



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2024-0132041  
(43) 공개일자 2024년09월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C22C 38/04 (2006.01) C22C 38/00 (2006.01)  
C22C 38/06 (2006.01) C22C 38/42 (2006.01)  
C22C 38/44 (2006.01) C22C 38/46 (2006.01)  
C22C 38/48 (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 10-2024-7025402

(22) 출원일자(국제) 2022년08월23일

심사청구일자 2024년07월26일

(85) 번역문제출일자 2024년07월26일

(86) 국제출원번호 PCT/JP2022/031748

(87) 국제공개번호 WO 2023/149002

국제공개일자 2023년08월10일

(30) 우선권주장

JP-P-2022-014470 2022년02월01일 일본(JP)

(71) 출원인

**닛폰세이테츠 가부시카이가이사**

일본 도쿄도 지요다꾸 마루노우찌 2쵸메 6방 1고

(72) 발명자

**히로나카 사토시**

일본 1008071 도쿄도 치요다꾸 마루노우치 2쵸메 6방 1고 닛폰세이테츠 가부시카이가이사 내

**이토 야스히로**

일본 1008071 도쿄도 치요다꾸 마루노우치 2쵸메 6방 1고 닛폰세이테츠 가부시카이가이사 내

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

**양영준, 최인호, 성재동**

전체 청구항 수 : 총 3 항

(54) 발명의 명칭 **강판**

**(57) 요약**

화학 조성이 C: 0.020 내지 0.100%, Mn: 1.00 내지 2.50%, P: 0.100% 이하, S: 0.0200% 이하, Al: 0.005 내지 0.700%, N: 0.0150% 이하, O: 0.0100% 이하 등, 그리고 잔부: Fe 및 불순물이고, 금속 조직이, 면적%로, 페라이트: 70 내지 97%, 및 경질상: 3 내지 30%이고, 표면의 Str이 0.35 내지 0.75이고, 상기 Str과 5% 인장 변형 부여 후의 Str의 차 ΔStr이 0.15 이하인 강판이 제공된다.

(52) CPC특허분류

*C22C 38/008* (2013.01)  
*C22C 38/06* (2013.01)  
*C22C 38/42* (2013.01)  
*C22C 38/44* (2013.01)  
*C22C 38/46* (2013.01)  
*C22C 38/48* (2013.01)  
*C22C 38/50* (2013.01)  
*C22C 38/54* (2013.01)  
*C22C 38/58* (2013.01)

(72) 발명자

**나가노 마이**

일본 1008071 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 2초메  
6방 1고 닛폰세이테츠 가부시카가이샤 내

**나카노 가츠야**

일본 1008071 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 2초메  
6방 1고 닛폰세이테츠 가부시카가이샤 내

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

화학 조성이, 질량%로,

C: 0.020 내지 0.100%,

Mn: 1.00 내지 2.50%,

P: 0.100% 이하,

S: 0.0200% 이하,

Al: 0.005 내지 0.700%,

N: 0.0150% 이하,

O: 0.0100% 이하,

Si: 0 내지 1.500%,

Cr: 0 내지 0.80%,

Mo: 0 내지 0.50%,

B: 0 내지 0.0100%,

Ti: 0 내지 0.100%,

Nb: 0 내지 0.060%,

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,

금속 조직이, 면적%로,

페라이트: 70 내지 97%, 및

경질상: 3 내지 30%이고,

표면의 Str이 0.35 내지 0.75이고,

상기 Str과 5% 인장 변형 부여 후의 Str의 차  $\Delta Str$ 이 0.15 이하인, 강판.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 화학 조성이, 질량%로,

Si: 0.005 내지 1.500%,

Cr: 0.001 내지 0.80%,

Mo: 0.001 내지 0.50%,

B: 0.0001 내지 0.0100%,

Ti: 0.001 내지 0.100%,

Nb: 0.001 내지 0.060%,

V: 0.001 내지 0.50%,

Ni: 0.001 내지 1.00%,

Cu: 0.001 내지 1.00%,

W: 0.001 내지 1.00%,

Sn: 0.001 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 또는 2종 이상을 포함하는, 강판.

### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

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

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 강판에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 자동차 업계에서는, 연비 향상의 관점에서 차체의 경량화가 요구되고 있다. 차체의 경량화와 충돌 안전성을 양립시키기 위해서는, 사용하는 강판의 고강도화가 유효한 방법 중 하나이고, 이러한 배경으로부터 고강도 강판의 개발이 진행되고 있다.

[0003] 이것과 관련하여, 특허문헌 1에서는, 기관으로 한 강판의 표면에 용융 아연 도금층을 갖는 용융 아연 도금 강판이며, 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 제2 상으로 이루어지고, 해당 제2 상이 마르텐사이트 주체의 것인 것을 특징으로 하는 고강도 용융 아연 도금 강판이 기재되어 있다. 또한, 특허문헌 1에서는, 당해 고강도 용융 아연 도금 강판은, 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

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0005] 근년, 가일층의 연비 향상의 요구와 관련하여, 특허문헌 1에 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 시선에 노출되기 때문에, 강도 등의 특성뿐만 아니라 외장성이나 면 품질도 중요하고, 따라서 성형 후의 외관이 우수할 것이 요구된다. 한편, 이러한 경량화의 요구와 관련하여, 이들 외관 부품에 사용되는 강판에 있어서도 가일층의 고강도화나 박육화가 요구되고 있다. 또한, 이들 외관 부품에 있어서의 형상의 복잡화에 수반하여, 성형 후의 강판 표면은 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 제2 상으로 이루어지는 DP강(복합 조직강)의 경우에는, 프레스 성형 등의 가공 시에 페라이트로 이루어지는 연질상 및 그 주변이 우선적으로 변형되는 불균일 변형이 일어나기 쉽다. 이 때문에, 이러한 연질상과 경질상으로 구성되는 복합 조직강을 이용한 경우에는, 성형 후의 강판 표면에 미소한 요철이 발생함으로써, 고스트 라인이라고 불리는 외관 불량 발생하는 경우가 있다.

[0007] 그래서 본 발명은 신규의 구성에 의해, 개선된 성형 후 외관을 갖는 고강도 강판을 제공하는 것을 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

[0008] 본 발명자들은, 상기 목적을 달성하기 위해, 특히 강판의 표면 성상에 착목하여 검토를 행하였다. 그 결과, 본 발명자들은, 페라이트로 이루어지는 연질상과 마르텐사이트 등을 주체로 하는 경질상의 복합 조직으로 구성되는 DP강으로 이루어지는 강판에 있어서, 표면 성상의 에스펙트비(Str)가 고스트 라인의 발생에 크게 영향을 미치는 것을 알아내고, 이것과 관련하여, 초기의 Str을 특정한 범위 내로 제어하면서, 인장 변형을 부여했을 때의 Str의 변동을 소정의 범위 내로 억제함으로써, 마르텐사이트 등을 주체로 하는 경질상에 기초하는 고강도를 유지하면서, 프레스 성형 등의 가공 시에 있어서도, 강판 표면에 있어서의 고스트 라인의 발생을 현저하게 억제할 수 있는 것을 알아내어, 본 발명을 완성시켰다.

[0009] 상기 목적을 달성하여 얻은 본 발명은 하기와 같다.

[0010] (1) 화학 조성이, 질량%로,

[0011] C: 0.020 내지 0.100%,

[0012] Mn: 1.00 내지 2.50%,

[0013] P: 0.100% 이하,

[0014] S: 0.0200% 이하,

[0015] Al: 0.005 내지 0.700%,

[0016] N: 0.0150% 이하,

[0017] O: 0.0100% 이하,

[0018] Si: 0 내지 1.500%,

[0019] Cr: 0 내지 0.80%,

- [0020] Mo: 0 내지 0.50%,
- [0021] B: 0 내지 0.0100%,
- [0022] Ti: 0 내지 0.100%,
- [0023] Nb: 0 내지 0.060%,
- [0024] V: 0 내지 0.50%,
- [0025] Ni: 0 내지 1.00%,
- [0026] Cu: 0 내지 1.00%,
- [0027] W: 0 내지 1.00%,
- [0028] Sn: 0 내지 1.00%,
- [0029] Sb: 0 내지 0.200%,
- [0030] Ca: 0 내지 0.0100%,
- [0031] Mg: 0 내지 0.0100%,
- [0032] Zr: 0 내지 0.0100%,
- [0033] REM: 0 내지 0.0100%, 그리고
- [0034] 잔부: Fe 및 불순물이고,
- [0035] 금속 조직이, 면적%로,
- [0036] 페라이트: 70 내지 97%, 및
- [0037] 경질상: 3 내지 30%이고,
- [0038] 표면의 Str이 0.35 내지 0.75이고,
- [0039] 상기 Str과 5% 인장 변형 부여 후의 Str의 차  $\Delta Str$ 이 0.15 이하인, 강판.
- [0040] (2) 상기 화학 조성이, 질량%로,
- [0041] Si: 0.005 내지 1.500%,
- [0042] Cr: 0.001 내지 0.80%,
- [0043] Mo: 0.001 내지 0.50%,
- [0044] B: 0.0001 내지 0.0100%,
- [0045] Ti: 0.001 내지 0.100%,
- [0046] Nb: 0.001 내지 0.060%,
- [0047] V: 0.001 내지 0.50%,
- [0048] Ni: 0.001 내지 1.00%,
- [0049] Cu: 0.001 내지 1.00%,
- [0050] W: 0.001 내지 1.00%,
- [0051] Sn: 0.001 내지 1.00%,
- [0052] Sb: 0.001 내지 0.200%,
- [0053] Ca: 0.0001 내지 0.0100%,
- [0054] Mg: 0.0001 내지 0.0100%,
- [0055] Zr: 0.0001 내지 0.0100%, 및

