



공개특허 10-2020-0039611



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0039611
(43) 공개일자 2020년04월16일

| | |
|---|--|
| (51) 국제특허분류(Int. Cl.) | (71) 출원인 닛폰세이테츠 가부시키가이샤 일본 도쿄도 지요다구 마루노우찌 2초메 6방 1고 |
| C22C 38/04 (2006.01) C21D 8/04 (2006.01) | |
| C22C 1/05 (2006.01) C22C 38/00 (2006.01) | |
| C22C 38/06 (2006.01) C22C 38/40 (2006.01) | |
| C22C 38/44 (2006.01) C22C 38/52 (2006.01) | |
| (52) CPC특허분류 | (72) 발명자 히키다 가즈오 일본 1008071 도쿄도 치요다구 마루노우치 2초메 6방 1고 닛폰세이테츠가부시키가이샤 내 도다 유리 일본 1008071 도쿄도 치요다구 마루노우치 2초메 6방 1고 닛폰세이테츠가부시키가이샤 내 하시모토 모토노리 일본 1008071 도쿄도 치요다구 마루노우치 2초메 6방 1고 닛폰세이테츠가부시키가이샤 내 |
| (21) 출원번호 10-2019-7012046 | (74) 대리인 양영준, 최인호, 성재동 |
| (22) 출원일자(국제) 2018년10월02일 | |
| 심사청구일자 2019년04월25일 | |
| (85) 번역문제출일자 2019년04월25일 | |
| (86) 국제출원번호 PCT/JP2018/036950 | |
| (87) 국제공개번호 WO 2020/070810 | |
| 국제공개일자 2020년04월09일 | |

전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 침탄용 강판, 및 침탄용 강판의 제조 방법

(57) 요 약

본 발명의 과제는 성형성 및 침탄 후의 인성이 더 우수한 침탄용 강판과 그 제조 방법을 제공하는 것이다.

질량%로, C:0.02% 이상 0.30% 미만, Si:0.005% 이상 0.5% 이하, Mn:0.01% 이상 3.0% 이하, P:0.1% 이하, S:0.1% 이하, sol.A1:0.0002% 이상 3.0% 이하, N:0.0001 이상 0.035% 이하를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불순물로 이루어지고, 페라이트의 평균 결정립 직경이 10 μm 미만이고, 탄화물의 평균 원 상당 직경이 5.0 μm 이하이고, 애스펙트비가 2.0 이하인 탄화물의 개수 비율이, 전체 탄화물에 대하여 80% 이상이고, 페라이트 결정립 내에 존재하는 탄화물의 개수 비율이, 전체 탄화물에 대하여 60% 이상이고, 강판의 최표면으로부터 깊이 방향으로 50 μm 까지의 영역에 있어서의 평균 질소 농도가 0.040질량% 이상 0.200질량% 이하인 강판.

(52) CPC특허분류

C22C 1/051 (2013.01)

C22C 38/001 (2013.01)

C22C 38/06 (2013.01)

C22C 38/40 (2013.01)

C22C 38/44 (2013.01)

C22C 38/52 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

질량%로,

C:0.02% 이상 0.30% 미만

Si:0.005% 이상 0.5% 이하

Mn:0.01% 이상 3.0% 이하

P:0.1% 이하

S:0.1% 이하

sol.Al:0.0002% 이상 3.0% 이하

N:0.0001 이상 0.035% 이하

를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불순물로 이루어지고,

페라이트의 평균 결정립 직경이 $10\mu\text{m}$ 미만이고,

탄화물의 평균 원 상당 직경이 $5.0\mu\text{m}$ 이하이고,

애스펙트비가 2.0 이하인 탄화물의 개수 비율이, 전체 탄화물에 대하여 80% 이상이고,

페라이트 결정립 내에 존재하는 탄화물의 개수 비율이, 전체 탄화물에 대하여 60% 이상이고,

강판의 최표면으로부터 깊이 방향으로 $50\mu\text{m}$ 까지의 영역에 있어서의 평균 질소 농도가 0.040질량% 이상 0.200질량% 이하인, 침탄용 강판.

청구항 2

제1항에 있어서, 잔부인 Fe의 일부 대신에, 질량%로,

Cr:0.005% 이상 3.0% 이하

Mo:0.005% 이상 1.0% 이하

Ni:0.010% 이상 3.0% 이하

Cu:0.001% 이상 2.0% 이하

Co:0.001% 이상 2.0% 이하

Nb:0.010% 이상 0.150% 이하

Ti:0.010% 이상 0.150% 이하

V:0.0005% 이상 1.0% 이하

B:0.0005% 이상 0.01% 이하

의 1종 또는 2종 이상을 더 함유하는, 침탄용 강판.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 잔부인 Fe의 일부 대신에, 질량%로,

W:1.0% 이하

Ca:0.01% 이하

의 적어도 어느 것을 더 함유하는, 침탄용 강판.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 기재된 침탄용 강판을 제조하는 방법이며,

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 기재된 화학 조성을 갖는 강재를 가열하고, 열간 마무리 압연을 800°C 이상 920°C 미만의 온도 영역에서 종료하고, 700°C 이하의 온도에서 권취하는 열간 압연 공정과,

상기 열간 압연 공정에 의해 얻어진 강판, 또는 상기 열간 압연 공정 후에 냉간 압연이 실시된 강판을, 질소 농도를 체적분율로 25% 이상으로 제어한 분위기에서, 5°C/h 이상 100°C/h 이하의 평균 가열 속도로, 하기 식(1)로 정의되는 Ac_1 점 이하의 온도 영역까지 가열하고, 당해 Ac_1 점 이하의 온도 영역에서 10h 이상 100h 이하 유지하는 어닐링 처리를 실시한 후, 어닐링 종료 시의 온도부터 550°C까지의 온도 영역에 있어서의 평균 냉각 속도를 5°C/h 이상 100°C/h 이하로 하는 냉각을 실시하는 어닐링 공정

을 포함하고,

상기 열간 압연 공정에서는, 상기 열간 마무리 압연의 종료 시로부터 1초 이내에, 평균 냉각 속도가 50°C/s 초과인 냉각을 개시하고,

상기 어닐링 처리 후의 페라이트의 평균 입경을 10 μm 미만으로 제어하는, 침탄용 강판의 제조 방법.

여기서, 하기 식(1)에 있어서, [X]라는 표기는, 원소 X의 함유량(단위:질량%)을 나타내고, 해당하는 원소를 함유하지 않는 경우는 제로를 대입하는 것으로 한다.

$$\begin{aligned} Ac_1 = & 750.8 - 26.6[C] + 17.6[Si] - 11.6[Mn] - 22.9[Cu] - 23[Ni] + 24.1[Cr] \\ & + 22.5[Mo] - 39.7[V] - 5.7[Ti] + 232.4[Nb] - 169.4[Al] - 894.7[B] \end{aligned} \quad \dots \text{식 (1)}$$

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 열간 압연 공정에 제공되는 상기 강재를 얻기 위한 연속 주조 공정에 있어서, 소정의 재료물의 생성 또는 소정 원소의 중심 편석 저감 처리의 적어도 어느 강재 전전화 처리가 실시되는, 침탄용 강판의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 침탄용 강판, 및 침탄용 강판의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 근년, 자동차의 기어, 클러치 플레이트, 댐퍼 등의 기계 구조 부품에는, 내구성이 높을 것에 더하여, 저렴하게 제조 가능할 것이 요구되고 있다. 일반적으로, 이를 부품의 제조 방법으로서, 열간 단조재를 사용한 절삭 및 침탄 처리가 행해져 왔다. 그러나, 비용 절감의 요구가 높아지고 있다는 점을 고려하여, 열간 압연 강판이나 냉간 압연 강판을 소재로 하여, 냉간 가공하여 부재의 형상으로 성형한 후에, 침탄 처리를 행하는 기술의 개발이 진행되고 있다. 냉간 가공에서는, 소재를 편평하고, 계속해서 굽힘 가공, 드로잉 가공, 구멍 확장 가공 등을 거쳐서 부재를 성형한다. 이때, 가공에 사용되는 침탄용 강판에는, 가장 기본적인 변형 모드인 굽힘성이 양호할 것이 요구된다. 또한, 토크 컨버터의 댐퍼 등과 같은 자동차 부품에는, 인성 등의 우수한 내충격 특성이 요구된다. 이러한 관점에서, 근년, 각종 기술이 제안되고 있다.

[0003] 예를 들어, 이하의 특허문현 1에서는, 열간 압연 강판의 조직을 페라이트와 펠라이트로 구성하고, 그 후, 구상화 어닐링을 실시하여 탄화물을 구상화하는 기술이 제안되어 있다.

[0004] 또한, 이하의 특허문현 2에서는, 탄화물의 입경을 제어한 후, 페라이트 입자 내의 탄화물의 개수에 대한 페라이트 입계의 탄화물의 개수의 비율을 제어하고, 또한 모상인 페라이트의 결정립 직경을 제어함으로써, 침탄 후의 부재의 충격 특성을 향상시키는 기술이 제안되어 있다.

[0005] 또한, 이하의 특허문현 3에서는, 탄화물의 입경 및 애스펙트비, 그리고 모상인 페라이트의 결정립 직경을 제어

한 후, 다시 페라이트의 애스펙트비를 제어함으로써, 냉간 가공성을 향상시키는 기술이 제안되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 일본 특허 제3094856호 공보

(특허문헌 0002) 국제 공개 제2016/190370호

(특허문헌 0003) 국제 공개 제2016/148037호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 상술한 바와 같은 기계 구조 부품은, 강도를 높이기 위해 웨칭성이 요구된다. 즉, 기계 구조 부품에 사용되는 소재에는 웨칭성을 유지하면서도, 성형성을 확보할 것이 요구된다. 또한, 침탄 후의 기계 구조 부품에 대해서는, 내충격 특성(특히, 침탄 후의 인성)이 요구된다.

[0008] 그러나, 상기 특허문헌 1의 탄화물의 마이크로 조직 제어를 주체로 하는 제조 방법에서는, 냉간 가공에 의해 도입될 수 있는 균열을 기점으로 하는 내충격 특성을 개선하는 것은 가능하지만, 침탄 후의 인성 향상에 대해서는 효과를 바랄 수 없다. 또한, 상기 특허문헌 2에 제안되어 있는 탄화물 및 페라이트의 마이크로 조직 제어를 주체로 하는 제조 방법에서는, 성형성을 개선되지만, 자동차의 토크 컨버터의 램퍼 등과 같은 내충격성이 높은 레벨로 요구되는 특정 자동차 부품에 적용하는 경우, 더 우수한 인성을 얻기 위해, 아직 개선의 여지가 있었다. 또한, 상기 특허문헌 3에 제안되어 있는 기술을 사용함으로써 성형성을 개선되기는 하지만, 자동차의 토크 컨버터의 램퍼 등과 같은 내충격성이 높은 레벨로 요구되는 특정 자동차 부품에 적용하는 경우, 더 우수한 인성을 얻기 위해, 아직 개선의 여지가 있었다. 이와 같이, 종래 제안되어 있는 기술에서는, 침탄용 강판의 성형성, 웨칭성을 담보하면서, 침탄 후의 충분한 인성을 얻기에는 아직 개선의 여지가 있고, 그 때문에, 특히 토크 컨버터의 램퍼 부품 등과 같은, 내충격성이 높은 레벨로 요구되는 특정 자동차 부품에 대하여, 보다 적합하게 적용할 수 있는 침탄용 강판이 희구되고 있었다.

