 처리) 을 실시하여, 표 2 에 나타내는 판두께의 강판 (열연 강판 또는 냉연 강판) 으로 하였다. 또한, 열간 압연 도중에, 900 ~ 950 ℃ 의 범위에서 3 s 이상 유지하는 압연으로 하였다. 또, 일부의 강판에는, 표 2 에 나타내는 조건 (조질 압연율) 에서 조질 압연을 실시하였다. Ar3 변태점은 상기한 방법으로 구하였다.
- [0123] 얻어진 강판으로부터 시험편을 채취하여 조직 관찰, 인장 시험, 시효 시험을 실시하였다. 시험 방법은 다음과 같다.

- [0124] (1) 조직 관찰
- [0125] 얻어진 강판으로부터 조직 관찰용 시험편을 채취하여 압연 방향 단면을 연마하고, 부식액 : 나이탈로 부식시켜 조직을 나타나게 하여 광학 현미경 (배율 : 100 배) 으로 관찰하였다.
- [0126] 먼저, 압연 방향 단면에서 판두께 $\times 1 \text{ mm}$ 의 영역에 대하여, 각 페라이트립의 압연 방향과 판두께 방향의 절편 길이를 각각 구하고, 그들의 산술 평균을 각각 산출하여, 압연 방향의 평균 절편 길이 및 판두께 방향의 평균 절편 길이로 한다. 그리고, 이 압연 방향의 평균 절편 길이 및 판두께 방향의 평균 절편 길이를, 압연 방향의 페라이트 평균 입경 d_L , 판두께 방향의 페라이트 평균 입경 d_t 로 한다. 이들 d_L , d_t 로부터, 다음 식
- [0127] $2/(1/d_L + 1/d_t)$
- [0128] 로 산출되는 값을 평균의 페라이트 입경으로 정의한다. 또, 이들 d_L , d_t 로부터 d_L/d_t 를 산출하였다.
- [0129] 또, 압연 방향 단면에서 판두께 $\times 1 \text{ mm}$ 의 영역에 대하여, 촬영한 조직 사진에 기초하여, 화상 해석에 의해 조직 전체에 대한 면적률 (%) 로 페라이트의 조직 분율 (면적%) 도 구하였다.
- [0130] (2) 인장 시험
- [0131] 얻어진 강판으로부터, 인장 방향이 압연 방향이 되도록 JIS 5 호 인장 시험편을 채취하고, JIS Z 2241 의 규정에 준거하여, 인장 속도 : 10 mm/min 으로 인장 시험을 실시하여, 인장 특성 (항복점 YP, 인장 강도 TS, 연신 E1) 을 구하였다.
- [0132] (3) 시효 시험
- [0133] 얻어진 강판으로부터, 인장 방향이 압연 방향이 되도록 JIS 5 호 인장 시험편을 채취하고, 그 인장 시험편에 먼저 7.5 % 예비 변형을 부여한 후, $100 \text{ }^\circ\text{C} \times 30 \text{ min}$ 의 시효 처리를 실시하였다. 시효 처리 후, JIS Z 2241 의 규정에 준거하여 인장 시험을 실시하고, 시효 처리 후의 항복 응력을 구하였다. 그리고, 시효 처리 후의 항복 응력과 7.5 % 예비 변형 부여 후의 강도 (응력) 의 차 (증가량) 를 산출하여 AI (시효 지수) 로 하였다. 또한, 얻어진 강판으로부터, 인장 방향이 압연 방향이 되도록 JIS 5 호 인장 시험편을 채취하고, 그 인장 시험편에 $50 \text{ }^\circ\text{C}$ 에서 3 개월간의 시효 처리를 실시한 후, 인장 속도 : 10 mm/min 으로 인장 시험을 실시하여, 시효 처리 후의 항복점 YP 를 구하였다.
- [0134] 얻어진 결과를 표 3 에 나타낸다.

