



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0053606
(43) 공개일자 2024년04월24일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 - C22C 38/04 (2006.01) B21C 37/08 (2021.01)
 - B21C 37/15 (2006.01) C21D 8/02 (2006.01)
 - C21D 8/10 (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 38/60 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
 - C22C 38/04 (2013.01)
 - B21C 37/0803 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2024-7009566
- (22) 출원일자(국제) 2022년09월01일
 - 심사청구일자 2024년03월21일
- (85) 번역문제출일자 2024년03월21일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2022/032953
- (87) 국제공개번호 WO 2023/053837
 - 국제공개일자 2023년04월06일
- (30) 우선권주장
 - JP-P-2021-159272 2021년09월29일 일본(JP)
- (71) 출원인
 - 제이에프이 스틸 가부시카가이사
 - 일본 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2방 3고
- (72) 발명자
 - 이와타 나오미치
 - 일본국 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2반 3고 제이에프이 스틸 가부시카가이사 치테키자 이산부 나이
 - 마츠모토 아키히데
 - 일본국 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2반 3고 제이에프이 스틸 가부시카가이사 치테키자 이산부 나이
 - 이데 신스케
 - 일본국 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2반 3고 제이에프이 스틸 가부시카가이사 치테키자 이산부 나이
- (74) 대리인
 - 이철

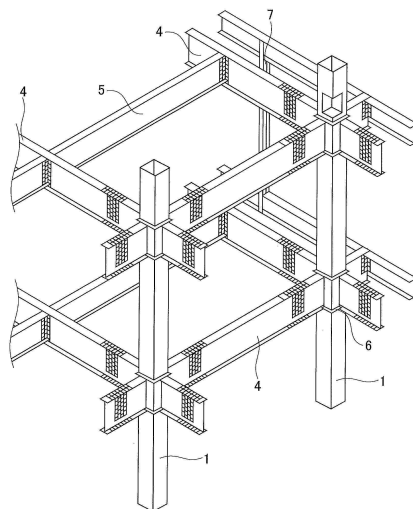
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 **각형 강관 및 그의 제조 방법, 열연 강판 및 그의 제조 방법, 그리고 건축 구조물**

(57) 요약

각형 강관 및 그의 제조 방법, 열연 강판 및 그의 제조 방법을 제공한다. 본 발명의 각형 강관 및 열연 강판은, 소정의 성분 조성을 갖고, 관 외면 및 강판 표면으로부터 두께 t의 1/4t 깊이 위치에 있어서의 강 조직은, 체적률로, 페라이트가 30% 초과, 베이나이트가 10% 이상이고, 페라이트 및 베이나이트의 합계가 75% 이상 95% 이하이고, 잔부가 펄라이트, 마르텐사이트, 오스테나이트로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상으로 이루어지고, 서로 이웃하는 결정의 방위차가 15° 이상의 경계로 둘러싸인 영역을 결정립으로 했을 때, 장경이 50 μ m 이상, 또한, 장경과 단경의 비(=(장경)/(단경))가 4.0 이상인 결정립의 개수가 30개/mm² 이하이고, 원 상당 지름으로 40.0 μ m 이상인 결정립이 체적률로 20% 이하이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B21C 37/15 (2013.01)
C21D 8/0226 (2013.01)
C21D 8/105 (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 38/60 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

평판부와 각부(corners)를 갖는 각형 강관으로서,

평판부의 성분 조성이, 질량%로,

C: 0.04% 이상 0.45% 이하,

Si: 1.8% 이하,

Mn: 0.5% 이상 2.5% 이하,

P: 0.10% 이하,

S: 0.05% 이하,

Al: 0.005% 이상 0.100% 이하,

N: 0.010% 이하,

Nb: 0.005% 이상 0.050% 이하,

Ti: 0.012% 이상 0.100% 이하,

를 포함하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지고,

Nb와 Ti의 함유량이 하기 (1)식을 만족하고,

상기 평판부의 두께를 t로 했을 때, 관 외면으로부터 두께 t의 1/4t 깊이 위치에 있어서의 평판부의 강 조직은,

체적률로, 페라이트가 30% 초과, 베이나이트가 10% 이상이고,

당해 페라이트 및 당해 베이나이트의 합계가, 75% 이상 95% 이하이고,

잔부가 펄라이트, 마르텐사이트, 오스테나이트로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상으로 이루어지고,

서로 이웃하는 결정의 방위차가 15° 이상의 경계로 둘러싸인 영역을 결정립으로 했을 때, 장경이 50 μ m 이상,

또한, 장경과 단경의 비(=(장경)/(단경))가 4.0 이상인 결정립의 개수가 30개/mm² 이하이고,

원 상당 지름으로 40.0 μ m 이상인 결정립이 체적률로 20% 이하인, 각형 강관.

$$1.20 \times \%Nb \leq \%Ti \quad \dots (1)$$

여기에서, %Nb, %Ti는 각 원소의 함유량(질량%)이다.

청구항 2

제1항에 있어서,

평판부의 항복 강도가 385MPa 이상, 또한, 평판부의 인장 강도가 520MPa 이상, 평판부의 항복비가 0.90 이하, 평판부의 -20°C에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 110J 이상인, 각형 강관.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

평판부는, 상기 성분 조성에 더하여 추가로, 질량%로, 하기 중으로부터 선택된 1종 또는 2종 이상을 함유하는, 각형 강관.

V: 0.01% 이상 0.15% 이하,

Cr: 0.01% 이상 1.0% 이하,
 Mo: 0.01% 이상 1.0% 이하,
 Ni: 0.01% 이상 0.3% 이하,
 Ca: 0.0005% 이상 0.010% 이하,
 B: 0.0003% 이상 0.010% 이하,
 Cu: 0.01% 이상 0.5% 이하

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,
 상기 강 조직은, 체적률로, 베이나이트가 10% 이상 40% 미만인, 각형 강관.

청구항 5

제1항 또는 제3항에 기재된 성분 조성을 갖는 강 소재를, 가열 온도: 1100℃ 이상 1300℃ 이하로 가열한 후, 조압연 종료 온도: 850℃ 이상 1150℃ 이하, 마무리 압연 종료 온도: 750℃ 이상 850℃ 이하, 또한 930℃ 이하에서의 합계 압하율: 40% 이상 63% 이하인 열간 압연을 실시하고, 이어서, 판두께 중심 온도로 평균 냉각 속도: 2℃/s 이상 27℃/s 이하, 냉각 정지 온도: 450℃ 이상 650℃ 이하에서 냉각을 실시하고,
 이어서, 440℃ 이상 650℃ 이하에서 권취하여 열연 강관으로 하고,
 이어서, 냉간 롤 성형에 의해, 상기 열연 강관을 원통 형상으로 성형하고, 맞댐부를 전봉 용접한 후, 각 형상으로 성형하여 각형의 강관으로 하는 조관 공정을 실시하는, 각형 강관의 제조 방법.

청구항 6

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 기재된 각형 강관이, 기둥재로서 사용되고 있는, 건축 구조물.

청구항 7

성분 조성은, 질량%로,
 C: 0.04% 이상 0.45% 이하,
 Si: 1.8% 이하,
 Mn: 0.5% 이상 2.5% 이하,
 P: 0.10% 이하,
 S: 0.05% 이하,
 Al: 0.005% 이상 0.100% 이하,
 N: 0.010% 이하,
 Nb: 0.005% 이상 0.050% 이하,
 Ti: 0.012% 이상 0.100% 이하,
 를 포함하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지고,
 Nb와 Ti의 함유량이 하기 (1)식을 만족하고,
 강관 표면으로부터 판두께 t의 1/4t 위치에 있어서의 강 조직은,
 체적률로, 페라이트가 30% 초과, 베이나이트가 10% 이상이고,
 당해 페라이트 및 당해 베이나이트의 합계가, 75% 이상 95% 이하이고,
 잔부가 펄라이트, 마르텐사이트, 오스테나이트로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상으로 이루어지고,

서로 이웃하는 결정의 방위차가 15° 이상의 경계로 둘러싸인 영역을 결정립으로 했을 때, 장경이 50 μ m 이상, 또한, 장경과 단경의 비(=(장경)/(단경))가 4.0 이상인 결정립의 개수가 30개/mm² 이하이고,

원 상당 지름으로 40.0 μ m 이상인 결정립이 체적률로 20% 이하인, 열연 강판.

$$1.20 \times \%Nb \leq \%Ti \quad \dots (1)$$

여기에서, %Nb, %Ti는 각 원소의 함유량(질량%)이다.

청구항 8

제7항에 있어서,

항복 강도가 330MPa 이상, 또한, 인장 강도가 520MPa 이상, 항복비가 0.75 이하, -20℃에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 180J 이상인, 열연 강판.

청구항 9

제7항 또는 제8항에 있어서,

상기 성분 조성에 더하여 추가로, 질량%로, 하기 중으로부터 선택된 1종 또는 2종 이상을 함유하는, 열연 강판.

V: 0.01% 이상 0.15% 이하,

Cr: 0.01% 이상 1.0% 이하,

Mo: 0.01% 이상 1.0% 이하,

Cu: 0.01% 이상 0.5% 이하,

Ni: 0.01% 이상 0.3% 이하,

Ca: 0.0005% 이상 0.010% 이하,

B: 0.0003% 이상 0.010% 이하

청구항 10

제7항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 강 조직은, 체적률로, 베이나이트가 10% 이상 40% 미만인, 열연 강판.

청구항 11

제7항 또는 제9항에 기재된 성분 조성을 갖는 강 소재를, 가열 온도: 1100℃ 이상 1300℃ 이하로 가열한 후, 조압연 종료 온도: 850℃ 이상 1150℃ 이하, 마무리 압연 종료 온도: 750℃ 이상 850℃ 이하, 또한 930℃ 이하에서의 합계 압하율: 40% 이상 63% 이하인 열간 압연을 실시하고, 이어서, 판두께 중심 온도로 평균 냉각 속도: 2℃/s 이상 27℃/s 이하, 냉각 정지 온도: 450℃ 이상 650℃ 이하에서 냉각을 실시하고, 440℃ 이상 650℃ 이하에서 권취하는, 열연 강판의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 특히 대형 건축물의 건축 구조 부재에 적합하게 이용되는, 고강도와 저항복비를 갖고, 저온 인성이 우수한 각형 강관(rectangular steel pipe) 및 그의 제조 방법, 각형 강관의 소재로서 이용되는 열연 강판 및 그의 제조 방법, 그리고 이 각형 강관을 사용한 건축 구조물에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근, 예를 들면 공장, 창고, 상업 시설 등의 대형 건축물(이하, 건축물이라고 칭함)에 이용되는 건축 구조 부

재는, 경량화에 의한 시공 비용 삭감을 위해, 고강도화가 진행되고 있다. 특히 건축물의 기둥재로서 이용되는 평판부와 각부(corners)를 갖는 각형 강관(각 칼럼(rectangular columns))에서는, 평판부에 높은 강도가 요구되고 있다. 동시에, 건축 구조 부재에 이용되는 각형 강관은, 내진성의 관점에서, 높은 소성 변형능과 우수한 저온 인성을 동시에 구비하는 것도 요구되고 있다. 이들 요구를 실현하기 위해, 적절한 각형 강관의 소재를 선택할 필요가 있다.

[0003] 각형 강관은, 일반적으로 열연 강관(열연 강대) 또는 후강관을 소재로 하고, 이 소재를 냉간에서 성형함으로써 제조된다. 냉간에서 성형하는 방법으로서, 냉간에서 프레스 굽힘 성형하는 방법 혹은 냉간에서 롤 성형하는 방법이 있다.

[0004] 소재를 롤 성형하여 제조되는 각형 강관(이하, 롤 성형 각형 강관이라고 칭하는 경우도 있음)은, 열연 강관을 냉간에서 롤 성형하여 원통 형상의 오픈관으로 하고, 그의 맞댐 부분을 전봉 용접(전기 저항 용접(electric resistance welding))이라고 칭하는 경우도 있음)한다. 그 후, 환형 강관의 상하 좌우에 배치된 롤에 의해, 원통 형상의 환형 강관에 대하여 관축 방향으로 수 %의 드로잉을 가하고, 계속하여 각형으로 성형하여 각형 강관을 제조한다. 한편, 소재를 프레스 굽힘 성형하여 제조되는 각형 강관(이하, 프레스 성형 각형 강관이라고 칭하는 경우도 있음)은, 후강관을 냉간에서 프레스 굽힘 성형하고, 단면 형상을 □자형(사각 형상)으로 하여 맞댐 부를 서브 머지 아크 용접(submerged arc welding)에 의해 접합하여 제조하는 경우나, 단면 형상을 U자형(U자 형상)으로 한 쌍이 되는 2개의 부재를 맞대고 이들을 서브 머지 아크 용접에 의해 접합하여 제조하는 경우가 있다.

[0005] 롤 성형 각형 강관의 제조 방법은, 프레스 성형 각형 강관의 제조 방법과 비교하여 생산성이 높고, 단기간에서의 제조가 가능하다는 이점이 있다. 그러나, 프레스 성형 각형 강관에서는, 평판부에는 냉간 성형이 가해지지 않고 각부만이 가공 경화하는데 대하여, 롤 성형 각형 강관에서는, 특히 원통 형상으로 냉간 성형할 때에 강관 전체 둘레에 걸쳐 관축 방향으로 큰 가공 왜곡이 도입된다. 그 때문에, 롤 성형 각형 강관은 각부뿐만 아니라 평판부에 있어서도 관축 방향의 항복비가 높고, 저온 인성이 낮다는 문제가 있다.

[0006] 또한, 롤 성형 각형 강관은, 두께가 클수록 롤 성형 시의 가공 경화가 커지기 때문에, 항복비는 보다 높아지고, 인성은 보다 저하한다. 그 때문에, 특히 후육의(thick-walled) 롤 성형 각형 강관을 제조하는 경우에는, 롤 성형에 의한 항복비의 상승이나 인성의 저하라는 기계 특성의 변화를 고려하여 적절한 소재를 선택할 필요가 있다.

[0007] 이러한 요구에 대하여, 예를 들면, 특허문헌 1에는, 평판부의 마이크로 조직에 있어서, 베이나이트 조직의 면적 비율을 40% 이상으로 하는 각형 강관이 제안되어 있다.

[0008] 특허문헌 2에는, 강 성분 및 청정도를 소정의 범위 내로 한 용접성 및 냉간 가공부의 소성 변형 능력이 우수한 각형 강관이 제안되어 있다.

[0009] 특허문헌 3에는, 냉간 성형에 의해 조관한 후에 전체관 왜곡 제거 어닐링을 실시함으로써, 저항복비 및 고인성을 갖는 각형 강관이 제안되어 있다.

[0010] 특허문헌 4에는, 강 성분을 소정의 범위로 하고, 서로 이웃하는 결정의 방위차가 15° 이상의 경계로 둘러싸인 영역을 결정립(crystal grains)으로 했을 때, 당해 결정립의 평균 원 상당 지름이 7.0 μ m 미만이고, 또한 원 상당 지름으로 40.0 μ m 이상의 당해 결정립의 합계가 1/4t 위치에 있어서의 강 조직 전체에 대하여 체적률로 30% 이하인 각형 강관이 제안되어 있다.

[0011] 특허문헌 5에는, 강 성분을 소정의 범위로 하고, 강관의 외표면으로부터 관두께 t의 1/4t 위치에 있어서의 강 조직은, 페라이트의 면적률에 대한 베이나이트와 펄라이트의 면적률의 합계의 비율이 2.0 이상 20.0 이하이고, 또한 펄라이트의 면적률에 대한 베이나이트의 면적률의 비율이 5.0 이상 20.0 이하인 각형 강관이 제안되어 있다.

[0012] 특허문헌 6에는, 질량%로, C \leq 0.02%, Si \leq 1.0%, Mn: 0.05~2.0%, S \leq 0.02%, Al: 0.01~0.1%, Nb: 0.08~0.25%, Ti \leq 0.2%, B \leq 0.0020%를 포함하고, 또한 Ni, Cr, Sn, Cu의 1종 또는 2종 이상을 총량으로 0.02% 이상 또한 0.3% 이하 포함하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지고, 또한 Nb량이 Nb \geq 0.05+7.75C-1.98Ti+6.64N+0.000035/(B+0.0004)를 만족하고, 그의 금속 조직이 페라이트상이 체적률 70% 이상이고, 또한 페라이트 입경이 입도 번호로 10.5번 이상 15번 이하이고, 상온에서의 항복비가 70% 이하로 함으로써, 인성이 우수한 저항복비 내화용(fire resistant) 열연 강관이 개시되어 있다.