[0009] 그래서, 본 발명은, 상기 문제를 감안하여 이루어진 것이고, 본 발명의 목적으로 하는 바는, 성형성, 및 침탄 후의 인성이 더 우수한 침탄용 강판과 그 제조 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명자들은, 상기 과제를 해결하는 방법에 대하여, 예의 검토를 행하였다. 그 결과, 이하에 상세하게 설명하는 바와 같이, 페라이트 결정립 중으로의 탄화물의 생성 위치와, 강판의 표층부에 있어서의 질소 농도를 적절하게 제어함으로써, 웨칭성을 유지하면서, 냉간 가공 시의 성형성과, 침탄 후의 인성을 향상시키는 것이 가능하다는 착상을 얻어, 본 발명을 완성하기에 이르렀다.

[0011] 이러한 착상에 기초하여 완성된 본 발명의 요지는 이하와 같다.

[1] 질량%로, C:0.02% 이상 0.30% 미만, Si:0.005% 이상 0.5% 이하, Mn:0.01% 이상 3.0% 이하, P:0.1% 이하, S:0.1% 이하, sol.A1:0.0002% 이상 3.0% 이하, N:0.0001 이상 0.035% 이하를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불순물로 이루어지고, 페라이트의 평균 결정립 직경이 10 μm 미만이고, 탄화물의 평균 원 상당 직경이 5.0 μm 이하이고, 애스펙트비가 2.0 이하인 탄화물의 개수 비율이, 전체 탄화물에 대하여 80% 이상이고, 페라이트 결정립 내에 존재하는 탄화물의 개수 비율이, 전체 탄화물에 대하여 60% 이상이고, 강판의 최표면으로부터 깊이 방향으로 50 μm 까지의 영역에 있어서의 평균 질소 농도가 0.040질량% 이상 0.200질량% 이하인, 침탄용 강판.

[2] 잔부인 Fe의 일부 대신에, 질량%로, Cr:0.005% 이상 3.0% 이하, Mo:0.005% 이상 1.0% 이하, Ni:0.010% 이상 3.0% 이하, Cu:0.001% 이상 2.0% 이하, Co:0.001% 이상 2.0% 이하, Nb:0.010% 이상 0.150% 이하, Ti:0.010% 이상 0.150% 이하, V:0.0005% 이상 1.0% 이하, B:0.0005% 이상 0.01% 이하의 1종 또는 2종 이상을 더 함유하는, [1]에 기재된 침탄용 강판.

[3] 잔부인 Fe의 일부 대신에, 질량%로, W:1.0% 이하, Ca:0.01% 이하의 적어도 어느 것을 더 함유하는, [1]

또는 [2]에 기재된 노침탄용 강판.

[0015] [4] [1] 내지 [3] 중 어느 하나에 기재된 침탄용 강판을 제조하는 방법이며, [1] 내지 [3] 중 어느 하나에 기재된 화학 조성을 갖는 강재를 가열하고, 열간 마무리 압연을 800°C 이상 920°C 미만의 온도 영역에서 종료하고, 700°C 이하의 온도에서 권취하는 열간 압연 공정과, 상기 열간 압연 공정에 의해 얻어진 강판, 또는 상기 열간 압연 공정 후에 냉간 압연이 실시된 강판을, 질소 농도를 체적분율로 25% 이상으로 제어한 분위기에서, 5°C/h 이상 100°C/h 이하의 평균 가열 속도로, 하기 식 (1)로 정의되는 Ac_1 점 이하의 온도 영역까지 가열하고, 당해 Ac_1 점 이하의 온도 영역에서 10h 이상 100h 이하 유지하는 어닐링 처리를 실시한 후, 어닐링 종료 시의 온도부터 550°C까지의 온도 영역에 있어서의 평균 냉각 속도를 5°C/h 이상 100°C/h 이하로 하는 냉각을 실시하는 어닐링 공정을 포함하고, 상기 열간 압연 공정에서는, 상기 열간 마무리 압연의 종료 시로부터 1초 이내에, 평균 냉각 속도가 50°C/s 초파인 냉각을 개시하고, 상기 어닐링 처리 후의 페라이트의 평균 입경을 10 μm 미만으로 제어하는, 침탄용 강판의 제조 방법.

[0016] [5] 상기 열간 압연 공정에 제공되는 상기 강재를 얻기 위한 연속 주조 공정에 있어서, 소정의 개재물의 생성 또는 소정 원소의 중심 편석 저감 처리의 적어도 어느 강재 전전화 처리가 실시되는, [4]에 기재된 침탄용 강판의 제조 방법.

$$\begin{aligned} Ac_1 = & 750.8 - 26.6[\text{C}] + 17.6[\text{Si}] - 11.6[\text{Mn}] - 22.9[\text{Cu}] - 23[\text{Ni}] + 24.1[\text{Cr}] \\ & + 22.5[\text{Mo}] - 39.7[\text{V}] - 5.7[\text{Ti}] + 232.4[\text{Nb}] - 169.4[\text{Al}] - 894.7[\text{B}] \end{aligned}$$

• • • 식 (1)

[0018] 여기서, 상기 식 (1)에 있어서, [X]라는 표기는, 원소 X의 함유량(단위:질량%)을 나타내고, 해당하는 원소를 함유하지 않는 경우는 제로를 대입하는 것으로 한다.

발명의 효과

[0019] 이상 설명한 바와 같이 본 발명에 따르면, 성형성 및 침탄 후의 인성이 더 우수한 침탄용 강판을 제공하는 것이 가능해진다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하에, 본 발명의 적합한 실시 형태에 대하여 상세하게 설명한다.

[0021] (본 발명자들이 행한 검토의 내용 및 얻어진 착상에 대하여)

[0022] 본 발명에 관한 침탄용 강판 및 그 제조 방법에 대하여 설명하기에 앞서, 상기 과제를 해결하기 위해 본 발명자들이 행한 검토의 내용에 대하여, 이하에 상세하게 설명한다.

[0023] 이러한 검토 시에, 본 발명자들은, 먼저, 침탄 전의 성형성(특히, 굽힘성)을 향상시키기 위한 방법에 대하여, 검토를 행하였다.

[0024] 침탄 전의 성형성(특히, 굽힘성)을 향상시키기 위해서는, 굽힘 변형 시에 균열의 발생을 억제하고, 또한, 균열이 발생했을 때는, 발생한 균열의 신전을 억제하는 것이 중요하다. 균열의 발생을 억제하기 위해서는, 강판 중에 생성되는 탄화물의 애스펙트비(장축/단축)의 제어가 유효하고, 구상화 어닐링에 의해, 탄화물의 애스펙트비를 저감시키는 것이 중요하다. 또한, 균열의 신전을 억제하기 위해서는, 조대한 탄화물의 생성을 억제시킴과 함께, 탄화물의 석출 위치를 제어하는 것이 유효하다. 즉, 페라이트의 입계에 탄화물이 생성된 경우에는, 입계를 전과 경로로 하는 균열의 신전이 조장된다. 그 때문에, 탄화물을 페라이트의 결정립 내에 생성시키는 것이 중요하다. 탄화물을 페라이트의 결정립 내에 생성시킴으로써, 입계에서의 균열 전파를 억제할 수 있다고 생각된다.

[0025] 본 발명자들은, 상기와 같은 조직 제어를 실시한 후, 또한, 침탄 후의 내충격 특성을 향상시키는 방법으로서, 침탄용 강판 표층의 질소 농화에 의한 인성의 향상에 착안하여, 강판 표층에 있어서의 질소 농화에 의한 작용 효과를 상세하게 조사 및 연구했다. 그 결과, 강판 표층의 질소 농도를 제어함으로써, 침탄 후의 인성(특히, 실온에서의 충격값)이 비약적으로 향상된다는 것을 알아내었다. 구체적으로는, 열간 압연 강판 또는 냉간 압연 강판을 어닐링 할 때 분위기 중의 질소 농도를 소정의 역치 이상이 되도록 제어함으로써, 침탄용 강판의 강판 표층에 질소를 농화시킬 수 있고, 그 결과, 침탄용 강판으로 성형되는 침탄 부재에 있어서, 실온에서의 충격값

이 비약적으로 향상된다는 것을 알아내었다.

[0026] 침탄 후의 인성이 향상되는 이유로서, 이하의 메커니즘이 생각된다. 질소 함유율이 높은 분위기에서 강판을 어닐링함으로써, 분위기 중에 함유되는 질소가 강판으로 침입하고, 강판 표층에 있어서 질화물을 형성한다. 생성된 질화물은 미세한 AlN이 주체이기 때문에, 침탄 열처리에 있어서 구 오스테나이트의 입성장을 억제하는 효과를 나타낸다. 구 오스테나이트 입경과 변태 후의 마르텐사이트의 입경 사이에는 비례 관계가 성립된다. 그 때문에, 미세한 AlN에 의해 구 오스테나이트의 입성장이 억제되면, 침탄 부재의 조직에 있어서의 마르텐사이트의 입경도 미세화되고, 결과적으로 충격값이 비약적으로 증가했다고 생각된다. 본 발명자들이 예의 검토한 결과, 침탄용 강판의 강판 표층에는 미세한 AlN이 생성되어 있고, 침탄 부재에 있어서 충격값이 향상된다는 것이 밝혀졌다.

[0027] 또한, 상술한 굽힘성 및 침탄 후의 인성은 강판의 강도가 상승하면 열위로 된다. 한편, 침탄용 강판에 요구되는 훈칭성을 확보한다는 관점에서는, 강판을 고강도화하는 것이 바람직하다. 이를 상반되는 특성을 양립시키기 위해서는, 상기에 개략을 나타낸 바와 같은 조직 제어에 의해, 훈칭성을 유지하면서, 굽힘성 및 침탄 후의 인성을 향상시키는 것이 중요해진다. 따라서, 상기에 개략을 나타낸 바와 같은 조직 제어에 의해, 훈칭성, 굽힘성 및 침탄 후의 인성을 양립한 침탄용 강판을 얻는 것이 가능해진다.

[0028] 본 발명자들은 이상과 같은 강판의 조직 제어에 의해, 훈칭성을 유지하면서, 냉간 가공에 있어서의 굽힘성과, 침탄 후의 인성을 향상시키는 데 성공했다. 이에 의해, 훈칭성, 성형성 및 침탄 후의 인성을 겸비한 침탄용 강판을 얻는 것이 가능해진다.

