



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0053175
(43) 공개일자 2025년04월21일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 - C22C 38/04 (2006.01) C21D 9/46 (2006.01)
 - C22C 38/00 (2006.01) C22C 38/02 (2006.01)
 - C22C 38/06 (2006.01) C22C 38/44 (2006.01)
 - C22C 38/46 (2006.01) C22C 38/50 (2006.01)
 - C22C 38/54 (2006.01) C22C 38/58 (2006.01)
 - C22C 38/60 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
 - C22C 38/04 (2013.01)
 - C22C 38/005 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2025-7009632
- (22) 출원일자(국제) 2023년05월30일
 - 심사청구일자 2025년03월24일
- (85) 번역문제출일자 2025년03월24일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2023/020117
- (87) 국제공개번호 WO 2024/070052
 - 국제공개일자 2024년04월04일
- (30) 우선권주장
 - JP-P-2022-158135 2022년09월30일 일본(JP)

- (71) 출원인
 - 닛폰세이테츠 가부시키가이샤
 - 일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우찌 2쵸메 6방 1고
- (72) 발명자
 - 히로나카 사토시
 - 일본 1008071 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 2쵸메 6방 1고 닛폰세이테츠 가부시키가이샤 내
 - 나카노 가츠야
 - 일본 1008071 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 2쵸메 6방 1고 닛폰세이테츠 가부시키가이샤 내
 - 나가노 마이
 - 일본 1008071 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 2쵸메 6방 1고 닛폰세이테츠 가부시키가이샤 내
- (74) 대리인
 - 양영준, 최인호, 성재동

전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 **강판**

(57) 요약

본 개시는, 개선된 성형 후 외관을 갖는 고강도 강판을 제공한다. 본 개시의 강판은, 특정한 화학 조성을 갖고, 면적%로, 페라이트: 75 내지 97% 및 경질상: 3 내지 25%로 이루어지고, 압연 직각 방향에 있어서의 경질상 분율의 표준 편차가 0.75% 이하인 금속 조직을 갖는 것을 특징으로 한다.

(52) CPC특허분류

C22C 38/008 (2013.01)

C22C 38/02 (2013.01)

C22C 38/06 (2013.01)

C22C 38/44 (2013.01)

C22C 38/46 (2013.01)

C22C 38/50 (2013.01)

C22C 38/54 (2013.01)

C22C 38/58 (2013.01)

C22C 38/60 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

화학 조성이, 질량%로,

C: 0.030 내지 0.100%,

Mn: 1.00 내지 2.50%,

Si: 0.005 내지 1.500%,

P: 0.100% 이하,

S: 0.0200% 이하,

Al: 0.005 내지 0.700%,

N: 0.0150% 이하,

O: 0.0100% 이하,

Cr: 0 내지 0.80%,

Mo: 0 내지 0.50%,

B: 0 내지 0.0100%,

Ti: 0 내지 0.100%,

Nb: 0 내지 0.100%,

V: 0 내지 0.50%,

Ni: 0 내지 1.00%,

Cu: 0 내지 1.00%,

W: 0 내지 1.00%,

Sn: 0 내지 1.00%,

Sb: 0 내지 0.200%,

Ca: 0 내지 0.0100%,

Mg: 0 내지 0.0100%,

Zr: 0 내지 0.0100%,

REM: 0 내지 0.0100%, 그리고

잔부: Fe 및 불순물이고, 하기의 식 (1)로 나타내지는 지수 A가 0.45% 이상이고,

금속 조직이, 면적%로, 페라이트: 75 내지 97% 및 경질상: 3 내지 25%이고,

압연 직각 방향에 있어서의 경질상 분율의 표준 편차가 0.75% 이하인 것을 특징으로 하는, 강판.

$$A = [\text{Si}] + 10[\text{P}] + 0.6[\text{Al}] + 8[\text{Ti}] + 9[\text{Nb}] \cdots (1)$$

여기서, [Si], [P], [Al], [Ti] 및 [Nb]는, 질량% 단위의 각 원소의 함유량이고, 원소를 함유하지 않는 경우는 0%이다.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 화학 조성이, 질량%로,

Cr: 0.01 내지 0.80%,

Mo: 0.01 내지 0.50%,

B: 0.0001 내지 0.0100%,

Ti: 0.001 내지 0.100%,

Nb: 0.001 내지 0.100%,

V: 0.01 내지 0.50%,

Ni: 0.01 내지 1.00%,

Cu: 0.01 내지 1.00%,

W: 0.01 내지 1.00%,

Sn: 0.01 내지 1.00%,

Sb: 0.001 내지 0.200%,

Ca: 0.0001 내지 0.0100%,

Mg: 0.0001 내지 0.0100%,

Zr: 0.0001 내지 0.0100%, 및

REM: 0.0001 내지 0.0100%

로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상을 함유하는 것을 특징으로 하는, 강판.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 강판이 하기의 식 (2)를 충족시키는 것을 특징으로 하는, 강판.

$$(TS-180,000/TS)/V_m \geq 35 \quad \dots (2)$$

여기서, TS는, MPa 단위의 인장 강도이고, V_m 은, 면적% 단위의 경질상 분율이다.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 페라이트의 평균 결정 입경이 5.0 내지 30.0 μm 이고, 상기 경질상의 평균 결정 입경이 1.0 내지 5.0 μm 인 것을 특징으로 하는, 강판.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 경질상이, 마르텐사이트, 베이나이트, 템퍼링 마르텐사이트 및 펄라이트 중 적어도 1종으로 이루어지는 것을 특징으로 하는, 강판.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는, 강판에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 자동차 업계에서는, 연비 향상의 관점에서 차체의 경량화가 요구되고 있다. 차체의 경량화와 충돌 안전성을 양

립하기 위해서는, 사용하는 강관의 고강도화가 유효한 방법 중 하나이며, 이러한 배경으로부터 고강도 강관의 개발이 진행되고 있다.

[0003] 이것과 관련하여, 특허문헌 1에서는, 기관으로 한 강관의 표면에 용융 아연 도금층을 갖는 용융 아연 도금 강관이며, 상기 기관이, mass%로, C: 0.02 내지 0.20%, Si: 0.7% 이하, Mn: 1.5 내지 3.5%, P: 0.10% 이하, S: 0.01% 이하, Al: 0.1 내지 1.0%, N: 0.010% 이하, Cr: 0.03 내지 0.5%를 함유하고, 또한, Al, Cr, Si, Mn의 함유량을 동호항으로 한 수식: $A=400Al/(4Cr+3Si+6Mn)$ 으로 정의된 어닐링 시 표면 산화 지수 A가 2.3 이상이고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지고, 또한 상기 기관의 조직이, 페라이트 및 제2상으로 이루어지고, 해당 제2상이 마르텐사이트 주체의 것인 것을 특징으로 하는 고강도 용융 아연 도금 강관이 기재되어 있다. 또한, 특허문헌 1에서는, 당해 고강도 용융 아연 도금 강관은, 주로 멤버, 로커 등의 자동차의 구조 부품으로서의 용도에 적합한, 우수한 표면 품질과 590MPa 이상의 인장 강도를 갖는 것이 기재되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제2005-220430호 공보
 (특허문헌 0002) 국제 공개 2022/181761호
 (특허문헌 0003) 국제 공개 2020/145256호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 근년, 가일층의 연비 향상의 요구와 관련하여, 특허문헌 1에 있어서 기재되는 멤버 등의 구조 부품뿐만 아니라, 루프, 후드, 펜더 및 도어 등의 외관 부품에 대해서도 경량화의 요구가 높아지고 있다. 이들 외관 부품은, 상기와 같은 구조 부품과는 달리, 사람 눈에 띄기 때문에, 강도 등의 특성뿐만 아니라, 의장성이나 면 품질도 중요하고, 따라서 성형 후의 외관이 우수할 것이 요구된다. 한편, 이러한 경량화의 요구와 관련하여, 이들 외관 부품에 사용되는 강관에 있어서도 가일층의 고강도화나 박육화가 요구되고 있다. 또한, 이들 외관 부품에 있어서의 형상의 복잡화에 수반하여, 성형 후의 강관 표면에 요철이 발생하기 쉬워지는 경향이 있고, 이러한 요철이 발생한 경우에는 외관이 저하된다는 문제가 있다.

[0006] 보다 구체적으로는, 예를 들어 특허문헌 1에 기재되는 연질의 페라이트와 마르텐사이트를 주체로 하는 경질의 제2상으로 이루어지는 DP강(Dual Phase 강)의 경우에는, 프레스 성형 등의 가공 시에 페라이트로 이루어지는 연질상 및 그 주변이 우선적으로 변형하는 불균일 변형이 일어나기 쉽다. 이 때문에, 이러한 연질상과 경질상으로 구성되는 복합 조직강을 이용한 경우에는, 성형 후의 강관 표면에 미소한 요철이 발생함으로써, 고스트 라인이라고 불리는 외관 불량 발생하는 경우가 있다.

[0007] 이러한 강관 표면의 요철에 관해서는, 그것을 억제하는 수단으로서, 예를 들어 특허문헌 3에는, 특정한 화학 조성 및 금속 조직을 갖고, 판 두께 방향 1/4 위치에서의 압연 방향에 있어서의 평균 Mn 농도의 판 두께 방향에서의 표준 편차를 평균 Mn 농도로 나눈 값 X1이 0.025 이하가 되는 강관이 개시되어 있다. 또한, 특허문헌 4에는, 특정한 화학 조성을 갖고, 표층 영역의 금속 조직이 페라이트와 체적 분율로 0.01 내지 5.0%의 제2상으로 이루어지고, 내부 영역의 금속 조직이 페라이트와 체적 분율로 2.0 내지 10.0%의 제2상으로 이루어지고, 표층 영역의 제2상의 체적 분율이 내부 영역의 제2상의 체적 분율보다도 작고, 표층 영역에 있어서 제2상의 평균 결정 입경이 0.01 내지 4.0 μ m이고, 페라이트의 {001} 방위와 {111} 방위의 강도비 $X_{ODF\{001\}/\{111\}}$ 이 0.60 이상 2.00 미만인 집합 조직을 포함하는 강관이 개시되어 있다.

[0008] 본 개시는, 신규인 구성에 의해, 개선된 성형 후 외관을 갖는 고강도 강관을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 개시자들은, 상기 목적을 달성하기 위해, 금속 조직에 있어서의 경질상의 형태에 착안하여 상세하게 검토를 행하였다. 그 결과, 본 개시자들은, 줄무늬 형상으로 연결된 경질상(줄무늬 형상 경질상)의 생성을 억제하여

금속 조직 중의 경질상을 보다 균일하게 분산시킴으로써, 이러한 경질상에 기초하는 고강도를 유지하면서, 성형 후의 외관 불량에 개선되는 것을 알아냈다. 구체적으로는, 본 개시자들은, 줄무늬 형상 경질상의 생성 요인인 응고 시의 Mn의 중심 편석을 저감함과 함께, 경질상 분율을 저감하고 또한 그 변동을 작게 함으로써, 고강도를 충분히 유지하면서, 성형 후의 외관 불량을 현저하게 개선할 수 있는 것을 알아냈다.