- [0013] 특허문헌 7에는, 질량%로, C: 0.07~0.18%, Mn: 0.3~1.5%, P: 0.03% 이하, S: 0.015% 이하, Al: 0.01~0.06%, N: 0.006% 이하를 포함하고, 잔부 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 조성과, 페라이트를 주상(primary phase)으로 하고, 제2상(secondary phase)으로서, 펄라이트, 또는, 펄라이트 및 베이나이트를 갖고, 소정의 식으로 정의되는 제2상 빈도가 0.20~0.42이고, 주상과 제2상을 포함하는 평균 결정 입경이 7~15 μ m인 조직을 가짐으로써, 인성을 개선한 건축 구조 부재용 각종 강관용 후속 열연 강관이 개시되어 있다.
- [0014] 특허문헌 8에는, C: 0.06~0.12%(질량%의 의미, 이하 동일), Si: 0.05~0.5%, Mn: 1.0~1.8%, Al: 0.01~0.06%, P: 0.025% 이하(0%를 포함하지 않음), S: 0.01% 이하(0%를 포함하지 않음), Nb: 0.005~0.025%, Ti: 0.005~0.03%, N: 0.002~0.009% 및 B: 0.0005~0.003%를 각각 함유함과 함께, 소정의 식으로 규정되는 탄소 당량 Ceq가 0.40% 이하이고, 잔부가 철 및 불가피 불순물로 이루어지고, 베이나이트상을 주체로 하는 조직으로 이루어지고, 표면으로부터 깊이 t/4(t는 판두께를 나타냄, 이하 동일)의 위치에 있어서, 서로 이웃하는 결정의 방위차가 15° 이상의 대각 입계(high-angle grain boundaries)로 둘러싸인 영역을 결정립으로 했을 때, 당해 결정립을 전자 후방 산란 회절상법에 의해 측정된 평균 원 상당 지름 D_A가 10 μ m 이하임과 함께, 상기 전자 후방 산란 회절상법에 의해 측정된 상기 결정립의 입경을, 소정의 식에 기초하는 극값 통계법에 의해 산출한 예측 최대 입경 D_M이, 80 μ m 이하로 함으로써, 모재 저온 인성이 우수한 대입열 용접용 고장력 강관이 개시되어 있다.
- [0015] 특허문헌 9에는, 중량으로 C: 0.04~0.25%, N: 0.0050~0.0150% 및 Ti: 0.003~0.050%를 함유하고, 또한 소정의 식으로 구해지는 탄소 당량(Ceq.)이 0.10~0.45%의 강으로서, 또한 펄라이트상이 면적 분율로 5~20%의 범위에 있고, 추가로 강 중에 입경의 평균이 1~30 μ m인 TiN이 중량으로 0.0008~0.015%의 비율로 분산시킴으로써, 냉간 가공 후의 일률 신장(uniform elongation)이 우수한(즉 저항복비임) 고강도 열연 강관이 개시되어 있다.
- [0016] 특허문헌 10에는, 강 성분(질량%)으로부터 계산되는 탄소 당량 Ceq가 0.33% 이상 0.43% 이하, 용접 균열 감수성 조성 P_{CM}이 0.15% 이상 0.24% 이하, 용접 열 영향부 인성 지표 f_{HAZ}가 0.30% 이상 0.47% 이하의 조성을 갖는 강으로 이루어지는 냉간 프레스 성형 각종 강관용 후강관이 개시되어 있다. 특허문헌 10의 냉간 프레스 성형 각종 강관용 후강관은, 강 조직이 페라이트 및 잔부 베이나이트 또는 펄라이트로 구성된다.
- [0017] 특허문헌 11에는, 질량%로, C: 0.05~0.20%, Si: 0.10~0.40%, Mn: 1.20~1.50%, Al: 0.003~0.06%, Ti: 0.005~0.050%를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불순물로 이루어지고, 또한 소정의 식으로 정의되는 Ceq가 0.34 이상을 충족하는 강 소재를 900~1200℃로 가열한 후, 압연을 개시하고, Ar₃점 이상에서 압연 종료 후, Ar₃점 이하에서 Ar₃점-400℃ 이하까지 수냉하고, 그 후, 500℃ 이하에서 템퍼링하는 각종 강관용 강관의 제조 방법이 개시되어 있다. 특허문헌 11의 각종 강관용 강관은, 강 조직이 연질인 페라이트와 경질인 베이나이트 또는 마르텐사이트로 구성된다.
- [0018] 특허문헌 12에는, 강 성분을 소정의 범위로 하고, 강관 표면으로부터의 판두께 t의 1/2t 위치에 있어서의 강 조직은, 체적률로, 페라이트가 30% 초과, 베이나이트가 10% 이상이고, 당해 페라이트 및 당해 베이나이트의 합계가 1/2t 위치에 있어서의 강 조직 전체에 대하여 70% 이상 95% 이하이고, 잔부가 펄라이트, 마르텐사이트, 오스테나이트로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상으로 이루어지고, 서로 이웃하는 결정의 방위차가 15° 이상의 경계로 둘러싸인 영역을 결정립으로 했을 때, 당해 결정립의 평균 원 상당 지름이 7.0 μ m 미만이고, 또한 원 상당 지름으로 40.0 μ m 이상의 당해 결정립의 합계가 1/2t 위치에 있어서의 강 조직 전체에 대하여 체적률로 30% 이하인 열연 강관이 제안되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0019] (특허문헌 0001) 일본특허 제5385760호 공보
 (특허문헌 0002) 일본특허 제4611250호 공보
 (특허문헌 0003) 일본특허 제4957671호 공보
 (특허문헌 0004) 일본특허 제6693606호 공보

- (특허문헌 0005) 일본특허 제6813141호 공보
- (특허문헌 0006) 일본특허 제4276324호 공보
- (특허문헌 0007) 일본특허 제5589885호 공보
- (특허문헌 0008) 일본특허 제5096087호 공보
- (특허문헌 0009) 일본공개특허공보 평7-224351호
- (특허문헌 0010) 일본공개특허공보 2016-11439호
- (특허문헌 0011) 일본특허 제5655725호 공보
- (특허문헌 0012) 일본특허 제6693607호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0020] 그러나, 특허문헌 1 및 2에 기재된 기술은, 프레스 굽힘 성형에 의한 각형 강관의 제조를 전제로 한 것이다. 그 때문에, 냉간 성형 시에 기계적 특성이 크게 열화하는 롤 성형 각형 강관에 특허문헌 1 및 2에 기재된 기술을 적용하는 경우에는, 항복비와 인성을 동시에 달성할 수 없다는 문제가 있다. 또한, 특허문헌 1 및 2에 기재된 기술은, 0℃에서의 샤르피 흡수 에너지(vE_0)만을 평가하고 있고, 0℃ 미만의 저온에서 인성을 평가한 결과는 기재되어 있지 않아, 저온 환경에서의 사용 여부에 관해서는 언급되어 있지 않다.
- [0021] 특허문헌 3에 기재된 기술에서는, 저항복비 및 고인성을 얻기 위해서는, 조관 후에 각형 강관에 열 처리를 실시할 필요가 있다. 그 때문에, 냉간 가공인 재료의 각형 강관과 비교하여 제조 비용이 매우 높아진다. 특허문헌 5에 기재된 기술은, 강 소재의 제조에 있어서, 열간 압연의 조압연 공정(rough-rolling step)이 종료할 때까지의 사이에 관두께 중심 온도가 1000℃ 이상의 상태에서 30초 이상 정지하는 횟수를 1회 이상 5회 이하로 제어하는 것이 필요하여, 생산성에 관하여 과제가 있었다.
- [0022] 특허문헌 4에 기재된 기술에서는, 저항복비 및 고인성을 얻기 위해서는, 열연 강관을 제조할 때의 합계 압하율 65% 이상 및 관두께 중심의 평균 냉각 속도를 10℃/s 이상 30℃/s 이하로 할 필요가 있어, 높은 압하율과 큰 냉각 속도가 필요하기 때문에, 제조 가능한 설비에 제약이 있다는 과제가 있었다.
- [0023] 특허문헌 6의 기술에서는, 강의 고강도화에 크게 기여하는 원소인 C 함유량이 0.02중량% 이하로 억제되어 있다. 이 때문에, 롤 성형 후의 항복 강도를 안정적으로 385MPa 이상으로 하는 것이 곤란하다는 문제가 있었다.
- [0024] 특허문헌 7의 기술에서는, 주상과 제2상을 포함하는 평균 결정 입경이 7~15 μ m이다. 이 평균 결정 입경의 범위에서는, 롤 성형 후에 인장 강도 520MPa 이상의 강도를 얻을 수 없다는 문제가 있었다.
- [0025] 특허문헌 8의 기술에서는, 베이나이트상을 주체(70면적% 이상)로 한다. 경질인 베이나이트의 면적률이 높기 때문에, 강관의 항복비가 0.75 초과로 된다는 문제가 있었다.
- [0026] 특허문헌 9의 기술에서는, 연질인 페라이트와 경질인 펄라이트의 복합 조직 강이다. 이 때문에, 항복비는 낮지만 인성은 나쁘기 때문에, 각형 강관에 필요한 인성을 확보할 수 없다는 문제가 있었다.
- [0027] 특허문헌 10의 기술에서 얻어지는 냉간 프레스 성형 각형 강관용 후강관을 냉간 롤 성형 각형 강관의 소재에 적용한 경우, 냉간 롤 성형 시에 관축 방향으로 도입되는 가공 왜곡때문에 인성이 저하한다. 이 때문에, 각형 강관에 필요한 인성을 확보할 수 없다는 문제가 있었다.
- [0028] 특허문헌 11의 상기 제조 방법에 의해 제조되는 강관은, 항복비를 80% 이하로 하기 위해, 열간 압연과 그에 연속하는 냉각을 실시한 후에 템퍼링 처리를 필요로 한다. 이 때문에, 제조 비용의 면에서 불리했다.
- [0029] 특허문헌 12에 기재된 기술에서는, 저항복비 및 고인성을 얻기 위해서는, 열연 강관을 제조할 때의 합계 압하율 65% 이상 및 관두께 중심의 평균 냉각 속도를 10℃/s 이상 30℃/s 이하로 할 필요가 있어, 높은 압하율과 큰 냉각 속도가 필요하기 때문에, 제조 가능한 설비에 제약이 있다는 과제가 있었다.
- [0030] 본 발명은, 상기의 사정을 감안하여 이루어진 것으로서, 건축 구조 부재에 적합한 고강도와 저항복비를 갖고 저

은 인성이 우수한 각형 강관 및 그의 제조 방법, 각형 강관의 소재인 열연 강관 및 그의 제조 방법, 그리고 이 각형 강관을 사용한 건축 구조물을 제공하는 것을 목적으로 한다. 또한, 본 발명은 특히 후속의 각형 강관 및 후속의 각형 강관에 이용되는 후속의 열연 강관에 적용하는 것이 적합하다.

[0031] 또한, 본 발명에서 말하는 각형 강관에 대해서 「고강도」란, 냉간에서 롤 성형하여 제조되는 각형 강관(이하, 냉간 롤 성형 각형 강관이라고 칭하는 경우도 있음)의 평판부의 항복 강도가 385MPa 이상, 또한, 평판부의 인장 강도가 520MPa 이상의 강도를 갖는 것을 가리킨다. 또한, 본 발명에서 말하는 각형 강관에 대해서 「저항복비」란, 평판부의 항복비(=항복 강도/인장 강도)가 0.90 이하인 것을 가리킨다. 또한, 본 발명에서 말하는 각형 강관에 대해서 「저온 인성이 우수했다」란, 상기 각형 강관의 평판부의 -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 110J 이상인 것을 가리킨다. 또한, 본 발명에서 말하는 열연 강관에 대해서 「고강도」란, 냉간 롤 성형하여 제조되는 각형 강관(이하, 냉간 롤 성형 각형 강관이라고 칭하는 경우도 있음)의 소재인 열연 강관(각형 강관용의 열연 강관)의 항복 강도가 330MPa 이상, 인장 강도가 520MPa 이상의 강도를 갖는 것을 가리킨다. 또한, 본 발명에서 말하는 열연 강관에 대해서 「저항복비」란, 상기 열연 강관의 항복비(=항복 강도/인장 강도)가 0.75 이하인 것을 가리킨다. 또한, 본 발명에서 말하는 열연 강관에 대해서 「저온 인성이 우수했다」란, 상기 소재의 -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 180J 이상인 것을 가리킨다. 또한, 본 발명에서 말하는 「후속」이란, 두께 및 관두께가 5mm 초과 26mm 미만인 것을 가리킨다. 또한, 본 발명에서는, 상기 소재의 열연 강관에는 열연 강관을 포함하는 것으로 한다. 또한, 본 발명에서 말하는 두께는 각형 강관의 두께를 가리키고, 관두께는 열연 강관의 두께를 가리킨다.

과제의 해결 수단

[0032] 전술과 같이, 롤 성형을 실시하는 열연 강관은, 롤 성형에 의한 항복비의 상승이나 인성의 저하라는 기계 특성의 변화를 고려하여 적절히 선택하는 것이 필요하다. 본 발명에서는, 우선, 냉간 롤 성형하여 제조된 후의 각형 강관에 있어서의 평판부의 항복 강도를 385MPa 이상, 평판부의 인장 강도를 520MPa 이상, 또한 높은 소성 변형 능력과 우수한 인성을 구비할 수 있는 열연 강관에 대해서 검토했다. 그 결과, 냉간 롤 성형 각형 강관용의 소재인 열연 강관의 기계 특성은, 구체적으로, 항복 강도가 330MPa 이상, 인장 강도가 520MPa 이상, 항복비(=항복 강도/인장 강도)가 0.75 이하, -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 180J 이상이면 좋은 것을 발견했다.

[0033] 그리고, 상기한 기계 특성을 만족하는 냉간 롤 성형 각형 강관용의 열연 강관에 대해서, 추가로 검토한 결과, 이하의 인식 (1)~(3)을 얻었다.

[0034] (1) 열연 강관이, 본 발명에서 목적으로 하는 항복 강도 및 인장 강도를 만족하기 위해서는, C 함유량을 0.04 질량% 이상으로 하고, 추가로 강관의 주체 조직을 페라이트와 베이나이트의 혼합 조직으로 하는 것이 필요하다.

[0035] (2) 열연 강관이, 본 발명에서 목적으로 하는 항복비를 만족하기 위해서는, 강관의 잔부 조직을 경질인 펄라이트, 마르텐사이트, 오스테나이트로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상으로 하는 것이 필요하다.

[0036] (3) 열연 강관이 상기한 (1) 및 (2)의 양쪽을 만족하는 강 조직에 있어서, 추가로 본 발명에서 목적으로 하는 인성을 구비하기 위해서는, 서로 이웃하는 결정의 방위차 15° 이상의 경계에 의해 둘러싸이는 영역을 결정립으로 했을 때, 원 상당 지름 $40.0\mu\text{m}$ 이상인 결정립의 체적률을 20% 이하로 하는 것이 필요하다.

[0037] 추가로, 본 발명자들은 각형 강관에 대해서 예의 검토를 행한 결과, 이하의 인식 (4)~(6)을 얻었다.

[0038] (4) 각형 강관이, 본 발명에서 목적으로 하는 평판부의 항복 강도 및 인장 강도를 만족하기 위해서는, C의 함유량을 0.04 질량% 이상으로 할 필요가 있다. 또한, 각형 강관의 관 외면으로부터 두께 t의 $1/4t$ 깊이 위치(표층부)에 있어서의 주체 조직을 페라이트와 베이나이트의 혼합 조직으로 할 필요가 있다.

[0039] (5) 각형 강관이, 상기 (4)를 만족하는 강 조직에 있어서, 추가로 본 발명에서 목적으로 하는 평판부의 저온 인성을 얻기 위해서는, 상기 (4)에 더하여, 각형 강관의 관 외면으로부터 두께 t의 $1/4t$ 깊이 위치(표층부)의 강 조직에 있어서, 서로 이웃하는 결정의 방위차가 15° 이상의 경계로 둘러싸인 영역을 결정립으로 했을 때, 장경이 $50\mu\text{m}$ 이상, 또한, 장경과 단경의 비(=(장경)/(단경))가 4.0 이상인 결정립의 개수를 30개/ mm^2 이하로 하고, 원 상당 지름 $40.0\mu\text{m}$ 이상인 결정립의 체적률을 20% 이하로 할 필요가 있다.

[0040] (6) 상기의 (4) 및 (5)의 강 조직을 얻기 위해서는, 성분 조성을 적절한 범위로 조정하고, 또한, Nb와 Ti의 함유량을 특정의 범위로 제어하는 것이 필요하다.