- [0056] REM: 0.0001 내지 0.0100%
- [0057] 로 이루어지는 균에서 선택되는 1종 또는 2종 이상을 포함하는, 상기 (1)에 기재된 강판.
- [0058] (3) 상기 경질상이, 마르텐사이트, 베이나이트, 템퍼링 마르텐사이트 및 펄라이트 중 적어도 1종으로 이루어지는, 상기 (1) 또는 (2)에 기재된 강판.

**발명의 효과**

- [0059] 본 발명에 따르면, 양호한 성형 전 외관에 더하여, 개선된 성형 후 외관을 갖는 고강도 강판을 제공할 수 있다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0060] <강판>
- [0061] 본 발명의 실시 형태에 관한 강판은,
- [0062] 화학 조성이, 질량%로,
- [0063] C: 0.020 내지 0.100%,
- [0064] Mn: 1.00 내지 2.50%,
- [0065] P: 0.100% 이하,
- [0066] S: 0.0200% 이하,
- [0067] Al: 0.005 내지 0.700%,
- [0068] N: 0.0150% 이하,
- [0069] O: 0.0100% 이하,
- [0070] Si: 0 내지 1.500%,
- [0071] Cr: 0 내지 0.80%,
- [0072] Mo: 0 내지 0.50%,
- [0073] B: 0 내지 0.0100%,
- [0074] Ti: 0 내지 0.100%,
- [0075] Nb: 0 내지 0.060%,
- [0076] V: 0 내지 0.50%,
- [0077] Ni: 0 내지 1.00%,
- [0078] Cu: 0 내지 1.00%,
- [0079] W: 0 내지 1.00%,
- [0080] Sn: 0 내지 1.00%,
- [0081] Sb: 0 내지 0.200%,
- [0082] Ca: 0 내지 0.0100%,
- [0083] Mg: 0 내지 0.0100%,
- [0084] Zr: 0 내지 0.0100%,
- [0085] REM: 0 내지 0.0100%, 그리고
- [0086] 잔부: Fe 및 불순물이고,
- [0087] 금속 조직이, 면적%로,



부 산화물을 가능한 한 저감하는 것이 바람직한 것을 알아냈다. 보다 구체적으로는, 본 발명자들은, 강판 중의 Si 및 Mn 함유량의 상한값을 각각 1.500% 및 2.50% 이하로 억제하면서, 특히 열간 압연 공정의 권취 온도 그리고 어닐링 공정의 분위기, 온도 및 시간을 소정의 범위 내로 제어함으로써, 열간 압연 공정에서의 내부 산화물의 형성을 충분히 억제 또는 저감함과 함께, 이것과 관련하여 어닐링 공정에 있어서 적절한 탈탄 처리를 실현하고, 나아가서는 강판 표면에 있어서 원하는 초기 Str을 실현할 수 있는 것을 알아냈다.

[0096] 본 발명자들은, 가일층의 검토에 의해, 단순히 초기의 강판 표면의 Str을 0.35 내지 0.75의 범위 내로 제어하는 것만으로는, 고스트 라인의 발생을 억제 또는 저감하는 관점에서는 반드시 충분한 것은 아니고, 초기의 Str의 제어에 더하여, 인장 변형을 부여했을 때의 Str의 변동, 즉 초기의 Str과 5% 인장 변형 부여 후의 Str의 차  $\Delta$  Str을 소정의 범위 내로 억제하는 것이 중요한 것을 알아냈다. 보다 구체적으로는, 본 발명자들은, 초기의 Str을 0.35 내지 0.75의 범위 내로 제어하는 것에 더하여, 당해 초기의 Str로부터 5% 인장 변형을 부여한 후의 Str을 뺀 값  $\Delta$  Str(즉,  $\Delta$  Str = 초기 Str - 5% 인장 변형 부여 후 Str)을 0.15 이하로 제어하는 것이 중요한 것을 알아냈다.

[0097] 전혀 특정한 이론에 속박되는 것을 의도하는 것은 아니지만,  $\Delta$  Str은, 초기의 Str의 값에 더하여, 강 중의 Mn 편석과도 밀접하게 관련되어 있다고 생각되고, 초기의 Str을 0.35 내지 0.75의 범위 내로 제어하는 것에 더하여 강 중의 Mn 편석을 저감함으로써,  $\Delta$  Str의 값을 보다 작게 하는 것이 가능해지는 것으로 생각된다. 고스트 라인, 금속 조직 중에 줄무늬 형상으로 연결된 경질상이 존재함으로써 그 정도가 현저해진다고 생각되고, 한편, 이러한 줄무늬 형상 경질상의 생성을 억제하기 위해서는, 강 중의 Mn 편석을 저감하는 것이 유효하다고 생각된다. Mn 편석은, 강판 중에 포함되는 다양한 합금 원소에 의해 영향을 받고, 특히 강판 중의 C 및 Mn 함유량이 높아지면, 그 정도가 특히 현저한 것이 된다. 이것은, C 및 Mn 함유량이 높아지면, 슬래브 주조 시의 응고 시에 있어서의 Mn의 확산 속도가 저하되는 것에 기인하고 있다. 따라서, 초기의 강판 표면의 Str을 0.35 내지 0.75의 범위 내로 제어하면서, Mn 편석과 관련된 강판의 화학 조성을 적절한 것으로 하는 것, 특히 강판 중의 C 및 Mn 함유량을 적절한 것으로 함으로써,  $\Delta$  Str을 원하는 범위 내, 즉 0.15 이하로 억제하는 것이 가능해진다. 반대로 말하면,  $\Delta$  Str이 0.15 이하로 억제되어 있는 경우에는, 강 중의 Mn 편석이 충분히 억제 또는 저감되어 있다고 생각되고, 이것과 관련하여 강판의 금속 조직에 있어서 줄무늬 형상 경질상의 생성이 충분히 억제되어 있기 때문에, 프레스 성형 등의 가공 시에 있어서도, 강판 표면에 있어서의 고스트 라인의 발생을 현저하게 억제 또는 저감하는 것이 가능해진다.

[0098] 따라서, 본 발명의 실시 형태에 관한 강판에 따르면, 강판 중에 포함되는 경질상에 기초하여 고강도를 충분히 유지하면서, 초기의 Str을 0.35 내지 0.75의 범위 내로 제어하는 것에 더하여, 5% 인장 변형을 부여했을 때의  $\Delta$  Str을 0.15 이하로 억제함으로써, 성형 전의 외관을 양호하게 유지할 수 있는 것은 물론이고, 프레스 성형 등의 성형에 의해 변형이 부여된 경우에 있어서도, 강판 표면에 있어서의 고스트 라인 등의 외관 불량 발생을 현저하게 억제하는 것이 가능해진다. 그러므로, 본 발명의 실시 형태에 따르면, 양호한 성형 전 외관에 더하여, 개선된 성형 후 외관을 갖는 고강도 강판을 제공하는 것이 가능해진다.

[0099] 이하, 본 발명의 실시 형태에 관한 강판에 대하여 보다 자세하게 설명한다. 이하의 설명에 있어서, 각 원소의 함유량의 단위인 「%」는, 특별히 언급이 없는 한 「질량%」를 의미하는 것이다. 또한, 본 명세서에 있어서, 수치 범위를 나타내는 「내지」란, 특별히 언급이 없는 경우, 그 전후에 기재되는 수치를 하한값 및 상한값으로서 포함하는 의미로 사용된다.