[0010] 본 개시는, 이들 지견에 기초하여 완성된 것이며, 이하의 각 양태를 포함하는 것이다.

[0011] (양태 1)

[0012] 화학 조성이, 질량%로,

[0013] C: 0.030 내지 0.100%,

[0014] Mn: 1.00 내지 2.50%,

[0015] Si: 0.005 내지 1.500%,

[0016] P: 0.100% 이하,

[0017] S: 0.0200% 이하,

[0018] Al: 0.005 내지 0.700%,

[0019] N: 0.0150% 이하,

[0020] O: 0.0100% 이하,

[0021] Cr: 0 내지 0.80%,

[0022] Mo: 0 내지 0.50%,

[0023] B: 0 내지 0.0100%,

[0024] Ti: 0 내지 0.100%,

[0025] Nb: 0 내지 0.100%,

[0026] V: 0 내지 0.50%,

[0027] Ni: 0 내지 1.00%,

[0028] Cu: 0 내지 1.00%,

[0029] W: 0 내지 1.00%,

[0030] Sn: 0 내지 1.00%,

[0031] Sb: 0 내지 0.200%,

[0032] Ca: 0 내지 0.0100%,

[0033] Mg: 0 내지 0.0100%,

[0034] Zr: 0 내지 0.0100%,

[0035] REM: 0 내지 0.0100%, 그리고

[0036] 잔부: Fe 및 불순물이고, 하기의 식 (1)로 나타내지는 지수 A가 0.45% 이상이고,

[0037] 금속 조직이, 면적%로, 페라이트: 75 내지 97% 및 경질상: 3 내지 25%이고,

[0038] 압연 직각 방향에 있어서의 경질상 분율의 표준 편차가 0.75% 이하인 것을 특징으로 하는, 강판.

[0039] $A = [Si] + 10[P] + 0.6[Al] + 8[Ti] + 9[Nb] \cdots (1)$

[0040] 여기서, [Si], [P], [Al], [Ti] 및 [Nb]는, 질량% 단위의 각 원소의 함유량이고, 원소를 함유하지 않는 경우에는 0%이다.

[0041] (양태 2)

- [0042] 상기 화학 조성이, 질량%로,
- [0043] Cr: 0.01 내지 0.80%,
- [0044] Mo: 0.01 내지 0.50%,
- [0045] B: 0.0001 내지 0.0100%,
- [0046] Ti: 0.001 내지 0.100%,
- [0047] Nb: 0.001 내지 0.100%,
- [0048] V: 0.01 내지 0.50%,
- [0049] Ni: 0.01 내지 1.00%,
- [0050] Cu: 0.01 내지 1.00%,
- [0051] W: 0.01 내지 1.00%,
- [0052] Sn: 0.01 내지 1.00%,
- [0053] Sb: 0.001 내지 0.200%,
- [0054] Ca: 0.0001 내지 0.0100%,
- [0055] Mg: 0.0001 내지 0.0100%,
- [0056] Zr: 0.0001 내지 0.0100%, 및
- [0057] REM: 0.0001 내지 0.0100%
- [0058] 로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상을 함유하는 것을 특징으로 하는, 상기 양태 1의 강판.
- [0059] (양태 3)
- [0060] 상기 강판이 하기의 식 (2)를 충족시키는 것을 특징으로 하는, 상기 양태 1 또는 2의 강판.
- [0061] $(TS-180,000/TS)/V_m \geq 35 \dots (2)$
- [0062] 여기서, TS는, MPa 단위의 인장 강도이고, V_m 은, 면적% 단위의 경질상 분율이다.
- [0063] (양태 4)
- [0064] 상기 페라이트의 평균 결정 입경이 5.0 내지 30.0 μm 이고, 상기 경질상의 평균 결정 입경이 1.0 내지 5.0 μm 인 것을 특징으로 하는, 상기 양태 1 내지 3 중 어느 것의 강판.
- [0065] (양태 5)
- [0066] 상기 경질상이, 마르텐사이트, 베이나이트, 템퍼링 마르텐사이트 및 펄라이트 중 적어도 1종으로 이루어지는 것을 특징으로 하는, 상기 양태 1 내지 4 중 어느 것의 강판.
- 발명의 효과**
- [0067] 본 개시에 따르면, 개선된 성형 후 외관을 갖는 고강도 강판을 제공할 수 있다.
- 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**
- [0068] 이하, 본 개시의 강판의 적합한 실시 형태에 대해서, 상세하게 설명한다. 또한, 본 명세서에 있어서는, 각종 수치 범위는, 특별히 언급이 없는 한, 그 상하한값을 포함하는 범위를 의미한다.
- [0069] <강판>
- [0070] 본 개시의 일 실시 형태에 관한 강판은, 화학 조성이, 질량%로,
- [0071] C: 0.030 내지 0.100%,
- [0072] Mn: 1.00 내지 2.50%,

- [0073] Si: 0.005 내지 1.500%,
- [0074] P: 0.100% 이하,
- [0075] S: 0.0200% 이하,
- [0076] Al: 0.005 내지 0.700%,
- [0077] N: 0.0150% 이하,
- [0078] O: 0.0100% 이하,
- [0079] Cr: 0 내지 0.80%,
- [0080] Mo: 0 내지 0.50%,
- [0081] B: 0 내지 0.0100%,
- [0082] Ti: 0 내지 0.100%,
- [0083] Nb: 0 내지 0.100%,
- [0084] V: 0 내지 0.50%,
- [0085] Ni: 0 내지 1.00%,
- [0086] Cu: 0 내지 1.00%,
- [0087] W: 0 내지 1.00%,
- [0088] Sn: 0 내지 1.00%,
- [0089] Sb: 0 내지 0.200%,
- [0090] Ca: 0 내지 0.0100%,
- [0091] Mg: 0 내지 0.0100%,
- [0092] Zr: 0 내지 0.0100%,
- [0093] REM: 0 내지 0.0100%, 그리고
- [0094] 잔부: Fe 및 불순물이고, 하기의 식 (1)로 나타내지는 지수 A가 0.45% 이상이고,
- [0095] 금속 조직이, 면적%로, 페라이트: 75 내지 97% 및 경질상: 3 내지 25%이고,
- [0096] 압연 직각 방향에 있어서의 경질상 분율의 표준 편차가 0.75% 이하인 것을 특징으로 하는 것이다.
- [0097] $A = [Si] + 10[P] + 0.6[Al] + 8[Ti] + 9[Nb] \cdots (1)$
- [0098] 여기서, [Si], [P], [Al], [Ti] 및 [Nb]는, 질량% 단위의 각 원소의 함유량이고, 원소를 함유하지 않는 경우에는 0%이다.
- [0099] 루프나 도어 등의 외관 부품에 있어서는, 프레스 성형 등 시에 발생하는 면 변형이라고 불리는 면 결함을 회피하는 관점에서, 항복 강도가 비교적 낮은 DP강이 사용되는 경우가 많다. 그러나, 상술한 바와 같이, 페라이트로 이루어지는 연질상과 마르텐사이트 등을 주체로 하는 경질상이 혼재하는 DP강의 경우, 프레스 성형 등의 가공 시에 연질상 및 그 주변이 우선적으로 변형하는 불균일 변형이 일어나기 쉽다. 이러한 불균일 변형에 의해 성형 후의 강판 표면에 미소한 요철이 발생함으로써, 고스트 라인이라고 불리는 외관 불량 발생한다. 이 고스트 라인의 발생에 대하여 보다 자세하게 설명하면, 먼저 프레스 성형 등의 가공 시에, 페라이트로 이루어지는 연질상이 오목해지도록 변형되는 한편, 마르텐사이트 등을 주체로 하는 경질상은, 오목해지지 않거나, 오히려 볼록형으로 부풀어 오르도록 변형된다. 이에 의해, 성형 후의 강판 표면에 미소한 요철이 형성된다. 이 미소한 요철은, 대략 압연 방향을 따라 연장되는 볼록부와, 대략 압연 방향을 따라 연장되는 오목부가, 압연 방향과 직교하는 폭 방향으로 배열하도록 하여 형성된다. 그리고 성형 후의 강판 표면을 연마할 때에 강판 표면의 미소한 요철의 볼록부가 깎임으로써, 강판의 압연 방향으로 연장되는 줄무늬 형상 모양의 고스트 라인이 현재화하게 된다. 또한, 압연 방향은, 강판의 결정립의 연신 방향에 기초하여 용이하게 특정된다. 또한,

압연 직각 방향이란, 압연 방향 및 두께 방향에 수직인 방향이다.