- [0041] 본 발명은, 이들 인식에 기초하여 완성된 것으로, 하기의 요지로 이루어진다.
- [0042] [1] 평판부와 각부를 갖는 각형 강관으로서,
- [0043] 평판부의 성분 조성이, 질량%로,
- [0044] C: 0.04% 이상 0.45% 이하,
- [0045] Si: 1.8% 이하,
- [0046] Mn: 0.5% 이상 2.5% 이하,
- [0047] P: 0.10% 이하,
- [0048] S: 0.05% 이하,
- [0049] Al: 0.005% 이상 0.100% 이하,
- [0050] N: 0.010% 이하,
- [0051] Nb: 0.005% 이상 0.050% 이하,
- [0052] Ti: 0.012% 이상 0.100% 이하,
- [0053] 를 포함하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지고,
- [0054] Nb와 Ti의 함유량이 하기 (1)식을 만족하고,
- [0055] 상기 평판부의 두께를 t로 했을 때, 관 외면으로부터 두께 t의 1/4t 깊이 위치에 있어서의 평판부의 강 조직은,
- [0056] 체적률로, 페라이트가 30% 초과, 베이나이트가 10% 이상이고,
- [0057] 당해 페라이트 및 당해 베이나이트의 합계가, 75% 이상 95% 이하이고,
- [0058] 잔부가 펄라이트, 마르텐사이트, 오스테나이트로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상으로 이루어지고,
- [0059] 서로 이웃하는 결정의 방위차가 15° 이상의 경계로 둘러싸인 영역을 결정립으로 했을 때, 장경이 50 μ m 이상, 또한, 장경과 단경의 비(=(장경)/(단경))가 4.0 이상인 결정립의 개수가 30개/mm² 이하이고,
- [0060] 원 상당 지름으로 40.0 μ m 이상인 결정립이 체적률로 20% 이하인, 각형 강관.
- [0061] $1.20 \times \%Nb \leq \%Ti \quad \dots (1)$
- [0062] 여기에서, %Nb, %Ti는 각 원소의 함유량(질량%)이다.
- [0063] [2] 평판부의 항복 강도가 385MPa 이상, 또한, 평판부의 인장 강도가 520MPa 이상, 평판부의 항복비가 0.90 이하, 평판부의 -20℃에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 110J 이상인, [1]에 기재된 각형 강관.
- [0064] [3] 평판부는, 상기 성분 조성에 더하여 추가로, 질량%로, 하기 중으로부터 선택된 1종 또는 2종 이상을 함유하는, [1] 또는 [2]에 기재된 각형 강관.
- [0065] V: 0.01% 이상 0.15% 이하,
- [0066] Cr: 0.01% 이상 1.0% 이하,
- [0067] Mo: 0.01% 이상 1.0% 이하,
- [0068] Ni: 0.01% 이상 0.3% 이하,
- [0069] Ca: 0.0005% 이상 0.010% 이하,
- [0070] B: 0.0003% 이상 0.010% 이하,
- [0071] Cu: 0.01% 이상 0.5% 이하
- [0072] [4] 상기 강 조직은, 체적률로, 베이나이트가 10% 이상 40% 미만인, [1]~[3] 중 어느 하나에 기재된 각형 강관.
- [0073] [5] [1] 또는 [3]에 기재된 성분 조성을 갖는 강 소재를, 가열 온도: 1100℃ 이상 1300℃ 이하로 가열한 후, 조

압연 종료 온도: 850℃ 이상 1150℃ 이하, 마무리 압연 종료 온도: 750℃ 이상 850℃ 이하, 또한 930℃ 이하에서의 합계 압하율: 40% 이상 63% 이하인 열간 압연을 실시하고, 이어서, 판두께 중심 온도로 평균 냉각 속도: 2℃/s 이상 27℃/s 이하, 냉각 정지 온도: 450℃ 이상 650℃ 이하에서 냉각을 실시하고,

- [0074] 이어서, 440℃ 이상 650℃ 이하에서 권취하여 열연 강판으로 하고,
- [0075] 이어서, 냉간 롤 성형에 의해, 상기 열연 강판을 원통 형상으로 성형하고, 맞댐부를 전방 용접한 후, 각 형상으로 성형하여 각형의 강판으로 하는 조관 공정을 실시하는, 각형 강판의 제조 방법.
- [0076] [6] [1]~[4] 중 어느 하나에 기재된 각형 강판이, 기동재로서 사용되고 있는, 건축 구조물.
- [0077] [7] 성분 조성은, 질량%로,
- [0078] C: 0.04% 이상 0.45% 이하,
- [0079] Si: 1.8% 이하,
- [0080] Mn: 0.5% 이상 2.5% 이하,
- [0081] P: 0.10% 이하,
- [0082] S: 0.05% 이하,
- [0083] Al: 0.005% 이상 0.100% 이하,
- [0084] N: 0.010% 이하,
- [0085] Nb: 0.005% 이상 0.050% 이하,
- [0086] Ti: 0.012% 이상 0.100% 이하,
- [0087] 를 포함하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지고,
- [0088] Nb와 Ti의 함유량이 하기 (1)식을 만족하고,
- [0089] 강판 표면으로부터 판두께 t의 1/4t 위치에 있어서의 강 조직은,
- [0090] 체적률로, 페라이트가 30% 초과, 베이나이트가 10% 이상이고,
- [0091] 당해 페라이트 및 당해 베이나이트의 합계가, 75% 이상 95% 이하이고,
- [0092] 잔부가 펄라이트, 마르텐사이트, 오스테나이트로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상으로 이루어지고,
- [0093] 서로 이웃하는 결정의 방위차가 15° 이상의 경계로 둘러싸인 영역을 결정립으로 했을 때, 장경이 50μm 이상, 또한, 장경과 단경의 비(=(장경)/(단경))가 4.0 이상인 결정립의 개수가 30개/mm² 이하이고,
- [0094] 원 상당 지름으로 40.0μm 이상의 결정립이 체적률로 20% 이하인, 열연 강판.
- [0095] $1.20 \times \%Nb \leq \%Ti \quad \dots (1)$
- [0096] 여기에서, %Nb, %Ti는 각 원소의 함유량(질량%)이다.
- [0097] [8] 항복 강도가 330MPa 이상, 또한, 인장 강도가 520MPa 이상, 항복비가 0.75 이하, -20℃에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 180J 이상인, [7]에 기재된 열연 강판.
- [0098] [9] 상기 성분 조성에 더하여 추가로, 질량%로, 하기 중으로부터 선택된 1종 또는 2종 이상을 함유하는, [7] 또는 [8]에 기재된 열연 강판.
- [0099] V: 0.01% 이상 0.15% 이하,
- [0100] Cr: 0.01% 이상 1.0% 이하,
- [0101] Mo: 0.01% 이상 1.0% 이하,
- [0102] Cu: 0.01% 이상 0.5% 이하,
- [0103] Ni: 0.01% 이상 0.3% 이하,

- [0104] Ca: 0.0005% 이상 0.010% 이하,
- [0105] B: 0.0003% 이상 0.010% 이하
- [0106] [10] 상기 강 조직은, 체적률로, 베이나이트가 10% 이상 40% 미만인, [7]~[9] 중 어느 하나에 기재된 열연 강판.
- [0107] [11] [7] 또는 [9]에 기재된 성분 조성을 갖는 강 소재를, 가열 온도: 1100℃ 이상 1300℃ 이하로 가열한 후, 조압연 종료 온도: 850℃ 이상 1150℃ 이하, 마무리 압연 종료 온도: 750℃ 이상 850℃ 이하, 또한 930℃ 이하에서의 합계 압축률: 40% 이상 63% 이하인 열간 압연을 실시하고, 이어서, 판두께 중심 온도로 평균 냉각 속도: 2℃/s 이상 27℃/s 이하, 냉각 정지 온도: 450℃ 이상 650℃ 이하에서 냉각을 실시하고, 440℃ 이상 650℃ 이하에서 권취하는, 열연 강판의 제조 방법.

발명의 효과

- [0108] 본 발명에 의하면, 고강도 및 저항복비를 구비하고, 저온 인성이 우수한 열연 강판 및 그의 제조 방법을 제공할 수 있고, 또한, 고강도 및 저항복비를 구비하고, 저온 인성이 우수한 각형 강판 및 그의 제조 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0109] 도 1은, 본 발명의 각형 강판을 사용한 건축 구조물의 일 예를 개략적으로 나타내는 사시도이다.
 - 도 2는, 본 발명에서 실시한 각형 강판의 평판부 인장 시험편의 채취 위치를 나타내는 개략도이다.
 - 도 3은, 본 발명에서 실시한 각형 강판의 샤르피 시험편의 채취 위치를 나타내는 개략도이다.
 - 도 4는, 각형 강판의 -20℃에 있어서의 샤르피 흡수 에너지와 결정립의 장경과 단경의 비가 4.0 이상인 결정립의 개수와의 관계를 나타내는 그래프이다.
 - 도 5는, 열연 강판의 -20℃에 있어서의 샤르피 흡수 에너지와 결정립의 장경과 단경의 비가 4.0 이상인 결정립의 개수와의 관계를 나타내는 그래프이다.
- 이하, 본 발명에 대해서 상세하게 설명한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0110] (발명을 실시하기 위한 형태)
- [0111] 본 발명은, 평판부와 각부를 갖는 각형 강판 및 그의 소재로서 사용하는 열연 강판으로서, 각형 강판의 평판부 및 열연 강판의 성분 조성이, 질량%로, C: 0.04% 이상 0.45% 이하, Si: 1.8% 이하, Mn: 0.5% 이상 2.5% 이하, P: 0.10% 이하, S: 0.05% 이하, Al: 0.005% 이상 0.100% 이하, N: 0.010% 이하, Nb: 0.005% 이상 0.050% 이하, Ti: 0.012% 이상 0.100% 이하를 포함하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지고, Nb와 Ti의 함유량이 (1)식을 만족하고, 판 외면 및 강판 표면으로부터 두께 t(두께 t 및 판두께 t를 의미함. 이하 동일)의 1/4t 깊이 위치에 있어서의 강 조직은, 체적률로, 페라이트가 30% 초과, 베이나이트가 10% 이상이고, 당해 페라이트 및 당해 베이나이트의 합계가, 75% 이상 95% 이하이고, 잔부가 펄라이트, 마르텐사이트, 오스테나이트로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상으로 이루어지고, 서로 이웃하는 결정의 방위차가 15° 이상의 경계로 둘러싸인 영역을 결정립으로 했을 때, 장경이 50μm 이상, 또한, 장경과 단경의 비(=(장경)/(단경))가 4.0 이상인 결정립의 개수가 강 조직에 있어서 30개/mm² 이하이고, 원 상당 지름으로 40.0μm 이상의 결정립이 체적률로 20% 이하이다.
- [0112] $1.20 \times \%Nb \leq \%Ti \quad \dots (1)$
- [0113] 여기에서, %Nb, %Ti는 각 원소의 함유량(질량%)이다.
- [0114] 이하에, 본 발명의 각형 강판 및 그의 제조 방법, 그리고 열연 강판 및 그의 제조 방법에 대해서 설명한다.
- [0115] 본 발명에 있어서, 각형 강판 및 열연 강판의 성분 조성을 한정된 이유에 대해서 설명한다. 본 명세서에 있어서, 특별히 언급이 없는 한, 강 조성을 나타내는 「%」는 「질량%」이다. 또한, 본 발명의 각형 강판은, 열연 강판을 냉간에서 롤 성형하는 방법으로 제조되기 때문에, 평판부와 각부는 동일한 열연 강판으로 이루어지고, 평판부와 각부의 성분 조성은 동일하다. 한편, 용접부는 용접 시에 고온까지 가열되기 때문에, 대

기 중의 산소와 반응하여 산화가 발생하고, 평판부나 각부와는 성분 조성이 상이할 가능성이 있다. 각형 강관 전체의 체적에 차지하는 용접부의 체적은 적기 때문에, 용접부의 성분 조성이 각형 강관의 특성에 미치는 영향은 작고, 용접부의 성분 조성은 평판부의 성분 조성과 동일해도, 상이해도, 어느 쪽이라도 좋다.

[0116] C: 0.04% 이상 0.45% 이하

[0117] C는 고용 강화에 의해 강의 강도를 상승시키는 원소이다. 또한, C는, 펄라이트의 생성을 촉진하고, 퀴칭성(hardenability)을 높여 베이나이트의 생성에 기여하는 원소이다. 본 발명에서 목적으로 하는 강도 및 항복비를 확보하기 위해서는, 0.04% 이상의 C를 함유하는 것이 필요하다. 그러나, C 함유량이 0.45%를 초과하면, 경질상의 비율이 높아져 인성이 저하하고, 또한 각형 강관의 평판부의 항복비가 0.90을 초과하여 소망하는 항복비가 얻어지지 않게 된다. 또한, 용접성도 악화된다. 이 때문에, C 함유량은 0.04% 이상 0.45% 이하로 한다. C 함유량은, 바람직하게는 0.08% 이상이고, 보다 바람직하게는 0.12% 초과이고, 보다 한층 바람직하게는 0.14% 이상이다. 또한, C 함유량은, 바람직하게는 0.30% 이하이고, 보다 바람직하게는 0.25% 이하이고, 보다 한층 바람직하게는 0.22% 이하이다.

[0118] Si: 1.8% 이하

[0119] Si는 고용 강화에 의해 강의 강도를 상승시키는 원소이고, 필요에 따라서 함유할 수 있다. 이러한 효과를 얻기 위해서는, 0.01% 이상의 Si를 함유하는 것이 바람직하다. 그러나, Si 함유량이 1.8%를 초과하면, 전봉 용접부에 산화물이 생성되기 쉬워져, 용접부 특성이 저하한다. 또한 전봉 용접부 이외의 모재부의 인성도 저하한다. 이 때문에, Si 함유량은 1.8% 이하로 한다. Si 함유량은, 바람직하게는 0.01% 이상이고, 보다 바람직하게는 0.10% 이상이다. 또한, Si 함유량은, 바람직하게는 0.5% 이하이고, 보다 바람직하게는 0.4% 이하이고, 보다 한층 바람직하게는 0.3% 이하이다.

[0120] Mn: 0.5% 이상 2.5% 이하

[0121] Mn은 고용 강화에 의해 강의 강도를 상승시키는 원소이다. 또한, Mn은 페라이트 변태 개시 온도를 저하시킴으로써 조직의 미세화에 기여하는 원소이다. 본 발명에서 목적으로 하는 강도 및 조직을 확보하기 위해서는, 0.5% 이상의 Mn을 함유하는 것이 필요하다. 그러나, Mn 함유량이 2.5%를 초과하면, 베이나이트 조직의 생성량이 지나치게 많아짐으로써 각형 강관의 평판부의 항복비가 0.90을 초과하여, 소망하는 항복비가 얻어지지 않게 된다. 또한, Mn 함유량이 2.5%를 초과하면, 전봉 용접부에 산화물이 생성되기 쉬워져, 용접부 특성이 저하한다. 이 때문에, Mn 함유량은 0.5% 이상 2.5% 이하로 한다. Mn 함유량은, 바람직하게는 0.7% 이상이고, 보다 바람직하게는 0.9% 이상이고, 보다 한층 바람직하게는 1.0% 이상이다. 또한, Mn 함유량은, 바람직하게는 2.0% 이하이다.

[0122] P: 0.10% 이하

[0123] P는, 입계에 편석하여 재료의 불균질을 초래하기 때문에, 불가피적 불순물로서 가능한 한 저감하는 것이 바람직하지만, 0.10% 이하의 함유량까지는 허용할 수 있다. 이 때문에, P 함유량은 0.10% 이하의 범위 내로 한다. P 함유량은, 바람직하게는 0.03% 이하이고, 보다 바람직하게는 0.020% 이하이고, 보다 한층 바람직하게는 0.015% 이하이다. 또한, 특허 P의 하한은 규정하지 않지만, 과도한 저감은 제련 비용의 급등을 초래하기 때문에, P는 0.002% 이상으로 하는 것이 바람직하다.

[0124] S: 0.05% 이하

[0125] S는, 강 중에서는 통상, MnS로서 존재하지만, MnS는, 열간 압연 공정에서 얇게 연신되어, 연성에 악영향을 미친다. 이 때문에, 본 발명에서는 S를 가능한 한 저감하는 것이 바람직하지만, 0.05% 이하의 함유량까지는 허용할 수 있다. 이 때문에, S 함유량은 0.05% 이하로 한다. S 함유량은, 바람직하게는 0.015% 이하이고, 보다 바람직하게는 0.010% 이하이고, 보다 한층 바람직하게는 0.008% 이하이다. 또한, 특허 S의 하한은 규정하지 않지만, 과도한 저감은 제련 비용의 급등을 초래하기 때문에, S는 0.0002% 이상으로 하는 것이 바람직하다.

[0126] Al: 0.005% 이상 0.100% 이하

[0127] Al은, 강력한 탈산제로서 작용하는 원소이다. 이러한 효과를 얻기 위해서는, 0.005% 이상의 Al을 함유하는 것이 필요하다. 그러나, Al 함유량이 0.100%를 초과하면 용접성이 악화함과 함께, 알루미늄계 개재물이 많아져, 표면 성상이 악화된다. 또한 용접부의 인성도 저하한다. 이 때문에, Al 함유량은 0.005% 이상 0.100% 이하로 한다. Al 함유량은, 바람직하게는 0.010% 이상이고, 보다 바람직하게는 0.015% 이상이다. 또한, Al 함유

량은, 바람직하게는 0.070% 이하이고, 보다 바람직하게는 0.050% 이하이다.

[0128] N: 0.010% 이하

[0129] N은, 불가피적 불순물이고, 전위의 운동을 강고하게 고착함으로써 인성을 저하시키는 작용을 갖는 원소이다. 본 발명에서는, N은 불순물로서 가능한 한 저감하는 것이 바람직하지만, N의 함유량은 0.010%까지는 허용할 수 있다. 이 때문에, N 함유량은 0.010% 이하로 한다. N 함유량은, 바람직하게는 0.0080% 이하이고, 보다 바람직하게는 0.0040% 이하이고, 보다 한층 바람직하게는 0.0035% 이하이다. 또한, 과도한 저감은 제련 비용의 급등을 초래하기 때문에, N 함유량은 0.0010% 이상으로 하는 것이 바람직하고, 0.0015% 이상으로 하는 것이 보다 바람직하다.