[0100] [C: 0.020 내지 0.100%]

[0101] C는, 강판의 강도를 높이는 원소이다. 이러한 효과를 충분히 얻기 위해, C 함유량은 0.020% 이상으로 한다. C 함유량은 0.025% 이상, 0.030% 이상, 0.035% 이상, 0.040% 이상 또는 0.050% 이상이어도 된다. 한편, C를 과도하게 함유하면, 응고 시의 Mn의 확산이 저해되어, Mn 편석을 충분히 억제할 수 없어,  $\Delta$  Str을 원하는 범위 내로 제어할 수 없는 경우가 있다. 따라서, C 함유량은 0.100% 이하로 한다. C 함유량은 0.095% 이하, 0.090% 이하, 0.085% 이하, 0.080% 이하 또는 0.070% 이하여도 된다.

[0102] [Mn: 1.00 내지 2.50%]

[0103] Mn은, 강의 켈칭성을 높여, 강도의 향상에 기여하는 원소이다. 이러한 효과를 충분히 얻기 위해, Mn 함유량은 1.00% 이상으로 한다. Mn 함유량은 1.20% 이상, 1.30% 이상, 1.40% 이상 또는 1.50% 이상이어도 된다. 한편, Mn을 과도하게 함유하면, 응고 시의 Mn의 확산이 저해되어, Mn 편석을 충분히 억제할 수 없어,  $\Delta$  Str을 원하는 범위 내로 제어할 수 없는 경우가 있다. 또한, Mn을 과도하게 함유하면, 열간 압연 시에 내부 산화물이

과도하게 형성되어, 그 후의 어닐링 공정 시의 강판 표층의 탈탄 처리를 적절하게 제어할 수 없어, 초기의 Str을 원하는 범위 내로 제어할 수 없는 경우가 있다. 따라서, Mn 함유량은 2.50% 이하로 한다. Mn 함유량은 2.25% 이하, 2.10% 이하, 2.00% 이하, 1.85% 이하 또는 1.75% 이하여도 된다.

[0104] [P: 0.100% 이하]

P는, 제조 공정에서 혼입되는 원소이다. 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, 0.001% 이상 또는 0.005% 이상이어도 된다. 한편, P를 과도하게 함유하면, 강판의 인성이 저하되는 경우가 있다. 따라서, P 함유량은 0.100% 이하로 한다. P 함유량은 0.070% 이하, 0.060% 이하, 0.040% 이하 또는 0.020% 이하여도 된다.

[0106] [S: 0.0200% 이하]

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, 강판의 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.

[0108] [Al: 0.005 내지 0.700%]

Al은, 탈산제로서 기능하는 원소이며, 강의 강도를 높이는 데에 유효한 원소이다. 또한, Al은, 응고 시의 Mn의 확산을 촉진시켜 Mn 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, 0.150% 이하, 0.100% 이하 또는 0.070% 이하여도 된다.

[0110] [N: 0.0150% 이하]

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, 강판의 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.

[0112] [O: 0.0100% 이하]

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, 강판의 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, 0.0040% 이하 또는 0.0020% 이하여도 된다.

[0114] 본 발명의 실시 형태에 관한 강판의 기본 화학 조성은 상기한 바와 같다. 또한, 당해 강판은, 필요에 따라, 잔부의 Fe의 일부 대신에 이하의 임의 선택 원소 중 1종 또는 2종 이상을 함유해도 된다. 이하, 이들 임의 선택 원소에 대하여 상세하게 설명한다. 이들 임의 선택 원소의 함유량의 하한은, 모두 0%이다.

[0115] [Si: 0 내지 1.500%]

[0116] Si는, 강의 탈산 원소이며, 강판의 연성을 손상시키지 않고 강도를 높이는 데에 유효한 원소이다. 또한, Si는, 응고 시의 Mn의 확산을 촉진시켜 Mn 편석을 저감하는 데에 유효한 원소이기도 하다. Si 함유량은 0%여도 되지만, 이들 효과를 얻기 위해서는, Si 함유량은 0.001% 이상 또는 0.005% 이상인 것이 바람직하다. Si 함유량은 0.010% 이상, 0.050% 이상, 0.100% 이상 또는 0.150% 이상이어도 된다. 한편, Si를 과도하게 함유하면, 열간 압연 시에 내부 산화물이 과도하게 형성되어, 그 후의 어닐링 공정 시의 강판 표층의 탈탄 처리를 적절하게 제어할 수 없어, 초기의 Str을 원하는 범위 내로 제어할 수 없는 경우가 있다. 따라서, Si 함유량은 1.500

% 이하로 한다. Si 함유량은 1.400% 이하, 1.200% 이하, 1.000% 이하, 0.800% 이하, 0.600% 이하, 0.500% 이하 또는 0.300% 이하여도 된다.

[0117] [Cr: 0 내지 0.80%]

[0118] Cr은, 강의 퀴칭성을 높여, 강판의 강도의 향상에 기여하는 원소이다. 또한, Cr은, 응고 시의 Mn의 확산을 촉진시켜 Mn 편석을 저감하는 데에 유효한 원소이기도 하다. Cr 함유량은 0%여도 되지만, 이들 효과를 얻기 위해서는, Cr 함유량은 0.001% 이상인 것이 바람직하다. Cr 함유량은 0.01% 이상, 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.

[0119] [Mo: 0 내지 0.50%]

[0120] Mo는, 고온에서의 상변태를 억제하여, 강판의 강도의 향상에 기여하는 원소이다. 또한, Mo는, 응고 시의 Mn의 확산을 촉진시켜 Mn 편석을 저감하는 데에 유효한 원소이기도 하다. Mo 함유량은 0%여도 되지만, 이들 효과를 얻기 위해서는, Mo 함유량은 0.001% 이상인 것이 바람직하다. Mo 함유량은 0.01% 이상, 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.

[0121] [B: 0 내지 0.0100%]

[0122] B는, 고온에서의 상변태를 억제하여, 강판의 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 강판의 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.

[0123] [Ti: 0 내지 0.100%]

[0124] Ti는, 파괴의 기점으로서 작용하는 조대한 개재물을 발생시키는 S, N 및 O양을 저감하는 효과를 갖는 원소이다. 또한, Ti는 조직을 미세화하여, 강판의 강도-성형성 밸런스를 높이는 효과가 있다. 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 강판의 성형성이 저하되는 경우가 있다. 따라서, Ti 함유량은 0.100% 이하인 것이 바람직하다. Ti 함유량은 0.080% 이하, 0.070% 이하, 0.060% 이하 또는 0.030% 이하여도 된다.

[0125] [Nb: 0 내지 0.060%]

[0126] Nb는, 석출물에 의한 강화, 페라이트 결정립의 성장 억제에 의한 세립화 강화, 및/또는 재결정의 억제에 의한 전위 강화에 기인하여 강판의 강도의 향상에 기여하는 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 강판의 성형성이 저하되는 경우가 있다. 따라서, Nb 함유량은 0.060% 이하인 것이 바람직하다. Nb 함유량은 0.050% 이하, 0.040% 이하 또는 0.030% 이하여도 된다.

[0127] [V: 0 내지 0.50%]

[0128] V는, 석출물에 의한 강화, 페라이트 결정립의 성장 억제에 의한 세립화 강화, 및/또는 재결정의 억제에 의한 전위 강화에 기인하여 강판의 강도의 향상에 기여하는 원소이다. V 함유량은 0%여도 되지만, 이들 효과를 얻기 위해서는, V 함유량은 0.001% 이상인 것이 바람직하다. V 함유량은 0.005% 이상, 0.01% 이상 또는 0.02% 이상이어도 된다. 한편, V를 과도하게 함유하면, 탄질화물이 다량으로 석출되어 강판의 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.

[0129] [Ni: 0 내지 1.00%]

[0130] Ni는, 고온에서의 상변태를 억제하여, 강판의 강도의 향상에 기여하는 원소이다. Ni 함유량은 0%여도 되지만,

이러한 효과를 얻기 위해서는, Ni 함유량은 0.001% 이상인 것이 바람직하다. Ni 함유량은 0.01% 이상, 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.

[0131] [Cu: 0 내지 1.00%]

[0132] 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 바람직하다. Cu 함유량은 0.01% 이상, 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.

[0133] [W: 0 내지 1.00%]

[0134] W는, 고온에서의 상변태를 억제하여, 강관의 강도의 향상에 기여하는 원소이다. W 함유량은 0%여도 되지만, 이러한 효과를 얻기 위해서는, W 함유량은 0.001% 이상인 것이 바람직하다. W 함유량은 0.01% 이상, 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, 0.20% 이하 또는 0.15% 이하여도 된다.

[0135] [Sn: 0 내지 1.00%]

[0136] Sn은, 결정립의 조대화를 억제하여, 강관의 강도의 향상에 기여하는 원소이다. Sn 함유량은 0%여도 되지만, 이러한 효과를 얻기 위해서는, Sn 함유량은 0.001% 이상인 것이 바람직하다. Sn 함유량은 0.01% 이상, 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, 0.20% 이하 또는 0.15% 이하여도 된다.