- [0100] 그래서, 본 개시자들은 이러한 성형 후의 외관 불량을 개선하기 위해, 금속 조직에 있어서의 경질상의 형태에 착안하여 상세하게 검토를 행하였다. 그 결과, 본 개시자들은, 먼저, DP강과 같은 연질층과 경질상이 혼재하는 강관에 있어서는, 금속 조직 중에 줄무늬 형상으로 연결된 경질상이 존재함으로써 고스트 라인의 정도가 현저해지는 것을 밝혀냈다. 그리고 본 개시자들은, 이러한 줄무늬 형상 경질상의 생성을 억제하여 금속 조직 중의 경질상을 보다 균일하게 분산시킴으로써, 고강도를 충분히 유지하면서, 성형 후의 강관 표면에 있어서의 미소한 요철의 생성을 억제하여, 결과적으로 고스트 라인의 발생을 억제할 수 있는 것을 알아냈다.
- [0101] 보다 구체적으로는, 본 개시자들은, 경질상과 관련된 줄무늬 형상 조직의 생성을 억제하기 위해서는, 용강을 응고하여 슬래브를 주조하는 슬래브 주조 공정에서, 응고 시의 Mn 편석을 저감하는 것이 유효한 것을 알아냈다. 본 개시자들은, 이것과 관련하여 중심 편석과 마이크로 편석의 2개의 관점에서 Mn 편석을 저감하는 방법에 대하여 상세한 검토를 행하였다.
- [0102] 먼저, 본 개시자들은, Mn의 중심 편석을 저감하기 위해서는, 슬래브 주조 시에 있어서의 용강의 유동을 억제하는 것이 유효하다고 생각하여, 다양한 검토를 행하였다. 보다 자세하게 설명하면, 용강은, 응고 시에 표면으로부터 응고해 가고, 마지막에 중심부가 응고하게 된다. 이때, 용강은, 액상으로부터 고상이 배출되어 가기 때문에, 이 단계에서 액상 중의 Mn이 농화해 가게 된다. 응고 시에 용강이 유동하고 있으면, 이러한 Mn의 농화부가 응고 과정에서 최종적으로 중심부에 모이기 쉬워져, 결과적으로 Mn의 중심 편석이 현저해진다. 그래서, 본 개시자들은, 강관을 제조할 때에, 응고 시의 조건을 적절하게 제어하여 이러한 용강의 유동을 억제함으로써, Mn의 중심 편석을 현저하게 억제할 수 있는 것을 알아냈다.
- [0103] 한편, 본 개시자들은, Mn의 마이크로 편석을 저감하기 위해서는, 응고 시에 Mn의 확산을 촉진시키는 것이 유효하다고 생각하여, 다양한 검토를 행하였다. Mn의 확산을 촉진시키기 위해서는, Mn이 확산되기 쉬운 조직을 만들어 넣는 것이 유효하다. 그래서, 본 개시자들은, Mn의 확산 속도가 빠른 δ 상에 착안하여, 응고 모드를 δ 응고로 하기 위해, 강 중의 각 원소에 있어서의 Mn의 마이크로 편석에 관한 영향도를 실험적으로 조사하였다. 그 결과, 본 개시자들은, C 및 Mn의 함유량이 높아지면, 응고 시에 δ 응고가 되지 않아, Mn의 확산 속도가 저하되어 마이크로 편석이 증가하지만, Si, Al, Cr 및 Mo의 함유량이 높아지면, 응고 시의 Mn의 확산이 촉진되어 마이크로 편석을 저감할 수 있는 것을 알아냈다.
- [0104] 이상과 같은 Mn 편석을 저감하는 방법에 의해 고스트 라인은 개선할 수 있지만, 코일 전체 길이 전체 폭에서의 개선 효과를 충분히 얻기 위해, 본 개시자들은, 이상과 같은 Mn 편석을 저감하는 방법에 더하여 가일층의 고스트 라인의 개선 방법을 검토하였다. 그 결과, 본 개시자들은, 먼저, 강관의 경질상 분율을 저감함으로써, Mn의 중심 편석이 어느 정도 잔존하고 있어도 고스트 라인을 개선할 수 있다는 지견을 얻었다. 또한, 본 개시자들은, 고스트 라인의 발생에는 응고 조직의 영향도 커서, Mn의 중심 편석이 작아도 응고 조직 중에 조대한 등축정이 생성되면, Mn의 부편석이 발생하여, 압연 직각 방향의 경질상 분율의 변동이 커져, 성형 후의 외관 불량이 악화된다. 이 때문에, 종래의 중심 편석 대책(주: 중심 편석의 개선에는, 등축정 분율의 증대가 필요하다)는 것이, 당업자의 상식이다. 예를 들어, 가와와 다카호 외: 「철과 강」, vol.60(1974) No.5, 486 페이지 내지 500 페이지, 구마이 히로시 외: 「철과 강」, Vol.60(1974) NO.7, 894 페이지 내지 914 페이지.)과는 달리, 등축정 분율을 저감하고, 응고 조직을 주상정 조직으로 제어함으로써, Mn의 부편석이 억제되어, 고스트 라인을 개선할 수 있다는 지견을 얻었다. 이들 지견에 기초하여, 본 개시자들은, 주조 시의 응고 조직을 주상정 조직으로 제어하고, 또한 줄무늬 형상 경질상의 생성 요인인 응고 시의 Mn의 중심 편석을 저감함과 함께, 경질상 분율을 저감하고 또한 그 변동을 작게 함으로써, 고강도를 충분히 유지하면서, 성형 후의 외관 불량을 현저하게 개선할 수 있는 것을 알아냈다.
- [0105] 본 개시의 일 실시 형태에서는, 강관은, 상기한 바와 같이, 특정한 화학 조성을 갖고, 종래의 DP강보다도 낮은 경질상 분율로 이루어지고 또한 압연 직각 방향에 있어서의 경질상 분율의 변동이 작은 특유의 금속 조직을 갖고 있다. 이러한 금속 조직은, 후술하는 바와 같이, 특정한 화학 조성 및 주조 조건을 채용하여, 주조 시의 응고 조직이 주상정이 되도록 제어함으로써 얻을 수 있다.
- [0106] 본 실시 형태의 강관은, 이러한 특유의 금속 조직, 즉 응고 시의 Mn의 중심 편석이 작음에다가, 경질상 분율 및 그 변동이 작은 금속 조직을 갖고 있기 때문에, 고강도를 충분히 유지하면서, 성형 후의 강관 표면의 미소한 요철의 생성을 억제할 수 있다. 이에 의해, 본 실시 형태의 강관은, 고강도를 충분히 유지하면서, 고스트 라인 등의 성형 후의 외관 불량의 발생을 현저하게 억제할 수 있다. 즉, 본 실시 형태에 따르면, 개선된 성형 후 외관을 갖는 고강도 강관을 제공할 수 있다.

- [0107] 이하, 본 실시 형태의 강관에 대하여 더욱 상세하게 설명한다. 또한, 이하의 설명에 있어서, 각 원소의 함유량 및 지수 A의 단위인 「%」는, 특별히 언급이 없는 한 「질량%」를 의미하는 것이다.
- [0108] (화학 조성)
- [0109] 본 실시 형태의 강관은, 상기한 바와 같이,
- [0110] C: 0.030 내지 0.100%,
- [0111] Mn: 1.00 내지 2.50%,
- [0112] Si: 0.005 내지 1.500%,
- [0113] P: 0.100% 이하,
- [0114] S: 0.0200% 이하,
- [0115] Al: 0.005 내지 0.700%,
- [0116] N: 0.0150% 이하,
- [0117] O: 0.0100% 이하,
- [0118] Cr: 0 내지 0.80%,
- [0119] Mo: 0 내지 0.50%,
- [0120] B: 0 내지 0.0100%,
- [0121] Ti: 0 내지 0.100%,
- [0122] Nb: 0 내지 0.100%,
- [0123] V: 0 내지 0.50%,
- [0124] Ni: 0 내지 1.00%,
- [0125] Cu: 0 내지 1.00%,
- [0126] W: 0 내지 1.00%,
- [0127] Sn: 0 내지 1.00%,
- [0128] Sb: 0 내지 0.200%,
- [0129] Ca: 0 내지 0.0100%,
- [0130] Mg: 0 내지 0.0100%,
- [0131] Zr: 0 내지 0.0100%,
- [0132] REM: 0 내지 0.0100%, 그리고
- [0133] 잔부: Fe 및 불순물이고, 하기의 식 (1)로 나타내지는 지수 A가 0.45% 이상이라고 하는, 특정한 화학 조성을 갖고 있다.
- [0134] $A = [Si] + 10[P] + 0.6[Al] + 8[Ti] + 9[Nb] \cdots (1)$
- [0135] 여기서, [Si], [P], [Al], [Ti] 및 [Nb]는, 질량% 단위의 각 원소의 함유량이고, 원소를 함유하지 않는 경우에는 0%이다.
- [0136] 이하, 이 화학 조성에 있어서의 각 원소에 대하여 상세하게 설명한다.
- [0137] [C: 0.030 내지 0.100%]
- [0138] C는, 강관의 강도를 높이는 원소이다. 이러한 효과를 충분히 얻기 위해, C 함유량은 0.030% 이상으로 한다. C 함유량은, 0.035% 이상, 0.040% 이상 또는 0.050% 이상이어도 된다. 한편, C를 과도하게 함유하면, 응고 시의 Mn의 확산이 저해되어, Mn의 마이크로 편석을 충분히 억제할 수 없는 경우가 있다. 따라서, C 함유량은

0.100% 이하로 한다. C 함유량은, 0.095% 이하, 0.090% 이하 또는 0.080% 이하여도 된다.

[0139] [Mn: 1.00 내지 2.50%]

[0140] Mn은, 강의 퀀칭성을 높여, 강도의 향상에 기여하는 원소이다. 이러한 효과를 충분히 얻기 위해, Mn 함유량은 1.00% 이상으로 한다. Mn 함유량은, 1.20% 이상, 1.30% 이상 또는 1.40% 이상이어도 된다. 한편, Mn을 과도하게 함유하면, 응고 시의 Mn의 확산이 저해되어, Mn의 마이크로 편석을 충분히 억제할 수 없는 경우가 있다. 따라서, Mn 함유량은 2.50% 이하로 한다. Mn 함유량은, 2.25% 이하, 2.00% 이하 또는 1.85% 이하여도 된다.

[0141] [Si: 0.005 내지 1.500%]

[0142] Si는, 강의 탈산 원소이며, 강관의 연성을 손상시키지 않고 강도를 높이는 데에 유효한 고용 강화 원소이다. 또한, Si는, 응고 시의 Mn의 확산을 촉진시켜 Mn의 마이크로 편석을 저감하는 데에 유효한 원소이기도 하다. 이들 효과를 충분히 얻기 위해, Si 함유량은 0.005% 이상으로 한다. Si 함유량은, 0.010% 이상, 0.050% 이상 또는 0.100% 이상이어도 된다. 한편, Si를 과도하게 함유하면, 스케일의 박리성이 저하되어 표면 결함이 발생하는 경우가 있다. 따라서, Si 함유량은 1.500% 이하로 한다. Si 함유량은, 1.000% 이하, 0.500% 이하 또는 0.300% 이하여도 된다.

[0143] [P: 0.100% 이하]

[0144] P는, 제조 공정에서 혼입되는 원소이다. 또한, P는 고용 강화 원소이기도 하다. P 함유량은 0%여도 된다. 그러나 P 함유량을 0.0001% 미만으로 저감하기 위해서는 정련에 시간을 요하여, 생산성의 저하를 초래한다. 따라서, P 함유량은, 0.0001% 이상, 0.0005% 이상 또는 0.001% 이상이어도 된다. 한편, P를 과도하게 함유하면, 강관의 인성이 저하되는 경우가 있다. 따라서, P 함유량은 0.100% 이하로 한다. P 함유량은, 0.060% 이하, 0.040% 이하 또는 0.020% 이하여도 된다.

[0145] [S: 0.0200% 이하]

[0146] S는, 제조 공정에서 혼입되는 원소이다. S 함유량은 0%여도 된다. 그러나, S 함유량을 0.0001% 미만으로 저감하기 위해서는 정련에 시간을 요하여, 생산성의 저하를 초래한다. 따라서, S 함유량은, 0.0001% 이상, 0.0005% 이상 또는 0.0010% 이상이어도 된다. 한편, S를 과도하게 함유하면, Mn 황화물을 형성하여, 강관의 연성, 구멍 확장성, 신장 플랜지성 및/또는 굽힘성 등의 성형성을 저하시키는 경우가 있다. 따라서, S 함유량은 0.0200% 이하로 한다. S 함유량은, 0.0100% 이하, 0.0060% 이하 또는 0.0040% 이하여도 된다.

[0147] [Al: 0.005 내지 0.700%]

[0148] Al은, 탈산제로서 기능하는 원소이며, 강의 강도를 높이는 데에 유효한 고용 강화 원소이다. 또한, Al은, 응고 시의 Mn의 확산을 촉진시켜 Mn의 마이크로 편석을 저감하는 데에 유효한 원소이기도 하다. 이들 효과를 충분히 얻기 위해, Al 함유량은 0.005% 이상으로 한다. Al 함유량은, 0.010% 이상, 0.020% 이상 또는 0.025% 이상이어도 된다. 한편, Al을 과도하게 함유하면, 주조성이 악화되어 생산성이 저하되는 경우가 있다. 따라서, Al 함유량은 0.700% 이하로 한다. Al 함유량은, 0.600% 이하, 0.400% 이하, 0.300% 이하, 0.200% 이하 또는 0.100% 이하여도 된다.