[0130] Nb: 0.005% 이상 0.050% 이하

[0131] Nb는, 강 중에서 미세한 탄화물, 질화물을 형성하고, 석출 강화를 통하여 강의 강도 향상에 기여하는 원소이다. 이러한 효과를 얻기 위해, 0.005% 이상 함유하는 것이 필요하다. 그러나, Nb의 함유량이 0.050%를 초과하면, 조대한 탄화물, 질화물이 형성되고, 또한, 후술하는 바와 같은 장경과 단경의 비가 큰 결정립의 형성이 촉진되어, 인성의 저하를 초래할 우려가 있다. 이 때문에, Nb 함유량은 0.005% 이상 0.050% 이하로 한다. Nb 함유량은, 바람직하게는 0.006% 이상이고, 보다 바람직하게는 0.007% 이상이고, 보다 한층 바람직하게는 0.008% 이상이다. 또한, Nb 함유량은, 바람직하게는 0.045% 이하이고, 보다 바람직하게는 0.035% 이하이다.

[0132] Ti: 0.012% 이상 0.100% 이하

[0133] Ti는, 강 중에서 미세한 탄화물, 질화물을 형성하고, 석출 강화를 통하여 강의 강도 향상에 기여하는 원소이다. 또한, Ti를 적절한 양 첨가하면 조대한 결정립의 생성을 촉진하지 않고 강도를 향상시키는 것이 가능하여, 본 발명에 있어서 가장 중요한 원소의 하나이다. 이러한 효과를 얻기 위해, 0.012% 이상 함유하는 것이 필요하다. 그러나, Ti의 함유량이 0.100%를 초과하면, 조대한 탄화물, 질화물이 형성되어 인성의 저하를 초래할 우려가 있다. 이 때문에, Ti 함유량은 0.012% 이상 0.100% 이하로 한다. Ti 함유량은, 바람직하게는 0.015% 이상이고, 보다 바람직하게는 0.017% 이상이고, 보다 한층 바람직하게는 0.018% 이상이다. 또한, Ti 함유량은, 바람직하게는 0.090% 이하이고, 보다 바람직하게는 0.070% 이하이다.

[0134] $1.20 \times \%Nb \leq \%Ti$

[0135] 여기에서, %Nb, %Ti는 각 원소의 함유량(질량%)이다.

[0136] 본 발명에서는, Nb와 Ti의 함유량을 상기한 범위로 하고, 추가로 $1.20 \times \%Nb \leq \%Ti$ 를 만족하는 것이 필요하다. 본 관계식을 만족함으로써, 후술하는 바와 같은, 장경이 50 μ m 이상, 또한, 장경과 단경의 비(=(장경)/(단경))가 4.0 이상인 결정립의 개수가 30개/ mm^2 이하의 금속 조직을 얻는 것이 가능해진다. 한편, $1.20 \times \%Nb > \%Ti$ 의 경우에는, 장경이 50 μ m 이상, 또한, 장경과 단경의 비(=(장경)/(단경))가 4.0 이상인 결정립의 개수가 30개/ mm^2 를 초과하기 때문에, 저온 인성의 저하를 초래한다. 바람직하게는 $1.50 \times \%Nb \leq \%Ti$ 이고, 보다 바람직하게는 $2.30 \times \%Nb \leq \%Ti$ 이다.

[0137] 잔부는 Fe 및 불가피적 불순물이다. 단, 본 발명의 효과를 해치지 않는 범위에 있어서는, V: 0.005% 이하 함유하는 것을 거부하는 것은 아니다. V: 0.01% 미만, Cr: 0.01% 미만, Mo: 0.01% 미만, Cu: 0.01% 미만, Ni: 0.01% 미만, Ca: 0.0005% 미만, B: 0.0003% 미만을 불가피적 불순물 중에 포함시킬 수 있다.

[0138] 상기의 성분이 본 발명에 있어서의 각형 강관의 기본의 성분 조성이다. 상기한 필수 원소로 본 발명에서 목적으로 하는 특성은 얻어지지만, 필요에 따라서 하기의 원소를 함유할 수 있다.

[0139] V: 0.01% 이상 0.15% 이하, Cr: 0.01% 이상 1.0% 이하, Mo: 0.01% 이상 1.0% 이하, Cu: 0.01% 이상 0.5% 이하, Ni: 0.01% 이상 0.3% 이하, Ca: 0.0005% 이상 0.010% 이하, B: 0.0003% 이상 0.010% 이하 중으로부터 선택된 1종 또는 2종 이상

[0140] V: 0.01% 이상 0.15% 이하, Cr: 0.01% 이상 1.0% 이하, Mo: 0.01% 이상 1.0% 이하

[0141] V, Cr, Mo는, 강의 퀴칭성을 높여, 강의 강도를 상승시키는 원소이고, 필요에 따라서 함유할 수 있다. 상기한 효과를 얻기 위해, V, Cr, Mo를 함유하는 경우에는, 각각 V: 0.01% 이상, Cr: 0.01% 이상, Mo: 0.01% 이상으로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는, 각각 V: 0.02% 이상, Cr: 0.10% 이상, Mo: 0.10% 이상이다. 한편, 과도한 함유는, 인성의 저하 및 용접성의 악화를 초래할 우려가 있다. 따라서, V, Cr, Mo를 함유하는 경우에는, 각각 V: 0.15% 이하, Cr: 1.0% 이하, Mo: 1.0% 이하로 하는 것이 바람직하다. 보다 바

람직하게는, V: 0.10% 이하, Cr: 0.50% 이하, Mo: 0.50% 이하이다.

[0142] Cu: 0.01% 이상 0.5% 이하, Ni: 0.01% 이상 0.3% 이하

[0143] Cu, Ni는, 고용 강화에 의해 강의 강도를 상승시키는 원소이고, 필요에 따라서 함유할 수 있다. 상기한 효과를 얻기 위해, Cu, Ni를 함유하는 경우에는, 각각 Cu: 0.01% 이상, Ni: 0.01% 이상으로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는, 각각 Cu: 0.10% 이상, Ni: 0.10% 이상이다. 한편, 과도한 함유는, 인성의 저하 및 용접성의 악화를 초래할 우려가 있다. 따라서, Cu, Ni를 함유하는 경우에는, 각각 Cu: 0.5% 이하, Ni: 0.3% 이하로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는, 각각 Cu: 0.40% 이하, Ni: 0.20% 이하이다.

[0144] Ca: 0.0005% 이상 0.010% 이하

[0145] Ca는, 열간 압연 공정에서 얇게 연신되는 MnS 등의 황화물을 구(spherical)형상화함으로써 강의 인성 향상에 기여하는 원소이고, 필요에 따라서 함유할 수 있다. 이러한 효과를 얻기 위해, Ca를 함유하는 경우는, 0.0005% 이상의 Ca를 함유하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는, Ca 함유량은 0.0010% 이상이다. 그러나, Ca 함유량이 0.010%를 초과하면, 강 중에 Ca 산화물 클러스터가 형성되어, 인성이 악화되는 경우가 있다. 이 때문에, Ca를 함유하는 경우는, Ca 함유량은 0.010% 이하로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는, Ca 함유량은 0.0050% 이하이다.

[0146] B: 0.0003% 이상 0.010% 이하

[0147] B는, 페라이트 변태 개시 온도를 저하시킴으로써 조직의 미세화에 기여하는 원소이다. 이러한 효과를 얻기 위해, B를 함유하는 경우는, 0.0003% 이상의 B를 함유하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는, B 함유량은 0.0005% 이상이다. 그러나, B 함유량이 0.010%를 초과하면, 항복비가 상승하는 경우가 있다. 이 때문에, B를 함유하는 경우는, 0.010% 이하로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는, B 함유량은 0.0050% 이하이다.

[0148] 다음으로, 본 발명의 각형 강관 및 열연 강관의 강 조직을 한정된 이유에 대해서 설명한다.

[0149] 본 발명의 각형 강관 및 열연 강관에 있어서의, 강관의 관 외면 및 강관의 표면으로부터 두께 t의 1/4t 깊이 위치에 있어서의 강 조직은, 체적률로, 페라이트가 30% 초과, 베이나이트가 10% 이상이고, 당해 페라이트 및 당해 베이나이트의 합계가, 관 외면 및 강관의 표면으로부터 두께 t의 1/4t 깊이 위치에 있어서의 강 조직 전체에 대하여 75% 이상 95% 이하이고, 잔부가 펄라이트, 마르텐사이트, 오스테나이트로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상으로 이루어진다. 서로 이웃하는 결정의 방위차가 15° 이상의 경계로 둘러싸인 영역을 결정립으로 했을 때, 장경이 50 μ m 이상, 또한, 장경과 단경의 비(=(장경)/(단경))가 4.0 이상인 결정립의 개수가 30개/ mm^2 이하이고, 또한 원 상당 지름(결정 입경)으로 40.0 μ m 이상인 결정립이 관 외면 및 강관의 표면으로부터 두께 t의 1/4t 깊이 위치에 있어서의 강 조직 전체에 대하여 체적률로 20% 이하이다.

[0150] 또한, 본 발명에 있어서, 원 상당 지름(결정 입경)이란, 대상이 되는 결정립과 면적이 동일한 원의 직경으로 한다. 또한, 각형 강관의 강 조직은, 전방 용접부를 제외한, 각형 강관의 평판부의 관 외면으로부터 두께 t의 1/4t 깊이 위치에 있어서의 것으로 한다. 일반적으로, 열연 강관을 소재로 하는 롤 성형 각형 강관에서는, 각부 및 평판부 모두 관 외면으로부터 두께 t의 1/4t 깊이 위치의 강 조직이 동일하게 된다. 그 때문에, 여기에서는 평판부의 강 조직에 대해서 규정하고 있다. 또한, 열연 강관의 강 조직은, 강관의 표면으로부터 관두께 t의 1/4t 깊이 위치에 있어서의 것으로 한다.

[0151] 페라이트의 체적률: 30% 초과, 베이나이트의 체적률: 10% 이상, 강 조직에 대한 페라이트 및 베이나이트의 체적률의 합계: 75% 이상 95% 이하

[0152] 페라이트는 연질인 조직이고, 다른 경질인 조직과 혼합시킴으로써, 강의 항복비를 낮게 한다. 이러한 효과에 의해 본 발명에서 목적으로 하는 저항복비를 얻기 위해서는, 페라이트의 체적률은 30%를 초과할 필요가 있다. 페라이트의 체적률은, 바람직하게는 40% 이상이고, 보다 바람직하게는 43% 이상이고, 보다 한층 바람직하게는 45% 이상이다. 또한, 특별히 상한은 규정하지 않지만, 소망하는 항복비를 확보하기 위해, 페라이트의 체적률은, 바람직하게는 75% 미만이고, 보다 바람직하게는 70% 미만이고, 보다 한층 바람직하게는 60% 이하이다.

[0153] 베이나이트는 중간적인 경도를 갖는 조직이고, 강의 강도를 상승시킨다. 상기한 페라이트만으로는 본 발명에서 목적으로 하는 항복 강도 및 인장 강도가 얻어지지 않기 때문에, 베이나이트의 체적률은 10% 이상으로 하는 것이 필요하다. 베이나이트의 체적률은, 바람직하게는 15% 이상이고, 보다 바람직하게는 20% 이상이고, 보다 한층 바람직하게는 25% 이상이다. 또한, 특별히 상한은 규정하지 않지만, 소망하는 항복비를 확보하기 위해,

베이나이트의 체적률은, 바람직하게는 55% 이하이고, 보다 바람직하게는 50% 이하이고, 보다 한층 바람직하게는 45% 이하이고, 한층 더 바람직하게는 40% 미만이다.

- [0154] 또한, 페라이트와 베이나이트의 체적률의 합계가 75% 미만이면, 본 발명에서 목적으로 하는 항복비 또는 샤르피 흡수 에너지가 얻어지지 않는다. 한편, 페라이트와 베이나이트의 체적률의 합계가 95%를 초과하면, 본 발명에서 목적으로 하는 항복 강도 및 항복비가 얻어지지 않는다. 이 때문에, 상기한 조건에 더하여, 페라이트와 베이나이트의 체적률의 합계를 75% 이상 95% 이하로 하는 것이 필요하다. 바람직하게는, 78% 이상이고, 바람직하게는 93% 이하이다. 보다 바람직하게는, 80% 이상이고, 보다 바람직하게는 90% 이하이다.
- [0155] 잔부: 펄라이트, 마르텐사이트, 오스테나이트로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상
- [0156] 펄라이트, 마르텐사이트 및, 오스테나이트는 경질인 조직이고, 특히 강의 인장 강도를 상승시킴과 함께, 연질인 페라이트와 혼합시킴으로써 강의 항복비가 낮아진다. 이러한 효과를 얻기 위해서는, 잔부는, 펄라이트, 마르텐사이트 및, 오스테나이트의 각 체적률의 합계가 5% 이상 25% 이하로 한다. 바람직하게는, 7% 이상이고, 바람직하게는 23% 이하이다. 보다 바람직하게는, 10% 이상이고, 보다 바람직하게는 20% 이하이다.
- [0157] 또한, 페라이트, 베이나이트, 펄라이트, 마르텐사이트 및, 오스테나이트의 체적률은, 후술하는 실시예에 기재된 방법으로 측정할 수 있다.
- [0158] 서로 이웃하는 결정의 방위차(결정 방위차)가 15° 이상의 경계로 둘러싸인 영역을 결정립으로 했을 때, 장경이 50 μ m 이상, 또한, 장경과 단경의 비(=(장경)/(단경))가 4.0 이상인 결정립의 개수가 30개/mm² 이하, 결정 입경(원 상당 지름)으로 40.0 μ m 이상인 결정립의 체적률: 20% 이하
- [0159] 전술과 같이, 본 발명의 강 조직은, 본 발명에서 목적으로 하는 저항복비, 항복 강도 및, 인장 강도를 얻기 위해, 연질 조직과 경질 조직을 혼합시킨 강(이하, 「복합 조직강」이라고 칭함)으로 한다. 그러나, 복합 조직강은, 단일 조직강과 비교하여 인성이 나쁘다. 그래서, 본 발명에서는, 상기의 기계 특성과 우수한 인성을 양립하기 위해, 결정 방위차가 15° 이상의 경계에 의해 둘러싸인 영역을 결정립으로 했을 때, 장경이 50 μ m 이상인 결정립의 장경과 단경의 비(=(장경)/(단경)) 및 조대한 결정립의 체적률을 규정한다. 장경이 50 μ m 이상인 결정립의 장경과 단경의 비(=(장경)/(단경))가 4.0 이상인 결정립의 개수가 30개/mm²를 초과하거나, 또는, 원 상당 지름이 40.0 μ m 이상인 결정립이 관 외면 및 열연 강판 표면으로부터 두께 t의 1/4t 깊이 위치에 있어서의 강 조직 전체에 대하여 체적률로 20%를 초과하면, 소망하는 저온 인성이 얻어지지 않는다.
- [0160] 이 때문에, 장경이 50 μ m 이상인 결정립의 장경과 단경의 비가 4.0 이상인 결정립의 개수를 30개/mm² 이하로 하고, 원 상당 지름이 40.0 μ m 이상인 결정립이 관 외면 및 열연 강판 표면으로부터 두께 t의 1/4t 깊이 위치에 있어서의 강 조직 전체에 대하여 체적률로 20% 이하로 함으로써 본 발명에서 목적으로 하는 저온 인성을 확보할 수 있다. 결정립의 장경과 단경의 비가 4.0 이상인 결정립의 개수는, 바람직하게는 28개/mm² 이하이고, 보다 바람직하게는 26개/mm² 이하이다. 또한, 원 상당 지름이 40.0 μ m 이상인 결정립의 체적률은, 바람직하게는 18% 이하이고, 보다 바람직하게는 16% 이하이다.
- [0161] 베이나이트는, 방위차가 큰 경계(오스테나이트 입계나, 전위의 집적에 의해 형성된 서브 바운더리(sub-boundaries))를 초과하여 성장하지 않는다. 그 때문에, 상기의 조대한(coarse) 베이나이트의 생성을 억제하기 위해서는, 열간 압연에 있어서의 마무리 압연을 가능한 한 저온에서 행하고, 오스테나이트에 다량의 전위를 도입하여 서브 바운더리의 면적을 증가시켜, 미세한 서브 그레인 구조(fine sub-grain structure)(이하, 「미세화」라고도 부름)를 형성하는 것이 특히 유효하다.
- [0162] 또한, 결정 방위차, 평균 결정 입경 및, 결정 입경이 40.0 μ m 이상인 결정립의 체적률은, SEM/EBSD법에 의해 측정하는 것이 가능하다. 여기에서는, 후술하는 실시예에 기재된 방법으로 측정할 수 있다.
- [0163] 본 발명에서는, 강관의 관 외면 및 강관의 표면으로부터 두께 t의 1/4t 깊이 위치를 중심으로 하여 두께 방향으로 ± 1.0 mm의 범위 내에, 전술의 강 조직이 존재하고 있어도 마찬가지로 전술의 효과는 얻어진다. 그 때문에, 본 발명에 있어서 「강관의 관 외면 및 강관의 표면으로부터 두께 t의 1/4t 깊이 위치에 있어서의 강 조직」이란, 강관의 관 외면 및 강관의 표면으로부터 두께 t의 1/4t 깊이 위치를 중심으로 하여 두께 방향으로 ± 1.0 mm의 범위의 어느 하나에 있어서, 전술의 강 조직이 존재하고 있는 것을 의미한다. 또한, 본 발명에서 목적으로 하는 저항복비, 고강도 및 고인성을 얻기 위해서는, 각형 강관의 평판부에 있어서 상기한 강 조직을 만족하는 것이 필요하다. 한편, 각부의 강 조직은 상기한 강 조직을 만족해도, 만족하지 않아도 각형 강관의 특성에 미치는 영향은 작아, 각부의 강 조직은 따지지 않는다.