[0137] [Sb: 0 내지 0.200%]

[0138] 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 0.003% 이상, 0.005% 이상 또는 0.010% 이상이어도 된다. 한편, Sb를 과도하게 함유하면, 강관의 취화를 야기하는 경우가 있다. 따라서, Sb 함유량은 0.200% 이하인 것이 바람직하다. Sb 함유량은 0.150% 이하, 0.100% 이하, 0.050% 이하 또는 0.020% 이하여도 된다.

[0139] [Ca: 0 내지 0.0100%]

[0140] [Mg: 0 내지 0.0100%]

[0141] [Zr: 0 내지 0.0100%]

[0142] [REM: 0 내지 0.0100%]

[0143] 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 바람직하고, 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 바람직하고, 0.0080% 이하, 0.0060% 이하, 0.0030% 이하 또는 0.0020% 이하여도 된다. 본 명세서에 있어서의 REM이란, 원자 번호 21번의 스칸듐(Sc), 원자 번호 39번의 이트륨(Y) 및 란타노이드인 원자 번호 57번의 란탄(La) 내지 원자 번호 71번의 루테튬(Lu)의 17 원소의 총칭이며, REM 함유량은 이들 원소의 합계 함유량이다.

[0144] 본 발명의 실시 형태에 관한 강관에 있어서, 상기의 원소 이외의 잔부는 Fe 및 불순물로 이루어진다. 불순물이란, 강관을 공업적으로 제조할 때에, 광석이나 스크랩 등과 같은 원료를 비롯하여 제조 공정의 다양한 요인에 의해 혼입되는 성분 등이다. 불순물로서, 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.

- [0145] 강판의 화학 조성은, 일반적인 분석 방법에 의해 측정하면 된다. 예를 들어, 강판의 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.
- [0146] [페라이트: 70 내지 97%, 및 경질상: 3 내지 30%]
- [0147] 강판의 금속 조직은, 면적으로, 페라이트: 70 내지 97%, 및 경질상: 3 내지 30%로 이루어지고, 보다 구체적으로는 페라이트: 70 내지 95%, 및 경질상: 5 내지 30%만으로 구성된다. 강판의 금속 조직을 이러한 복합 조직으로 함으로써, 강판의 강도를 적절한 범위 내로 유지하면서, 보다 구체적으로는 500MPa 이상의 인장 강도를 달성하면서, 성형 후의 외관을 향상시키는 것이 가능해진다. 강판의 강도를 보다 높이는 관점에서, 경질상의 면적 분율은, 5% 이상, 7% 이상, 10% 이상 또는 12% 이상이어도 된다. 마찬가지로, 페라이트의 면적 분율은, 95% 이하, 93% 이하, 90% 이하 또는 88% 이하여도 된다. 한편, 성형 후의 외관을 보다 향상시키는 관점에서, 경질상의 면적 분율은, 28% 이하, 26% 이하, 23% 이하, 20% 이하, 18% 이하, 16% 이하 또는 14% 이하여도 된다. 마찬가지로, 페라이트의 면적 분율은, 72% 이상, 74% 이상, 77% 이상, 80% 이상, 82% 이상, 84% 이상 또는 86% 이상이어도 된다.
- [0148] 본 발명의 실시 형태에 관한 강판에 있어서, 경질상은, 페라이트보다도 단단한 조직을 말하는 것이고, 예를 들어 마르텐사이트, 베이나이트, 템퍼링 마르텐사이트 및 펄라이트 중 적어도 1종을 포함하거나 또는 그것들 중 적어도 1종으로 이루어지고, 특히는 마르텐사이트, 베이나이트, 템퍼링 마르텐사이트 및 펄라이트 중 적어도 1종이다. 강판의 강도 향상의 관점에서는, 경질상은, 마르텐사이트, 베이나이트 및 템퍼링 마르텐사이트 중 적어도 1종으로 이루어지는 것 또는 그것들 중 적어도 1종인 것이 바람직하고, 마르텐사이트로 이루어지는 것 또는 마르텐사이트인 것이 보다 바람직하다. 본 발명의 실시 형태에 있어서는, 강판의 금속 조직에는, 잔류 오스테나이트는 적은 것이 바람직하고, 구체적으로는, 잔류 오스테나이트는 면적으로, 1% 미만 또는 0.5% 미만인 것이 바람직하고, 0%인 것이 보다 바람직하다.
- [0149] [금속 조직의 동정 및 면적 분율의 산출]
- [0150] 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, 대략 압연 방향으로 20mm×폭 방향으로 20mm×강판의 두께)를 채취한다. 이어서, 광학 현미경을 사용하여 표면으로부터 판 두께 1/2 두께에 있어서의 금속 조직(마이크로 조직)의 관찰을 행하고, 강판의 표면(도금이 존재하는 경우에는 도금층을 제외한 표면)으로부터 판 두께 1/2 두께까지의 경질상의 면적 분율을 산출한다. 시료의 조정으로서, 압연 직각 방향의 판 두께 단면을 관찰면으로서 연마하고, 레페라 시약으로 에칭한다. 다음으로, 배율 500 또는 1000배의 광학 현미경 사진에서 「마이크로 조직」을 분류한다. 레페라 부식 후에 광학 현미경 관찰을 행하면, 예를 들어 베이나이트 및 펄라이트는 흑색, 마르텐사이트(템퍼링 마르텐사이트를 포함함)는 백색, 페라이트는 회색으로, 각 조직이 색 구분되어 관찰되므로, 페라이트와 그 이외의 경질 조직의 판별을 용이하게 행할 수 있다. 광학 현미경 사진에서, 페라이트를 나타내는 회색 이외의 영역이 경질상이다.
- [0151] 레페라 시약으로 에칭한 강판의 표면으로부터 판 두께 방향으로 판 두께 1/2위치까지의 영역에 있어서 500배 또는 1000배의 배율로 10시야 관찰하고, Adobe사제 「Photoshop CS5」의 화상 해석 소프트웨어를 사용하여 화상 해석을 행하여 경질상의 면적 분율을 구한다. 화상 해석 방법으로서, 예를 들어 화상의 최대 명도값  $L_{max}$ 와 최소 명도값  $L_{min}$ 을 화상으로부터 취득하고, 명도가  $L_{max} - 0.3(L_{max} - L_{min})$ 으로부터  $L_{max}$ 까지의 화소를 갖는 부분을 백색 영역,  $L_{min}$ 으로부터  $L_{min} + 0.3(L_{max} - L_{min})$ 의 화소를 갖는 부분을 흑색 영역, 그 이외의 부분을 회색 영역으로 정의하고, 회색 영역 이외의 영역인 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, 관찰 면적은 판 두께 방향 150 $\mu$ m, 압연 방향 250 $\mu$ m(이 경우의 관찰 면적은  $150 \times 250 = 37500 \mu\text{m}^2$ )로 한다.
- [0152] 또한, 잔류 오스테나이트의 면적 분율의 측정이 필요한 경우, 상기 관찰면에 대한 X선 회절에 의해, 잔류 오스테나이트의 면적 분율을 측정할 수 있다. 구체적으로는, Co-K $\alpha$  선을 사용하여, 판 두께 방향 1/4 위치의  $\alpha$  (110),  $\alpha$  (200),  $\alpha$  (211),  $\gamma$  (111),  $\gamma$  (200),  $\gamma$  (220)의 계 6피크의 적분 강도를 구하고, 강도 평균법을 사용하여 잔류 오스테나이트의 체적 분율을 산출하고, 얻어진 잔류 오스테나이트의 체적 분율을, 잔류 오스테나이트

의 면적 분율로 한다.

[0153] [표면의 Str: 0.35 내지 0.75]

[0154] 본 발명의 실시 형태에서는, 강관의 표면(강관의 표면에 도금층이 존재하는 경우에는, 도금층의 표면)의 Str은 0.35 내지 0.75이다. 초기(즉 제조된 상태 그대로)의 강관의 표면의 Str을 이러한 범위 내로 제어하고, 또한 뒤에서 설명하는 ΔStr을 소정의 범위 내로 억제함으로써, 프레스 성형 등의 성형에 의해 변형이 부여된 경우에도, 강관 표면에 있어서의 고스트 라인의 발생을 현저하게 억제 또는 저감하는 것이 가능해진다. 앞서 설명한 바와 같이, Str의 값이 0에 보다 가깝고, 그러므로 표면의 이방성이 보다 강하여 강관 표면에 주름이 두드러지는 경우에는, 당연히 프레스 성형 등에 의한 성형 후의 외관은 열화된 것이 된다. 한편, Str의 값이 1에 보다 가깝고, 그러므로 보다 등방적인 표면 성상인 경우에도, 프레스 성형 등에 의한 성형 후에는, 당초의 보다 등방적인 표면 성상과의 상대적인 관계에서, 고스트 라인의 정도가 현저해져, 외관이 열화되어 버린다. 따라서, Str의 값은 너무 낮아도 너무 높아도, 강관 표면에 있어서의 고스트 라인의 발생을 억제 또는 저감한다는 관점에서는 불리하게 작용할 가능성이 높다. 따라서, 본 발명의 실시 형태에 있어서는, 강관 표면의 Str은, 상기한 바와 같이 적당한 범위 내로 제어할 필요가 있고, 예를 들어 Str은 0.40 이상, 0.45 이상 혹은 0.50 이상이어도 되고, 및/또는 0.70 이하, 0.65 이하 혹은 0.60 이하여도 된다.