[0149] [N: 0.0150% 이하]

[0150] N은, 제조 공정에서 혼입되는 원소이다. N 함유량은 0%여도 된다. 그러나, N 함유량을 0.0001% 미만으로 저감하기 위해서는 정련에 시간을 요하여, 생산성의 저하를 초래한다. 따라서, N 함유량은, 0.0001% 이상, 0.0005% 이상 또는 0.0010% 이상이어도 된다. 한편, N을 과도하게 함유하면, 질화물이 형성되어, 강관의 연성, 구멍 확장성, 신장 플랜지성 및/또는 굽힘성 등의 성형성이 저하되는 경우가 있다. 따라서, N 함유량은 0.0150% 이하로 한다. N 함유량은, 0.0100% 이하, 0.0080% 이하 또는 0.0050% 이하여도 된다.

[0151] [O: 0.0100% 이하]

[0152] O는, 제조 공정에서 혼입되는 원소이다. O 함유량은 0%여도 된다. 그러나, O 함유량을 0.0001% 미만으로 저감하기 위해서는 정련에 시간을 요하여, 생산성의 저하를 초래한다. 따라서, O 함유량은, 0.0001% 이상, 0.0005% 이상 또는 0.0010% 이상이어도 된다. 한편, O를 과도하게 함유하면, 조대한 산화물이 형성되어, 강관의 연성, 구멍 확장성, 신장 플랜지성 및/또는 굽힘성 등의 성형성이 저하되는 경우가 있다. 따라서, O 함유량은 0.0100% 이하로 한다. O 함유량은, 0.0070% 이하, 0.0040% 이하 또는 0.0020% 이하여도 된다.

- [0153] 본 실시 형태의 강관의 기본 화학 조성은, 상기한 바와 같다. 또한, 본 실시 형태에서는, 강관은, 필요에 따라서 잔부의 Fe의 일부 대신에, 이하의 임의 선택 원소 중 1종 또는 2종 이상을 함유해도 된다. 이하, 이들 임의 선택 원소에 대하여 상세하게 설명한다.
- [0154] [Cr: 0 내지 0.80%]
- [0155] Cr은, 강의 퀴칭성을 높여, 강관의 강도의 향상에 기여하는 원소이다. 또한, Cr은, 응고 시의 Mn의 확산을 촉진시켜 Mn의 마이크로 편석을 저감하는 데에 유효한 원소이기도 하다. Cr 함유량은 0%여도 되지만, 이들 효과를 얻기 위해서는, Cr 함유량은, 0.001% 이상인 것이 바람직하고, 0.01% 이상인 것이 보다 바람직하다. Cr 함유량은, 0.10% 이상, 0.20% 이상 또는 0.30% 이상이어도 된다. 한편, Cr을 과도하게 함유하면, 파괴의 기점이 되는 조대한 Cr 탄화물이 형성되는 경우가 있다. 따라서, Cr 함유량은, 0.80% 이하인 것이 바람직하다. Cr 함유량은, 0.70% 이하, 0.60% 이하 또는 0.50% 이하여도 된다.
- [0156] [Mo: 0 내지 0.50%]
- [0157] Mo는, 고온에서의 상변태를 억제하여, 강관의 강도의 향상에 기여하는 원소이다. 또한, Mo는, 응고 시의 Mn의 확산을 촉진시켜 Mn의 마이크로 편석을 저감하는 데에 유효한 원소이기도 하다. Mo 함유량은 0%여도 되지만, 이들 효과를 얻기 위해서는, Mo 함유량은, 0.001% 이상인 것이 바람직하고, 0.01% 이상인 것이 보다 바람직하다. Mo 함유량은, 0.05% 이상 또는 0.07% 이상이어도 된다. 한편, Mo를 과도하게 함유하면, 열간 가공성이 저하되어 생산성이 저하되는 경우가 있다. 따라서, Mo 함유량은, 0.50% 이하인 것이 바람직하다. Mo 함유량은, 0.40% 이하, 0.30% 이하 또는 0.20% 이하여도 된다.
- [0158] [B: 0 내지 0.0100%]
- [0159] B는, 고온에서의 상변태를 억제하여, 강관의 강도의 향상에 기여하는 원소이다. B 함유량은 0%여도 되지만, 이러한 효과를 얻기 위해서는, B 함유량은 0.0001% 이상인 것이 바람직하다. B 함유량은, 0.0005% 이상, 0.0010% 이상 또는 0.0015% 이상이어도 된다. 한편, B를 과도하게 함유하면, B 석출물이 생성되어 강관의 강도가 저하되는 경우가 있다. 따라서, B 함유량은, 0.0100% 이하인 것이 바람직하다. B 함유량은, 0.0080% 이하, 0.0060% 이하 또는 0.0030% 이하여도 된다.
- [0160] [Ti: 0 내지 0.100%]
- [0161] Ti는, 파괴의 기점으로서 작용하는 조대한 개재물을 발생시키는 S, N 및 O양을 저감하는 효과를 갖는 원소이다. 또한, Ti는, 조직을 미세화하여, 강관의 강도-성형성 밸런스를 높이는 효과가 있는 석출 강화 원소이기도 하다. Ti 함유량은 0%여도 되지만, 이들 효과를 얻기 위해서는, Ti 함유량은, 0.001% 이상인 것이 바람직하다. Ti 함유량은, 0.005% 이상, 0.007% 이상 또는 0.010% 이상이어도 된다. 한편, Ti를 과도하게 함유하면, 조대한 Ti 황화물, Ti 질화물 및/또는 Ti 산화물이 형성되어 강관의 성형성이 저하되는 경우가 있다. 따라서, Ti 함유량은, 0.100% 이하인 것이 바람직하다. Ti 함유량은, 0.080% 이하, 0.060% 이하 또는 0.030% 이하여도 된다.
- [0162] [Nb: 0 내지 0.100%]
- [0163] Nb는, 석출물에 의한 강화, 페라이트 결정립의 성장 억제에 의한 세립화 강화, 및/또는 재결정의 억제에 의한 전위 강화에 기인하여 강관의 강도의 향상에 기여하는 석출 강화 원소이다. Nb 함유량은 0%여도 되지만, 이들 효과를 얻기 위해서는, Nb 함유량은, 0.001% 이상인 것이 바람직하다. Nb 함유량은, 0.005% 이상, 0.007% 이상 또는 0.010% 이상이어도 된다. 한편, Nb를 과도하게 함유하면, 미세결정 페라이트가 증가하여 강관의 성형성이 저하되는 경우가 있다. 따라서, Nb 함유량은, 0.100% 이하인 것이 바람직하다. Nb 함유량은, 0.060% 이하, 0.040% 이하 또는 0.030% 이하여도 된다.
- [0164] [V: 0 내지 0.50%]
- [0165] V는, 석출물에 의한 강화, 페라이트 결정립의 성장 억제에 의한 세립화 강화, 및/또는 재결정의 억제에 의한 전위 강화에 기인하여 강관의 강도의 향상에 기여하는 원소이다. V 함유량은 0%여도 되지만, 이들 효과를 얻기 위해서는, V 함유량은, 0.001% 이상인 것이 바람직하고, 0.005% 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.01% 이상인 것이 더욱 바람직하다. V 함유량은 0.02% 이상이어도 된다. 한편, V를 과도하게 함유하면, 탄질화물이 다량으로 석출되어 강관의 성형성이 저하되는 경우가 있다. 따라서, V 함유량은, 0.50% 이하인 것이 바람직하다. V 함유량은, 0.40% 이하, 0.20% 이하 또는 0.10% 이하여도 된다.

- [0166] [Ni: 0 내지 1.00%]
- [0167] Ni는, 고온에서의 상변태를 억제하여, 강관의 강도의 향상에 기여하는 원소이다. Ni 함유량은 0%여도 되지만, 이러한 효과를 얻기 위해서는, Ni 함유량은, 0.001% 이상인 것이 바람직하고, 0.01% 이상인 것이 보다 바람직하다. Ni 함유량은, 0.03% 이상 또는 0.05% 이상이어도 된다. 한편, Ni를 과도하게 함유하면, 강관의 용접성이 저하되는 경우가 있다. 따라서, Ni 함유량은, 1.00% 이하인 것이 바람직하다. Ni 함유량은, 0.60% 이하, 0.40% 이하 또는 0.20% 이하여도 된다.
- [0168] [Cu: 0 내지 1.00%]
- [0169] Cu는, 미세한 입자의 형태로 강 중에 존재하여, 강관의 강도의 향상에 기여하는 원소이다. Cu 함유량은 0%여도 되지만, 이러한 효과를 얻기 위해서는, Cu 함유량은, 0.001% 이상인 것이 바람직하고, 0.01% 이상인 것이 보다 바람직하다. Cu 함유량은, 0.03% 이상 또는 0.05% 이상이어도 된다. 한편, Cu를 과도하게 함유하면, 강관의 용접성이 저하되는 경우가 있다. 따라서, Cu 함유량은, 1.00% 이하인 것이 바람직하다. Cu 함유량은, 0.60% 이하, 0.40% 이하 또는 0.20% 이하여도 된다.
- [0170] [W: 0 내지 1.00%]
- [0171] W는, 고온에서의 상변태를 억제하여, 강관의 강도의 향상에 기여하는 원소이다. W 함유량은 0%여도 되지만, 이러한 효과를 얻기 위해서는, W 함유량은, 0.001% 이상인 것이 바람직하고, 0.01% 이상인 것이 보다 바람직하다. W 함유량은, 0.02% 이상 또는 0.10% 이상이어도 된다. 한편, W를 과도하게 함유하면, 열간 가공성이 저하되어 생산성이 저하되는 경우가 있다. 따라서, W 함유량은 1.00% 이하인 것이 바람직하다. W 함유량은, 0.80% 이하, 0.50% 이하 또는 0.20% 이하여도 된다.
- [0172] [Sn: 0 내지 1.00%]
- [0173] Sn은, 결정립의 조대화를 억제하여, 강관의 강도의 향상에 기여하는 원소이다. Sn 함유량은 0%여도 되지만, 이러한 효과를 얻기 위해서는, Sn 함유량은, 0.001% 이상인 것이 바람직하고, 0.01% 이상인 것이 보다 바람직하다. Sn 함유량은, 0.05% 이상 또는 0.08% 이상이어도 된다. 한편, Sn을 과도하게 함유하면, 강관의 취화를 야기하는 경우가 있다. 따라서, Sn 함유량은 1.00% 이하인 것이 바람직하다. Sn 함유량은, 0.80% 이하, 0.50% 이하 또는 0.20% 이하여도 된다.
- [0174] [Sb: 0 내지 0.200%]
- [0175] Sb는, 결정립의 조대화를 억제하여, 강관의 강도의 향상에 기여하는 원소이다. Sb 함유량은 0%여도 되지만, 이러한 효과를 얻기 위해서는, Sb 함유량은 0.001% 이상인 것이 바람직하다. Sb 함유량은, 0.01% 이상, 0.05% 이상 또는 0.08% 이상이어도 된다. 한편, Sn을 과도하게 함유하면, 강관의 취화를 야기하는 경우가 있다. 따라서, Sb 함유량은, 1.00% 이하인 것이 바람직하고, 0.20% 이하인 것이 보다 바람직하다. Sb 함유량은, 0.10% 이하, 0.05% 이하 또는 0.01% 이하여도 된다.
- [0176] [Ca: 0 내지 0.0100%], [Mg: 0 내지 0.0100%], [Zr: 0 내지 0.0100%] 및 [REM: 0 내지 0.0100%]
- [0177] Ca, Mg, Zr 및 REM은, 강관의 성형성의 향상에 기여하는 원소이다. Ca, Mg, Zr 및 REM 함유량은 0%여도 되지만, 이러한 효과를 얻기 위해서는, Ca, Mg, Zr 및 REM 함유량은 각각 0.0001% 이상인 것이 바람직하다. Ca, Mg, Zr 및 REM 함유량은, 각각 0.0005% 이상, 0.0010% 이상 또는 0.0015% 이상이어도 된다. 한편, 이들 원소를 과도하게 함유하면, 강관의 연성이 저하되는 경우가 있다. 따라서, Ca, Mg, Zr 및 REM 함유량은 각각 0.0100% 이하인 것이 바람직하다. Ca, Mg, Zr 및 REM 함유량은, 각각 0.0080% 이하, 0.0060% 이하 또는 0.0030% 이하여도 된다.
- [0178] 또한, 본 명세서에 있어서, REM이란, 원자 번호 21번의 스칸듐(Sc), 원자 번호 39번의 이트륨(Y) 및 란타노이드인 원자 번호 57번의 란타(La) 내지 원자 번호 71번의 루테튬(Lu)의 17원소의 총칭이다. REM 함유량은 이들 원소의 합계 함유량이다.
- [0179] 이상의 임의 선택 원소에 대해서, 본 실시 형태에서는, 강관의 화학 조성은,
- [0180] Cr: 0.01 내지 0.80%,
- [0181] Mo: 0.01 내지 0.50%,
- [0182] B: 0.0001 내지 0.0100%,