표 1

강 종	화학 성분 (질량%)												비고
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ti	B	Nb, V, W, Mo, Cr			Typ
A	0.021	0.01	0.1	0.01	0.01	0.04	0.002	0.10	—	—	—	—	4.4 적합에
B	0.021	0.01	0.1	0.01	0.01	0.03	0.002	0.09	—	—	—	—	4.0 적합에
C	0.016	0.03	0.3	0.03	0.02	0.02	0.003	0.10	—	—	—	—	6.0 적합에
D	0.022	0.03	0.1	0.01	0.02	0.02	0.004	0.11	—	—	—	—	4.4 적합에
E	0.025	0.01	0.2	0.01	0.01	0.05	0.003	0.12	—	—	—	—	4.4 적합에
F	0.030	0.01	0.1	0.01	0.01	0.06	0.004	0.13	—	—	—	—	4.5 적합에
G	0.025	0.02	0.3	0.02	0.02	0.04	0.003	0.15	—	—	—	—	5.5 적합에
H	0.020	0.01	0.3	0.01	0.03	0.03	0.002	0.20	—	—	—	—	9.7 적합에
I	0.022	0.02	0.2	0.02	0.01	0.06	0.006	0.11	—	—	—	—	4.2 적합에
J	0.015	0.03	0.3	0.03	0.03	0.02	0.003	0.07	—	—	—	—	4.0 적합에
K	0.025	0.05	0.3	0.20	0.01	0.01	0.002	0.14	—	—	—	—	5.3 적합에
L	0.022	0.04	0.5	0.15	0.01	0.10	0.005	0.15	—	—	—	—	6.0 적합에
M	0.025	0.01	1.0	0.10	0.02	0.06	0.001	0.20	—	—	—	—	7.9 적합에
N	0.022	0.02	1.5	0.08	0.10	0.02	0.004	0.50	—	—	—	—	22.1 적합에
O	0.025	0.09	2.0	0.02	0.05	0.05	0.003	0.40	—	—	—	—	16.8 적합에
P	0.035	0.02	0.1	0.01	0.02	0.03	0.001	0.33	0.0005	Nb:0.005, V:0.005, W:0.005, Mo:0.005, Cr:0.005	Ni:0.01, Cu:0.01	—	9.3 적합에
Q	0.020	0.01	0.2	0.01	0.03	0.05	0.002	0.15	0.0010	—	—	—	7.2 적합에
R	0.025	0.02	0.3	0.02	0.01	0.02	0.002	0.11	—	Nb:0.01	—	—	4.1 적합에
S	0.035	0.01	0.2	0.01	0.01	0.03	0.003	0.20	—	Nb:0.005, Cr:0.01	—	—	5.4 적합에
T	0.021	0.02	0.3	0.02	0.01	0.04	0.002	0.13	—	Nb:0.005, V:0.005, W:0.005, Mo:0.005, Cr:0.005	—	—	5.9 적합에
U	0.018	0.09	0.1	0.01	0.03	0.05	0.002	0.12	—	—	Ni:0.01	—	6.3 적합에
V	0.030	0.01	0.3	0.01	0.01	0.04	0.001	0.35	—	—	—	—	6.9 적합에
W	0.025	1.1	0.3	0.01	0.01	0.03	0.002	0.15	—	—	—	—	5.7 비교에
X	0.030	0.02	2.2	0.02	0.02	0.04	0.003	0.20	—	—	—	—	6.3 비교에
Y	0.035	0.01	0.5	0.01	0.03	0.05	0.001	0.30	—	—	—	—	5.4 비교에
Z	0.013	0.02	0.2	0.01	0.01	0.03	0.003	0.30	—	—	—	—	14.8 비교에
AA	0.030	0.02	0.2	0.22	0.01	0.02	0.002	0.15	—	—	—	—	4.8 비교에
AB	0.025	0.01	0.3	0.02	0.02	0.12	0.002	0.20	—	—	—	—	7.4 비교에
AC	0.020	0.02	0.2	0.01	0.01	0.05	0.003	0.55	—	—	—	—	27.0 비교에
AD	0.015	0.01	0.3	0.01	0.02	0.04	0.001	0.05	—	—	—	—	3.1 비교에
AE	0.016	0.02	0.1	0.02	0.01	0.03	0.005	0.06	—	—	—	—	2.8 비교에