[0029] 이하에 상세하게 설명하는 본 발명의 실시 형태에 관한 침탄용 강판과 그 제조 방법은, 상기와 같은 지견에 기초하여 완성된 것이다. 이하에는, 이러한 지견에 기초하여 완성된, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판과 그 제조 방법에 대하여, 상세하게 설명한다.

[0030] (침탄용 강판에 대하여)

[0031] 먼저, 본 발명의 실시 형태에 관한 침탄용 강판에 대하여, 상세하게 설명한다.

[0032] 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판은, 이하에 상세하게 설명하는 소정의 화학 성분을 갖고 있다. 또한, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판은, 탄화물의 평균 원상당 직경이 $5.0\mu\text{m}$ 이하이고, 애스펙트비가 2.0 이하인 탄화물의 개수 비율이, 전체 탄화물에 대하여 80% 이상이고, 페라이트 결정립 내에 존재하는 탄화물의 개수 비율이, 전체 탄화물에 대하여 60% 이상이고, 또한 강판의 최표면으로부터 깊이 방향으로 $50\mu\text{m}$ 까지의 영역에 있어서의 질소 농도가 0.040질량% 이상 0.200질량% 이하라고 하는, 특정한 마이크로 조직을 갖고 있다. 이에 의해, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판은 훈칭성을 유지하면서, 한층 더 우수한 성형성 및 침탄 후의 인성을 나타내게 된다.

[0033] <침탄용 강판의 화학 성분에 대하여>

[0034] 먼저, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판의 판 두께 중앙부에 있어서의 화학 성분에 대하여, 상세하게 설명한다. 또한, 이하의 설명에 있어서, 화학 성분에 관한 「%」는 특별히 언급하지 않는 한 「질량%」를 의미한다.

[0035] [C:0.02% 이상 0.30% 미만]

[0036] C(탄소)는 최종적으로 얹어지는 침탄 부재에 있어서의 판 두께 중앙부의 강도를 확보하기 위해 필요한 원소이다. 또한, 침탄용 강판에 있어서, C는 페라이트의 입계에 고용하여 입계의 강도를 상승시키고, 굽힘성의 향상에 기여하는 원소이다.

[0037] C의 함유량이 0.02% 미만인 경우에는, 상기와 같은 굽힘성의 향상 효과를 얻을 수 없다. 그 때문에, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판에 있어서, C의 함유량은 0.02% 이상으로 한다. C의 함유량은, 바람직하게는 0.05% 이상이다. 한편, C의 함유량이 0.30% 이상으로 되는 경우에는, 탄화물의 평균 원상당 직경이 $5.0\mu\text{m}$ 을 초과하여, 굽힘성이 열화된다. 그 때문에, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판에 있어서, C의 함유량은 0.30% 미만으로 한다. C의 함유량은, 바람직하게는 0.20% 이하이다. 또한, 굽힘성 및 훈칭성의 밸런스를 고려하면, C의 함유량은 0.10% 이하인 것이 더욱 바람직하다.

[0038] [Si:0.005% 이상 0.5% 이하]

[0039] Si(규소)는 용강을 탈산하여 강을 전전화하는 작용을 이루는 원소이다. Si의 함유량이 0.005% 미만인 경우에, 용강을 충분히 탈산할 수 없다. 그 때문에, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판에 있어서, Si의 함유량은

0.005% 이상으로 한다. Si의 함유량은 바람직하게는 0.01% 이상이다. 한편, Si의 함유량이 0.5%를 초과하는 경우에는, 탄화물에 고용한 Si가 탄화물을 안정화시키고, 탄화물의 평균 원 상당 직경이 $5.0\mu\text{m}$ 를 초과하여, 굽힘성이 손상된다. 그 때문에, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판에 있어서, Si의 함유량은 0.5% 이하로 한다. Si의 함유량은, 바람직하게는 0.3% 이하이다.

[0040] [Mn:0.01% 이상 3.0% 이하]

Mn(망간)은 용강을 탈산하여 강을 건전화하는 작용을 이루는 원소이다. Mn의 함유량이 0.01% 미만인 경우에는, 용강을 충분히 탈산할 수 없다. 그 때문에, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판에 있어서, Mn의 함유량은 0.01% 이상으로 한다. Mn의 함유량은, 바람직하게는 0.1% 이상이다. 한편, Mn의 함유량이 3.0%를 초과하는 경우에는, 탄화물에 고용한 Mn이 탄화물을 안정화시키고, 탄화물의 평균 원 상당 직경이 $5.0\mu\text{m}$ 를 초과하여, 굽힘성의 열화를 초래한다. 그 때문에, Mn의 함유량은 3.0 이하로 한다. Mn의 함유량은, 바람직하게는 2.0% 이하이고, 보다 바람직하게는 1.0% 이하이다.

[0042] [P:0.1% 이하]

P(인)는 페라이트의 입계에 편석하여, 굽힘성을 열화시키는 원소이다. P의 함유량이 0.1%를 초과하는 경우에는, 입계의 강도가 현저하게 저하되어, 굽힘성이 열화된다. 그 때문에, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판에 있어서, P의 함유량은 0.1% 이하로 한다. P의 함유량은, 바람직하게는 0.050% 이하이고, 보다 바람직하게는 0.020% 이하이다. 또한, P의 함유량의 하한은 특별히 한정하지 않는다. 단, P의 함유량을 0.0001% 미만까지 저감시키면, 탈P 비용이 대폭으로 상승하여, 경제적으로 불리해진다. 그 때문에, 실용 강판 상, P의 함유량은 0.0001%가 실질적인 하한으로 된다.

[0044] [S:0.1% 이하]

S(황)는 개재물을 형성하여, 굽힘성을 열화시키는 원소이다. S의 함유량이 0.1%를 초과하는 경우에는, 조대한 개재물이 생성되어 굽힘성이 저하된다. 그 때문에, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판에 있어서, S의 함유량은 0.1% 이하로 한다. S의 함유량은, 바람직하게는 0.010% 이하이고, 보다 바람직하게는 0.008% 이하이다. 또한, S의 함유량의 하한은 특별히 한정하지 않는다. 단, S의 함유량을 0.0005% 미만까지 저감시키면, 탈S 비용이 대폭으로 상승하여, 경제적으로 불리해진다. 그 때문에, 실용 강판 상, S의 함유량은 0.0005%가 실질적인 하한으로 된다.

[0046] [sol.Al:0.0002% 이상 3.0% 이하]

Al(알루미늄)은 용강을 탈산하여 강을 건전화하는 작용을 이루는 원소이다. Al의 함유량이 0.0002% 미만인 경우에는, 용강을 충분히 탈산할 수 없다. 그 때문에, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판에 있어서, Al의 함유량(보다 상세하게는, sol.Al의 함유량)은 0.0002% 이상으로 한다. Al의 함유량은, 바람직하게는 0.0010% 이상이고, 보다 바람직하게는 0.0050% 이상이고, 더욱 바람직하게는 0.010% 이상이다. 한편, Al의 함유량이 3.0%를 초과하는 경우에는, 조대한 산화물이 생성되어 굽힘성이 손상된다. 그 때문에, Al의 함유량은 3.0% 이하로 한다. Al의 함유량은, 바람직하게는 2.5% 이하이고, 보다 바람직하게는 1.0% 이하이고, 더욱 바람직하게는 0.2% 이하이고, 보다 한층 바람직하게는 0.05% 이하이다.

[0048] [N:0.0001% 이상 0.035% 이하]

본 실시 형태에 관한 침탄용 강판에 있어서, N(질소)의 함유량은 0.035% 이하일 필요가 있다. 또한, 여기서 정의하는 N의 함유량은, 강판의 판 두께 방향의 전체에 걸쳐서 존재하는 N의 평균값(N의 함유량의 판 두께 방향의 평균값)이다. N의 함유량이 0.035%를 초과하는 경우에는, 침탄용 강판의 판 두께 방향 전체에 걸쳐서 질화물이 다량으로 석출되어 벼려, 원하는 굽힘성을 얻는 것이 곤란해진다. 그 때문에, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판에 있어서, N의 함유량은 0.035% 이하로 한다. N의 함유량은, 바람직하게는 0.030% 이하이고, 보다 바람직하게는 0.020% 이하이고, 더욱 바람직하게는 0.010% 이하이다. N의 함유량의 하한은 특별히 한정하지 않는다. 단, N의 함유량을 0.0001% 미만까지 저감시키면, 탈N 비용이 대폭으로 상승하여, 경제적으로 불리해진다. 그 때문에, 실용 강판 상, N의 함유량은 0.0001%가 실질적인 하한으로 된다. 또한, 강판 표층에 질소를 충분히 함유시키는 것을 고려하면, N의 함유량은 0.0020% 이상으로 해도 된다.

[0050] [Cr:0.005% 이상 3.0% 이하]

Cr(크롬)은 최종적으로 얹어지는 침탄 부재에 있어서, 웨칭성을 높이는 효과를 갖는 원소임과 함께, 침탄용 강판에 있어서는, 페라이트의 결정립을 미세화하여 침탄 후의 인성의 가일층의 향상에 기여하는 원소이다. 그 때

문에, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판에 있어서는, 필요에 따라, Cr을 함유시켜도 된다. Cr을 함유시키는 경우, 침탄 후의 인성의 가일충의 향상 효과를 얻기 위해서는, Cr의 함유량을 0.005% 이상으로 하는 것이 바람직하다. Cr의 함유량은, 보다 바람직하게는 0.010% 이상이다. 또한, 탄화물이나 질화물의 생성의 영향을 고려하면, 침탄 후의 인성의 가일충의 향상 효과를 얻기 위해서는, Cr의 함유량은 3.0% 이하로 하는 것이 바람직하다. Cr의 함유량은, 보다 바람직하게는 2.0% 이하이고, 더욱 바람직하게는 1.6% 이하이다.

[0052] [Mo:0.005% 이상 1.0% 이하]

Mo(몰리브덴)는 최종적으로 얻어지는 침탄 부재에 있어서, 웬칭성을 높이는 효과를 갖는 원소임과 함께, 침탄용 강판에 있어서는, 페라이트의 결정립을 미세화하여 침탄 후의 인성의 가일충의 향상에 기여하는 원소이다. 그 때문에, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판에 있어서는, 필요에 따라, Mo를 함유시켜도 된다. Mo를 함유시키는 경우, 침탄 후의 인성의 가일충의 향상 효과를 얻기 위해서는, Mo의 함유량을 0.005% 이상으로 하는 것이 바람직하다. Mo의 함유량은, 보다 바람직하게는 0.010% 이상이다. 또한, 탄화물이나 질화물의 생성의 영향을 고려하면, 침탄 후의 인성의 가일충의 향상 효과를 얻기 위해서는, Mo의 함유량은 1.0% 이하로 하는 것이 바람직하다. Mo의 함유량은, 보다 바람직하게는 0.8% 이하이다.