- [0164] 다음으로, 본 발명의 일 실시 형태에 있어서의 열연 강판 및 각형 강판의 제조 방법을 설명한다.
- [0165] 본 발명의 각형 강판의 제조 방법은, 예를 들면, 상기한 성분 조성을 갖는 강 소재를, 가열 온도: 1100℃ 이상 1300℃ 이하로 가열한 후, 조압연 종료 온도: 850℃ 이상 1150℃ 이하, 마무리 압연 종료 온도: 750℃ 이상 850℃ 이하, 또한 930℃ 이하에서의 합계 압하율: 40% 이상 63% 이하인 열간 압연을 실시한다. 이어서, 판두께 중심 온도로 평균 냉각 속도: 2℃/s 이상 27℃/s 이하, 냉각 정지 온도: 450℃ 이상 650℃ 이하에서 냉각을 실시하고, 이어서, 440℃ 이상 650℃ 이하에서 권취하여 열연 강판으로 한다. 이어서, 냉간 롤 성형에 의해, 열연 강판을 원통 형상으로 성형하고, 맞댐부를 전방 용접한 후, 각 형상으로 성형하여 각형의 강판으로 하는 조판 공정을 실시한다.
- [0166] 또한, 이하의 제조 방법의 설명에 있어서, 온도에 관한 「℃」 표시는, 특별히 언급하지 않는 한, 강 소재나 강판(열연 강판)의 표면 온도로 한다. 이들의 표면 온도는, 방사 온도계 등으로 측정할 수 있다. 또한, 강판 판두께 중심의 온도는, 강판 단면 내의 온도 분포를 전열 해석에 의해 계산하고, 그의 결과를 강판의 표면 온도에 의해 보정함으로써 구할 수 있다. 또한, 「열연 강판」에는, 열연 강판, 열연 강대를 포함하는 것으로 한다.
- [0167] 본 발명에 있어서, 강 소재(강 슬래브)의 용제 방법은 특별히 한정되지 않고, 전로(converter), 전기로(electric arc furnace), 진공 용해로 등의 공지의 용제 방법의 어느 것이나 적합하다. 주조 방법도 특별히 한정되지 않지만, 연속 주조법 등의 공지의 주조 방법에 의해, 소망 치수로 제조된다. 또한, 연속 주조법을 대신하여, 조괴-분괴 압연법(ingot casting-blooming process)을 적용해도 하등 문제는 없다. 용강에는 추가로, 레이드 정련(ladle refining) 등의 2차 정련을 실시해도 좋다.
- [0168] 이어서, 얻어진 강 소재(강 슬래브)를, 가열 온도: 1100℃ 이상 1300℃ 이하로 가열한 후, 조압연 종료 온도: 850℃ 이상 1150℃ 이하로 하는 조압연을 실시하고, 마무리 압연 종료 온도: 750℃ 이상 850℃ 이하로 하는 마무리 압연을 실시하고, 또한, 930℃ 이하에서의 합계 압하율: 40% 이상 63% 이하인 열간 압연 공정을 실시하여 열연 강판으로 한다.
- [0169] 가열 온도: 1100℃ 이상 1300℃ 이하
- [0170] 가열 온도가 1100℃ 미만인 경우, 피(被)압연재의 변형 저항이 커져 압연이 곤란해진다. 한편, 가열 온도가 1300℃를 초과하면, 오스테나이트립이 조대화하여, 후의 압연(조압연, 마무리 압연)에 있어서 미세한 오스테나이트립이 얻어지지 않아, 본 발명에서 목적으로 하는 각형 강판의 강 조직의 평균 결정 입경을 확보하는 것이 곤란해진다. 또한, 조대한 베이나이트의 생성을 억제하는 것이 곤란해져, 결정 입경이 40.0μm 이상인 결정립의 체적률을, 본 발명에서 목적으로 하는 범위로 제어하는 것이 어렵다. 이 때문에, 열간 압연 공정에 있어서의 가열 온도는, 1100℃ 이상 1300℃ 이하로 한다. 바람직하게는 1120℃ 이상이고, 바람직하게는 1280℃ 이하이다.
- [0171] 또한, 본 발명에서는, 강 슬래브(슬래브)를 제조한 후, 일단 실온까지 냉각하고, 그 후 재차 가열하는 종래법에 더하여, 실온까지 냉각하지 않고, 온편인 채로 가열로에 장입하는, 혹은, 약간의 보열을 행한 후에 즉각 압연하는, 이들의 직송 압연의 에너지 절약 프로세스도 문제 없이 적용할 수 있다.
- [0172] 조압연 종료 온도: 850℃ 이상 1150℃ 이하
- [0173] 조압연 종료 온도가 850℃ 미만인 경우, 후의 마무리 압연 중에 강판 표면 온도가 페라이트 변태 개시 온도 이하로 되어, 다량의 페라이트가 생성되고, 베이나이트의 체적률이 10% 미만이 된다. 한편, 조압연 종료 온도가 1150℃를 초과하면, 오스테나이트 미재결정 온도역에서의 압하량이 부족하여, 미세한 오스테나이트립이 얻어지지 않는다. 그 결과, 본 발명에서 목적으로 하는 각형 강판의 강 조직이 얻어지지 않고, 서로 이웃하는 결정의 방위차가 15° 이상의 경계로 둘러싸인 영역을 결정립으로 했을 때, 당해 결정립의 장경이 50μm 이상, 또한, 장경과 단경의 비(=(장경)/(단경))가 4.0 이상인 결정립의 개수가 30개/mm² 이하 및, 원 상당 지름으로 40.0μm 이상인 당해 결정립이 1/4t 깊이 위치에 있어서의 평판부의 강 조직 전체에 대하여 체적률로 20% 이하의 강 조직을 얻는 것이 곤란해진다. 또한, 조대한 베이나이트의 생성을 억제하는 것이 곤란해진다. 이 때문에, 조압연 종료 온도는, 850℃ 이상 1150℃ 이하로 한다. 바람직하게는 860℃ 이상이고, 보다 바람직하게는 870℃ 이상이다. 바람직하게는 1000℃ 이하이고, 보다 바람직하게는 980℃ 이하이다.
- [0174] 마무리 압연 종료 온도: 750℃ 이상 850℃ 이하
- [0175] 마무리 압연 종료 온도가 750℃ 미만인 경우, 마무리 압연 중에 강판 표면 온도가 페라이트 변태 개시 온도 이하로 되고, 다량의 페라이트가 생성하여, 베이나이트의 체적률이 10% 미만이 된다. 한편, 마무리 압연 종료

온도가 850℃를 초과하면, 오스테나이트 미재결정 온도역에서의 압하량이 부족하여, 미세한 오스테나이트립이 얻어지지 않는다. 그 결과, 결정립이 조대하게 되어, 본 발명에서 목적으로 하는 강도의 확보가 곤란해진다. 또한, 조대한 베이나이트의 생성을 억제하는 것이 곤란해진다. 이 때문에, 마무리 압연 종료 온도는, 750℃ 이상 850℃ 이하로 한다. 바람직하게는 770℃ 이상이고, 보다 바람직하게는 780℃ 이상이다. 바람직하게는 830℃ 이하이고, 보다 바람직하게는 820℃ 이하이다.

- [0176] 930℃ 이하의 합계 압하율: 40% 이상 63% 이하
- [0177] 본 발명에서는, 열간 압연 공정에 있어서 오스테나이트 중의 서브 그레인을 미세화함으로써, 연속되는 냉각 공정, 권취 공정에서 생성하는 페라이트, 베이나이트 및 잔부 조직을 미세화하여, 본 발명에서 목적으로 하는 강도 및 인성을 갖는 각형 강관의 강 조직을 얻을 수 있다. 열간 압연 공정에 있어서 오스테나이트 중의 서브 그레인을 미세화하기 위해서는, 오스테나이트 미재결정 온도역에서의 압하율을 높게 하여, 충분한 가공 왜곡을 도입할 필요가 있다. 그러나, 합계 압하율이 63%를 초과하면, 장경과 단경의 비가 큰 결정립이 생성되기 쉬워, 인성의 저하를 초래한다. 그 때문에, 본 발명에서는, 930℃ 이하 마무리 압연 종료 온도까지의 합계 압하율을 63% 이하로 했다. 바람직하게는 61% 이하이고, 보다 바람직하게는 60% 이하이다. 930℃ 이하 마무리 압연 종료 온도까지의 합계 압하율이 40% 미만이면, 페라이트나 베이나이트의 결정 입경이 커져, 인성의 저하를 초래한다. 그 때문에, 930℃ 이하 마무리 압연 종료 온도까지의 합계 압하율은 40% 이상으로 했다. 바람직하게는 42% 이상이고, 보다 바람직하게는 45% 이상이다.
- [0178] 또한, 930℃ 이하로 한 것은, 930℃ 초과에서는 압연 공정에 있어서 오스테나이트가 재결정하고, 압연에 의해 도입된 전위가 소실해 버려, 미세화한 오스테나이트가 얻어지지 않기 때문이다.
- [0179] 상기한 합계(cumulative) 압하율이란, 930℃ 이하 마무리 압연 종료 온도까지의 온도역에 있어서의 각 압연 패스의 압하율의 합계를 가리킨다.
- [0180] 또한, 슬래브를 열간 압연하는 데에 있어서, 상기한 조압연 및 마무리 압연의 양쪽에 있어서 930℃ 이하 마무리 압연 종료 온도까지의 합계 압하율을 40% 이상 63% 이하로 하는 열간 압연으로 해도 좋다. 혹은, 마무리 압연만으로 930℃ 이하 마무리 압연 종료 온도까지의 합계 압하율을 40% 이상 63% 이하로 하는 열간 압연으로 해도 좋다. 후자에 있어서, 마무리 압연만으로 930℃ 이하 마무리 압연 종료 온도까지의 합계 압하율을 40% 이상 63% 이하로 할 수 없는 경우에는, 조압연의 도중에 슬래브를 냉각하여 온도를 930℃ 이하로 한 후, 조압연과 마무리 압연의 양쪽에 있어서의 930℃ 이하 마무리 압연 종료 온도까지의 합계 압하율을 40% 이상 63% 이하로 한다.
- [0181] 본 발명에서는, 마무리 판두께(마무리 압연 후의 열연 강관의 판두께)의 상한은 특별히 규정하지 않지만, 필요 압하율의 확보나 강관 온도 관리의 관점에서, 마무리 판두께는 5mm 초과 26mm 미만으로 하는 것이 바람직하다.
- [0182] 열간 압연 공정 후, 열연 강관에 냉각 공정을 실시한다. 냉각 공정에서는, 냉각 정지 온도까지의 평균 냉각 속도: 2℃/s 이상 27℃/s 이하, 냉각 정지 온도: 450℃ 이상 650℃ 이하로 냉각한다.
- [0183] 냉각 개시에서 냉각 정지(냉각 종료)까지의 평균 냉각 속도: 2℃/s 이상 27℃/s 이하
- [0184] 열연 강관의 판두께 중심 온도로, 냉각 개시에서 후술하는 냉각 정지까지의 온도역에 있어서의 평균 냉각 속도가 2℃/s 미만에서는, 페라이트의 핵 생성 빈도가 감소하고, 페라이트립이 조대화하기 때문에, 소망하는 강도를 얻을 수 없다. 또한, 본 발명에서 목적으로 하는 결정 입경이 40.0μm 이상인 체적률의 범위로 제어하는 것이 곤란하다. 한편으로, 평균 냉각 속도가 27℃/s를 초과하면, 얻어지는 각형 강관의 강 조직의 판 외면으로부터 두께 t의 1/4t 깊이 위치에 있어서 다량의 마르텐사이트 또는 베이나이트가 생성되고, 페라이트와 베이나이트의 체적률의 합계가 75% 미만이 된다. 평균 냉각 속도는, 바람직하게는 4℃/s 이상이고, 보다 바람직하게는 6℃/s 이상이다. 바람직하게는 25℃/s 이하이고, 보다 바람직하게는 20℃/s 이하이다.
- [0185] 또한, 본 발명에서는, 냉각 전의 강관 표면에 있어서의 페라이트 생성 억제의 관점에서, 마무리 압연 종료 후 즉각 냉각을 개시하는 것이 바람직하다.
- [0186] 냉각 정지 온도: 450℃ 이상 650℃ 이하
- [0187] 열연 강관의 판두께 중심 온도로, 냉각 정지 온도가 450℃ 미만에서는, 얻어지는 열연 강관 표면으로부터 판두께 t의 1/4t 깊이 위치 및 각형 강관의 강 조직의 판 외면으로부터 두께 t의 1/4t 깊이 위치에 있어서 다량의 마르텐사이트가 생성하고, 페라이트와 베이나이트의 체적률의 합계가 75% 미만이 되는 경우가 있다. 또한, 페라이트의 체적률이 30% 이하가 되는 경우가 있다. 한편으로, 냉각 정지 온도가 650℃를 초과하면, 페라이트의

핵 생성 빈도가 감소하여, 페라이트립이 조대화함과 함께, 베이나이트 변태 개시 온도를 상회하기 때문에 베이 나이트의 체적률을 10% 이상으로 할 수 없다. 냉각 정지 온도는, 바람직하게는 460℃ 이상이고, 보다 바람직하게는 470℃ 이상이다. 바람직하게는 620℃ 이하이고, 보다 바람직하게는 600℃ 이하이다.

- [0188] 또한, 본 발명에 있어서, 평균 냉각 속도는, 특별히 언급하지 않는 한, ((냉각 전의 열연 강판의 판두께 중심 온도-냉각 후의 열연 강판의 판두께 중심 온도)/냉각 시간)으로 구해지는 값(냉각 속도)으로 한다. 냉각 방법은, 노즐로부터의 물의 분사 등의 수냉이나, 냉각 가스의 분사에 의한 냉각 등을 들 수 있지만, 이들에 한정하지 않는다. 본 발명에서는, 열연 강판의 양면이 동 조건으로 냉각되도록, 열연 강판 양면에 냉각 조작(처리)을 실시하는 것이 바람직하다.
- [0189] 냉각 공정 후에, 열연 강판을 권취하고, 그 후 방랭하는 권취 공정을 실시한다.
- [0190] 권취 공정에서는, 강판 조직의 만들기 관점에서, 권취 온도: 440℃ 이상 650℃ 이하에서 권취한다.
- [0191] 권취 온도가 440℃ 미만에서는, 다량의 마르텐사이트가 생성하고, 페라이트와 베이나이트의 체적률의 합계가 75% 미만이 되는 경우가 있다. 또한, 페라이트의 체적률이 30% 이하가 되는 경우가 있다. 권취 온도가 650℃ 초과에서는, 페라이트의 핵 생성 빈도가 감소하여, 페라이트립이 조대화함과 함께, 베이나이트 변태 개시 온도를 상회하기 때문에 베이나이트의 체적률을 10% 이상으로 할 수 없는 경우가 있다. 권취 온도는, 바람직하게는 450℃ 이상이고, 보다 바람직하게는 460℃ 이상이다. 바람직하게는 620℃ 이하이고, 보다 바람직하게는 590℃ 이하이다.
- [0192] 이상에 의해, 본 발명의 열연 강판이 제조된다. 본 발명에 의하면, 항복 강도가 330MPa 이상, 인장 강도가 520MPa 이상, 항복비가 0.75 이하, -20℃에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 180J 이상인, 열연 강판이 얻어진다.
- [0193] 추가로, 권취 공정 후에, 조관 공정을 실시한다. 조관 공정에서는, 열연 강판을 롤 성형에 의해 원통 형상의 오픈관(환형 강판)으로 하고, 그 맞댐부분을 전봉 용접한다. 그 후, 환형 강판에 대하여 상하 좌우에 배치된 롤에 의해, 원통 형상인 채로 관축 방향으로 수 %의 드로잉을 가하고, 각 형상으로 성형하여 각형 강판을 얻는다.
- [0194] 또한, 본 발명에 있어서의 각형 강판에는, 각각의 변 길이가 모두 동일한((장변 길이/단변 길이)의 값이 1.0) 각형 강판에 한정되지 않고, (장변 길이/단변 길이)의 값이 1.0 초과인 각형 강판도 포함된다. 단, 각형 강판의 (장변 길이/단변 길이)의 값이 2.5를 초과하면, 장변측에서 국부 좌굴(local buckling)이 발생하기 쉬워져 관축 방향의 압축 강도가 저하한다. 그 때문에, 각형 강판의 (장변 길이/단변 길이)의 값은, 1.0 이상 2.5 이하로 하는 것이 바람직하다. (장변 길이/단변 길이)의 값은, 보다 바람직하게는 1.0 이상 2.0 이하이다.
- [0195] 이상에 의해, 본 발명의 각형 강판이 제조된다. 본 발명에 의하면, 평판부의 항복 강도가 385MPa 이상, 평판부의 인장 강도가 520MPa 이상, 평판부의 항복비가 0.90 이하, 평판부의 -20℃에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 110J 이상인, 각형 강판을 얻을 수 있다. 이에 따라, 냉간 프레스 굽힘 성형과 비교하여, 생산성이 높아 단납기(단기간)에, 고강도 롤 성형 각형 강판을 제조하는 것이 가능해진다. 이 롤 성형 각형 강판은, 특히 공장, 창고, 상업 시설 등의 대형 건축물의 건축 부재에 적합하게 이용할 수 있기 때문에, 시공 비용 삭감에 크게 공헌할 수 있다. 또한, 저온 인성에도 우수하기 때문에, 한랭지의 건축물 등, 저온 환경하에서 사용되는 건축물에도 적용이 가능하다.
- [0196] 이 때문에, 본 발명은, 특히 후속의 각형 강판에 적합하게 이용할 수 있다. 또한, 여기에서 말하는 「후속」이란, 각형 강판의 평판부의 두께가 5mm 초과 26mm 미만인 것을 가리킨다.
- [0197] 다음으로, 본 발명의 일 실시 형태에 있어서의 각형 강판을 사용한 건축 구조물을 설명한다.
- [0198] 도 1에는, 전술한 본 발명의 각형 강판을 사용한 건축 구조물의 일 예를 개략적으로 나타낸다. 도 1에 나타내는 바와 같이, 본 실시 형태의 건축 구조물은, 본 발명의 각형 강판(1)이 복수 세워져 설치되어, 기둥재로서 이용되고 있다. 서로 이웃하는 각형 강판(1)의 사이에는, H형 강 등의 강재로 이루어지는 대들보(4)가 복수 걸쳐져 설치되어 있다. 또한, 서로 이웃하는 대들보(4)의 사이에는, H형 강 등의 강재로 이루어지는 소들보(5)가 복수 걸쳐져 설치되어 있다. 각형 강판(1)과 대들보(4)가 되는 H형 강은, 관통 다이어프램(6)을 개재하여 용접 접합함으로써, 서로 이웃하는 각형 강판(1)의 사이에 H형 강 등의 강재로 이루어지는 대들보(4)가 걸쳐져 설치되어 있다. 또한, 벽 등의 부착을 위해, 필요에 따라서 셋기둥(7)이 설치된다.
- [0199] 본 발명의 각형 강판은, 강도 및 저온 인성이 우수하기 때문에, 대형의 건축물에 사용한 경우에도 구조물 전체의 변형 성능을 충분히 확보할 수 있다. 그 때문에, 본 발명의 건축 구조물은, 종래의 각형 강판을 사용한 건

축 구조물과 비교하여, 보다 우수한 내진 성능을 발휘한다. 또한, 한랭지 등의 저온 환경하의 건축물에 사용되는 경우에도, 상기의 우수한 내진 성능을 발휘할 수 있다.