- [0183] Ti: 0.001 내지 0.100%,
- [0184] Nb: 0.001 내지 0.100%,
- [0185] V: 0.01 내지 0.50%,
- [0186] Ni: 0.01 내지 1.00%,
- [0187] Cu: 0.01 내지 1.00%,
- [0188] W: 0.01 내지 1.00%,
- [0189] Sn: 0.01 내지 1.00%,
- [0190] Sb: 0.001 내지 0.200%,
- [0191] Ca: 0.0001 내지 0.0100%,
- [0192] Mg: 0.0001 내지 0.0100%,
- [0193] Zr: 0.0001 내지 0.0100%, 및
- [0194] REM: 0.0001 내지 0.0100%
- [0195] 로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 또는 2종 이상을 함유하는 것이 바람직하다. 강관이 이와 같이 임의 선택 원소를 함유하고 있으면, 보다 확실하게, 고강도를 유지하면서, 고스트 라인 등의 성형 후의 외관 불량 발생을 현저하게 억제할 수 있다.
- [0196] 본 실시 형태의 강관에 있어서, 상기의 원소 이외의 잔부는, Fe 및 불순물로 이루어진다. 여기서, 불순물이란, 강관을 공업적으로 제조할 때에, 광석이나 스크랩 등과 같은 원료를 비롯하여, 제조 공정의 다양한 요인에 의해 혼입되는 성분 등이다. 불순물로서는, 예를 들어 H, Na, Cl, Co, Zn, Ga, Ge, As, Se, Y, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Te, Cs, Ta, Re, Os, Ir, Pt, Au, Pb, Bi 및 Po를 들 수 있다. 불순물은, 합계로 0.100% 이하 포함해도 된다.
- [0197] [지수 A: 0.45% 이상]
- [0198] 본 실시 형태에서는, 강관의 화학 조성은, 하기의 식 (1)로 나타내지는 지수 A가 0.45% 이상이다.
- [0199] $A = [\text{Si}] + 10[\text{P}] + 0.6[\text{Al}] + 8[\text{Ti}] + 9[\text{Nb}] \dots (1)$
- [0200] 여기서, [Si], [P], [Al], [Ti] 및 [Nb]는, 질량% 단위의 각 원소의 함유량이고, 원소를 함유하지 않는 경우에는 0%이다.
- [0201] 지수 A는, 고용 강화 원소인 Si, P 및 Al과, 석출 강화 원소인 Ti 및 Nb의 함유량으로 결정되는 지수로, 이 값이 클수록 적은 경질상 분율로 높은 강도를 얻을 수 있다. 지수 A를 0.45% 이상으로 함으로써 강관의 경질상 분율을 일정 이하로 제어하면서도, 높은 강도를 얻을 수 있다.
- [0202] 또한, 지수 A는, 0.48% 이상, 0.50% 이상 또는 0.52% 이상이어도 된다. 또한, 지수 A의 상한은 특별히 한정되지 않지만, 예를 들어 지수 A는, 1.50% 이하, 1.20% 이하 또는 1.00% 이하여도 된다.
- [0203] 여기서, 강관의 화학 조성은, 일반적인 분석 방법에 의해 측정하면 된다. 예를 들어, 강관의 화학 조성은, 유도 결합 플라즈마 발광 분광 분석(ICP-AES: Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry)을 사용하여 측정하면 된다. C 및 S는 연소-적외선 흡수법을 사용하고, N은 불활성 가스 용해-열전도도법을 사용하고, O는 불활성 가스 용해-비분산형 적외선 흡수법을 사용하여 측정하면 된다.
- [0204] (금속 조직)
- [0205] [페라이트: 75 내지 97% 및 경질상: 3 내지 25%]
- [0206] 본 실시 형태에 있어서, 강관의 금속 조직은, 면적%로, 75 내지 97%의 페라이트 및 경질상: 3 내지 25%로 이루어진다. 강관의 금속 조직을 이러한 복합 조직으로 함으로써, 강관의 강도를 적절한 범위 내로 유지하면서, 보다 구체적으로는 500MPa 이상의 인장 강도를 달성하면서, 성형 후의 외관 불량을 억제할 수 있다. 강관의 강도를 보다 높이는 관점에서, 경질상의 면적 분율은, 7% 이상, 10% 이상, 12% 이상 또는 15% 이상이어도 된다. 마찬가지로, 페라이트의 면적 분율은, 93% 이하, 90% 이하, 88% 이하 또는 85% 이하여도 된다. 한편,

성형 후의 외관을 보다 향상시키는 관점에서, 경질상의 면적 분율은, 24% 이하, 22% 이하 또는 20% 이하여도 된다. 마찬가지로, 페라이트의 면적 분율은, 76% 이상, 78% 이상 또는 80% 이상이어도 된다.

[0207] 본 실시 형태의 강판에 있어서, 경질상은, 페라이트보다도 단단한 조직을 의미하고, 예를 들어 마르텐사이트, 베이나이트, 템퍼링 마르텐사이트 및 펄라이트 중 적어도 1종으로 이루어진다. 강판의 강도 향상의 관점에서, 경질상은, 마르텐사이트, 베이나이트 및 템퍼링 마르텐사이트 중 적어도 1종으로 이루어지는 것이 바람직하고, 마르텐사이트로 이루어지는 것이 보다 바람직하다. 본 실시 형태에 있어서는, 강판의 금속 조직에는, 잔류 오스테나이트는 적은 것이 바람직하고, 구체적으로는, 잔류 오스테나이트는, 면적%로, 1% 미만 또는 0.5% 미만인 것이 바람직하고, 0%인 것이 보다 바람직하다.

[0208] (금속 조직의 동정 및 면적 분율의 산출)

[0209] 금속 조직의 동정 및 면적 분율의 산출은, 이하와 같이 하여 행해진다. 먼저, 얻어진 강판의 판 폭 W의 W/4 위치 또는 3W/4 위치(즉, 강판의 어느 쪽의 폭 방향 단부로부터 폭 방향으로 W/4의 위치)로부터 금속 조직(마이크로 조직) 관찰용의 시료(사이즈는, 예를 들어 압연 방향으로 20mm×폭 방향으로 20mm×강판의 두께)를 채취한다. 이어서, 주사형 전자 현미경(SEM)을 사용하여 금속 조직(마이크로 조직)의 관찰을 행한다. 이때, 관찰 시야는, 강판의 판 두께 방향의 위치에서, (i) 강판 표면(도금이 존재하는 경우에는 도금층을 제외한 표면)으로부터 125 μ m의 위치(이하, 「판 두께 125 μ m 위치」라고 칭한다.)를 판 두께 방향의 중심으로 하는 1시야, (ii) 강판 표면으로부터 판 두께 1/2 두께의 위치(이하, 「판 두께 1/2 두께 위치」라고 칭한다.)를 판 두께 방향의 중심으로 하는 1시야, (iii) 상기 (i)과 상기 (ii) 사이에 있어서, 판 두께 125 μ m 위치로부터 판 두께 1/2 두께 위치까지의 사이의 거리를 9등분한 간격으로 구획되는 8시야의, 합계 10시야에서 관찰한다. 시료의 조정으로서, 압연 직각 방향의 판 두께 단면을 관찰면으로서 연마하고, 나이탈 부식으로 에칭한다. 다음으로, 배율 500 또는 1000배의 SEM 사진으로부터 「마이크로 조직」을 분류한다. 페라이트와 경질상은 휘도의 차이에 의해 판별할 수 있다.

[0210] 나이탈 부식으로 에칭한 강판에 대해서, 상기 10개소의 관찰 시야를 500배 또는 1000배의 배율로 관찰하고, Adobe사제 「Photoshop(등록상표) CS5」의 화상 해석 소프트웨어를 사용하여 화상 해석을 행하여, 경질상의 면적 분율을 구한다. 페라이트와 경질상은 휘도의 차이에 의해 2치화하고, 경질상의 면적 분율을 산출한다. 합계 10개소의 관찰 시야에 대해서, 상기와 마찬가지로 화상 해석을 행하여 경질상의 면적 분율을 측정하고, 이들 면적 분율을 평균하여 평균값을 산출한다. 이 평균값을 경질상의 면적 분율로 하고, 잔부를 페라이트의 면적 분율로 한다. 또한, 각 시야의 관찰 면적은, 각각 판 두께 방향 150 μ m, 압연 방향 250 μ m(이 경우의 관찰 면적은 150×250=37500 μ m²)로 한다.

[0211] 또한, 잔류 오스테나이트의 면적 분율의 측정이 필요한 경우, 상기 관찰면에 대한 X선 회절에 의해, 잔류 오스테나이트의 면적 분율을 측정할 수 있다. 구체적으로는, Co-K α 선을 사용하여, 판 두께 방향 1/4 위치의 α (110), α (200), α (211), γ (111), γ (200), γ (220)의 계6피크의 적분 강도를 구하고, 강도 평균법을 사용하여 잔류 오스테나이트의 체적 분율을 산출하고, 얻어진 잔류 오스테나이트의 체적 분율을, 잔류 오스테나이트의 면적 분율로 한다.