TT* = TT - 3.4 N

표 2

강관 No.	A _{cs} (°C)	열간 압연		조립 전 인장률 (%)	조립 후 중도 온도 (°C)	900~950°C 유지 시간 (s)	미부리 압연 중도 온도 (°C)	압연 후 냉각 속도 (°C/s)	냉각 온도 (°C)	변형 압연 온도 (°C)	변형률 (%)	가열 속도 (°C/s)	냉각 처리 (이물방)		조립 온도 (°C)	조립 압하율 (%)	도금	비고
		가열 온도 (°C)	가열 시간 (s)															
1	A	860	1260	88	1060	10	880	20	660	3.0	—	—	—	—	—	0.5	—	본 발명예
2	B	860	1260	88	1060	10	880	20	660	3.0	85	0.45	10	760	30	1.0	전기 Ni	본 발명예
3	C	860	1260	80	1100	2	880	30	660	2.5	86	0.35	15	760	60	1.0	—	비교예
4	D	870	1220	89	1080	10	880	30	660	2.5	—	—	—	—	—	0.5	—	비교예
5	E	860	1200	86	1100	15	880	30	660	3.0	85	0.45	10	780	80	0.5	—	비교예
6	F	860	1200	86	1100	15	880	30	660	3.0	85	0.45	10	780	80	0.5	—	비교예
7	F	860	1200	80	1100	10	880	20	600	2.5	90	0.25	10	640	60	0.5	—	비교예
8	G	840	1210	86	1110	5	880	25	660	3.0	80	0.60	10	880	100	1.0	—	비교예
9	H	860	1220	86	1080	8	870	20	600	2.0	70	0.60	15	700	8	1.0	—	비교예
10	I	860	1260	80	1080	15	880	30	600	2.5	80	0.60	15	760	330	0.5	—	비교예
11	J	860	1260	80	1100	8	870	60	760	2.0	60	1.00	1.0	860	90	3.0	합금화 용량 2%	본 발명예
12	K	860	1260	85	1130	6	880	40	700	2.0	—	—	—	—	—	1.5	—	본 발명예
13	L	870	1230	82	1100	10	880	30	620	2.5	70	0.75	3.0	790	120	2.0	용량 2%	본 발명예
14	M	840	1200	78	1080	30	860	30	620	2.5	—	—	—	—	—	1.0	—	비교예
15	N	850	1160	83	1030	15	860	10	660	2.0	80	0.40	50	800	300	—	합금화 전기 Ni	비교예
16	O	800	1280	90	1160	10	830	15	680	2.5	80	0.50	20	770	200	0.5	—	본 발명예
17	P	850	1210	87	1080	8	870	30	650	4.0	85	0.20	15	700	100	1.0	—	본 발명예
18	Q	860	1260	88	1080	7	880	35	680	2.0	85	0.30	20	690	60	0.5	—	본 발명예
19	R	860	1260	83	1160	10	870	25	640	2.5	88	0.85	10	680	20	0.5	—	본 발명예
20	S	860	1260	86	1090	6	860	20	660	3.5	90	0.35	10	780	180	1.0	—	본 발명예
21	T	860	1200	86	1070	4	890	45	660	2.0	70	0.60	25	760	100	0.5	—	본 발명예
22	U	860	1160	83	1020	5	880	30	650	2.5	80	0.50	20	760	60	1.0	—	본 발명예
23	V	830	1180	85	1050	10	870	35	630	1.5	80	0.30	10	770	10	0.5	전기 2%	본 발명예
24	W	910	1180	86	1060	15	900	30	630	2.5	80	0.50	10	760	30	1.0	—	비교예
25	X	810	1200	83	1070	10	860	25	660	2.0	—	—	—	—	—	1.0	—	비교예
26	Y	810	1210	81	1100	3	860	20	630	2.5	80	0.50	15	780	100	0.5	—	비교예
27	Z	860	1220	80	1090	6	880	40	660	3.0	85	0.45	20	700	120	0.5	—	비교예
28	AA	910	1210	85	1120	10	900	25	690	3.5	—	—	—	—	—	1.0	—	비교예
29	AB	910	1200	83	1110	15	900	25	700	3.0	—	—	—	—	—	1.0	—	비교예
30	AC	820	1280	78	1070	5	900	10	600	4.0	75	1.00	10	830	160	1.0	—	비교예
31	AD	860	1210	88	1080	6	870	60	630	2.5	80	0.60	15	800	80	0.5	—	비교예
32	AE	860	1200	87	1060	8	860	45	660	3.0	80	0.60	10	760	60	1.0	—	비교예