[0200] 실시예

[0201] 이하, 실시예에 기초하여 추가로 본 발명을 상세하게 설명한다. 또한, 본 발명은 이하의 실시예에 한정되지 않는다.

[0202] 표 1에 나타내는 성분 조성을 갖는 용강을 주조하여 슬래브로 했다. 얻어진 슬래브를 표 2에 나타내는 조건의 열간 압연 공정, 냉각 공정, 권취 공정을 실시하여, 각종 강관용 열연 강관으로 했다. 권취 공정 후, 이하에 나타내는 조판 공정을 행했다.

표 1

강 No.	성분 조성 (질량%) ※1																
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Nb	Ti	V	Cr	Mo	Cu	Ni	Ca	B	Ti/Nb
1	0.142	0.30	0.005	0.032	0.020	0.008	0.032	0.0024	0.009	0.012	-	-	-	-	-	-	1.33
2	0.171	0.11	1.21	0.015	0.008	0.050	0.042	0.018	0.044	-	-	-	-	-	-	-	2.44
3	0.085	0.08	0.80	0.011	0.004	0.081	0.033	0.013	0.031	-	-	-	-	-	-	-	2.33
4	0.233	0.79	1.08	0.019	0.007	0.094	0.036	0.007	0.028	-	-	-	-	-	-	-	4.00
5	0.317	0.67	0.87	0.018	0.008	0.047	0.029	0.005	0.014	-	-	-	-	-	-	-	2.80
6	0.449	0.02	0.95	0.015	0.005	0.052	0.042	0.021	0.068	-	-	-	-	-	-	-	3.24
7	0.153	0.46	1.14	0.010	0.010	0.063	0.031	0.016	0.056	-	-	-	-	-	-	-	3.50
8	0.107	0.31	2.15	0.012	0.033	0.041	0.027	0.015	0.038	-	-	-	-	-	-	-	2.53
9	0.190	0.20	0.99	0.014	0.025	0.025	0.033	0.006	0.018	-	-	-	-	-	-	-	3.00
10	0.287	0.05	0.57	0.013	0.009	0.012	0.030	0.022	0.053	-	-	-	-	-	-	-	2.41
11	0.153	0.03	1.18	0.022	0.004	0.032	0.026	0.005	0.023	0.06	-	-	-	-	-	-	5.00
12	0.091	0.12	1.33	0.016	0.006	0.039	0.019	0.015	0.035	0.02	-	-	-	-	-	-	2.33
13	0.189	0.23	1.08	0.010	0.009	0.027	0.027	0.021	0.060	-	-	-	-	-	-	-	2.86
14	0.089	0.08	0.89	0.012	0.008	0.044	0.029	0.005	0.022	0.22	-	-	-	-	-	-	4.40
15	0.113	0.07	0.96	0.026	0.011	0.045	0.037	0.028	0.068	-	-	-	-	-	-	-	2.43
16	0.142	0.16	0.99	0.015	0.010	0.029	0.036	0.006	0.019	-	-	-	-	-	-	-	3.17
17	0.137	1.00	1.02	0.021	0.008	0.022	0.042	0.027	0.033	-	-	-	-	-	-	-	1.22
18	0.199	0.76	1.78	0.029	0.006	0.019	0.033	0.018	0.043	-	-	-	-	-	-	-	2.39
19	0.122	0.92	1.65	0.018	0.007	0.023	0.028	0.025	0.058	-	-	-	-	-	-	-	2.32
20	0.096	0.07	2.12	0.017	0.007	0.020	0.044	0.031	0.076	-	-	-	-	-	-	-	2.45
21	0.087	0.11	2.05	0.016	0.008	0.030	0.017	0.005	0.019	-	-	-	-	-	0.003	-	3.80
22	0.031	0.20	1.63	0.016	0.010	0.035	0.041	0.021	0.028	-	-	-	-	-	-	0.0008	1.33
23	0.081	0.41	1.28	0.009	0.007	0.028	0.038	0.020	0.012	-	-	-	-	-	-	-	0.60
24	0.189	0.36	0.87	0.019	0.005	0.039	0.029	0.031	0.024	-	-	-	-	-	-	-	0.77
25	0.653	0.17	0.50	0.022	0.007	0.028	0.035	0.010	0.013	-	-	-	-	-	-	-	1.30
26	0.122	2.15	0.98	0.018	0.005	0.034	0.029	0.018	0.022	-	-	-	-	-	-	-	1.22
27	0.067	0.21	2.97	0.015	0.006	0.031	0.031	0.0031	0.022	-	-	-	-	-	-	-	0.82
28	0.152	0.16	1.45	0.010	0.006	0.030	0.028	0.026	0.014	-	-	-	-	-	-	-	0.54
29	0.218	0.15	0.99	0.027	0.090	0.028	0.027	0.014	0.016	-	-	-	-	-	-	-	1.14
30	0.198	0.09	0.86	0.020	0.010	0.300	0.029	0.016	0.013	-	-	-	-	-	-	-	0.81
31	0.098	0.08	1.11	0.018	0.008	0.025	0.030	0.132	0.038	-	-	-	-	-	-	-	0.29
32	0.088	0.31	1.55	0.012	0.009	0.022	0.033	0.015	0.243	-	-	-	-	-	-	-	16.20
33	0.128	0.22	1.36	0.018	0.006	0.031	0.026	0.011	0.013	-	-	-	-	-	-	-	1.18
34	0.06	0.13	1.47	0.014	0.007	0.032	0.029	0.007	0.018	0.30	-	-	-	-	-	-	2.57
35	0.14	0.28	0.87	0.010	0.005	0.028	0.036	0.050	0.051	-	-	-	-	-	-	-	1.02
36	0.13	0.05	0.95	0.012	0.004	0.029	0.041	0.048	0.038	-	-	-	-	-	-	-	0.79
37	0.07	0.28	1.76	0.015	0.005	0.026	0.026	0.008	0.021	-	-	-	-	-	-	-	2.63
38	0.08	0.18	1.54	0.017	0.006	0.033	0.028	0.022	0.025	-	-	-	-	-	-	-	1.14
39	0.17	0.27	0.68	0.016	0.007	0.032	0.031	0.005	0.015	-	-	-	-	-	-	-	3.00
40	0.18	0.25	1.03	0.015	0.003	0.030	0.034	0.008	0.023	-	-	-	-	-	0.02	-	0.02
41	0.04	0.06	1.78	0.012	0.006	0.031	0.029	0.011	0.038	-	-	-	-	-	-	-	2.88
42	0.09	0.11	1.66	0.017	0.009	0.028	0.030	0.017	0.044	-	-	-	-	-	-	-	3.45
43	0.13	0.08	1.39	0.019	0.008	0.025	0.027	0.015	0.045	-	-	-	-	-	-	-	2.59
44	0.21	0.03	1.33	0.022	0.009	0.023	0.033	0.011	0.043	-	-	-	-	-	-	-	3.00
45	0.16	0.04	0.87	0.025	0.008	0.043	0.031	0.008	0.029	-	-	-	-	-	-	-	3.91
46	0.16	0.19	0.77	0.030	0.008	0.019	0.029	0.006	0.016	-	-	-	-	-	-	-	3.63
47																	2.67

※1 성분 조성은, 상기 이외는 잔부 Fe 및 불가피적 불순물이다.

[0203]

표 2

강관 No.	열간 압연 공정			냉각 공정			권취 온도 (°C)	관두께 (mm)
	가열 온도 (°C)	조압연 온도 (°C)	930°C 이하에서의 합계 압하율 (%)	평균 냉각 속도 (°C/s)	냉각 정지 온도 (°C)	권취 온도 (°C)		
1	1200	1010	52	10	590	570	12	
2	1200	970	50	6	550	535	6	
3	1200	950	48	4	520	500	9	
4	1200	965	61	17	480	465	16	
5	1200	890	49	15	470	455	19	
6	1250	905	45	21	455	440	19	
7	1200	1015	42	14	510	500	22	
8	1150	1005	60	19	500	485	22	
9	1200	985	57	10	555	535	25	
10	1250	990	58	11	515	490	25	
11	1200	975	54	15	520	500	6	
12	1250	955	55	16	500	480	6	
13	1250	980	46	24	495	470	12	
14	1200	980	50	27	480	455	12	
15	1250	1030	51	3	820	795	19	
16	1150	1000	33	2	845	820	16	
17	1200	870	58	8	595	570	16	
18	1200	855	62	6	590	570	22	
19	1200	1000	45	6	570	555	25	
20	1300	980	50	11	570	555	25	
21	1150	975	52	10	545	525	9	
22	1200	905	40	17	510	485	12	
23	1200	805	47	5	330	315	22	
24	1200	865	31	12	590	570	16	
25	1200	910	63	9	495	470	16	
26	1200	950	49	21	480	465	16	
27	1250	840	55	20	460	445	12	
28	1250	970	56	16	500	485	12	
29	1150	895	52	15	505	485	12	
30	1150	880	48	14	540	520	25	
31	1150	890	45	18	495	480	25	
32	1300	900	42	9	480	470	25	
33	1150	870	43	22	550	535	19	
34	1150	860	57	17	555	540	16	
35	1200	910	60	16	580	560	16	
36	1200	920	61	13	570	555	22	
37	1200	905	58	9	560	535	25	
38	1200	860	50	6	530	505	22	
39	1200	1060	53	6	550	525	22	
40	1300	1100	38	9	480	460	25	
41	1350	990	60	16	490	470	19	
42	1200	985	37	5	610	595	16	
43	1200	1090	70	8	620	600	16	
44	1150	1025	48	1	605	585	16	
45	1200	1005	49	6	680	650	12	
46	1150	980	51	5	700	685	12	

[0204]

[0205]

얻어진 각형 강관용 열연 강관을, 롤 성형에 의해 원통 형상의 환형 강관으로 성형하고, 그 맞댐 부분을 전봉 용접했다. 그 후, 환형 강관의 상하 좌우에 배치한 롤에 의해 각 형상으로 성형하여, 표 2에 나타내는 변 길이 (mm) 및 두께(mm)의 롤 성형 각형 강관을 얻었다.

[0206]

얻어진 각형 강관(롤 성형 각형 강관) 및 열연 강관으로부터 시험편을 채취하여, 이하에 나타내는 조직 관찰, 인장 시험, 샤르피 충격 시험을 실시했다.

[0207]

[조직 관찰]

[0208]

각형 강관의 조직 관찰용의 시험편은, 각형 강관의 용접부를 포함하는 변부의 이웃의 변부(용접부를 12시 방향으로 했을 때의 3시의 변부)의 평관부로부터, 관찰면이 관축 방향 단면 또한 관 외면으로부터 두께 t의 1/4t 깊이 위치가 되도록 채취하고, 연마한 후, 나이탈(nital) 부식하여 제작했다. 열연 강관의 조직 관찰용의 시험편은, 열연 강관의 폭방향 중앙부 또한 관두께 t의 1/4t 깊이 위치로부터 채취했다. 관찰면이 열간 압연 시의 압연 방향 단면이 되도록 하여, 연마한 후, 나이탈 부식하여 제작했다.

[0209]

조직 관찰은, 광학 현미경(배율: 1000배) 또는 주사형 전자 현미경(SEM, 배율: 1000배)을 이용하여, 각형 강관의 평관부의 관 외면 및 열연 강관의 표면으로부터 두께 t의 1/4t 깊이 위치에 있어서의 조직을 관찰하여, 촬상했다. 얻어진 광학 현미경상 및 SEM상으로부터, 페라이트, 펄라이트, 베이나이트 및 잔부 조직의 면적률을 구

했다.

- [0210] 각 조직의 면적률은, 대표의 1개의 평판부로부터 채취한 시험편을 이용하여 5시야 이상에서 관찰을 행하고, 각 시야에서 얻어진 값의 평균값으로서 산출했다. 여기에서는, 조직 관찰에 의해 얻어진 면적률을, 각 조직의 체적률로 했다.
- [0211] 여기에서, 페라이트는 확산 변태에 의한 생성물을 말하고, 전위 밀도가 낮아 거의 회복된 조직을 나타낸다. 폴리고널 페라이트 및 의(quasi)폴리고널 페라이트가 이에 포함된다. 펄라이트는, 시멘타이트와 페라이트가 층형상으로 늘어선 조직이다. 또한, 베이나이트는 전위 밀도가 높은 라스상(lath)의 페라이트와 시멘타이트의 복합 조직이다.
- [0212] 또한, 광학 현미경상 및 SEM상에서는 마르텐사이트와 오스테나이트의 식별이 어렵다. 이 때문에, 얻어진 SEM상으로부터 마르텐사이트 혹은 오스테나이트로서 관찰된 조직의 면적률을 측정하고, 그로부터 후술하는 방법으로 측정된 오스테나이트의 체적률을 뺀 값을 마르텐사이트의 체적률로 했다.
- [0213] 오스테나이트의 체적률의 측정은, X선 회절에 의해 행했다. 조직 관찰용의 시험편은, 회절면이 강관 평판부의 관 외면 및 열연 강관의 표면으로부터 두께 t의 1/4t 깊이 위치가 되도록 연삭한 후, 화학 연마를 하여 표면 가공층을 제거하여 제작했다. 측정에는 Mo의 K α 선을 사용하여, fcc철의 (200), (220), (311)면과 bcc철의 (200), (211)면의 적분 강도로부터 오스테나이트의 체적률을 구했다.
- [0214] 또한, 평균 원 상당 지름(평균 결정 입경) 및 원 상당 지름(결정 입경)이 40.0 μ m 이상인 결정립의 체적률은, SEM/EBSD법을 이용하여 측정했다. 측정 영역은 500 μ m \times 1000 μ m, 측정 스텝 사이즈는 0.5 μ m로 했다. 결정 입경은, 인접하는 결정립의 사이의 방위차를 구하여, 방위차가 15° 이상인 경계를 결정 입계로서 측정했다. 얻어진 결정 입계로부터 입경의 산술 평균을 구하여, 평균 결정 입경으로 했다. 또한, 결정립의 장경과 단경은 JIS R 1670(2006)에 기재된 방법으로 측정하여, 장경과 단경의 비(=(장경)/(단경))를 산출했다. 장경이 50 μ m 이상인 결정립에 대해서, 장경과 단경의 비가 4.0 이상인 결정립의 수를 측정하고, 측정 영역의 면적(0.5mm²)으로 나눈으로써, 장경과 단경의 비가 4.0 이상인 결정립의 개수(개/mm²)를 산출했다. 또한, 결정 입경 해석 및 결정립 개수의 측정에 있어서는, 결정 입경이 2.0 μ m 이하의 것은 측정 노이즈로서 해석 대상으로부터 제외하고, 결정 입경 해석에서는 얻어진 면적률이 체적률과 동일하다고 했다.
- [0215] [인장 시험]
- [0216] 도 2는, 각형 강관의 평판부의 인장 시험편의 채취 위치를 나타내는 개략도이다.
- [0217] 인장 시험은, 도 2에 나타내는 바와 같이, 인장 방향이 관축 방향과 평행이 되도록, 각형 강관의 평판부로부터 JIS5호 인장 시험편을 채취했다. 열연 강관의 인장 시험에 있어서는, 인장 방향이 압연 방향과 평행이 되도록, JIS5호 인장 시험편을 채취했다. 채취한 인장 시험편에 대해서, JIS Z 2241의 규정에 준거하여 인장 시험을 실시하고, 항복 강도 YS, 인장 강도 TS를 측정하여, (항복 강도)/(인장 강도)로 정의되는 항복비를 산출했다. 또한, 각형 강관의 평판부의 인장 시험편은, 각형 강관의 용접부를 12시 방향으로 했을 때의 3시의 변부에 있어서는, 평판부의 폭 중앙부의 위치(도 2를 참조)로부터 채취했다. 또한, 시험편 개수는 각 2개로 하고, 그들의 평균값을 산출하여 YS, TS, 항복비를 구했다.
- [0218] [샤르피 충격 시험]
- [0219] 도 3은, 각형 강관의 샤르피 시험편의 채취 위치를 나타내는 개략도이다.
- [0220] 각형 강관의 샤르피 충격 시험은, 도 3에 나타내는 바와 같이, 각형 강관의 관 외면으로부터 두께 t의 1/4t 깊이 위치에 있어서, 시험편 길이 방향이 관축 방향과 평행이 되도록 채취한, JIS Z 2242의 규정에 준거한 V 노치 표준 시험편을 이용했다. 열연 강관의 샤르피 충격 시험은, 얻어진 열연 강관의 관두께 1/4t 깊이 위치로부터, 시험편 길이 방향이 압연 방향과 평행이 되도록 채취한, JIS Z 2242의 규정에 준거한 V 노치 표준 시험편을 이용했다.
- [0221] JIS Z 2242의 규정에 준거하여, 시험 온도: -20℃에서 샤르피 충격 시험을 실시하여, 흡수 에너지(J)를 구했다. 또한, 시험편 개수는 각 3개로 하고, 그들의 평균값을 산출하여 흡수 에너지(J)를 구했다.
- [0222] 얻어진 각형 강관에 대한 결과를 표 3-1 및 표 3-2에, 열연 강관에 대한 결과를 표 4-1 및 표 4-2에 나타낸다.