[0054] [Ni:0.010% 이상 3.0% 이하]

Ni(니켈)는 최종적으로 얻어지는 침탄 부재에 있어서, 웬칭성을 높이는 효과를 갖는 원소임과 함께, 침탄용 강판에 있어서는, 페라이트의 결정립을 미세화하여 침탄 후의 인성의 가일충의 향상에 기여하는 원소이다. 그 때문에, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판에 있어서는, 필요에 따라, Ni를 함유시켜도 된다. Ni를 함유시키는 경우, 침탄 후의 인성의 가일충의 향상 효과를 얻기 위해서는, Ni의 함유량을 0.010% 이상으로 하는 것이 바람직하다. Ni의 함유량은, 보다 바람직하게는 0.050% 이상이다. 또한, Ni가 페라이트의 입계에 편석하는 영향을 고려하면, 침탄 후의 인성의 가일충의 향상 효과를 얻기 위해서는, Ni의 함유량은 3.0% 이하로 하는 것이 바람직하다. Ni의 함유량은, 보다 바람직하게는 2.0% 이하이고, 더욱 바람직하게는 1.0% 이하이고, 보다 한층 바람직하게는 0.5% 이하이다.

[0056] [Cu:0.001% 이상 2.0% 이하]

Cu(구리)는 최종적으로 얻어지는 침탄 부재에 있어서, 웬칭성을 높이는 효과를 갖는 원소임과 함께, 침탄용 강판에 있어서는, 페라이트의 결정립을 미세화하여 침탄 후의 인성의 가일충의 향상에 기여하는 원소이다. 그 때문에, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판에 있어서는, 필요에 따라 Cu를 함유시켜도 된다. Cu를 함유시키는 경우, 침탄 후의 인성의 가일충의 향상 효과를 얻기 위해서는, Cu의 함유량을 0.001% 이상으로 하는 것이 바람직하다. Cu의 함유량은, 보다 바람직하게는 0.010% 이상이다. 또한, Cu가 페라이트의 입계에 편석하는 영향을 고려하면, 침탄 후의 인성의 가일충의 향상 효과를 얻기 위해서는, Cu의 함유량은 2.0% 이하로 하는 것이 바람직하다. Cu의 함유량은, 보다 바람직하게는 0.80% 이하이다.

[0058] [Co:0.001% 이상 2.0% 이하]

Co(코발트)는 최종적으로 얻어지는 침탄 부재에 있어서, 웬칭성을 높이는 효과를 갖는 원소임과 함께, 침탄용 강판에 있어서는, 결정립을 미세화하여 침탄 후의 인성의 가일충의 향상에 기여하는 원소이다. 그 때문에, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판에 있어서는, 필요에 따라, Co를 함유시켜도 된다. Co를 함유시키는 경우, 침탄 후의 인성의 가일충의 향상 효과를 얻기 위해서는, Co의 함유량을 0.001% 이상으로 하는 것이 바람직하다. Co의 함유량은, 보다 바람직하게는 0.010% 이상이다. 또한, Co가 페라이트의 입계에 편석하는 영향을 고려하면, 침탄 후의 인성의 가일충의 향상 효과를 얻기 위해서는, Co의 함유량은 2.0% 이하로 하는 것이 바람직하다. Co의 함유량은, 보다 바람직하게는 0.80% 이하이다.

[0060] [Nb:0.010% 이상 0.150% 이하]

Nb(니오븀)는 페라이트의 결정립을 미세화하여 굽힘성의 가일충의 향상에 기여하는 원소이다. 그 때문에, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판에 있어서는, 필요에 따라, Nb를 함유시켜도 된다. Nb를 함유시키는 경우, 굽힘성의 가일충의 향상 효과를 얻기 위해서는, Nb의 함유량을 0.010% 이상으로 하는 것이 바람직하다. Nb의 함유량은, 보다 바람직하게는 0.035% 이상이다. 또한, 탄화물이나 질화물의 생성의 영향을 고려하면, 굽힘성의 가일충의 향상 효과를 얻기 위해서는, Nb의 함유량은 0.150% 이하로 하는 것이 바람직하다. Nb의 함유량은, 보다 바람직하게는 0.120% 이하이고, 더욱 바람직하게는 0.100% 이하이고, 보다 한층 바람직하게는 0.050% 이하이다.

[0062] [Ti:0.010% 이상 0.150% 이하]

Ti(티타늄)는 페라이트의 결정립을 미세화하여 굽힘성의 가일충의 향상에 기여하는 원소이다. 그 때문에, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판에 있어서는, 필요에 따라, Ti를 함유시켜도 된다. Ti를 함유시키는 경우, 굽힘성의 가일충의 향상 효과를 얻기 위해서는, Ti의 함유량을 0.010% 이상으로 하는 것이 바람직하다. Ti의 함유량은, 보다 바람직하게는 0.035% 이상이다. 또한, 탄화물이나 질화물의 생성의 영향을 고려하면, 굽힘성의 가일충의 향상 효과를 얻기 위해서는, Ti의 함유량은 0.150% 이하로 하는 것이 바람직하다. Ti의 함유량은, 보다 바람직하게는 0.120% 이하이고, 더욱 바람직하게는 0.050% 이하이고, 보다 한층 바람직하게는 0.020% 이하이다.

[0064] [V:0.0005% 이상 1.0% 이하]

V(바나듐)는 페라이트의 결정립을 미세화하여 굽힘성의 가일충의 향상에 기여하는 원소이다. 그 때문에, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판에 있어서는, 필요에 따라, V를 함유시켜도 된다. V를 함유시키는 경우, 굽힘성의 가일충의 향상 효과를 얻기 위해서는, V의 함유량을 0.0005% 이상으로 하는 것이 바람직하다. V의 함유량은, 보다 바람직하게는 0.0010% 이상이다. 또한, 탄화물이나 질화물의 생성의 영향을 고려하면, 굽힘성의 가일충의 향상 효과를 얻기 위해서는, V의 함유량은 1.0% 이하로 하는 것이 바람직하다. V의 함유량은, 보다 바람직하게는 0.80% 이하이다.

[0066] [B:0.0005% 이상 0.01% 이하]

B(붕소)는 페라이트의 입계에 편석함으로써 입계의 강도를 향상시켜, 굽힘성을 더욱 향상시키는 원소이다. 그 때문에, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판에 있어서는, 필요에 따라, B를 함유시켜도 된다. B를 함유시키는 경우, 굽힘성의 가일충의 향상 효과를 얻기 위해서는, B의 함유량을 0.0005% 이상으로 하는 것이 바람직하다. B의 함유량은, 보다 바람직하게는 0.0010% 이상이다. 또한, B를 0.01%를 초과하여 첨가해도, 상기와 같은 굽힘성의 가일충의 향상 효과는 포화되기 때문에, B의 함유량은 0.01% 이하로 하는 것이 바람직하다. B의 함유량은, 보다 바람직하게는 0.0075% 이하이고, 더욱 바람직하게는 0.0050% 이하이고, 보다 한층 바람직하게는 0.0020% 이하이다.

[0068] [W:1.0% 이하]

W(텅스텐)는 용강을 탈산하여 강을 더욱 건전화하는 작용을 이루는 원소이다. 그 때문에, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판에 있어서는, 필요에 따라, 1.0%를 상한으로 하여 W를 함유시켜도 된다. W의 함유량은, 보다 바람직하게는 0.5% 이하이다.

[0070] [Ca:0.01% 이하]

Ca(칼슘)는 용강을 탈산하여 강을 더욱 건전화하는 작용을 이루는 원소이다. 그 때문에, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판에 있어서는, 필요에 따라, 0.01%를 상한으로 하여 Ca를 함유시켜도 된다. Ca의 함유량은, 보다 바람직하게는 0.005% 이하이다.

[0072] [잔부:Fe 및 불순물]

판 두께 중앙부의 성분 조성의 잔부는 Fe 및 불순물이다. 불순물로서는, 예를 들어 강 원료 혹은 스크랩으로부터, 및 / 또는 제강 과정에서 혼입되고, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판의 특성을 저해하지 않는 범위에서 허용되는 원소가 예시된다.

[0074] 이상, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판이 갖는 화학 성분에 대하여, 상세하게 설명했다.

[0075] <침탄용 강판의 마이크로 조직에 대하여>

[0076] 이어서, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판을 구성하는 마이크로 조직에 대하여, 상세하게 설명한다.

[0077] 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판의 마이크로 조직은, 실질적으로 페라이트와 탄화물로 구성된다. 보다 상세하게는, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판의 마이크로 조직에 있어서, 페라이트의 평균 결정립 직경은 $10\mu\text{m}$ 미만이고, 페라이트의 면적률은, 예를 들어 80 내지 95%의 범위 내이고, 탄화물의 면적률은, 예를 들어 5 내지 20%의 범위 내이며, 또한 페라이트와 탄화물의 합계 면적률이 100%를 초과하지 않도록 구성된다.

[0078] 상기와 같은 페라이트 및 탄화물의 면적률은, 침탄용 강판의 폭 방향에 수직인 단면을 관찰면으로서 채취한 샘플을 사용하여 측정한다. 샘플의 길이는, 측정 장치에 따라 다르지만, 10mm 내지 25mm 정도여도 된다. 샘플은

관찰면을 연마한 후, 나이탈 에칭한다. 나이탈 에칭한 관찰면의, 판 두께 1/4 위치(침탄용 강판의 표면으로부터 강판의 두께 방향으로 강판의 두께의 1/4의 위치를 의미함), 판 두께 3/8 위치 및 판 두께 1/2 위치의 범위를, 서멀 전계 방사형 주사 전자 현미경(예를 들어, JEOL제 JSM-7001F)으로 관찰한다.

[0079] 각 샘플의 관찰 대상 범위에 대하여, $2500\mu\text{m}^2$ 의 범위를 10시야 관찰하고, 각 시야에 있어서, 시야 면적 중에 있어서의 페라이트 및 탄화물이 차지하는 면적의 비율을 측정한다. 그리고, 페라이트가 차지하는 면적의 비율의 전체 시야에서의 평균값 및 탄화물이 차지하는 면적의 비율의 전체 시야에서의 평균값을, 각각 페라이트의 면적률 및 탄화물의 면적률이라고 한다.

[0080] 여기서, 본 실시 형태에 관한 마이크로 조직에 있어서의 탄화물은, 주로, 철과 탄소의 화합물인 시멘타이트(Fe_3C), 및 ε 계 탄화물(Fe_{2-3}C) 등의 철계 탄화물이다. 또한, 마이크로 조직에 있어서의 탄화물은 상술한 철계 탄화물에 더하여, 시멘타이트 중의 Fe 원자를 Mn, Cr 등으로 치환한 화합물이나, 합금 탄화물(M_{23}C_6 , M_6C , MC 등)이고, M은 Fe 및 그 밖의 금속 원소)을 포함하는 경우도 있다. 본 실시 형태에 관한 마이크로 조직에 있어서의 탄화물은, 그 대부분이 철계 탄화물에 의해 구성된다. 그 때문에, 상기와 같은 탄화물에 대하여, 이하에 상세하게 설명하는 개수에 착안한 경우, 그 개수는, 상기와 같은 각종 탄화물의 합계 개수여도 되고, 철계 탄화물만의 개수여도 된다. 즉, 이하에 상세하게 설명하는, 탄화물에 관한 각종 개수 비율은, 철계 탄화물을 포함하는 각종 탄화물을 모집단으로 하는 것이어도 되고, 철계 탄화물만을 모집단으로 하는 것이어도 된다. 철계 탄화물은, 예를 들어 시료에 대하여 디프랙션 해석이나 EDS(Energy dispersive X-ray spectrometry)를 사용하여 특정 할 수 있다.