표 3

강판 No.	관 No.	조질 페라이트 분율 (%)	인장 특성		내시효성		비고
			항균 페라이트 결정 입경 (μm) *	d_L/d_t	YS (MPa)	TS (MPa)	
1	A	100	15	1.3	240	340	본 발명예
2	B	100	10	1.2	260	360	본 발명예
3	C	100	8	1.0	360	410	비교예
4	D	100	7	1.0	370	420	비교예
5	E	100	6	1.0	380	420	비교예
6	F	100	7	1.0	380	420	비교예
7	F	100	8	1.0	380	410	비교예
8	G	100	15	1.0	370	420	비교예
9	H	100	8	1.0	400	440	비교예
10	I	100	15	0.9	380	460	비교예
11	J	100	30	2.0	280	380	본 발명예
12	K	100	15	1.5	260	380	본 발명예
13	L	100	12	1.2	280	380	본 발명예
14	M	100	12	1.2	300	340	본 발명예
15	N	100	10	1.1	360	410	본 발명예
16	O	100	11	1.2	360	380	본 발명예
17	P	100	9	1.1	280	360	본 발명예
18	Q	100	7	1.1	280	300	본 발명예
19	R	100	10	1.2	280	360	본 발명예
20	S	98	12	1.2	260	380	본 발명예
21	T	100	13	1.3	280	300	본 발명예
22	U	100	15	1.3	280	360	본 발명예
23	V	95	8	1.1	290	360	본 발명예
24	W	100	11	1.0	380	430	비교예
25	X	100	15	1.0	400	450	비교예
26	Y	93	10	1.0	380	430	비교예
27	Z	100	25	0.9	380	450	비교예
28	AA	100	15	1.0	370	450	비교예
29	AB	100	8	0.9	380	430	비교예
30	AC	100	10	1.0	380	430	비교예
31	AD	100	13	1.0	370	430	비교예
32	AE	100	12	1.0	360	410	비교예

*) 항균 페라이트 결정 입경 = $2/(1/d_L + 1/d_t)$
dL : 연인 방향의 페라이트 평균 결정 입경 (μm), dt : 판두께 방향의 페라이트 평균 결정 입경 (μm)
**) 시효 처리 : 50 °C x 3 개월

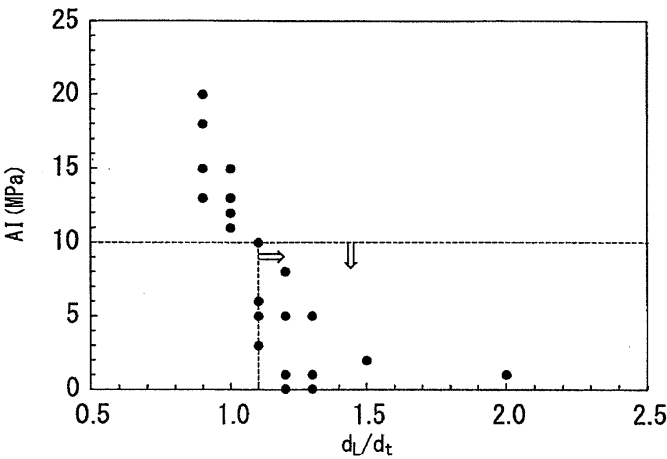
[0137]

[0138]

본 발명예는 모두 AI (시효 지수) 는 10 MPa 미만, 또한 시효 후의 항복 응력 (항복점) 이 400 MPa 이하가 되어 있어, 내시효성이 우수한 강판으로 되어 있다. 한편, 본 발명의 범위를 벗어나는 비교예는, 시효 후의 항복 응력이 400 MPa 를 초과하고, 일반적으로 AI (시효 지수) 도 10 MPa 를 초과하여 커져 있어, 내시효성이 저하되어 있는 것을 알 수 있다. 또, γ 역에서 TiC 를 충분히 석출할 수 없는 조건에서 제조된 강판이라 하더라도, 그 후의 석출 조건이 바람직하여 AI 가 10 MPa 이하가 되는 경우가 있지만 (강판 No.6), 그 경우라도 d_L/d_t 는 1.1 이상이 되지 않고, 또 시효 후의 항복 응력이 400 MPa 를 초과하는 것을 알 수 있다.

도면

도면1



도면2