[0223] (표 3-1)

관 No.	강 조적 (※2)										기계 특성				각형 관 종류		비고
	종류	체적률 (%)					결정 입장 분포					평판부		변 길이 (mm)	두께 (mm)		
		F	B	F+B	P	M	A	평균 결정 입장 (μm)	입장 40.0 μm 이상 체적률 (%)	장강 50 μm 이상, 또한 장강/단강이 4.0 이상의 개수 (개/mm ²)	항복 강도 YS (MPa)	인장 강도 TS (MPa)	항복비			-20℃에 있어서의 샤르피 흡수 에너지 (J)	
1	F+B+P	66	19	85	15	0	0	10.2	10	9.0	405	540	0.75	204	500×500	12	본 발명에
2	F+B+P	62	31	93	7	0	0	6.5	4	18.5	402	529	0.76	167	300×300	6	본 발명에
3	F+B+P	63	27	90	10	0	0	8.2	8	8.5	423	557	0.76	204	350×400	9	본 발명에
4	F+B+P	59	35	94	6	0	0	7.3	7	5.0	450	560	0.80	223	400×400	16	본 발명에
5	F+B+P	57	38	95	5	0	0	7.1	7	3.5	481	576	0.84	231	550×550	19	본 발명에
6	F+B+P+M+A	37	39	76	20	3	1	6.7	5	27.5	502	601	0.84	122	450×500	19	본 발명에
7	F+B+P+A	61	28	89	9	0	2	8.0	8	22.5	554	621	0.89	143	350×350	22	본 발명에
8	F+B+P	62	30	92	8	0	0	7.9	7	17.5	548	617	0.89	189	400×400	22	본 발명에
9	F+B+P	68	19	87	13	0	0	8.4	9	6.5	570	643	0.89	201	500×500	25	본 발명에
10	F+B+P	58	33	91	9	0	0	8.1	9	25.0	558	655	0.85	151	500×500	25	본 발명에
11	F+B+P	67	26	93	7	0	0	7.7	8	10.5	398	545	0.73	199	250×250	6	본 발명에
12	F+B+P	58	36	94	6	0	0	6.8	5	12.5	406	557	0.73	188	250×250	6	본 발명에
13	F+B+P+M	58	31	89	8	3	0	6.6	5	24.0	438	570	0.77	133	300×300	12	본 발명에
14	F+B+P+M	50	37	87	9	4	0	6.5	7	4.0	404	566	0.71	215	350×350	12	본 발명에
15	F+B+P	61	26	87	13	0	0	7.7	6	25.5	479	568	0.84	127	400×400	19	본 발명에
16	F+B+P	68	13	81	19	0	0	8.5	7	5.5	480	588	0.82	207	400×400	16	본 발명에
17	F+B+P	70	19	89	11	0	0	10.3	17	27.0	465	575	0.81	119	450×450	16	본 발명에
18	F+B+P	65	25	90	10	0	0	8.3	4	19.5	503	591	0.85	163	450×500	22	본 발명에
19	F+B+P	74	12	86	14	0	0	7.6	6	21.0	554	644	0.86	148	450×450	25	본 발명에
20	F+B+P	52	31	83	17	0	0	7.4	4	29.5	580	667	0.87	115	450×450	25	본 발명에
21	F+B+P	57	36	93	7	0	0	7.1	5	10.5	428	536	0.80	197	300×300	9	본 발명에
22	F+B+P	59	35	94	6	0	0	6.2	3	17.5	437	521	0.84	161	300×300	12	본 발명에

※2 F: 페라이트, P: 풀라이트, B: 배이나이트, M: 마르텐사이트, A: 오스테나이트

[0224]

[0225]

(표 3-2)

강관 No.	강 조직(※2)										결정 입자 분포				기계 특성				각형 강관 종류		비고
	종류	체적률(%)					평균 결정 입경 (μm)	인장 40.0 μm 이상 입자의 체적률 (%)	평균 50 μm 이상, 또한, 장경/단경이 4.0 이상의 개수 (개/mm ²)	항복 강도 YS (MPa)	인장 강도 TS (MPa)	항복비	-20℃에 있어 서의 샤르피 흡수 에너지 (J)	변 길이 (mm)	두께 (mm)						
		F	B	F+B	P	M										A					
23	F+B+P	55	35	90	10	0	12.4	18	37.5	479	553	0.87	86	450×450	22	비교예					
24	F+B+P	36	43	79	21	0	10.3	17	32.5	455	549	0.83	77	400×400	16	비교예					
25	F+B+P+M+A	4	34	38	48	11	3	5.5	3.5	663	690	0.96	35	450×450	16	비교예					
26	F+B+P	66	22	88	12	0	6.1	18	22.5	588	689	0.85	66	400×400	16	비교예					
27	F+B+P+M	27	58	85	9	6	5.9	4	4.5	621	676	0.92	154	400×400	12	비교예					
28	F+B+P	65	19	84	16	0	7.4	16	12.5	457	564	0.81	98	500×500	12	비교예					
29	F+B+P	61	18	79	21	0	8.8	14	10.5	436	528	0.83	86	450×450	12	비교예					
30	F+B+P	69	14	83	17	0	9.7	16	15.5	475	536	0.89	87	550×550	25	비교예					
31	F+B+P	50	28	78	22	0	16.5	28	47.5	485	557	0.87	45	500×500	25	비교예					
32	F+B+P	59	21	80	20	0	12.1	15	25.5	476	569	0.84	58	450×450	25	비교예					
33	F+B+P	67	17	84	16	0	14.5	26	45.5	448	541	0.83	63	300×300	19	비교예					
34	F+B+P	62	23	85	15	0	10.3	23	30.5	506	593	0.85	81	300×300	16	비교예					
35	F+B+P	57	26	83	17	0	8.3	22	26.0	494	587	0.84	88	300×300	16	비교예					
36	F+B+P+M	43	33	76	15	9	9.1	21	33.5	492	588	0.84	76	350×350	22	비교예					
37	F+B+P	67	20	87	13	0	8.4	18	19.5	445	567	0.78	56	400×400	25	비교예					
38	F+B+P+M	45	29	74	14	12	7.8	18	18.5	518	602	0.86	84	350×350	22	비교예					
39	F+B+P	66	18	84	16	0	7.9	17	15.5	405	557	0.73	91	350×350	22	비교예					
40	F+B+P	27	55	82	18	0	7.1	18	16.5	557	598	0.93	115	450×450	25	비교예					
41	F+B+P	76	9	85	15	0	13.8	29	19.5	389	541	0.72	92	300×300	19	비교예					
42	F+B+P	71	16	87	13	0	12.8	25	40.5	375	509	0.74	52	250×250	16	비교예					
43	F+B+P	59	23	82	18	0	11.9	27	49.5	488	560	0.81	42	250×250	16	비교예					
44	F+B+P	68	7	75	25	0	10.4	14	16.5	374	513	0.73	83	300×300	16	비교예					
45	F+B+P	80	2	82	18	0	15.7	19	20.5	368	504	0.73	110	400×400	12	비교예					
46	F+B+P	78	3	81	19	0	16.2	16	18.5	355	510	0.70	112	400×400	12	비교예					

※2 F: 페라이트, P: 풀라이트, B: 배이나이트, M: 마르텐사이트, A: 오스테나이트

[0226]

[0227]

(표 4-1)

장관 No.	광 조직 (※3)										결정 입경 분포				기계 특성				비고
	종류					체적률 (%)					평균 결정 입경 (μm)	입경 40.0 μm 이상의 체적률 (%)	입경 50 μm 이상, 또한, 장경/단경이 4.0 이상의 개수 (개/㎠)	항복 강도 YS (MPa)	인장 강도 TS (MPa)	항복비	-20℃에 있어서의 샤르피 흡수 에너지 (J)		
	F	B	F+B	P	M	A	F	B	F+B	P									
1	F+B+P	64	20	84	16	0	0	0	0	0	10.3	9	9.0	352	527	0.67	268	본 발명에	
2	F+B+P	62	31	93	7	0	0	0	0	0	6.8	4	18.0	372	522	0.71	246	본 발명에	
3	F+B+P	61	28	89	11	0	0	0	0	0	8.0	9	8.5	381	547	0.70	285	본 발명에	
4	F+B+P	60	35	95	5	0	0	0	0	0	7.3	6	5.0	391	546	0.72	289	본 발명에	
5	F+B+P	57	38	95	5	0	0	0	0	0	7.1	7	4.5	411	561	0.73	311	본 발명에	
6	F+B+P+M+A	37	41	78	19	2	1	6.9	5	27.5	425	583	200	600	0.73	208	본 발명에		
7	F+B+P+A	60	29	89	9	0	2	7.7	6	21.5	440	600	208	600	0.74	270	본 발명에		
8	F+B+P	62	32	94	6	0	0	7.9	7	17.5	446	600	270	600	0.72	264	본 발명에		
9	F+B+P	65	20	85	15	0	0	8.5	10	7.0	445	619	220	600	0.70	220	본 발명에		
10	F+B+P	59	33	92	8	0	0	8.1	11	24.5	443	630	220	600	0.70	220	본 발명에		
11	F+B+P	67	28	95	5	0	0	7.7	8	10.5	372	540	0.69	279	본 발명에				
12	F+B+P	58	36	94	6	0	0	6.9	6	12.5	372	551	0.68	252	본 발명에				
13	F+B+P+M	58	30	88	9	3	0	6.6	5	23.5	391	558	0.70	208	본 발명에				
14	F+B+P+M	52	37	89	9	2	0	6.7	7	4.0	354	553	0.64	279	본 발명에				
15	F+B+P	61	26	87	13	0	0	7.7	5	26.0	399	550	0.73	200	본 발명에				
16	F+B+P	69	12	81	19	0	0	8.7	7	5.0	414	571	0.72	274	본 발명에				
17	F+B+P	72	19	91	9	0	0	10.3	15	27.0	401	561	0.71	192	본 발명에				
18	F+B+P	65	23	88	12	0	0	8.7	4	19.5	412	568	0.73	230	본 발명에				
19	F+B+P	75	12	87	13	0	0	7.6	6	20.5	436	620	0.70	228	본 발명에				
20	F+B+P	52	31	83	17	0	0	7.7	5	29.5	453	644	0.70	195	본 발명에				
21	F+B+P	55	38	93	7	0	0	7.1	4	10.5	382	525	0.73	271	본 발명에				
22	F+B+P	59	34	93	7	0	0	6.5	3	18.0	380	520	0.73	235	본 발명에				

※3 F: 페라이트, P: 플라이트, B: 배이나이트, M: 마르텐사이트, A: 오스테나이트

[0228]

[0229] (표 4-2)

강관 No.	강 조직 (※3)										결정 입정 분포				기계 특성				비고
	종류	체적률 (%)					평균 결정 입경 (μm)	입경 40.0 μm 이상의 결정립의 체적률 (%)	장경 50 μm 이상, 장경/단경이 4.0 이상의 개수 (개/mm ²)	YS (MPa)	항복 강도 (MPa)	인장 강도 TS (MPa)	항복비	-20℃에 있어서의 샤르피 흡수 에너지 (J)					
		F	B	F+B	P	M									A				
23	F+B+P	56	35	91	9	0	0	12.8	19	38.0	428	533	0.80	165	비교예				
24	F+B+P	36	43	79	21	0	0	10.6	17	32.5	433	530	0.82	140	비교예				
25	F+B+P+M+A	4	35	39	48	10	3	5.5	3	3.5	592	673	0.88	108	비교예				
26	F+B+P	65	22	87	13	0	0	6.1	18	22.0	520	671	0.78	132	비교예				
27	F+B+P+M	26	58	84	9	7	0	6.0	4	5.0	603	660	0.91	230	비교예				
28	F+B+P	65	19	84	16	0	0	7.4	16	12.5	401	548	0.73	175	비교예				
29	F+B+P	61	20	81	19	0	0	9.0	14	10.5	389	522	0.75	134	비교예				
30	F+B+P	70	14	84	16	0	0	9.7	16	16.0	377	522	0.72	165	비교예				
31	F+B+P	50	28	78	22	0	0	16.8	27	47.5	391	534	0.73	119	비교예				
32	F+B+P	57	22	79	21	0	0	12.1	15	25.5	387	543	0.71	125	비교예				
33	F+B+P	67	18	85	15	0	0	14.8	26	46.5	383	523	0.73	129	비교예				
34	F+B+P	62	23	85	15	0	0	10.7	25	30.5	432	573	0.75	154	비교예				
35	F+B+P	57	26	83	17	0	0	8.3	22	26.0	430	577	0.74	169	비교예				
36	F+B+P+M	44	34	78	13	9	0	9.4	21	34.0	403	565	0.71	157	비교예				
37	F+B+P	67	20	87	13	0	0	8.5	18	19.0	353	541	0.65	123	비교예				
38	F+B+P+M	45	28	73	16	11	0	7.8	16	13.5	428	565	0.76	161	비교예				
39	F+B+P	66	18	84	16	0	0	7.9	17	16.0	335	535	0.63	163	비교예				
40	F+B+P	27	54	81	19	0	0	7.0	18	16.5	435	572	0.76	192	비교예				
41	F+B+P	76	8	84	16	0	0	13.8	31	20.0	332	522	0.64	157	비교예				
42	F+B+P	71	16	87	13	0	0	13.0	25	40.5	313	491	0.64	119	비교예				
43	F+B+P	62	22	84	16	0	0	11.9	27	49.5	411	565	0.73	112	비교예				
44	F+B+P	68	8	76	24	0	0	10.7	15	16.5	307	495	0.62	148	비교예				
45	F+B+P	79	2	81	19	0	0	15.9	19	21.0	303	488	0.62	181	비교예				
46	F+B+P	78	3	81	19	0	0	16.7	16	18.5	326	495	0.66	185	비교예				

※3 F: 펄라이트, P: 펄라이트, B: 베이나이트, M: 마르텐사이트, A: 오스테나이트

[0230]

[0231]

[0232]

[0233]

[0234]

표 1 중의 강 No., 표 2 및 표 4 중의 강관 No. 및 표 3 중의 강관 No.는 각각 대응하고 있고, 동일한 No.의 강으로부터 열연 강관이 제조되고, 그 열연 강관으로부터 각형 강관이 제조되고 있다.

표 3 중, 강관 No.1~22는 본 발명예이고, 강관 No.23~46은 비교예이다.

본 발명예의 각형 강관은, 모두 강 조직이 체적률로 30% 초과인 페라이트, 10% 이상의 베이나이트를 포함하고, 페라이트와 베이나이트의 체적률의 합계가 75% 이상 95% 이하이고, 잔부가 펄라이트, 마르텐사이트, 오스테나이트로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상으로 이루어지고, 또한 방위차 15° 이상의 경계에 의해 둘러싸이는 영역을 결정립으로 했을 때, 원 상당 지름이 40.0μm 이상인 결정립의 체적률이 20% 이하이고, 또한 장경이 50μm 이상인 결정립에 대해서, 장경과 단경의 비(=(장경)/(단경))가 4.0 이상인 결정립의 개수가 30개/mm² 이하였다. 또한, 평판부에 있어서의 항복 강도가 385MPa 이상, 평판부에 있어서의 인장 강도가 520MPa 이상, 평판부에 있어서의 항복비가 0.90 이하, 평판부의 -20℃에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 110J 이상이었다.