[0212] [압연 직각 방향에 있어서의 경질상 분율의 표준 편차: 0.75% 이하]

[0213] 본 실시 형태에 있어서, 강판의 금속 조직은, 압연 직각 방향에 있어서의 경질상 분율의 표준 편차가 0.75% 이하이다. 또한, 경질상 분율의 표준 편차는, 경질상의 면적 분율 자체의 표준 편차를 의미한다. 상기한 바와 같이, 고스트 라인 등의 성형 후의 외관 불량에는, Mn 편석뿐만 아니라, 응고 조직의 영향도 크게 관계한다. 예를 들어, Mn의 중심 편석이 작은 경우에도, 응고 조직 중에 조대한 등축정이 생성되면, Mn의 부편석이 발생하여, 압연 직각 방향의 경질상 분율의 변동이 커져, 성형 후의 외관 불량이 악화되는 경우가 있다. 그러나, 본 실시 형태의 강판에서는, 압연 직각 방향에 있어서의 경질상 분율의 표준 편차가 0.75% 이하, 즉 압연 직각 방향에 있어서의 경질상 분율의 변동이 일정 이하이므로, 성형 후의 외관 불량을 현저하게 억제할 수 있다. 또한, 경질상 분율에 대해서는, 경질상의 면적률의 평균값과 그 표준 편차의 비가 0.10 이하(즉, 경질상 분율의 표준 편차/경질상의 면적률의 평균값 \leq 0.10)가 되는 것이 바람직하다. 상기 비는, 0.09 이하, 0.08 이하 또는 0.07 이하가 바람직하다. 상기 비의 하한은 0이지만, 필요에 따라서, 그 하한을 0.01로 해도 된다.

[0214] 금속 조직의 압연 직각 방향에 있어서의 경질상 분율의 표준 편차는, 다음과 같이 하여 구할 수 있다. 먼저, 강판의 압연 직각 방향에 평행하고 또한 강판 표면에 수직인 단면의, 강판의 한쪽 표면으로부터 50 μ m의 위치와 강판의 다른 쪽 표면으로부터 50 μ m의 위치 사이의 범위를, 주사형 전자 현미경(SEM)에 의해 500배 또는 1000배

의 배율로 관찰하여, SEM 사진 화상을 얻는다. 이 SEM 사진 화상에 대하여, 상술한 경질상의 면적 분율과 마찬가지로, 화상 해석 소프트웨어를 사용하여 화상 해석을 행하고, 강관의 압연 직각 방향 8mm의 범위 내에 있어서의 100 μ m마다의 경질상의 면적 분율을 측정하고, 그 표준 편차를 산출한다. 또한, 압연 직각 방향에 있어서의 관찰 범위는 8mm 미만이어도 되고, 8mm 초과여도 된다. 단, 압연 직각 방향에 있어서의 경질상 분율의 표준 편차의 관찰 범위의 하한은 4mm로 하고, 그 상한은 12mm로 한다.

[0215] 압연 직각 방향에 있어서의 경질상 분율의 표준 편차는, 성형 후의 외관을 보다 향상시키는 관점에서, 0.65% 이하, 0.55% 이하 또는 0.45% 이하여도 된다. 또한, 이러한 표준 편차의 하한은 특별히 한정되지 않지만, 예를 들어 경질상 분율의 표준 편차는, 0.01% 이상, 0.05% 이상, 0.10% 이상, 0.15% 이상 또는 0.20% 이상이어도 된다.

[0216] [강관의 인장 강도와 경질상 분율의 관계식: $(TS-180,000/TS)/V_m \geq 35$]

[0217] 본 실시 형태에서는, 강관은, 하기의 식 (2)를 충족시키는 것이 바람직하다.

[0218] $(TS-180,000/TS)/V_m \geq 35 \dots (2)$

[0219] 여기서, TS는 인장 강도(MPa)를 나타내고, V_m 은 경질상 분율(면적%)을 나타낸다.

[0220] 강관이 이러한 식 (2)를 충족시키고 있으면, M_n 의 중심 편석이 어느 정도 잔존하는 경우에도, 압연 직각 방향의 경질상 분율의 변동을 억제하기 쉽기 때문에, 결과적으로 강관의 성형 후의 외관 불량을 보다 용이하게 발생시키기 어렵게 할 수 있다.

[0221] 강관의 인장 강도(TS)는 압연 방향에 직각인 방향을 길이 방향으로 하는 JIS Z2241:2011의 5호 인장 시험편을 강관으로부터 채취하고, JIS Z2241:2011에 준거한 인장 시험을 행함으로써 측정할 수 있다.

[0222] [페라이트의 평균 결정 입경: 5.0 내지 30.0 μ m]

[0223] 본 실시 형태의 강관에 있어서는, 금속 조직 중의 페라이트의 평균 결정 입경은, 5.0 내지 30.0 μ m인 것이 바람직하다. 페라이트의 평균 결정 입경을 이러한 미세한 범위 내로 제어하면, 강관의 성형 후의 외관을 더욱 향상시킬 수 있다. 페라이트의 평균 결정 입경은, 7.0 μ m 이상, 8.0 μ m 이상, 9.0 μ m 이상 또는 10.0 μ m 이상이어도 된다. 마찬가지로, 페라이트의 평균 결정 입경은, 27.0 μ m 이하, 25.0 μ m 이하, 20.0 μ m 이하 또는 16.0 μ m 이하여도 된다.

[0224] 강관에 있어서의 페라이트의 평균 결정 입경은, 이하와 같이 하여 결정된다. 먼저, 나이탈 시약으로 에칭한 강관의, 표면으로부터 판 두께 방향으로 판 두께 1/2 위치까지의 영역에 있어서, 500배의 배율로, 상술한 페라이트와 경질상의 면적 분율의 측정과 동일한 판 두께 방향의 10시야를 관찰하고, Adobe사제 「Photoshop(등록상표) CS5」의 화상 해석 소프트웨어를 사용하여 화상 해석을 행하여, 각 시야에 있어서의 페라이트의 면적 분율 및 페라이트의 입자수를 각각 산출한다. 이어서, 10시야에 있어서의 페라이트의 면적 분율 및 페라이트의 입자수를 각각 합계하고, 페라이트의 합계 면적 분율을 페라이트의 합계 입자수로 나눔으로써, 페라이트 입자당의 평균 면적 분율을 산출한다. 이 평균 면적 분율과 입자수로부터, 원 상당 직경을 산출하고, 얻어진 원 상당 직경을 페라이트의 평균 결정 입경으로서 결정한다. 또한, 각 시야의 관찰 면적은, 각각 판 두께 방향 150 μ m, 압연 방향 250 μ m(이 경우의 관찰 면적은 $150 \times 250 = 37500 \mu\text{m}^2$)로 한다.

[0225] [경질상의 평균 결정 입경: 1.0 내지 5.0 μ m]

[0226] 본 실시 형태의 강관에 있어서는, 금속 조직 중의 경질상의 평균 결정 입경은, 1.0 내지 5.0 μ m인 것이 바람직하다. 경질상의 평균 결정 입경을 이러한 미세한 범위 내로 제어하면, 강관의 성형 후의 외관을 더욱 향상시킬 수 있다. 경질상의 평균 결정 입경은, 1.2 μ m 이상, 1.5 μ m 이상, 1.7 μ m 이상 또는 2.0 μ m 이상이어도 된다. 마찬가지로, 경질상의 평균 결정 입경은, 4.7 μ m 이하, 4.5 μ m 이하, 4.2 μ m 이하 또는 4.0 μ m 이하여도 된다.

[0227] 경질상의 평균 결정 입경은, 이하와 같이 하여 결정된다. 먼저, 나이탈 시약으로 에칭한 강관의, 표면으로부터 판 두께 방향으로 판 두께 1/2 위치까지의 영역에 있어서, 500배의 배율로, 상술한 페라이트와 경질상의 면적 분율의 측정과 동일한 판 두께 방향의 10시야를 관찰하고, Adobe사제 「Photoshop(등록상표) CS5」의 화상 해석 소프트웨어를 사용하여 화상 해석을 행하여, 각 시야에 있어서의 경질상의 면적 분율 및 경질상의 입자수를 각각 산출한다. 이어서, 10시야에 있어서의 경질상의 면적 분율 및 페라이트의 입자수를 각각 합계하고, 경질상의 합계 면적 분율을 경질상의 합계 입자수로 나눔으로써, 경질상 입자당의 평균 면적 분율을 산출한다. 이 평균 면적 분율과 입자수로부터, 원 상당 직경을 산출하고, 얻어진 원 상당 직경을 경질상의 평균 결정 입경으로

서 결정한다. 또한, 각 시야의 관찰 면적은, 각각 판 두께 방향 $150\mu\text{m}$, 압연 방향 $250\mu\text{m}$ (이 경우의 관찰 면적은 $150 \times 250 = 37500\mu\text{m}^2$)로 한다.

[0228] (판 두께)

[0229] 본 실시 형태에 있어서, 강판의 판 두께는 특별히 한정되지 않지만, 예를 들어 강판은 0.1 내지 2.0mm의 판 두께를 갖고 있어도 된다. 이러한 판 두께를 갖는 강판은, 도어나 후드 등의 덮개 부재의 소재로서 사용하는 경우에 적합하다. 또한, 강판의 판 두께는, 0.2mm 이상, 0.3mm 이상 또는 0.4mm 이상이어도 된다. 마찬가지로, 강판의 판 두께는, 1.8mm 이하, 1.5mm 이하, 1.2mm 이하 또는 1.0mm 이하여도 된다. 예를 들어, 강판의 판 두께를 0.2mm 이상으로 함으로써, 성형품 형상을 평탄하게 유지하는 것이 용이해져, 치수 정밀도 및 형상 정밀도가 향상된다는 추가의 효과를 얻을 수 있다. 한편, 판 두께를 1.0mm 이하로 함으로써, 부재의 경량화 효과가 현저해진다. 강판의 판 두께는, 마이크로미터에 의해 측정된다.

[0230] (도금)

[0231] 본 실시 형태의 강판은, 내식성의 향상 등을 목적으로 하여, 표면에 도금층을 더 포함하고 있어도 된다. 도금층은, 용융 도금층 및 전기 도금층 중 어느 것이어도 된다. 용융 도금층으로서는, 예를 들어 용융 아연 도금층(GI), 합금화 용융 아연 도금층(GA), 용융 알루미늄 도금층, 용융 Zn-Al 합금 도금층, 용융 Zn-Al-Mg 합금 도금층, 용융 Zn-Al-Mg-Si 합금 도금층 등을 들 수 있다. 전기 도금층으로서는, 예를 들어 전기 아연 도금층(EG), 전기 Zn-Ni 합금 도금층 등을 들 수 있다. 그 중에서도, 도금층은, 용융 아연 도금층, 합금화 용융 아연 도금층 또는 전기 아연 도금층인 것이 바람직하다. 도금층의 부착량은, 특별히 제한되지 않고 일반적인 부착량이어도 된다.

[0232] (기계 특성)

[0233] 상기의 특정한 화학 조성 및 금속 조직을 갖는 본 실시 형태의 강판에 따르면, 높은 인장 강도, 구체적으로는 500MPa 이상의 인장 강도를 달성할 수 있다. 강판의 인장 강도는, 바람직하게는 540MPa 이상, 보다 바람직하게는 600MPa 이상이다. 인장 강도의 상한은 특별히 한정되지 않지만, 예를 들어 인장 강도는 980MPa 이하 또는 850MPa 이하여도 된다. 인장 강도를 850MPa 이하로 함으로써, 강판을 프레스 가공할 때의 성형성을 확보하기 쉽다고 하는 이점이 있다.