[0155] [Str과 5% 인장 변형 부여 후의 Str의 차 ΔStr: 0.15 이하]

[0156] 본 발명의 실시 형태에서는, 초기의 Str과 5% 인장 변형 부여 후의 Str의 차 ΔStr은 0.15 이하이다. 여기서, ΔStr이란, 초기의 Str로부터 5%의 인장 변형을 부여한 후의 Str을 뺀 값을 말하는 것이고, 즉 ΔStr=초기 Str-5% 인장 변형 부여 후 Str이다. 초기의 Str을 상기의 범위로 제어하면서, ΔStr을 0.15 이하로 억제함으로써, 프레스 성형 등의 가공 시에 있어서의 고스트 라인의 발생을 확실하게 억제 또는 저감하는 것이 가능해진다. 앞서 설명한 바와 같이, ΔStr이 0.15 이하로 억제되어 있는 경우에는, 강 중의 Mn 편석이 충분히 억제 또는 저감되어 있다고 생각된다. 이것과 관련하여, 강관의 금속 조직에 있어서 줄무늬 형상 경질상의 생성이 충분히 억제되어 있기 때문에, 프레스 성형 등의 가공 시에 있어서도, 강관 표면에 있어서의 고스트 라인의 발생을 현저하게 억제 또는 저감하는 것이 가능해진다. 고스트 라인의 발생을 억제 또는 저감하는 관점에서는, ΔStr은 낮을수록 바람직하고, 예를 들어 0.12 이하, 0.10 이하, 0.08 이하 또는 0.05 이하여도 된다. 인장 변형을 부여한 경우, Str의 값은 인장 변형을 부여하기 전과 비교하여 일반적으로는 작아진다는 점에서(변화하지 않는 경우도 있음), 측정 오차 등을 고려해도 ΔStr이 마이너스측으로 큰 값이 되는 일은 없다. 따라서, 하한은 특별히 한정되지 않지만, 예를 들어 ΔStr은, -0.03 이상, 0.00 이상 또는 0.01 이상이어도 된다.

[0157] [Str 및 ΔStr의 측정]

[0158] Str 및 ΔStr은, 이하와 같이 하여 결정된다. 먼저, 강관의 단부면으로부터 100mm 이상 이격된 위치로부터, 압연 방향(L 방향)에 직각인 방향(C 방향)을 시험 방향으로 하는 JIS Z2241:2011의 5호 인장 시험편을 채취하고, 이어서 채취한 강관 시료의 표면(강관 시료의 표면에 도금층이 존재하는 경우에는, 도금층의 표면)에 대하여 키엔스사제의 VK-X250/150 형상 해석 레이저 현미경을 사용하여 3차원 화상 해석을 행하고, JIS B0681-2:2018의 규정에 준거하여 초기의 Str이 결정된다. 3차원 화상 해석의 대상 영역은 5mm(C 방향)×2mm(L 방향) 이상으로 한다. 다음으로, 강관 시료에 대하여 단축에 있어서의 5%의 인장 변형을 부여한 후, 앞과 마찬가지로의 측정을 행함으로써 5%의 인장 변형을 부여한 후의 Str이 결정되고, 마지막으로 초기의 Str로부터 5% 인장 변형 부여 후의 Str을 뺀으로써 ΔStr이 결정된다.

[0159] [관 두께]

[0160] 본 발명의 실시 형태에 관한 강관은, 특별히 한정되지 않지만, 예를 들어 0.1 내지 2.0mm의 관 두께를 갖는다. 이러한 관 두께를 갖는 강관은, 도어나 후드 등의 덮개 부재의 소재로서 사용하는 경우에 적합하다. 관 두께는 0.2mm 이상, 0.3mm 이상, 0.4mm 이상이어도 된다. 마찬가지로, 관 두께는 1.8mm 이하, 1.5mm 이하, 1.2mm 이하 또는 1.0mm 이하여도 된다. 예를 들어, 관 두께를 0.2mm 이상으로 함으로써 성형품 형상을 평탄하게 유지하는 것이 용이해져, 치수 정밀도 및 형상 정밀도가 향상된다는 추가의 효과를 얻을 수 있다. 한편, 관 두께를 1.0mm 이하로 함으로써 부재의 경량화 효과가 현저해진다. 강관의 관 두께는 마이크로미터에 의해 측정된다.

[0161] [도금]

[0162] 본 발명의 실시 형태에 관한 강관은, 냉간 압연 강관이지만, 내식성의 향상 등을 목적으로 하여 표면에 도금층을 더 포함해도 된다. 도금층은, 용융 도금층 및 전기 도금층 중 어느 것이어도 된다. 즉, 본 발명의 실시 형태에 관한 강관은, 그 표면에 용융 도금층 또는 전기 도금층을 갖는 냉간 압연 강관이어도 된다. 용융 도금층

은, 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 포함한다. 전기 도금층은, 예를 들어 전기 아연 도금층(EG), 전기 Zn-Ni 합금 도금층 등을 포함한다. 바람직하게는, 도금층은, 용융 아연 도금층, 합금화 용융 아연 도금층, 또는 전기 아연 도금층이다. 도금층의 부착량은, 특별히 제한되지 않고 일반적인 부착량이어도 된다.

[0163] [기계 특성]

[0164] 상기의 화학 조성 및 금속 조직을 갖는 강판에 따르면, 높은 인장 강도, 구체적으로는 500MPa 이상의 인장 강도를 달성할 수 있다. 인장 강도는, 바람직하게는 540MPa 이상, 보다 바람직하게는 570MPa 이상 또는 600MPa 이상이다. 상한은 특별히 한정되지 않지만, 예를 들어 인장 강도는 980MPa 이하, 850MPa 이하, 750MPa 이하, 700MPa 이하 또는 650MPa 이하여도 된다. 인장 강도를 850MPa 이하로 함으로써, 강판을 프레스 가공할 때의 성형성을 확보하기 쉽다고 하는 이점이 있다. 인장 강도는, 압연 방향에 직각인 방향을 시험 방향으로 하는 JIS Z2241:2011의 5호 인장 시험편을 강판으로부터 채취하고, JIS Z2241:2011에 준거하여 인장 시험을 행함으로써 측정된다.

[0165] 본 발명의 실시 형태에 관한 강판은, 고강도, 구체적으로는 500MPa 이상의 인장 강도를 가짐에도 불구하고, 프레스 가공 등의 성형 후에 있어서도 우수한 외관을 유지할 수 있다. 이 때문에, 본 발명의 실시 형태에 관한 강판은, 예를 들어 자동차에 있어서 높은 의장성이 요구되는 루프, 후드, 펜더 및 도어 등의 외관 부품으로서 사용하는 데에 매우 유용하다.

[0166] <강판의 제조 방법>

[0167] 다음으로, 본 발명의 실시 형태에 관한 강판의 바람직한 제조 방법에 대하여 설명한다. 이하의 설명은, 본 발명의 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.

[0168] 본 발명의 실시 형태에 관한 강판의 제조 방법은,

[0169] 강판과 관련하여 위에서 설명한 화학 조성을 갖는 슬래브를 열간 압연하고, 이어서 550℃ 미만의 온도에서 권취하는 공정(열간 압연 공정),

[0170] 얻어진 열간 압연 강판을 누적 압하율이 50 내지 90%가 되도록 냉간 압연 하는 공정(냉간 압연 공정),

[0171] 얻어진 냉간 압연 강판을 노점이 -20 내지 5℃인 분위기 중 750℃ 이상의 온도역에서 30 내지 200초간 유지하는 공정(어닐링 공정), 및

[0172] 상기 냉간 압연 강판을 1.3μm 이하의 산술 평균 조도 Ra를 갖는 롤을 사용하여 0.6% 이하의 압하율로 조절 압연하는 공정(조질 압연 공정)

[0173] 을 포함하는 것을 특징으로 하고 있다. 이하, 각 공정에 대하여 상세하게 설명한다.