비교예의 강관 No.23, 24는, 1.20×Nb≤Ti의 범위 외로 되어 있었기 때문에, 장경이 50μm 이상인 결정립에 대해서, 장경과 단경의 비(=(장경)/(단경))가 4.0 이상인 결정립의 개수가 30개/mm² 초과로 되어, 평판부의 -20℃

에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.

- [0235] 비교예의 강관 No.25는, C의 함유량이 본 발명의 범위를 상회하고 있었기 때문에, 평판부의 항복비가 본 발명의 범위 외로 되었다.
- [0236] 비교예의 강관 No.26은, Si의 함유량이 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, 조직의 미세화를 수반하지 않고, 고용 강화에 의해 항복 강도가 과도하게 상승했다. 그 결과, 평판부의 -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0237] 비교예의 강관 No.27은, Mn의 함유량이 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, 고용 강화에 의해 항복 강도가 과도하게 상승했다. 그 결과, 평판부의 항복비가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0238] 비교예의 강관 No.28은, P의 함유량이 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, 평판부의 -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0239] 비교예의 강관 No.29는, S의 함유량이 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, 평판부의 -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0240] 비교예의 강관 No.30은, Al의 함유량이 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, 알루미늄계 개재물이 많아졌다고 생각된다. 그 결과, 평판부의 -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0241] 비교예의 강관 No.31은, Nb의 함유량이 본 발명의 범위를 상회하여, Ti/Nb가 본 발명의 범위 외로 되었다. 그 결과, 장경과 단경의 비가 4.0 이상인 결정립의 개수가 본 발명의 범위 외로 되어, 평판부의 -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0242] 비교예의 강관 No.32는, Ti의 함유량이 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, 조대한 탄화물이나 질화물이 형성되었다고 생각된다. 그 결과, 평판부의 -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0243] 비교예의 강관 No.33은, Ti/Nb가 본 발명의 범위 외로 되었다. 그 결과, 장경과 단경의 비가 4.0 이상인 결정립의 개수가 본 발명의 범위 외로 되어, 평판부의 -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0244] 비교예의 강관 No.34는, V의 함유량이 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, 평판부의 -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0245] 비교예의 강관 No.35는, Cr의 함유량이 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, 평판부의 -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0246] 비교예의 강관 No.36은, Mo의 함유량이 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, 평판부의 -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0247] 비교예의 강관 No.37은, Cu의 함유량이 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, 평판부의 -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0248] 비교예의 강관 No.38은, Ni의 함유량이 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, 평판부의 -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0249] 비교예의 강관 No.39는, Ca의 함유량이 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, Ca 산화물 클러스터가 형성되었다고 생각된다. 그 결과, 평판부의 -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0250] 비교예의 강관 No.40은, B의 함유량이 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, 평판부의 항복비가 본 발명의 범위 외로 되었다.
- [0251] 비교예의 강관 No.41은, 슬래브 가열 온도가 본 발명의 범위를 상회하고 있어, 결정립이 조대화하고, 결정 입경 $40.0\mu\text{m}$ 이상인 결정립의 체적률이, 본 발명의 범위 외로 되었다. 그 결과, 평판부의 인장 강도 및 -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0252] 비교예의 강관 No.42는, 마무리 압연 종료 온도가 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, 930°C 이하에서의 합계 압하율이 본 발명의 범위를 하회하고, 조대한 베이나이트의 생성을 억제할 수 없어, 결정 입경 $40.0\mu\text{m}$ 이상인 결정립의 체적률이 본 발명의 범위 외로 되었다. 그 결과, 평판부의 항복 강도, 인장 강도 및 -20°C 에 있어서

의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.

- [0253] 비교예의 강관 No.43은, 930℃ 이하에서의 합계 압하율이 본 발명의 범위를 상회하고 있고, 조대한 베이나이트의 생성을 억제할 수 없어, 결정 입경 40.0 μ m 이상인 결정립의 체적률이 본 발명의 범위 외로 되었다. 그 결과, 평판부의 -20℃에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0254] 비교예의 강관 No.44는, 평균 냉각 속도가 본 발명의 범위를 하회했기 때문에, 베이나이트의 체적률이 10% 미만이고, 본 발명의 범위 외로 되었다. 그 결과, 평판부의 항복 강도, 인장 강도 및 -20℃에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0255] 비교예의 강관 No.45는, 냉각 정지 온도가 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, 베이나이트의 체적률이 본 발명의 범위 외로 되었다. 그 결과, 평판부의 항복 강도 및 인장 강도가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0256] 비교예의 강관 No.46은, 냉각 정지 온도 및 권취 온도가 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, 베이나이트의 체적률이 본 발명의 범위 외로 되었다. 그 결과, 평판부의 항복 강도 및 인장 강도가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0257] 또한, 도 4는 -20℃에 있어서의 샤르피 흡수 에너지와 장경이 50 μ m 이상인 결정립에 있어서의 장경/단경의 비가 4.0 이상인 결정립의 개수의 관계를 나타내는 그래프이다. 본 발명에 따르는, 장경/단경의 비가 4.0 이상인 결정립의 개수가 30개/mm² 이하의 범위에서는, -20℃에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 110J 이상이고, 우수한 인성을 나타낸다. 한편, 본 발명의 범위를 벗어나는 경우에는, -20℃에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 110J 미만이었다.
- [0258] 표 4 중, 강관 No.1~22는 본 발명예이고, 강관 No.23~46은 비교예이다.
- [0259] 본 발명예의 열연 강관은, 모두 강 조직이 체적률로 30% 초과인 페라이트, 10% 이상의 베이나이트를 포함하고, 페라이트와 베이나이트의 체적률의 합계가 75% 이상 95% 이하이고, 잔부가 펄라이트, 마르텐사이트, 오스테나이트로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상으로 이루어지고, 또한 방위차 15° 이상의 경계에 의해 둘러싸이는 영역을 결정립으로 했을 때, 원 상당 지름이 40.0 μ m 이상인 결정립의 체적률이 20% 이하이고, 또한 장경이 50 μ m 이상인 결정립에 대해서, 장경과 단경의 비(=(장경)/(단경))가 4.0 이상인 결정립의 개수가 30개/mm² 이하였다. 추가로, 이들의 기계적 특성은, 항복 강도가 330MPa 이상, 인장 강도가 520MPa 이상, 항복비가 0.75 이하, -20℃에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 180J 이상이었다.
- [0260] 비교예의 강관 No.23, 24는, 1.20×Nb≤Ti의 범위 외로 되어 있었기 때문에, 항복비가 본 발명의 범위 외로 되었다. 장경이 50 μ m 이상인 결정립에 대해서, 장경과 단경의 비(=(장경)/(단경))가 4.0 이상인 결정립의 개수가 30개/mm² 초과로 되어, -20℃에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0261] 비교예의 강관 No.25는, C의 함유량이 본 발명의 범위를 상회하고 있었기 때문에, 항복비 및 -20℃에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 본 발명의 범위 외로 되었다.
- [0262] 비교예의 강관 No.26은, Si의 함유량이 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, 조직의 미세화를 수반하지 않고, 고용 강화에 의해 항복 강도가 과도하게 상승했다. 그 결과, 항복비 및 -20℃에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0263] 비교예의 강관 No.27은, Mn의 함유량이 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, 고용 강화에 의해 항복 강도가 과도하게 상승했다. 그 결과, 항복비가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0264] 비교예의 강관 No.28은, P의 함유량이 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, -20℃에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0265] 비교예의 강관 No.29는, S의 함유량이 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, -20℃에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0266] 비교예의 강관 No.30은, Al의 함유량이 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, 알루미늄계 개재물이 많아졌다고 생각된다. 그 결과, -20℃에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0267] 비교예의 강관 No.31은, Nb의 함유량이 본 발명의 범위를 상회하여, Ti/Nb가 본 발명의 범위 외로 되었다. 그 결과, 장경과 단경의 비가 4.0 이상인 결정립의 개수가 본 발명의 범위 외로 되어, -20℃에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.

- [0268] 비교예의 강판 No.32는, Ti의 함유량이 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, 조대한 탄화물이나 질화물이 형성되었다고 생각된다. 그 결과, -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0269] 비교예의 강판 No.33은, Ti/Nb가 본 발명의 범위 외로 되었다. 그 결과, 장경과 단경의 비가 4.0 이상인 결정립의 개수가 본 발명의 범위 외로 되어, -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0270] 비교예의 강판 No.34는, V의 함유량이 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0271] 비교예의 강판 No.35는, Cr의 함유량이 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0272] 비교예의 강판 No.36은, Mo의 함유량이 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0273] 비교예의 강판 No.37은, Cu의 함유량이 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0274] 비교예의 강판 No.38은, Ni의 함유량이 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, 항복비 및 -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0275] 비교예의 강판 No.39는, Ca의 함유량이 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, Ca 산화물 클러스터가 형성되었다고 생각된다. 그 결과, -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0276] 비교예의 강판 No.40은, B의 함유량이 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, 페라이트의 체적률이 본 발명의 범위 외로 되었다.
- [0277] 그 결과, 항복비가 본 발명의 범위 외로 되었다.
- [0278] 비교예의 강판 No.41은, 슬래브 가열 온도가 본 발명의 범위를 상회하고 있어, 결정립이 조대화하여, 결정 입경 $40.0\mu\text{m}$ 이상인 결정립의 체적률이, 본 발명의 범위 외로 되었다. 그 결과, -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0279] 비교예의 강판 No.42는, 마무리 압연 종료 온도가 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, 930°C 이하에서의 합계 압하율이 본 발명의 범위를 하회하여, 조대한 베이나이트의 생성을 억제할 수 없어, 결정 입경 $40.0\mu\text{m}$ 이상인 결정립의 체적률이 본 발명의 범위 외로 되었다. 그 결과, 항복 강도, 인장 강도 및 -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0280] 비교예의 강판 No.43은, 930°C 이하에서의 합계 압하율이 본 발명의 범위를 상회하고 있어, 가공 조직의 영향을 받아 조대한 베이나이트가 생성되었기 때문에, 결정 입경 $40.0\mu\text{m}$ 이상인 결정립의 체적률이 본 발명의 범위 외로 되었다. 그 결과, -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0281] 비교예의 강판 No.44는, 평균 냉각 속도가 본 발명의 범위를 하회했기 때문에, 베이나이트의 체적률이 10% 미만이 되어, 본 발명의 범위 외로 되었다. 그 결과, 항복 강도, 인장 강도 및 -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0282] 비교예의 강판 No.45는, 냉각 정지 온도가 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, 베이나이트의 체적률이 본 발명의 범위 외로 되었다. 그 결과, 항복 강도 및 인장 강도가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0283] 비교예의 강판 No.46은, 냉각 정지 온도 및 권취 온도가 본 발명의 범위를 상회했기 때문에, 베이나이트의 체적률이 본 발명의 범위 외로 되었다. 그 결과, 항복 강도 및 인장 강도가 소망하는 값에 도달하지 않았다.
- [0284] 또한, 도 5는 -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지와 장경이 $50\mu\text{m}$ 이상인 결정립에 있어서의 장경/단경의 비가 4.0 이상인 결정립의 개수의 관계를 나타내는 그래프이다. 본 발명에 따르는, 장경/단경의 비가 4.0 이상인 결정립의 개수가 $30\text{개}/\text{mm}^2$ 이하의 범위에서는, -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 180J 이상이고, 우수한 인성을 나타낸다. 한편, 본 발명의 범위를 벗어나는 경우에는, -20°C 에 있어서의 샤르피 흡수 에너지가 180J 미만이었다.

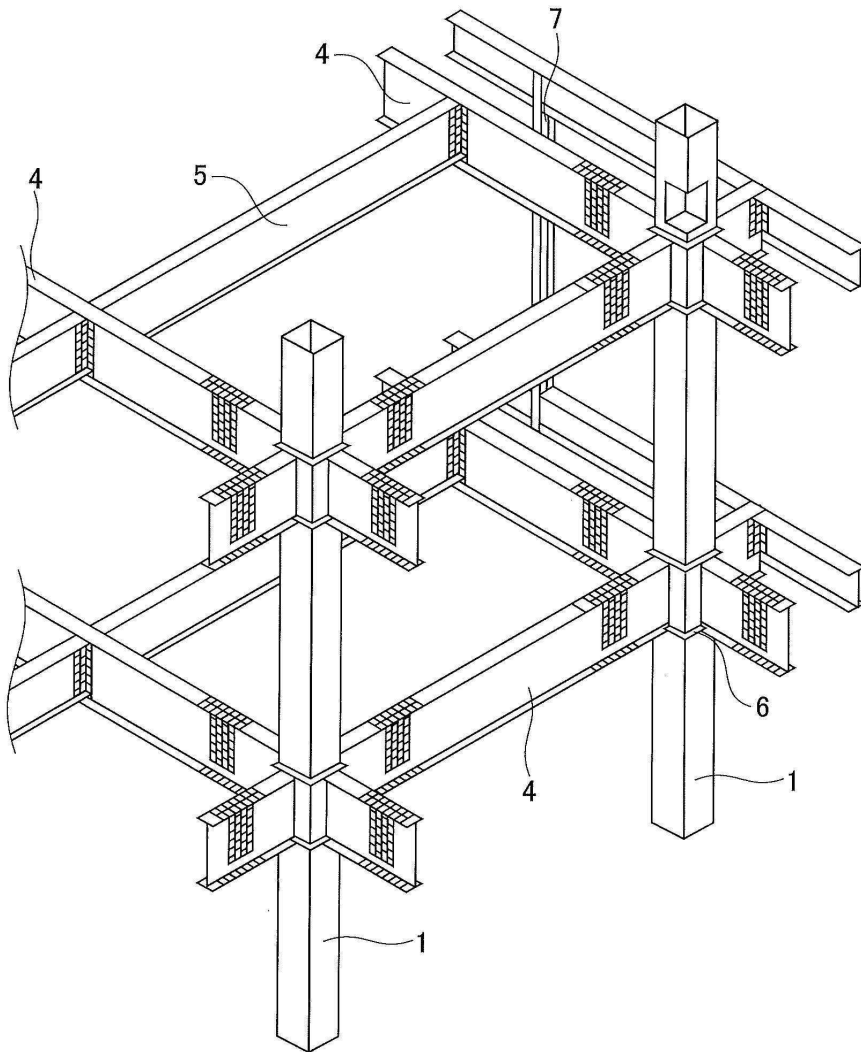
부호의 설명

[0285]

- 1 : 각형 강관
- 4 : 대들보
- 5 : 소들보
- 6 : 다이어프램
- 7 : 셋기둥

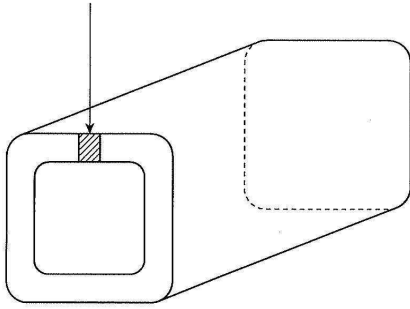
도면

도면1



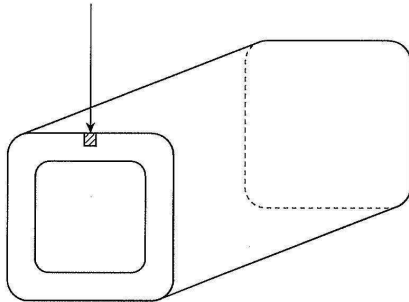
도면2

평판부 인장 시험편
채취 위치

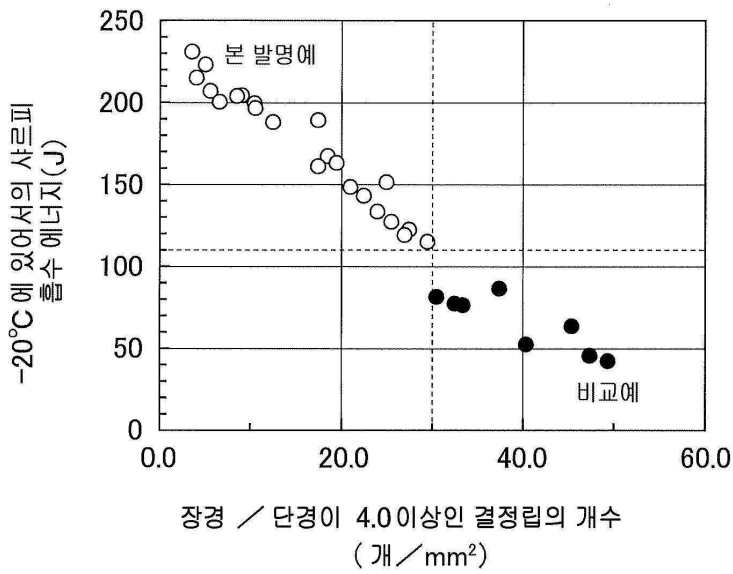


도면3

샤르피 시험편
채취 위치



도면4



도면5