[0081] 굽힘 변형에서는, 연질 조직과 경질 조직의 계면에, 변형 응력이 집중한다. 그 때문에, 연질 조직과 경질 조직 사이의 경도 차를 가능한 한 작게 하거나, 또는 응력 집중을 완화시키기 위해 경질 조직의 형상을 제어할 필요가 있다. 그래서, 구상화 어닐링에 의해 탄화물의 애스펙트비를 저감시킴으로써, 균열의 발생을 억제할 수 있다. 굽힘 변형이 더 진행되면, 발생한 균열이 신전된다. 균열은, 파괴가 일어나기 쉬운 영역을 전파해 가기 때문에, 페라이트의 입계, 및 페라이트와 탄화물의 계면이, 전파 경로로 될 수 있다. 그때, 페라이트의 입계에 탄화물이 생성되면, 입계를 전파 경로로 하는 균열의 신전이 조장되기 때문에, 탄화물을 페라이트의 결정립 내에 생성시키는 것이 중요하다. 탄화물을 페라이트의 결정립 내에 생성시킴으로써, 입계에서의 균열 전파를 억제할 수 있다고 생각된다.

[0082] 침탄 부재는 침탄에 의해 표층에 탄소가 도입되기 때문에, 부재의 표층에서 강도가 높아지는 한편, 침탄 부재의 소재가 되는 강재는, 강도가 상승하면 물러진다. 그 때문에, 소재가 되는 침탄용 강판에 있어서, 표층의 인성이 중요해진다. 이러한 점에 관하여, 강판 표층의 결정립을 미세화함으로써 인성이 향상된다. 이하에 상세하게 설명하는 바와 같이, 질소 함유율이 높은 분위기에서 강판을 어닐링함으로써, 분위기 중에 함유하는 질소가 강판으로 침입하고, 강판 표층에 있어서 질화물이 형성된다. 생성된 질화물은 미세한 AlN이 주체이기 때문에, 침탄 열처리에 있어서 구 오스테나이트의 입성장을 억제하는 효과를 나타낸다. 구 오스테나이트 입경과 변태 후의 마르텐사이트의 입경 사이에는 비례 관계가 성립되기 때문에, 미세한 AlN에 의해 구 오스테나이트의 입성장이 억제되면, 침탄 부재의 조직에 있어서의 마르텐사이트의 입경도 미세화시키는 것이 가능해지는 것이 밝혀졌다.

[0083] 이하, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판을 구성하는 마이크로 조직의 한정 이유에 대하여, 상세하게 설명한다.

[페라이트의 평균 결정립 직경: $10\mu\text{m}$ 미만]

[0085] 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판의 마이크로 조직에 있어서, 페라이트의 평균 결정립 직경은 상기와 같이 $10\mu\text{m}$ 미만이다. 페라이트의 평균 결정립 직경을 $10\mu\text{m}$ 미만으로 함으로써, 상기와 같은 결정립의 미세화에 의한 효과를 발현시킬 수 있고, 침탄 후의 충격값을 향상시킬 수 있다. 페라이트의 평균 결정립 직경이 $10\mu\text{m}$ 이상이면, 상기와 같은 결정립의 미세화에 의한 효과를 발현할 수 없어, 침탄 후의 충격값을 향상시킬 수 없다. 페라이트의 평균 결정립 직경은, 바람직하게는 $8\mu\text{m}$ 미만이다. 페라이트의 평균 결정립 직경의 하한값은, 특별히 규정하는 것은 아니다. 단, 실조업상, 페라이트의 평균 결정립 직경을 $0.1\mu\text{m}$ 미만으로 제어하는 것은 곤란하기 때문에, $0.1\mu\text{m}$ 가 실질적인 하한으로 된다.

[0086] [전체 탄화물 중 애스펙트비가 2.0 이하인 탄화물의 개수 비율: 80% 이상]

[0087] 앞서 언급한 바와 같이, 본 실시 형태에 있어서의 탄화물은, 시멘타이트(Fe_3C)와 ε 계 탄화물(Fe_{2-3}C) 등의 철계 탄화물에 의해 주로 구성된다. 본 발명자들에 의한 검토의 결과, 전체 탄화물 중, 애스펙트비가 2.0 이하인 탄

화물의 개수 비율이 80% 이상이면, 양호한 굽힘성을 얻을 수 있음이 밝혀졌다. 전체 탄화물 중 애스펙트비가 2.0 이하인 탄화물의 개수 비율이 80% 미만이면, 굽힘 변형 시에 균열의 발생이 조장되어, 양호한 굽힘성을 얻을 수 없다. 따라서, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판에 있어서는, 전체 탄화물 중 애스펙트비가 2.0 이하인 탄화물의 개수 비율의 하한을 80%로 한다. 전체 탄화물 중 애스펙트비가 2.0 이하인 탄화물의 개수 비율은, 굽힘성의 가일층의 향상을 목적으로 하여, 바람직하게는 85% 이상이다. 또한, 전체 탄화물 중 애스펙트비가 2.0 이하인 탄화물의 개수 비율의 상한은, 특별히 규정하는 것은 아니다. 단, 실조업에 있어서 98% 이상으로 하는 것은 곤란하기 때문에, 98%가 실질적인 상한으로 된다.

[0088] [전체 탄화물 중 페라이트의 결정립 내에 존재하는 탄화물의 개수 비율:60% 이상]

본 발명자들에 의한 검토의 결과, 전체 탄화물 중 페라이트의 결정립 내에 존재하는 탄화물의 개수 비율이 60% 이상이면, 양호한 굽힘성을 얻을 수 있음이 밝혀졌다. 전체 탄화물 중 페라이트의 결정립 내에 존재하는 탄화물의 개수 비율이 60% 미만인 경우에는, 굽힘 변형 시에 균열의 신전이 조장되어, 양호한 굽힘성을 얻을 수 없다. 따라서, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판에 있어서는, 전체 탄화물 중 페라이트의 결정립 내에 존재하는 탄화물의 개수 비율의 하한을 60%로 한다. 전체 탄화물 중 페라이트의 결정립 내에 존재하는 탄화물의 개수 비율은 굽힘성의 가일층의 향상을 목적으로 하여, 바람직하게는 65% 이상이다. 또한, 전체 탄화물 중 페라이트의 결정립 내에 존재하는 탄화물의 개수 비율의 상한은 특별히 규정하는 것은 아니다. 단, 실조업에 있어서 98% 이상으로 하는 것은 곤란하기 때문에, 98%가 실질적인 상한으로 된다.

[0090] [탄화물의 평균 원 상당 직경:5.0 μm 이하]

본 실시 형태에 관한 침탄용 강판의 마이크로 조직에 있어서, 탄화물의 평균 원상당 직경은 5.0 μm 이하일 필요가 있다. 탄화물의 평균 원 상당 직경이 5.0 μm 를 초과하는 경우에는, 굽힘 변형 시에 깨짐이 발생하여, 양호한 굽힘성을 얻을 수 없다. 탄화물의 평균 원 상당 직경이 작을수록 굽힘성은 양호하고, 탄화물의 평균 원 상당 직경은, 바람직하게는 1.0 μm 이하이고, 보다 바람직하게는 0.8 μm 이하이고, 더욱 바람직하게는 0.6 μm 이하이다. 탄화물의 평균 원 상당 직경의 하한은 특별히 규정하는 것은 아니다. 단, 실조업에 있어서, 탄화물의 평균 원 상당 직경을 0.01 μm 이하로 하는 것은 곤란하기 때문에, 0.01 μm 가 실질적인 하한으로 된다.

[0092] 계속해서, 마이크로 조직에 있어서의 페라이트의 평균 입경, 그리고 탄화물의 각종 개수 비율 및 탄화물의 평균 원 상당 직경의 측정 방법에 대하여, 상세하게 설명한다. 또한, 이하의 측정에서는 샘플의 관찰 위치가 규정되어 있지만, 샘플에 있어서 측정된 페라이트 및 탄화물의 상태와, 본 실시 형태에 관한 강판의 표층 부분(질소가 농화된 부분)에 있어서의 페라이트 및 탄화물의 상태 사이에 큰 차이는 존재하지 않는다.

[0093] 먼저, 침탄용 강판으로부터 그 표면에 수직인 단면(판 두께 단면)을 관찰할 수 있도록 샘플을 잘라낸다. 샘플의 길이는 측정 장치에 따라 다르지만, 10 mm 정도이면 된다. 단면을 연마 및 부식하여, 탄화물의 석출 위치와 애스펙트비와 평균 원 상당 직경의 측정에 제공한다. 연마는, 예를 들어 입도 600 내지 입도 1500의 탄화규소 페이퍼를 사용하여 측정면을 연마한 후, 입경이 1 μm 내지 6 μm 인 다이아몬드 파우더를 알코올 등의 회석액이나 순수에 분산시킨 액체를 사용하여, 경면으로 마무리하면 된다. 부식은 탄화물의 형상과 석출 위치를 관찰할 수 있는 방법이라면, 특별히 제한되는 것은 아니고, 예를 들어 탄화물과 지철의 입계를 부식시키는 수단으로서, 포화 피크르산-알코올 용액에 의한 에칭을 행해도 되고, 비수 용매계 전해액에 의한 정전위 전해 에칭법[구로사와 후미오 외, 일본 금속 학회지, 43, 1068, (1979)] 등에 의해, 지철을 수 마이크로미터 정도 제거하여 탄화물만을 잔존시키는 방법을 채용해도 된다.

[0094] 페라이트의 평균 결정립 직경은 서멀 전계 방사형 주사 전자 현미경(예를 들어, JEOL제 JSM-7001F)을 사용하여, 샘플의 판 두께 1/4 위치를, 2500 μm^2 의 범위에서 촬영하고, 얻어진 화상에 대하여 선분법을 적용하여 산출한다.

[0095] 탄화물의 애스펙트비의 산출은 서멀 전계 방사형 주사 전자 현미경(예를 들어, JEOL제 JSM-7001F)을 사용하여, 샘플의 판 두께 1/4 위치를, 10000 μm^2 의 범위를 관찰하여 행한다. 관찰한 시야에 포함되는 모든 탄화물에 대하여, 장축과 단축을 측정하여 애스펙트비(장축/단축)를 산출하고, 그 평균값을 구한다. 상기 관찰을 5시야에서 실시하고, 5시야의 평균값을, 샘플의 탄화물의 애스펙트비라고 한다. 얻어진 탄화물의 애스펙트비를 참고로, 애스펙트비가 2.0 이하인 탄화물의 전체 개수와, 상기 5시야 중에 존재한 탄화물의 합계수로부터, 전체 탄화물 중 애스펙트비가 2.0 이하인 탄화물의 개수 비율을 산출한다.