[0174] [열간 압연 공정]

[0175] 먼저, 강판과 관련하여 위에서 설명한 화학 조성을 갖는 슬래브가 열간 압연에 제공된다. 사용하는 슬래브는, 생산성의 관점에서 연속 주조법에 의해 주조하는 것이 바람직하지만, 조괴법 또는 박 슬래브 주조법에 의해 제조해도 된다. 슬래브는, 열간 압연에 앞서 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. 또한, 가열된 슬래브에 대하여 판 두께 조정 등을 위해, 임의 선택으로 마무리 압연의 전에 조압연을 실시해도 된다. 이러한 조압연은, 원하는 시트 바 치수를 확보할 수 있으면 되고, 그 조건은 특별히 한정되지 않는다. 열간 압연은, 특별히 한정되지 않지만, 일반적으로는 마무리 압연의 완료 온도가 650℃ 이상이 되는 조건 하에서 행해진다. 마무리 압연의 완료 온도가 너무 낮으면, 압연 반력이 높아져, 원하는 판 두께를 안정적으로 얻는 것이 곤란해지기 때문이다. 상한은 특별히 한정되지 않지만, 일반적으로는 마무리 압연의 완료 온도는 950℃ 이하이다.

[0176] [권취]

[0177] 다음으로, 마무리 압연된 강판은, 550℃ 미만의 온도에서 권취된다. 권취 온도가 높으면, 열간 압연 강판의 표

층에 있어서 Si 및 Mn 등의 내부 산화물의 형성이 촉진되어 버리는 경우가 있다. 형성된 내부 산화물은 그 후의 산세에 의해서도 충분히 제거할 수 없기 때문에, 내부 산화물을 비교적 많이 포함하는 상태에서 이후의 냉간 압연 공정 및 어닐링 공정, 특히 어닐링 공정이 행해지게 된다. 급회, 본 발명자들에 의해, 강판 표면에 있어서의 초기의 Str을 0.35 내지 0.75의 범위 내로 제어하기 위해서는, 어닐링 공정에 있어서 강판 표층을 적당하면서도 균일하게 탈탄할 필요가 있는 것이 알아내졌다. 그러나 열간 압연 공정에 있어서 내부 산화물이 비교적 많이 생성된 상태에서, 그 후의 어닐링 공정을 실시한 경우에는, 어닐링 공정에 있어서의 탈탄 처리를 적절한 것으로 할 수 없다. 즉, 어닐링 공정에 있어서의 강판 표층의 탈탄이 내부 산화물에 의해 저해되어 그 변동이 커지고, 결과적으로 최종적으로 얻어지는 강판의 표면에 있어서의 Str을 원하는 범위 내로 제어할 수 없게 된다. 이에 비해, 권취 온도를 550℃ 미만으로 하여, 열간 압연 강판의 표층에 있어서의 Si 및 Mn 등의 내부 산화물의 형성을 확실하게 억제 또는 저감함으로써, 이후의 어닐링 공정에 있어서 적절한 탈탄 처리를 실현하고, 나아가서는 최종적으로 얻어지는 강판의 표면에 있어서 원하는 초기 Str을 실현하는 것이 가능해진다. 이것과 관련하여, 단순히 권취 온도를 550℃ 미만으로 저감했다고 해도, 강판 중의 Si 및/또는 Mn 함유량이 과도하게 높으면, 이들 원소의 내부 산화를 충분히 억제할 수 없는 경우가 있다. 이러한 경우에는, 마찬가지로 어닐링 공정에 있어서의 강판 표층의 탈탄의 변동이 커지고, 최종적으로 얻어지는 강판의 표면에 있어서의 Str을 원하는 범위 내로 제어할 수 없게 된다. 따라서, 본 제조 방법에서는, 강판 중의 Si 및 Mn 함유량을 각각 1.500% 이하 및 2.50% 이하로 억제하면서, 열간 압연 공정의 권취 온도를 550℃ 미만, 바람직하게는 500℃ 이하로 제어함으로써, 당해 열간 압연 공정에 있어서의 내부 산화물의 형성을 충분히 억제 또는 저감하는 것이 이후의 어닐링 공정에 있어서의 적절한 탈탄 처리, 나아가서는 최종적인 강판 표면에 있어서의 원하는 Str을 실현하는 데에 극히 중요한 것이 된다. 권취 온도의 하한은 특별히 한정되지 않지만, 권취 온도가 너무 낮으면, 열간 압연 강판의 강도가 과대해져, 냉간 압연성을 손상시키는 경우가 있다. 따라서 권취 온도는 450℃ 이상인 것이 바람직하다.

[0178] [냉간 압연 공정]

[0179] 얻어진 열간 압연 강판은, 스케일을 제거하기 위해 적절히 산세 처리가 실시되고, 이어서 냉간 압연 공정에 제공된다. 냉간 압연 공정에서는, 예를 들어 누적 압하율이 50 내지 90%가 되도록 열간 압연 강판에 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.

[0180] [어닐링 공정]

[0181] 얻어진 냉간 압연 강판은, 어닐링 공정에 있어서, 노점이 -20 내지 5℃인 분위기 중 750℃ 이상의 온도역에서 30 내지 200초간 유지된다. 노점이 -20℃ 미만이거나, 어닐링 온도가 750℃ 미만이거나, 및/또는 유지 시간이 30초 미만인 경우에는, 강판 표층의 탈탄이 불충분해져, Str이 1에 보다 가까운 값이 되어, 0.75 이하로 제어할 수 없게 된다. 한편, 노점이 5℃ 초과이거나 및/또는 유지 시간이 200초 초과인 경우에는, 강판 표층의 탈탄이 너무 진행되어 버려, Str이 0에 보다 가까운 값이 되어, 0.35 이상으로 제어할 수 없게 된다. 따라서, 어닐링 공정에 있어서는, 상기의 노점, 어닐링 온도 및 유지 시간에 있어서 강판 표층을 적절하게 탈탄하는 것이 원하는 초기 Str을 실현하는 데에 매우 중요한 것이 된다. 바람직하게는, 노점은 -15 내지 0℃이고, 유지 시간은 50 내지 150초이다. 또한, 어닐링 온도의 상한은 특별히 한정되지 않지만, 예를 들어 결정립의 조대화를 억제하여 충분한 강도를 확보하는 관점에서, 어닐링 온도는, 900℃ 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0182] [냉각 공정]

[0183] 어닐링 공정 후의 냉간 압연 강판은 다음의 냉각 공정에서 냉각된다. 냉각 공정은, 특별히 한정되지 않고 강판과 관련하여 위에서 설명한 페라이트와 경질상을 소정의 면적 비율로 포함하는 금속 조직이 얻어지도록 임의의 적절한 조건을 적절히 선택하여 실시하면 된다. 예를 들어, 냉각 공정에 있어서는, 어닐링 온도로부터의 평균 냉각 속도가 5 내지 50℃/초가 되도록 냉각하는 것이 바람직하다. 평균 냉각 속도를 5℃/초 이상으로 함으로써 페라이트로의 파인의 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 강판을 보다 균일하게 냉각할 수 있다.

[0184] [도금 공정]

[0185] 내식성의 향상 등을 목적으로 하여, 필요에 따라, 얻어진 냉간 압연 강판의 표면에 도금 처리를 실시해도 된다.

도금 처리는, 용융 도금, 합금화 용융 도금, 전기 도금 등의 처리여도 된다. 예를 들어, 도금 처리로서 강판에 용융 아연 도금 처리를 행해도 되고, 용융 아연 도금 처리 후에 합금화 처리를 행해도 된다. 도금 처리 및 합금화 처리의 구체적인 조건은 특별히 한정되지 않고, 당업자에게 공지된 임의의 적절한 조건이면 된다. 예를 들어, 합금화 온도는 450 내지 600℃여도 된다.

[0186] [조질 압연 공정]

[0187] 마지막으로, 냉간 압연 강판 또는 도금 강판은, 1.3 $\mu\text{m}$  이하의 산술 평균 조도 Ra를 갖는 롤을 사용하여 0.6% 이하의 압하율로 조질 압연된다. 산술 평균 조도 Ra는, JIS B0601:2013의 규정에 준거하여 측정된다. 일반적으로, 조질 압연은, 강판의 형상 교정이나 표면 조도의 조정 등을 목적으로 하여, 어닐링이나 도금 처리 후의 강판에 실시되는 것이다. 본 제조 방법에서는, 최종적으로 얻어지는 강판의 표면 성상이 극히 중요하며, 이러한 표면 성상은, 특히 앞의 열간 압연 공정 및 어닐링 공정에 의해 만들어 넣어진다. 이 때문에, 조질 압연 공정에서는, 이와 같이 하여 만들어 넣어진 냉간 압연 강판 또는 도금 강판의 표면 성상을 유지하기 위해, 비교적 온화한 조건 하에서 압연을 실시할 필요가 있다. 예를 들어, 조질 압연에 있어서 사용되는 롤의 산술 평균 조도 Ra가 1.3 $\mu\text{m}$  초과이거나 및/또는 조질 압연의 압하율이 0.6% 초과이면, 롤의 조도가 강판 표면에 강하게 전사되어 버려, 특히 열간 압연 공정 및 어닐링 공정에서 만들어 넣은 표면 성상이 부분적으로 또는 전체적으로 파괴되어, 결과적으로 초기 Str이 원하는 범위 외가 되는 경우가 있다. 이에 비해, 1.3 $\mu\text{m}$  이하의 산술 평균 조도 Ra를 갖는 롤을 사용하여 0.6% 이하의 압하율로 조질 압연함으로써, 앞의 공정에서 만들어 넣은 표면 성상을 충분히 유지하여 원하는 범위 내의 초기 Str을 달성하면서, 강판의 형상을 적절하게 교정하는 것이 가능하다. 바람직하게는, 롤의 산술 평균 조도 Ra는 1.2 $\mu\text{m}$  이하이고, 조질 압연의 압하율은 0.5% 이하이다.