[0234] 본 실시 형태의 강판은, 고강도, 구체적으로는 500MPa 이상의 인장 강도를 가짐에도 불구하고, 프레스 가공 등의 성형 후에 있어서도 우수한 외관을 유지할 수 있다. 이 때문에, 본 실시 형태의 강판은, 예를 들어 자동차에 있어서 높은 외장성이 요구되는 루프, 후드, 펜더 및 도어 등의 외판 부품으로서 사용하는 데에 매우 유용하다.

[0235] <강판의 제조 방법>

[0236] 다음으로, 본 개시의 일 실시 형태에 관한 강판의 바람직한 제조 방법에 대하여 설명한다. 이하의 설명은, 본 개시의 일 실시 형태에 관한 강판을 제조하기 위한 특징적인 방법의 예시를 의도하는 것이며, 당해 강판을 이하에 설명하는 제조 방법에 의해 제조되는 것에 한정하는 것을 의도하는 것은 아니다.

[0237] 본 실시 형태의 강판의 제조 방법은, 상기 특정한 화학 조성을 갖는 슬래브를 주조하는 주조 공정을 포함한다. 이러한 주조 공정은, 슬래브의 반송 방향으로 인접하는 복수의 압하 물을 구비하고, 인접하는 압하 물의 물 피치가 290mm 이하인 연속 주조기를 사용하여, 경압하를 실시하는 것을 포함한다. 또한, 본 명세서에 있어서, 경압하란, 주조 진행 방향 1m당 0.6mm 이상의 압하 구배를 갖는 압하를 가리킨다.

[0238] (주조 공정)

[0239] 본 실시 형태의 강판에 있어서는, 상술한 바와 같이, 종래의 DP강보다도 낮은 경질상 분율로 이루어지고 또한 압연 직각 방향에 있어서의 경질상 분율의 변동이 작은 특유의 금속 조직을 갖는 것이 불가결하다. 이러한 금속 조직을 얻기 위해서는, 주조 시의 응고 조직이 주상정이 되도록 제어하는 것이 중요하다. 구체적으로는, 주조 공정에 있어서, 상기 특정한 화학 조성을 갖는 용강의 슈퍼 히트 ΔT (용강 온도와 용강의 응고 온도의 차)를 25°C 이상으로 하고, 또한 세그먼트 압박력을 450톤 이상으로 함으로써, 응고 조직을, 등축정률이 15% 이하인 주상정 조직으로 제어한다는 종래의 중심 편석 대책과 다른 방법을 사용하면서도, 중심 편석도 억제할 수 있다. 슈퍼 히트 ΔT 는, 30°C 이상인 것이 보다 바람직하다. 또한, 슈퍼 히트 ΔT 는, 40°C 이하인 것이 바람직하다. 또한, 용강 온도는 턴디쉬 내의 용강 온도이고, 실측함으로써 구할 수 있다. 응고 온도는, 용강의 화학 조성으

로부터 공지된 응고 온도 추정식을 이용하여 구할 수 있다.

- [0240] 또한, 종래의 중심 편석의 개선 대책은, 슈퍼 히트 ΔT 를 최대한 작게 하여(적어도, 25℃ 미만으로 하여), 등축 정렬을 증대시키는(적어도, 15% 초과로 증대시키는) 것인데, 이러한 종래의 대책으로는 충분한 개선 효과를 얻지 못한다. 본 실시 형태에서는, 종래의 대책과는 전혀 다른 주조 조건, 즉, 슈퍼 히트 ΔT 를 25℃ 이상으로 하고, 세그먼트 압박력을 450톤 이상으로 한다는 특유의 주조 조건을 채용하여 응고 조직을 주상정 조직으로 제어함으로써, Mn의 부편석이 억제된다. 그 결과, Mn의 마이크로 편석이 경감되어, 고스트 라인을 충분히 개선할 수 있다.
- [0241] 등축정률(%)은 슬래브의 폭 방향의 판 두께 단면의 에치 프린트를 채취하고, 눈으로 본 관찰에 의해 주상정 조직과 등축정 조직의 경계를 정하고, 슬래브의 판 두께 중심의 등축정 조직의 두께(mm)와 슬래브의 두께(mm)를 측정하고, 등축정 조직의 두께를 슬래브의 두께로 나누고 100을 곱함으로써, 산출할 수 있다.
- [0242] 또한, 주조 공정에서, 인접하는 복수의 압하 물의 물 피치가 290mm 이하인 연속 주조기를 사용하여 경압하를 실시함으로써, 응고 시의 용강의 유동을 억제하여, Mn의 중심부에의 농화를 저감할 수 있다. 이에 의해, Mn의 중심 편석을 억제할 수 있다. 또한, 인접하는 복수의 압하 물의 물 피치는, 280mm 이하인 것이 보다 바람직하다.
- [0243] 본 실시 형태의 강관의 제조 방법은, 상기의 주조 공정에 더하여, 열간 압연 공정, 냉간 압연 공정, 어닐링 공정, 냉각 공정 등의 다른 공정을 포함해도 된다. 또한, 본 제조 방법은, 임의 선택으로, 도금 공정을 포함해도 된다. 이들 공정은, 특별히 한정되지 않고, 강관과 관련하여 상술한 페라이트와 경질상을 소정의 면적 비율로 포함하는 금속 조직이 얻어지도록, 임의의 적절한 조건을 적절히 선택하여 실시하면 된다. 이하, 이들 공정에 대해서, 바람직한 조건을 간단하게 설명한다.
- [0244] (열간 압연 공정)
- [0245] 열간 압연에 앞서, 슬래브를 1100℃ 이상으로 가열하는 것이 바람직하다. 가열 온도를 1100℃ 이상으로 함으로써 열간 압연에 있어서 압연 반력이 과도하게 커지지 않아, 목적으로 하는 제품 두께를 얻기 쉽게 할 수 있다. 가열 온도의 상한은 특별히 한정되지 않지만, 경제상의 관점에서, 가열 온도는, 1300℃ 미만으로 하는 것이 바람직하다. 열간 압연 공정에서는, 가열된 슬래브에 대하여, 조압연 및 마무리 압연이 실시된다. 이와 같이 하여 얻어지는 열연 강관은, 예를 들어 450 내지 650℃의 권취 온도에서 권취된다.
- [0246] 또한, 마무리 압연 종료 온도는, 950℃ 이하로 하는 것이 바람직하다. 마무리 압연 종료 온도를 950℃ 이하로 함으로써, 열연 강관 및 최종 제품의 평균 결정 입경을 작게 할 수 있고, 충분한 항복 강도의 확보 및 성형 후의 높은 표면 품질의 확보가 가능해진다. 또한, 권취 온도를 450 내지 650℃로 함으로써, 평균 결정 입경을 작게 함과 함께, 스케일의 성장을 억제할 수 있다.
- [0247] (냉간 압연 공정)
- [0248] 열간 압연 공정에 의해 얻어진 열연 강관은, 스케일을 제거하기 위해 적절히 산세 처리가 실시된 후, 냉간 압연 공정에 제공된다. 냉간 압연 공정에서는, 예를 들어 누적 압하율이 50 내지 90%가 되도록, 열연 강관에 냉간 압연을 실시하는 것이 바람직하다. 누적 압하율을 이러한 범위로 제어함으로써, 원하는 판 두께를 확보하고, 또한 판 폭 방향의 재질의 균일성을 충분히 확보하면서, 압연 하중이 과대해져 압연이 곤란해지는 것을 방지할 수 있다.
- [0249] (어닐링 공정)
- [0250] 어닐링 공정에서는, 750 내지 900℃의 균열 온도까지 냉연 강관을 가열하여 유지하는 어닐링 처리를 행하는 것이 바람직하다. 균열 온도를 750℃ 이상으로 함으로써, 페라이트의 재결정 및 페라이트로부터 오스테나이트로의 역변태를 충분히 진행시켜, 최종 제품에 있어서 원하는 금속 조직을 얻는 것이 가능해진다. 한편, 균열 온도를 900℃ 이하로 함으로써, 결정립을 치밀화하여 충분한 강도를 얻을 수 있다.
- [0251] (냉각 공정)
- [0252] 냉각 공정에서는, 어닐링 공정 후의 냉연 강관이 냉각된다. 냉각 공정에서는, 균열 온도로부터의 평균 냉각 속도가 5 내지 50℃/초가 되도록, 냉연 강관을 냉각하는 것이 바람직하다. 평균 냉각 속도를 5℃/초 이상으로 함으로써 페라이트로의 과잉의 변태를 억제함과 함께, 마르텐사이트 등의 경질상의 생성량을 많게 하여 원하는 강도를 얻을 수 있다. 또한, 평균 냉각 속도를 50℃/초 이하로 함으로써, 폭 방향에 있어서 강관을 보다 균일하게 냉각할 수 있다.

- [0253] (도금 공정)
- [0254] 내식성의 향상 등을 목적으로 하여, 얻어진 냉연 강판의 표면에 대하여 도금 처리를 실시해도 된다. 도금 처리로서는, 예를 들어 용융 도금, 합금화 용융 도금, 전기 도금 등의 처리를 들 수 있다. 예를 들어, 도금 처리로서 강판 표면에 용융 아연 도금 처리를 실시해도 되고, 용융 아연 도금 처리 후에 합금화 처리를 실시해도 된다. 도금 처리 및 합금화 처리의 구체적인 조건은 특별히 한정되지 않고, 당업자에게 공지된 임의의 적절한 조건을 채용할 수 있다. 예를 들어, 합금화 온도는 450 내지 600℃여도 된다.
- [0255] 또한, 본 개시는, 상술한 실시 형태나 이하의 실시예 등에 제한되지 않으며, 본 개시의 목적, 취지를 일탈하지 않는 범위 내에 있어서, 적절히 조합이나 대체, 변경 등이 가능하다.
- [0256] 이하, 실시예를 예시하여 본 개시를 더욱 구체적으로 설명하지만, 본 개시는 이들 실시예에만 한정되는 것은 아니다.
- [0257] **실시예**
- [0258] 이하의 실시예에서는, 본 개시의 일 실시 형태에 관한 강판을 다양한 조건 하에서 제조하고, 얻어진 강판의 인장 강도나 성형 후 외관의 특성 등에 대하여 조사하였다.
- [0259] 먼저, 290mm 이하의 롤 피치로 배열된 복수의 압하 롤을 구비한 연속 주조기를 사용하여, 주조 진행 방향 1m당 0.6mm 이상의 압하 구배를 갖는 경압하를 실시한 연속 주조법에 의해, 표 1에 나타내는 화학 조성을 갖고 또한 두께가 200 내지 300mm인 슬래브를 주조하였다. 표 1에 나타내는 성분 이외의 잔부는, Fe 및 불순물이다. 각 예에 있어서, 주조 조건 (I)은 슈퍼 히트 $\Delta T \geq 25^\circ\text{C}$ 이상이라는 조건이고, 주조 조건 (II)는, 세그먼트 압박력 ≥ 450 톤이라는 조건이다. 각 예에 있어서, 이들 각 조건을 충족시키는 경우(「OK」로 표기)와 충족시키지 않는 경우(「NG」로 표기)를 각각 표 2에 나타낸다.
- [0260] 다음으로, 얻어진 슬래브에 대하여, 열간 압연 공정(가열 온도 1200℃, 마무리 압연 종료 온도 900℃ 및 권취 온도 550℃), 냉간 압연 공정(누적 압하율 80%), 어닐링 공정(균열 온도 800℃) 그리고 냉각 공정(평균 냉각 속도 10℃/초)을 실시하여, 판 두께가 0.4mm인 냉연 강판을 제조하였다. 얻어진 냉연 강판의 표면에 적절히 도금 처리를 실시하여, 용융 아연 도금층(GI), 합금화 용융 아연 도금층(GA) 또는 전기 아연 도금층(EG)을 형성하였다. 또한, 제조한 냉연 강판으로부터 채취한 시료에 대하여 화학 조성을 분석한 바, 표 1에 나타내는 슬래브의 화학 조성파 변화가 없었다.