[0096] 탄화물의 석출 위치의 확인은 서멀 전계 방사형 주사 전자 현미경(예를 들어, JEOL제 JSM-7001F)을 사용하여, 샘플의 판 두께 1/4 위치를, 10000 μm^2 의 범위를 관찰하여 행한다. 관찰한 시야에 포함되는 모든 탄화물에 대하-

여, 석출 위치를 관찰하고, 모든 탄화물 중, 페라이트의 입자 내에 석출한 탄화물의 비율을 산출한다. 상기 관찰을 5시야에서 실시하고, 5시야의 평균값을, 탄화물 중 페라이트의 결정립 내에 형성한 탄화물의 비율(즉, 전체 탄화물 중 페라이트의 결정립 내에 존재하는 탄화물의 개수 비율)이라고 한다.

[0097] 탄화물의 평균 원 상당 직경은 서멀 전계 방사형 주사 전자 현미경(예를 들어, JEOL제 JSM-7001F)을 사용하여, 샘플의 판 두께 $1/4$ 위치를, $600\mu\text{m}^2$ 의 범위를 4시야 촬영함으로써 행한다. 각 시야에 대하여, 화상 해석 소프트웨어(예를 들어, Media Cybernetics제 IMage-ProPlus)를 사용하여, 찍힌 탄화물의 장축과 단축을 각각 측정한다. 시야 중의 각 탄화물에 대하여, 얻어진 장축과 단축의 평균값을 당해 탄화물의 직경으로 하고, 시야 중에 찍힌 탄화물 전부에 대하여, 얻어진 직경의 평균값을 산출한다. 이와 같이 하여 얻어진, 4시야에 있어서의 탄화물의 직경의 평균값을 다시 시야 수로 평균하여, 탄화물의 평균 원 상당 직경이라고 한다.

[0098] 이상, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판이 갖는 마이크로 조직에 대하여, 상세하게 설명했다.

[0099] [강판 표층의 평균 질소 농도: 0.040질량% 이상 0.20질량% 이하]

[0100] 이어서, 침탄용 강판의 표층의 평균 질소 농도에 대하여 설명한다. 본 발명자들에 의한 검토의 결과, 침탄용 강판의 표층의 평균 질소 농도가 0.040질량% 이상이면, 침탄용 강판으로 제조되는 침탄 부재에 있어서, 양호한 인성을 얻을 수 있음이 밝혀졌다. 이하, 이러한 지견에 대하여, 상세하게 설명한다.

[0101] 본 발명자들은 양호한 인성이 얻어진 침탄 부재의 표층 근방으로부터, 접속 이온 빔 가공 관찰 장치를 사용하여, 길이 $40\mu\text{m}$ × 깊이 $25\mu\text{m}$ 의 박막 샘플을 채취하고, 투과형 전자 현미경을 사용하여 마이크로 조직을 조사했다. 그 결과, 박막 샘플에는 평균 직경이 50nm 이하의 미세한 AlN의 생성이 보였다.

[0102] 또한, 본 발명자들은 AlN의 생성 위치와 모상 조직의 대응을 조사하기 위해, 이하와 같은 분석을 실시했다. 즉, 접속 이온 빔 가공 관찰 장치를 사용하여 채취한 길이 $100\mu\text{m}$ × 깊이 $100\mu\text{m}$ 의 박막 샘플을, 구리제의 메쉬 홀더에 고정한 후, 서멀 전계 방사형 주사 전자 현미경(JEOL제 JSM-6500F)에 탑재된 투과형 전자 후방 산란 회절 장치에 제공하여, 분석을 실시했다. 전자 후방 산란 회절법에 의해 얻어진 측정 결과로부터, 구 오스테나이트의 결정 방위 맵을 재구축하고, 투과형 전자 현미경 화상과 비교했다. 그 결과, 미세한 AlN은 구 오스테나이트 입계 근방에 존재하고 있고, 또한, 미세한 AlN이 석출된 구 오스테나이트 입계는, 강판의 최표면으로부터 깊이 $50\mu\text{m}$ 정도까지의 위치에 존재하고 있음이 밝혀졌다. 즉, 강판 표층(강판의 최표면으로부터 깊이 $50\mu\text{m}$ 까지의 영역)에 생성한 미세한 AlN이, 침탄 열 처리 시에 구 오스테나이트의 입성장을 억제시킨 결과, 침탄 부재의 조직에 있어서의 마르텐사이트의 입경이 미세화되어, 충격값이 비약적으로 증가했다고 생각된다. 또한, 여기서 말하는 강판의 최표면이란, 강판 모재의 표면을 의미하고, 스케일링 등과 같은 강판 모재의 표면에 존재할 수 있는 각종 층은 포함하지 않는다.

[0103] 또한, 본 발명자들은 양호한 인성이 얻어진 침탄 부재를 사용하여, 강판 표면으로부터 강판 중심부까지의 질소 농도의 프로파일을, 과장 분산형 X선 분광기와 전계 방사형 전자총을 탑재한 전자 프로브 마이크로 애널라이저를 사용하여 측정했다. 그 결과, 강판 표층(즉, 강판의 최표면으로부터 깊이 $50\mu\text{m}$ 까지의 영역)의 평균 질소 농도는 0.040질량% 이상으로 되는 것이 확인되었다.

[0104] 본 발명자들이 예의 검토를 거듭한 결과, 판 두께 중앙부의 평균 질소 농도(보다 상세하게는, 판 두께 중앙부로부터 표면층을 향해 $100\mu\text{m}$ 의 위치까지의 평균 질소 농도)가 0.2질량% 이하로 제어된 강판을 소재로 하고, 질소 농도를 체적분율로 25% 이상으로 제어한 분위기에 있어서, $5^\circ\text{C}/\text{h}$ 이상 $100^\circ\text{C}/\text{h}$ 이하의 평균 가열 속도로, 소재로 한 강판을 Ac_1 점 이하의 온도 영역까지 가열하고, 이러한 Ac_1 점 이하의 온도 영역에서 10h 이상 100h 이하 유지한 후, $5^\circ\text{C}/\text{h}$ 이상 $100^\circ\text{C}/\text{h}$ 이하의 평균 냉각 속도로 냉각하면, 강판 표층의 평균 질소 농도가 0.040질량% 이상 0.200질량% 이하로 되는 것이 확인되었다. 즉, 질소 농도를 체적분율로 25% 이상으로 제어한 분위기에 있어서, $5^\circ\text{C}/\text{h}$ 이상 $100^\circ\text{C}/\text{h}$ 이하의 평균 가열 속도로, Ac_1 점 이하의 온도 영역까지 강판을 가열하고, 이러한 Ac_1 점 이하의 온도 영역에서 10h 이상 100h 이하 유지한 후, $5^\circ\text{C}/\text{h}$ 이상 $100^\circ\text{C}/\text{h}$ 이하의 평균 냉각 속도로 냉각함으로써, 강판 표층에 있어서 50nm 이하의 미세한 AlN이 생성된다. 그 결과, 강판 표층의 평균 질소 농도는 0.040질량% 이상 0.200질량% 이하로 된다고 생각된다. 또한, 상기와 같은 어닐링에 의해 생성한 미세한 AlN의 조직은 냉간 가공에 의해 변화되는 일은 거의 없고, 침탄 열 처리 시에 구 오스테나이트의 입성장 억제에 기여하게 된다.

[0105] 이상과 같이, 본 발명자들이 예의 검토한 결과, 침탄용 강판의 강판 표층(강판의 최표면으로부터 깊이 $50\mu\text{m}$ 까지의 영역)에 있어서의 평균 질소 농도가 0.040질량% 이상이면, 강판 표층에는 미세한 AlN이 생성되어 있고, 침

탄 부재에 있어서 충격값이 향상되는 것이 밝혀졌다. 강판 표층에 있어서의 평균 질소 농도는, 바람직하게는 0.045질량% 이상이다. 한편, 강판 표층에 있어서의 평균 질소 농도가 0.200질량%를 초과하는 경우에는, 조대한 질화물이 생성되어 인성이 열화된다. 그 때문에, 강판 표층에 있어서의 평균 질소 농도는 0.200질량%를 상한으로 한다. 강판 표층에 있어서의 평균 질소 농도는, 바람직하게는 0.150질량% 이하이다.

[0106] 이어서, 강판 표면에 있어서의 평균 질소 농도의 특정 방법에 대하여 설명한다.

[0107] 앞서 언급한 바와 같이, 어닐링에 의해 생성한 미세한 AlN의 조직은, 냉간 가공에 의해 변화되는 일은 거의 없고, 침탄 열처리 시에 있어서, 구 오스테나이트의 입성장 억제에 기여한다. 그 때문에, 열간 압연 강판 또는 냉간 압연 강판을 어닐링에 제공한 후의 침탄용 강판을 사용하여, 질소의 프로파일을 조사하면 된다.

[0108] 구체적으로는, 먼저, 침탄용 강판으로부터, 그 표면에 수직인 단면(판 두께 단면)을 관찰할 수 있도록 샘플을 잘라낸다. 샘플의 길이는 측정 장치에 따라 다르지만, 10mm 내지 25mm 정도이면 된다. 니혼 덴시제의 크로스 섹션 폴리셔와 니혼 덴시제의 시료 회전 홀더를 사용하여, 아르곤 이온빔에 의해, 측정면에 줄무늬형의 요철이 발생하지 않도록 측정면을 조정한다. 그 후, 파장 분산형 X선 분광기 및 전계 방사형 전자총을 탑재한 전자 프로브 마이크로 애널라이저를 사용하여, 강판의 최표면으로부터 판 두께 중앙부(판 두께 1/2 위치)까지의 질소의 농도 프로파일을 50nm 간격으로 측정한다. 그 후, 강판의 최표층으로부터 깊이 50μm의 위치까지의 질소 농도(단위:질량%)의 평균값을 산출하고, 앞서 언급한 바와 같은 강판 표층에 있어서의 평균 질소 농도라고 한다. 또한, 판 두께 중앙부로부터 표면측을 향해 100μm까지의 질소 농도(단위:질량%)의 평균값을, 판 두께 중앙부의 평균 질소 농도라고 한다. 또한, 어닐링 공정에 있어서의 질소의 침입량은 코일의 표면에서 큰 차이가 없기 때문에, 상기 측정은 강판의 표면의 어느 한쪽에서 실시하면 된다.