[0188] 이하, 실시예에 의해 본 발명을 보다 상세하게 설명하지만, 본 발명은 이들 실시예에 전혀 한정되는 것은 아니다.

[0189] 실시예

[0190] 이하의 실시예에서는, 본 발명의 실시 형태에 관한 강판을 다양한 조건 하에서 제조하고, 얻어진 강판의 인장 강도 및 성형 후 외관의 특성에 대하여 조사하였다.

[0191] 먼저, 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. 다음으로, 얻어진 슬래브에 대하여 열간 압연 공정(가열 온도 1200℃ 및 마무리 압연 종료 온도 800℃), 냉간 압연 공정(누적 압하율 80%), 어닐링 공정, 그리고 냉각 공정(평균 냉각 속도 10℃/초)을 실시하여, 판 두께가 0.4mm인 냉간 압연 강판을 제조하였다. 각 예에 있어서, 열간 압연 공정에 있어서의 권취 온도의 조건 I(550℃ 미만)과 어닐링 공정의 조건 II(노점: -20 내지 5℃, 어닐링 온도: 750℃ 이상, 및 유지 시간 30 내지 200초)를 충족하는 경우(○)와 충족하지 않는 경우(×, A 또는 B)를 각각 표 2에 나타낸다. 구체적으로는, 조건 I을 충족하는 예에서는, 500℃의 온도에서 권취를 행하고, 한편 조건 I을 충족하지 않는 예에서는, 650℃의 온도에서 권취를 행하였다. 또한, 조건 II를 충족하는 예에서는, 노점 -5℃, 어닐링 온도 800℃ 및 유지 시간 150초의 조건 하에서 어닐링 공정을 실시하였다. 한편, 조건 II를 충족하지 않는 예에서는, 조건 A(노점 -40℃, 어닐링 온도 800℃ 및 유지 시간 60초) 또는 조건 B(노점 8℃, 어닐링 온도 800℃ 및 유지 시간 280초)의 조건 하에서 어닐링 공정을 실시하였다.

[0192] 다음으로, 얻어진 냉간 압연 강판의 표면에 적절히 도금 처리를 실시하여, 용융 아연 도금층(GI), 합금화 용융 아연 도금층(GA) 또는 전기 아연 도금층(EG)을 형성하였다. 또한, 제조한 냉간 압연 강판으로부터 채취한 시료에 대하여 화학 조성을 분석한바, 표 1에 나타내는 슬래브의 화학 조성과의 변화가 없었다. 마지막으로, 얻어진 냉간 압연 강판 또는 도금 강판에 대하여 조질 압연을 실시하였다. 각 예에 있어서, 조질 압연 공정의 조건 III(롤의 산술 평균 조도 Ra: -1.3 $\mu\text{m}$  이하, 및 압하율: 0.6% 이하)을 충족하는 경우(○)와 충족하지 않는 경우(×)를 각각 표 2에 나타낸다. 구체적으로는, 조건 III을 충족하는 예에서는, 1.2 $\mu\text{m}$ 의 산술 평균 조도 Ra를 갖는 롤을 사용하여 0.5%의 압하율로 조질 압연을 행하고, 한편 조건 III을 충족하지 않는 예에서는, 1.8 $\mu\text{m}$ 의 산술 평균 조도 Ra를 갖는 롤을 사용하여 1.0%의 압하율로 조질 압연을 행하였다.

표 1

강	화학 조성 (질량%) 전부: Fe 및 불순물											기타				
	C	Mn	P	S	Al	N	O	Si	Cr	Mo	B		Ti			
A	0.052	1.84	0.008	0.0018	0.031	0.0035	0.0009	0.356								
B	0.041	1.12	0.025	0.0021	0.112	0.0038	0.0013	0.089	0.35	0.26						
C	0.061	1.72	0.036	0.0026	0.295	0.0045	0.0010	0.026	0.40	0.07	0.0020	0.012				
D	0.059	1.72	0.020	0.0017	0.302	0.0035	0.0019	0.013	0.36	0.07	0.0015					Nb: 0.011, Sn: 0.005
E	0.076	1.86	0.018	0.0016	0.357	0.0039	0.0015	0.282	0.46	0.11	0.0018	0.021				V: 0.02, REM: 0.0017
F	0.060	1.65	0.013	0.0020	0.034	0.0031	0.0009	0.115	0.28	0.07						W: 0.02, Cu: 0.05
G	0.060	1.75	0.020	0.0021	0.035	0.0044	0.0009	0.010	0.58		0.0019	0.011				
H	0.047	2.01	0.054	0.0013	0.105	0.0048	0.0019									
I	0.052	1.15	0.065	0.0012	0.080	0.0036	0.0014	0.380	0.19	0.30						
J	0.072	1.80	0.022	0.0017	0.300	0.0035	0.0015	0.012	0.42	0.07						Ni: 0.05, Sn: 0.08
K	0.060	1.72	0.020	0.0028	0.054	0.0042	0.0015	0.152	0.55	0.07	0.0020	0.011				Zr: 0.0015, REM: 0.0020
L	0.060	1.70	0.015	0.0021	0.051	0.0038	0.0015	0.152	0.53	0.07						Mg: 0.0034
M	0.062	1.73	0.018	0.0024	0.057	0.0035	0.0015	0.153	0.55	0.07	0.0017	0.010				Ca: 0.0018
N	0.071	1.88	0.020	0.0014	0.296	0.0035	0.0012	0.461	0.25	0.06						
O	0.110	1.31	0.020	0.0028	0.034	0.0035	0.0015	0.010	0.40	0.09						
P	0.074	2.61	0.016	0.0026	0.033	0.0030	0.0014	0.102		0.07	0.0015	0.020				
Q	0.058	1.73	0.009	0.0019	0.054	0.0035	0.0011	1.589	0.35		0.0018	0.031				
R	0.018	1.81	0.015	0.0029	0.030	0.0033	0.0015	0.105	0.18		0.0018					
S	0.056	0.85	0.011	0.0032	0.028	0.0029	0.0010	0.080	0.52							
T	0.066	1.54	0.012	0.0006	0.589	0.0051	0.0016	0.124		0.39						0.061
U	0.053	1.85	0.022	0.0015	0.034	0.0011	0.0008	0.786	0.15							V: 0.15
V	0.049	1.45	0.011	0.0028	0.678	0.0026	0.0021	0.036	0.18	0.14						Nb: 0.039
W	0.071	1.26	0.015	0.0052	0.068	0.0032	0.0013	0.210	0.36		0.0011	0.013				Cu: 0.34, Ni: 0.13

밑줄은 본 발명의 범위 외인 것을 나타낸다.