표 1

강	화학 조성(질량%) 전부: Fe 및 불순물														기타	치수 A	비고
	C	Mn	Si	P	S	Al	N	O	Cr	Mo	B	Ti	Nb				
A	0.046	1.62	0.158	0.026	0.0018	0.031	0.0024	0.0009	0.41	0.06		0.012			0.53	본 발명강	
B	0.052	1.15	0.352	0.021	0.0018	0.031	0.0035	0.0009	0.29	0.27		0.019			0.73	본 발명강	
C	0.061	1.75	0.612	0.008	0.0026	0.026	0.0045	0.0010		0.07	0.0020				0.71	본 발명강	
D	0.069	1.86	0.013	0.058	0.0011	0.302	0.0035	0.0019	0.36	0.11				0.011	0.87	본 발명강	
E	0.044	1.86	0.233	0.042	0.0008	0.657	0.0019	0.0015			0.0018	0.021			1.22	본 발명강	
F	0.035	1.09	0.292	0.042	0.0020	0.034	0.0031	0.0012	0.08	0.28					0.73	본 발명강	
G	0.060	1.62	0.154	0.029	0.0021	0.105	0.0044	0.0009	0.58		0.0019	0.011	0.006		0.61	본 발명강	
H	0.047	2.03	0.086	0.067	0.0013	0.105	0.0052	0.0019							0.82	본 발명강	
I	0.051	1.21	0.184	0.019	0.0017	0.254	0.0035	0.0015	0.42	0.07			0.015		0.66	본 발명강	
J	0.060	1.72	0.151	0.020	0.0028	0.054	0.0042	0.0015		0.07			0.035		0.66	본 발명강	
K	0.060	1.70	0.285	0.026	0.0021	0.051	0.0038	0.0015	0.53	0.05		0.010			0.66	본 발명강	
L	0.062	1.73	0.153	0.024	0.0024	0.057	0.0035	0.0015	0.48	0.07	0.0013	0.023			0.61	본 발명강	
M	0.082	1.25	0.112	0.020	0.0054	0.243	0.0022	0.0012	0.25	0.34			0.014		0.57	본 발명강	
N	0.048	1.31	0.260	0.031	0.0015	0.026	0.0041	0.0024			0.0026	0.015			0.71	본 발명강	
O	0.055	1.26	0.153	0.019	0.0032	0.154	0.0061	0.0008		0.21		0.062			0.93	본 발명강	
P	0.049	1.34	0.078	0.041	0.0015	0.054	0.0049	0.0015	0.18	0.12					0.98	본 발명강	
Q	0.057	1.05	0.294	0.035	0.0041	0.078	0.0035	0.0011	0.61			0.012	0.008		0.86	본 발명강	
R	0.051	1.68	0.254	0.013	0.0020	0.054	0.0036	0.0013	0.18	0.09					0.42	비표강	
S	0.082	1.71	0.085	0.012	0.0033	0.030	0.0033	0.0015					0.020		0.40	비표강	
T	0.110	1.31	0.291	0.025	0.0028	0.034	0.0035	0.0015	0.40	0.10					0.56	비표강	
U	0.084	2.61	0.125	0.038	0.0026	0.033	0.0030	0.0014		0.07		0.013			0.63	비표강	
V	0.052	1.35	1.560	0.008	0.0013	0.291	0.0041	0.0011	0.25		0.0013	0.012			1.91	비표강	
W	0.026	1.81	0.351	0.019	0.0029	0.030	0.0033	0.0015		0.12			0.007		0.62	비표강	

밑줄은 본 발명의 범위 외인 것을 나타낸다.

표 2

강관 No.	주조 조건		동축정률 (%)	도금종	금속 조직				특성		비고			
	(I)	(II)			페라이트 분율 (%)	경질상 분율 (%)	페라이트 평균 결정 입경 (μm)	경질상 평균 결정 입경 (μm)	경질상 분율의 표준 편차	(TS-180000/TS)/Vm		인장 강도 (MPa)	성형 후 외관	
1	A	OK	OK	0	GA	93	7	12.4	3.3	0.34	42	596	1	본관명예
2	B	OK	OK	5	GA	94	6	10.4	2.6	0.41	46	585	2	본관명예
3	B	NG	OK	21	GA	94	6	9.2	2.5	0.76	45	581	4	비교예
4	B	NG	NG	29	GA	94	6	9.6	2.4	0.88	45	582	5	비교예
5	C	OK	OK	6	GA	91	9	19.5	4.3	0.56	46	677	3	본관명예
6	D	OK	OK	0	GI	86	14	8.9	2.9	0.61	40	788	3	본관명예
7	E	OK	OK	10	GA	92	8	9.0	2.6	0.54	48	655	3	본관명예
8	F	OK	OK	4	없음	96	4	14.2	3.7	0.38	60	560	1	본관명예
9	G	OK	OK	0	EG	92	8	7.5	1.9	0.32	40	612	2	본관명예
10	H	OK	OK	6	GA	92	8	20.2	4.6	0.44	39	609	2	본관명예
11	I	OK	OK	7	GA	91	7	8.9	2.9	0.45	39	581	2	본관명예
12	I	OK	NG	18	GA	92	7	8.4	2.5	0.82	39	582	4	비교예
13	J	OK	OK	2	GA	92	8	10.0	3.1	0.43	42	624	3	본관명예
14	K	OK	OK	0	GA	92	8	11.5	3.8	0.40	40	616	2	본관명예
15	L	OK	OK	4	GI	92	8	8.3	2.5	0.55	40	613	3	본관명예
16	L	NG	OK	12	GA	91	9	9.1	2.9	0.81	37	621	4	비교예
17	L	NG	NG	25	GA	92	8	8.6	2.6	0.89	39	606	5	비교예
18	M	OK	OK	0	GA	82	18	8.4	2.4	0.62	35	845	3	본관명예
19	N	OK	OK	9	GA	91	9	13.5	3.6	0.55	40	643	3	본관명예
20	O	OK	OK	5	GA	93	7	7.3	1.8	0.41	41	591	3	본관명예
21	P	OK	OK	0	GA	93	7	6.9	2.0	0.33	43	600	2	본관명예
22	Q	OK	OK	8	GA	91	9	13.4	3.9	0.45	36	618	3	본관명예
23	R	OK	OK	2	GI	87	13	16.5	4.0	0.78	27	634	5	비교예
24	S	OK	OK	0	GA	84	16	10.4	3.0	0.82	23	652	5	비교예
25	T	OK	OK	4	GA	89	11	10.1	3.1	0.92	37	675	5	비교예
26	U	OK	OK	5	GA	74	26	8.9	2.4	0.91	29	945	5	비교예
27	V	OK	OK	0	없음	89	9	15.6	3.3	0.54	42	654	5	비교예
28	W	OK	OK	3	GA	98	2	18.5	3.4	0.43	53	480	2	비교예

밑줄은 본 발명의 범위 외이거나 또는 특성이 바람직하지 않은 것을 나타낸다.

[0262]

언어진 강관의 특성은, 이하의 방법에 의해 측정 및 평가하였다.

[0264]

(인장 강도)

[0265]

강관의 인장 강도는, 압연 방향에 직각인 방향을 길이 방향으로 하는 JIS Z 2241:2011의 5호 인장 시험편을 강관으로부터 채취하고, JIS Z 2241:2011에 준거하여 인장 시험을 행함으로써 측정하였다.

[0266]

또한, 측정한 강관의 인장 강도를 사용하여, 강관의 인장 강도(TS)와 경질상 분율(Vm)의 관계식: (TS-180,000/TS)/Vm의 값을 산출하였다.

[0267]

(성형 후 외관)

[0268]

강관의 성형 후 외관은, 성형 후의 도어 아우터의 표면에 발생하는 고스트 라인의 정도에 의해 평가하였다. 프레스 성형 후의 표면을 지식 연마하여, 표면에 발생할 수mm 오더 간격의 줄무늬 모양을 고스트 라인으로 판단하고, 줄무늬 모양의 발생 정도에 따른 이하의 기준에 기초하여, 1 내지 5의 점수로 평점을 부여하였다. 100mm×100mm의 임의의 영역을 눈으로 보아 확인하고, 줄무늬 모양이 전혀 확인되지 않은 경우를 「1」로 하고, 줄무늬 모양의 최대 길이가 20mm 이하인 경우를 「2」로 하고, 줄무늬 모양의 최대 길이가 20mm 초과, 50mm 이하인 경

우를 「3」으로 하고, 줄무늬 모양의 최대 길이가 50mm 초과, 70mm 이하인 경우를 「4」로 하고, 줄무늬 모양의 최대 길이가 70mm를 초과하는 경우를 「5」로 하였다. 평가가 「3」 이하인 경우를, 성형 후 외관이 우수하다고 하여 합격으로 판정하였다. 한편, 평가가 「4」 이상인 경우를, 성형 후 외관이 떨어진다고 하여 불합격으로 판정하였다.

[0269] 강관의 인장 강도가 500MPa 이상이고 또한 성형 후 외관의 평가가 3 이하인 경우를, 개선된 성형 후 외관을 갖는 고강도 강관으로서 평가하였다. 그 결과를 표 2에 나타낸다.

[0270] 표 2를 참조하면, 화학 조성이나 금속 조직의 경질상 분율의 표준 편차가 본 발명의 범위 외인 강관 No.3, 4, 12, 16, 17, 23 내지 27의 비교예에서는, 모두 성형 후 외관이 열화되었다. 또한, 화학 조성과 금속 조직의 페라이트 분율 및 경질상 분율이 본 발명의 범위 외인 강관 No.28의 비교예에서는, 성형 후 외관은 양호했지만, C 함유량이 낮았기 때문에, 경질상 분율이 낮아져, 충분한 강도가 얻어지지 않았다.

[0271] 한편, 강관 No.1, 2, 5 내지 11, 13 내지 15, 18 내지 22의 본 발명예에서는, 인장 강도 500MPa 이상의 고강도를 유지하면서, 프레스 성형에 의해 변형이 부여된 경우에 있어서도, 강관 표면에 있어서의 미소한 요철의 생성을 억제하여 고스트 라인의 발생을 현저하게 억제할 수 있었다