[0109] <침탄용 강판의 판 두께에 대하여>

[0110] 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판의 판 두께에 대해서는, 특별히 한정하는 것은 아니지만, 예를 들어 2mm 이상으로 하는 것이 바람직하다. 침탄용 강판의 판 두께를 2mm 이상으로 함으로써, 코일 폭 방향의 판 두께 차를 더 작게 하는 것이 가능해진다. 침탄용 강판의 판 두께는, 보다 바람직하게는 2.3mm 이상이다. 또한, 침탄용 강판의 판 두께는 특별히 한정되는 것은 아니지만, 6mm 이하로 하는 것이 바람직하다. 침탄용 강판의 판 두께를 6mm 이하로 함으로써, 프레스 성형 시의 하중을 낮게 하고, 부품으로의 성형을 더 용이한 것으로 할 수 있다. 침탄용 강판의 판 두께는, 보다 바람직하게는 5.8mm 이하이다.

[0111] 이상, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판에 대하여, 상세하게 설명했다.

[0112] (침탄용 강판의 제조 방법에 대하여)

[0113] 이어서, 이상 설명한 바와 같은 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판을 제조하기 위한 방법에 대하여, 상세하게 설명한다.

[0114] 이상 설명한 바와 같은 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판을 제조하기 위한 제조 방법은, (A) 앞서 설명한 바와 같은 화학 조성을 갖는 강재를 사용하여, 소정의 조건에 의거하여 열간 압연 강판을 제조하는 열간 압연 공정과, (B) 얻어진 열간 압연 강판, 또는 열간 압연 공정 후에 냉간 압연이 실시된 강판에 대하여, 소정의 열처리 조건에 의거하여 어닐링 처리를 실시하는 어닐링 공정을 포함한다.

[0115] 이하, 상기한 열간 압연 공정 및 어닐링 공정에 대하여, 상세하게 설명한다.

[0116] <열간 압연 공정에 대하여>

[0117] 이하에 상세하게 설명하는 열간 압연 공정은, 소정의 화학 조성을 갖는 강재를 사용하여, 소정의 조건에 의거하여 열간 압연 강판을 제조하는 공정이다.

[0118] 여기서, 열간 압연에 제공하는 강편(강재)은, 통상의 방법으로 제조한 강편이면 되고, 예를 들어 연속 주조 슬래브, 박 슬래브 캐스터 등의 일반적인 방법으로 제조한 강편을 사용할 수 있다.

[0119] 또한, 인성 향상의 관점에서, 열간 압연에 제공하는 강재에 있어서, MnS 등의 개재물이나 Mn의 중심 편석은 적으면 적을수록 좋다. 그 때문에, 예를 들어 열간 압연에 제공하는 강편을 얻기 위한 연속 주조 공정에 있어서, 단위 시간당 용강 주입량을 제어함으로써 소정의 개재물을 생성하거나, 또는 주조편이 완전 응고되기 전에 중심 편석 저감 처리를 실시하거나 하는, 강재 전전화 처리를 실시하는 것이 바람직하다.

[0120] 보다 상세하게는, 앞서 설명한 바와 같은 화학 조성을 갖는 강재를 사용하고, 이러한 강재를 가열하여 열간 압

연에 제공하고, 열간 마무리 압연을, 800°C 이상 920°C 미만의 온도 영역에서 종료하고, 700°C 이하의 온도에서 권취함으로써, 열간 압연 강판으로 한다. 이때, 열간 마무리 압연 후의 냉각 개시 시간을, 열간 마무리 압연의 종료 시로부터 1초 이내로 하고, 또한 열간 마무리 압연 후의 평균 냉각 속도를 50°C/s 초과로 한다.

[0121] [열간 마무리 압연의 압연 온도:800°C 이상 920°C 미만]

본 실시 형태에 관한 열간 압연 공정에서는, 열간 마무리 압연의 압연을, 800°C 이상의 압연 온도에서 행할 필요가 있다. 열간 마무리 압연 시의 압연 온도(즉, 마무리 압연 온도)가 800°C 미만으로 되어 저온화된 경우에는, 페라이트 변태 개시 온도도 저하되기 때문에, 석출되는 탄화물이 조대화되어 버린다. 이에 의해, 후단의 어닐링 공정에 있어서 이들 조대한 탄화물의 입성장이 조장되는 결과, 굽힘성이 열화되어 버린다. 따라서, 본 실시 형태에 관한 열간 압연 공정에서는, 마무리 압연 온도를 800°C 이상으로 한다. 마무리 압연 온도는, 바람직하게는 830°C 이상이다. 한편, 마무리 압연 온도가 920°C 이상으로 된 경우에는, 오스테나이트 입자의 조대화가 현저해져, 페라이트의 핵 생성 사이트가 감소한 결과, 페라이트의 변태 개시 온도가 저하되고, 석출되는 탄화물이 조대화되기 쉬워진다. 이러한 경우에는, 후단의 어닐링 공정에 있어서 이들 조대한 탄화물의 입성장이 조장되는 결과, 굽힘성이 열화되어 버린다. 따라서, 본 실시 형태에 관한 열간 압연 공정에서는, 마무리 압연 온도를 920°C 미만으로 한다. 마무리 압연 온도는, 바람직하게는 900°C 미만이다.

[0123] [권취 온도:700°C 이하]

앞서 언급한 바와 같이, 침탄용 강판의 마이크로 조직은, 전체 탄화물 중 애스펙트비가 2.0 이하인 탄화물의 개수 비율이 80% 이상이고, 전체 탄화물 중 페라이트의 결정립 내에 형성한 탄화물의 개수 비율이 60% 이상이고, 탄화물의 평균 원 상당 직경이 5.0 μm 이하이고, 강판 표층의 평균 질소 농도가 0.040질량% 이상 0.200질량% 이하일 필요가 있다. 그것을 위해서는, 후단의 어닐링 공정(보다 상세하게는, 구상화 어닐링)에 제공되기 전의 강판 조직(열간 압연 강판 조직)은 주로, 면적률로 10% 이상 80% 이하의 페라이트와, 면적률로 10% 이상 60% 이하의 페라이트를, 면적률의 합계가 100% 이하로 되도록 함유하고, 잔부는 베이나이트, 마르텐사이트, 템퍼링 마르텐사이트 및 잔류 오스테나이트의 적어도 어느 것으로 구성되는 것이 바람직하다.

본 실시 형태에 관한 열간 압연 공정에 있어서, 권취 온도가 700°C를 초과한 경우에는, 페라이트 변태가 과도하게 촉진되는 결과 페라이트의 생성이 억제되어 버려, 어닐링 후의 침탄용 강판에 있어서, 전체 탄화물 중 애스펙트비가 2.0 이하인 탄화물의 개수 비율을 80% 이상으로 제어하는 것이 곤란해진다. 그 때문에, 본 실시 형태에 관한 열간 압연 공정에서는, 권취 온도의 상한을 700°C로 한다. 본 실시 형태에 관한 열간 압연 공정의 권취 온도에 대하여, 하한은 특별히 규정하는 것은 아니다. 단, 실조업상, 실온 이하에서 권취하는 것은 곤란하기 때문에, 실온이 실질의 하한이 된다. 또한, 본 실시 형태에 관한 열간 압연 공정의 권취 온도는 후단의 어닐링 공정 후의 탄화물의 애스펙트비를 더 작게 한다는 관점에서, 400°C 이상인 것이 바람직하다.

[0126] [열간 마무리 압연 후의 냉각 개시 시간:열간 마무리 압연의 종료 시로부터 1초 이내]

[0127] [열간 마무리 압연 후의 평균 냉각 속도:50°C/s 초과]

본 실시 형태에 관한 열간 압연 공정에서는, 열간 마무리 압연의 종료 시로부터 1초 이내에, 평균 냉각 속도가 50°C/s 초과인 냉각을 개시한다. 이에 의해, 열간 마무리 압연 후의 오스테나이트 입자를 미세화하는 것이 가능해진다. 열간 마무리 압연 후의 오스테나이트 입자가 미세화됨으로써, 후단의 어닐링 공정(보다 상세하게는, 구상화 어닐링) 후의 페라이트의 평균 입경을, 10 μm 미만으로 제어하는 것이 가능해진다.

[0129] 열간 마무리 압연 후의 냉각 개시 시간, 종료 시로부터 1초를 초과하는 경우에는, 오스테나이트 입자가 조대화되고, 구상화 어닐링 후의 페라이트의 평균 결정립 직경이 10 μm 를 초과해 버려, 결정립을 미세화하는 것에 의한 효과를 발현시킬 수 없다. 열간 마무리 압연 후의 냉각 개시 시간은, 바람직하게는 종료 시로부터 0.8초 이내이다. 냉각 개시 시간의 하한값은 특별히 규정하는 것은 아니다. 단, 실조업상, 냉각 개시 시간을 종료 시로부터 0.01초 미만으로 하는 것은 곤란하기 때문에, 0.01초가 실질적인 하한으로 된다.

[0130] 또한, 열간 마무리 압연 후의 평균 냉각 속도가 50°C/s 이하로 되는 경우에는, 오스테나이트 입자가 조대화되고, 후단의 구상화 어닐링 후의 페라이트의 평균 결정립 직경이 10 μm 초과가 되어 버린다. 열간 마무리 압연 후의 평균 냉각 속도는, 바람직하게는 55°C/s 이상이다. 평균 냉각 속도의 상한값은 특별히 규정하는 것은 아니다. 단, 실조업상, 평균 냉각 속도를 300°C/s 이상으로 하는 것은 곤란하기 때문에, 300°C/s가 실질적인 상한으로 된다.

[0131] 또한, 상기와 같은 열간 압연 공정에서 권취한 강판(열간 압연 강판)을 되감아 산세하고, 냉간 압연을 실시해도

된다. 산세에 의해 강판 표면의 산화물을 제거함으로써, 구멍 확장성의 가일층의 향상 등을 도모할 수 있다. 또한, 산세는 1회여도 되고, 복수회로 나누어 행해도 된다. 냉간 압연은, 통상의 압하율(예를 들어, 30 내지 90%)로 행하는 냉간 압연이어도 된다. 열간 압연 강판 및 냉간 압연 강판에는 열간 압연 및 냉간 압연된 상태의 것 이외에도, 통상의 조건에서 조질 압연을 실시한 강판도 포함된다.

[0132] 본 실시 형태에 관한 열간 압연 공정에서는, 이상과 같이 하여, 열간 압연 강판이 제조된다. 제조된 열간 압연 강판, 또는 열간 압연 공정 후에 냉간 압연이 실시된 강판에 대하여, 또한, 이하에 상세하게 설명하는 어닐링 공정에 의해, 특정한 어닐링 처리를 실시함으로써, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판을 얻을 수 있다.

[0133] <어닐링 공정에 대하여>

[0134] 이하에 상세하게 설명하는 어닐링 공정은, 상기한 열간 압연 공정에 의해 얻어진 열간 압연 강판, 또는 열간 압연 공정 후에 냉간 압연이 실시된 강판에 대하여, 소정의 열처리 조건에 의거하여 어닐링 처리(구상화 어닐링 처리)를 실시하는 공정이다. 이러한 어닐링 처리에 의해, 열간 압연 공정에 있어서 생성한 펠라이트를 구상화 시켜, 구상화 어닐링 후의 페라이트의 평균 결정립 직경을 $10\mu\text{m}$ 미만으로 제어한다.