표 2

강관 No.	제조 조건			베리이트 면적 분율 (%)	결정상 면적 분율 (%)	금속 조직			ΔStr	도금층 인장 강도 (MPa)	특성		비고
	I	II	III			초기 Str	5% 인장 변형 부여 후 Str	도금층			인장 강도 (MPa)	성형 후 외관	
1	A	○	○	91	9	0.51	0.48	0.03	GA	554	2	본관명에	
2	B	○	○	94	6	0.61	0.60	0.01	GA	508	1	본관명에	
3	C	○	○	88	12	0.62	0.58	0.04	GA	608	3	본관명에	
4	C	○	○	89	11	0.78	0.79	-0.01	GA	604	4	비교에	
5	C	×	A	89	11	0.85	0.82	0.03	GA	610	5	비교에	
6	D	○	○	87	13	0.66	0.62	0.04	GI	621	3	본관명에	
7	E	○	○	82	18	0.54	0.48	0.06	GA	789	3	본관명에	
8	F	○	○	90	10	0.54	0.47	0.07	없음	592	3	본관명에	
9	G	○	○	87	13	0.59	0.55	0.04	EG	656	3	본관명에	
10	H	○	○	92	8	0.62	0.60	0.02	GA	568	2	본관명에	
11	H	×	○	91	9	0.88	0.82	0.06	GA	569	4	비교에	
12	H	○	A	91	9	0.79	0.70	0.09	GA	558	4	비교에	
13	H	○	B	82	8	0.28	0.28	0.00	GA	508	5	비교에	
14	I	○	○	82	18	0.43	0.45	-0.02	GA	662	3	본관명에	
15	J	○	○	88	12	0.63	0.57	0.06	GA	625	3	본관명에	
16	K	○	○	89	11	0.58	0.55	0.03	GI	613	3	본관명에	
17	L	○	○	89	12	0.57	0.55	0.02	GA	609	3	본관명에	
18	L	×	B	89	11	0.18	0.18	0.00	GA	546	5	비교에	
19	M	○	○	75	25	0.56	0.50	0.06	GA	792	3	본관명에	
20	N	○	○	87	13	0.48	0.45	0.03	GA	643	3	본관명에	
21	O	○	○	80	20	0.61	0.37	0.24	GI	710	5	비교에	
22	P	○	○	89	31	0.89	0.41	0.48	GA	845	5	비교에	
23	Q	○	○	83	17	0.14	0.15	-0.01	GA	675	5	비교에	
24	R	○	○	98	2	0.71	0.68	0.03	GA	425	1	비교에	
25	S	○	○	93	7	0.72	0.70	0.02	GI	473	3	비교에	
26	T	○	○	88	12	0.72	0.68	0.04	GA	648	3	본관명에	
27	U	○	○	90	10	0.68	0.68	0.00	GA	592	2	본관명에	
28	V	○	○	92	8	0.53	0.51	0.02	GI	582	1	본관명에	
29	W	○	○	89	11	0.58	0.59	-0.01	GA	610	2	본관명에	

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

[0194]

[0195]

[0196]

[0197]

[0198]

[0199]

[0200]

[0201]

언어진 강관의 특성은 이하의 방법에 의해 측정 및 평가하였다.

[Str 및 ΔStr]

Str 및 ΔStr은, 이하와 같이 하여 결정하였다. 먼저, 강관의 단부면으로부터 100mm 이상 이격된 위치로부터, 압연 방향(L 방향)에 직각인 방향(C 방향)을 시험 방향으로 하는 JIS Z2241:2011의 5호 인장 시험편을 채취하고, 이어서 채취한 강관 시료의 표면(강관 시료의 표면에 도금층이 존재하는 경우에는, 도금층의 표면)에 대하여 키엔스사제의 VK-X250/150 형상 해석 레이저 현미경을 사용하여 3차원 화상 해석을 행하고, JIS B0681-2:2018의 규정에 준거하여 초기의 Str을 결정하였다. 3차원 화상 해석의 대상 영역은 10mm(C 방향)×2mm(L 방향)로 하였다. 다음으로, 강관 시료에 대하여 단축에 있어서의 5%의 인장 변형을 부여한 후, 앞과 마찬가지로의 측정을 행함으로써 5%의 인장 변형을 부여한 후의 Str을 결정하고, 마지막으로 초기의 Str로부터 5% 인장 변형 부여 후의 Str을 뺀으로써 ΔStr을 결정하였다.

[인장 강도]

인장 강도는, 압연 방향에 직각인 방향을 길이 방향으로 하는 JIS Z2241:2011의 5호 인장 시험편을 강관으로부터 채취하고, JIS Z2241:2011에 준거하여 인장 시험을 행함으로써 측정하였다.

[성형 후 외관]

성형 후 외관은, 성형 후의 도어 아우터의 표면에 발생하는 고스트 라인의 정도에 의해 평가하였다. 프레스 성

형 후의 표면을 지식으로 연마하고, 표면에 발생한 수mm 오더 간격의 줄무늬 모양을, 고스트 라인으로 판단하고, 줄무늬 모양의 발생 정도에 따라 1 내지 5로 평점을 부여하였다. 100mm×100mm의 임의의 영역을 눈으로 보아 확인하고, 줄무늬 모양이 전혀 확인되지 않은 경우를 「1」이라고 하고, 줄무늬 모양의 최대 길이가 20mm 이하인 경우를 「2」라고 하고, 줄무늬 모양의 최대 길이가 20mm 초과, 50mm 이하인 경우를 「3」이라고 하고, 줄무늬 모양의 최대 길이가 50mm 초과, 70mm 이하인 경우를 「4」라고 하고, 줄무늬 모양의 최대 길이가 70mm를 초과하는 경우를 「5」라고 하였다. 평가가 「3」 이하인 경우, 성형 후 외관이 우수하다고 하여 합격으로 판정하였다. 한편, 평가가 「4」 이상인 경우, 성형 후 외관이 떨어진다고 하여 불합격으로 판정하였다.

[0202] 인장 강도가 500MPa 이상 및 성형 후 외관의 평가가 3 이하인 경우를, 개선된 성형 후 외관을 갖는 고강도 강관으로서 평가하였다. 그 결과를 표 2에 나타낸다. 표 2에 나타내는 금속 조직에 있어서, 경질상은 마르텐사이트, 베이나이트, 템퍼링 마르텐사이트 및 펄라이트 중 적어도 1종을 포함하거나 또는 그것들 중 적어도 1종이었다. 또한, X선 회절에 의한 잔류 오스테나이트 측정의 결과, 잔류 오스테나이트의 면적률은 모든 예에서 1% 미만이었다.

[0203] 표 2를 참조하면, 비교예 4에서는, 조질 압연 공정에 있어서의 롤 조도가 거칠고, 압하율도 높았기 때문에, 롤의 조도가 강관 표면에 강하게 전사되어 버려, 초기의 Str이 0.75 초과가 되었다. 그 결과로서 성형 후 외관이 열화되었다. 비교예 5에서는, 제조 조건에 있어서의 조건 I 내지 III을 모두 충족하지 않고, 초기의 Str이 0.75 초과가 되었다. 그 결과로서 성형 후 외관이 열화되었다. 비교예 11에서는, 열간 압연 공정에서 권취 온도가 높았기 때문에, 열간 압연 강관의 표층에 있어서 Mn 등의 내부 산화물의 형성이 촉진되어 버린 것으로 생각된다. 그 결과로서, 어닐링 공정에 있어서의 탈탄 처리를 적절한 것으로 할 수 없어, 초기의 Str이 원하는 범위 외가 되어, 성형 후 외관이 열화되었다. 비교예 12에서는, 어닐링 공정에 있어서의 노점이 낮았기 때문에, 강관 표층의 탈탄이 불충분하여, Str이 0.75 초과가 되어, 성형 후 외관이 악화되었다. 비교예 13에서는, 어닐링 공정에 있어서의 노점이 높고 어닐링 시간도 길었기 때문에, 강관 표층의 탈탄이 너무 진행되어 버린 것으로 생각된다. 그 결과로서 Str이 0.35 미만이 되어, 성형 후 외관이 열화되었다. 비교예 18에서는, 제조 조건에 있어서의 조건 I 및 II를 충족하지 않아, 초기의 Str이 0.35 미만이 되었다. 그 결과로서 성형 후 외관이 열화되었다. 비교예 21 및 22에서는, C 또는 Mn 함유량이 높고, 슬래브 주조 시의 응고 시에 있어서의 Mn의 확산이 저해되어, Mn 편석을 충분히 억제할 수 없었다고 생각된다. 그 결과로서, ΔStr을 0.15 이하로 억제할 수 없어, 성형 후 외관이 열화되었다. 비교예 23에서는, Si 함유량이 높았기 때문에, 열간 압연 공정에서 열간 압연 강관의 표층에서 내부 산화물의 형성이 촉진되어 버린 것으로 생각된다. 그 결과로서, 어닐링 공정에 있어서의 탈탄 처리를 적절한 것으로 할 수 없어, 초기의 Str이 원하는 범위 외가 되어, 성형 후 외관이 열화되었다. 비교예 24 및 25에서는, C 또는 Mn 함유량이 낮았기 때문에, 충분한 강도가 얻어지지 않았다.

[0204] 이것과는 대조적으로, 본 발명에 1 내지 3, 6 내지 10, 14 내지 17, 19, 20 및 26 내지 29에서는, 소정의 화학 조성 및 금속 조직을 갖고, 특히 강관 표면의 초기 Str 및 인장 변형 부여 후의 ΔStr을 각각 0.35 내지 0.75 및 0.15 이하로 제어함으로써, 인장 강도 500MPa 이상의 고강도를 유지하면서, 프레스 성형에 의해 변형이 부여된 경우에 있어서도, 강관 표면에 있어서의 고스트 라인의 발생을 현저하게 억제하여, 개선된 성형 후 외관을 달성할 수 있었다.