[0135] 보다 상세하게는, 상기와 같이 하여 얻어진 열간 압연 강판, 또는 열간 압연 공정 후에 냉간 압연이 실시된 강판을, 질소 농도를 체적분율로 25% 이상으로 제어한 분위기에서, $5^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 이상 $100^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 이하의 평균 가열 속도로, 하기 식 (101)에서 정의되는 Ac_1 점 이하의 온도 영역까지 가열하고, Ac_1 점 이하의 온도 영역에서 10h 이상 100h 이하 유지하는 어닐링 처리를 실시한 후, 어닐링 종료 시의 온도부터 550°C 까지의 온도 영역에 있어서의 평균 냉각 속도를 $5^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 이상 $100^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 이하로 하는 냉각을 실시한다.

[0136] 여기서, 하기 식 (101)에 있어서, [X]의 표기는, 원소 X의 함유량(단위:질량%)을 나타내고, 해당하는 원소를 함유하지 않는 경우는 제로를 대입하는 것으로 한다.

$$\begin{aligned} \text{Ac}_1 = & 750.8 - 26.6[\text{C}] + 17.6[\text{Si}] - 11.6[\text{Mn}] - 22.9[\text{Cu}] - 23[\text{Ni}] + 24.1[\text{Cr}] \\ & + 22.5[\text{Mo}] - 39.7[\text{V}] - 5.7[\text{Ti}] + 232.4[\text{Nb}] - 169.4[\text{Al}] - 894.7[\text{B}] \end{aligned}$$

• • • 식 (101)

[0137] [어닐링 분위기: 질소 농도를 체적분율로 25% 이상으로 제어한 분위기]

[0139] 상기와 같은 어닐링 공정에 있어서, 어닐링 분위기는 질소 농도를 체적분율로 25% 이상으로 제어한 분위기로 한다. 질소 농도가 체적분율로 25% 미만으로 되는 경우에는, 강판 표층의 평균 질소 농도를 0.040질량% 이상 0.200질량% 이하로 제어할 수 없다. 그 때문에, 본 실시 형태에 관한 어닐링 공정에 있어서, 어닐링 분위기에 있어서의 질소 농도를 체적분율로 25% 이상으로 한다. 어닐링 분위기에 있어서의 질소 농도는, 바람직하게는 체적분율로 75% 이상이고, 보다 바람직하게는 체적분율로 80% 이상이다. 또한, 이러한 질소 농도는 높으면 높을수록 바람직하지만, 질소 농도를 체적분율로 99% 이상으로 제어하는 것은 비용상 불리하기 때문에, 체적분율 99%가 실질적인 상한으로 된다.

[0140] 본 실시 형태에 관한 어닐링 공정에서는, 질소 원자를 포함하는 분자로 이루어지는 가스를 분위기 가스로서 도입하고, 어닐링 분위기를 제어하면서 열처리를 행한다. 예를 들어, 어닐링로 내에 마련한 가스 농도계를 사용하여, 어닐링 공정에 사용하는 가열로에 도입하는 분위기 가스의 유량 등을 조정함으로써, 어닐링 분위기를 제어하면 된다.

[0141] 또한, 분위기 가스의 잔부는 질소 이외의 불활성 가스를 주체로 하면 되고, 예를 들어 수소, 아르곤 등의 환원성 가스를 적절히 사용하면 된다. 보다 구체적으로는, 어닐링 분위기로 하고, 질소 농도를 체적분율로 75% 이상으로 하고, 잔부를 수소로 해도 된다. 또한, 소량이라면, 분위기 가스에 산소 등의 가스가 포함되어도 문제 없다.

[0142] [가열 조건: $5^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 이상 $100^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 이하의 평균 가열 속도로 Ac_1 점 이하의 온도 영역까지]

[0143] 본 실시 형태에 관한 어닐링 공정에서는, 상기와 같은 열간 압연 강판 또는 열간 압연 공정 후에 냉간 압연이 실시된 강판을, $5^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 이상 $100^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 이하의 평균 가열 속도로, 상기 식 (101)에서 정하는 Ac_1 점 이하의 온도 영역까지 가열할 필요가 있다. 평균 가열 속도가 $5^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 미만인 경우에는, 탄화물의 평균 원 상당 직경이 $5.0\mu\text{m}$ 을 초과하여, 굽힘성이 열화된다. 한편, 평균 가열 속도가 $100^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 를 초과하는 경우에는, 탄화물의 구상화가 충분히 촉진되지 않아, 전체 탄화물 중 애스펙트비가 2.0 이하인 탄화물의 개수 비율을 80% 이상으로 제어하는 것

이 곤란해진다. 또한, 가열 온도가, 상기 식 (101)에서 정하는 Ac_1 점을 초과하는 경우에는, 전체 탄화물 중 페라이트의 결정립 내에 형성한 탄화물의 개수 비율이 60% 미만으로 되어 버려, 양호한 굽힘성을 얻을 수 없다. 또한, 가열 온도의 온도 영역의 하한은 특별히 규정하는 것은 아니지만, 가열 온도의 온도 영역이 600°C 미만이면, 어닐링 처리에 있어서의 유지 시간이 길어져, 제조 비용이 불리해진다. 그 때문에, 가열 온도의 온도 영역은 600°C 이상으로 하는 것이 바람직하다. 탄화물의 상태를 더 적절하게 제어하기 위해, 본 실시 형태에 관한 어닐링 공정에 있어서의 평균 가열 속도는 20°C/h 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또한, 탄화물의 상태를 더 적절하게 제어하기 위해, 본 실시 형태에 관한 어닐링 공정에 있어서의 평균 가열 온도는, 50°C/h 이하로 하는 것이 바람직하다. 탄화물의 상태를 더 적절하게 제어하기 위해, 본 실시 형태에 관한 어닐링 공정에 있어서의 가열 온도의 온도 영역은 630°C 이상으로 하는 것이 보다 바람직하다. 또한, 탄화물의 상태를 더 적절하게 제어하기 위해, 본 실시 형태에 관한 어닐링 공정에 있어서의 가열 온도의 온도 영역은, 670°C 이하로 하는 것이 보다 바람직하다.

[0144] [유지 시간: Ac_1 점 이하의 온도 영역에서 10h 이상 100h 이하]

[0145] 본 실시 형태에 관한 어닐링 공정에서는, 상기와 같은 Ac_1 점 이하(바람직하게는, 600°C 이상 Ac_1 점 이하)의 온도 영역을, 10h 이상 100h 이하 유지할 필요가 있다. 유지 시간이 10h 미만인 경우에는, 탄화물의 구상화가 충분히 촉진되지 않아, 전체 탄화물 중 애스펙트비가 2.0 이하인 탄화물의 개수 비율을 80% 이상으로 제어하는 것이 곤란해진다. 한편, 유지 시간이 100h를 초과하는 경우에는, 탄화물의 평균 원 상당 직경이 5.0μm를 초과하여, 굽힘성이 열화된다. 탄화물의 상태를 더 적절하게 제어하기 위해, 본 실시 형태에 관한 어닐링 공정에 있어서의 유지 시간은 20h 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또한, 탄화물의 상태를 더 적절하게 제어하기 위해, 본 실시 형태에 관한 어닐링 공정에 있어서의 유지 시간은 80h 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0146] [냉각 조건:5°C/h 이상 100°C/h 이하의 평균 냉각 속도로 냉각]

[0147] 본 실시 형태에 관한 어닐링 공정에 있어서, 상기와 같은 가열 유지 후, 강판을 5°C/h 이상 100°C/h 이하의 평균 냉각 속도로 냉각한다. 여기서, 평균 냉각 속도란, 가열 유지 온도(환연하면, 어닐링 종료 시의 온도)부터 550°C까지의 평균 냉각 속도이다. 평균 냉각 속도가 5°C/h 미만인 경우에는, 탄화물이 지나치게 조대화되어, 굽힘성이 열화된다. 한편, 평균 냉각 속도가 100°C/h를 초과하는 경우에는, 탄화물의 구상화가 충분히 촉진되지 않아, 전체 탄화물 중 애스펙트비가 2.0 이하인 탄화물의 개수 비율을 80% 이상으로 제어하는 것이 곤란해진다. 탄화물의 상태를 더 적절하게 제어하기 위해, 가열 유지 온도부터 550°C까지의 평균 냉각 속도는 20°C/h 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또한, 탄화물의 상태를 더 적절하게 제어하기 위해, 본 실시 형태에 관한 어닐링 공정에 있어서의 가열 유지 온도부터 550°C까지의 평균 냉각 속도는 50°C/h 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0148] 또한, 본 실시 형태에 관한 어닐링 공정에 있어서, 550°C 미만의 온도 영역에 있어서의 평균 냉각 속도는 특별히 규정하는 것은 아니고, 임의의 평균 냉각 속도로 소정의 온도 영역까지 냉각하면 된다. 또한, 냉각을 정지하는 온도의 하한은 특별히 규정하는 것은 아니다. 단, 실온 이하까지 냉각하는 것은 실조업상 곤란하기 때문에, 실온이 실질적인 하한으로 된다.

[0149] 이상, 본 실시 형태에 관한 어닐링 공정에 대하여, 상세하게 설명했다.

[0150] 이상 설명한 바와 같은 열간 암연 공정 및 어닐링 공정을 실시함으로써, 앞서 설명한 바와 같은, 본 실시 형태에 관한 침탄용 강판을 제조할 수 있다.

[0151] 또한, 이상 설명한 바와 같은 어닐링 공정을 실시하기 전에, 열간 암연 후의 강판을, 대기 중, 40°C 이상 70°C 이하의 온도 영역에서, 72h 이상 350h 이하 유지해도 된다. 이와 같은 유지를 행함으로써, 페라이트 결정립 내에 고용하는 탄소의 응집체를 형성시킬 수 있다. 이러한 탄소의 응집체는 페라이트의 결정립 내에 있어서 수원자의 탄소가 응집한 것이다. 이와 같은 탄소의 응집체를 형성시킴으로써, 후단의 어닐링 공정에 있어서 탄화물의 형성이 더 촉진된다. 그 결과, 어닐링 후의 강판에 있어서 전이의 이동도를 더 향상시켜, 어닐링 후의 강판의 성형성을 더 향상시킬 수 있다.

[0152] 또한, 이상과 같이 하여 얻어진 침탄용 강판에 대하여, 예를 들어 후속 공정으로서 냉간 가공이 실시될 수 있다. 또한, 냉간 가공된 상기한 침탄용 강판에 대해서는, 예를 들어 탄소 포텐셜이 0.4 내지 1.0질량%인 범위에서, 침탄 열처리가 실시될 수 있다. 침탄 열처리의 조건은 특별히 한정되는 것은 아니고, 원하는 특성이 얻어지도록 적절히 조정하는 것이 가능하다. 예를 들어, 침탄용 강판을 오스테나이트 단상 영역 온도까지 가열하고, 침탄 처리한 후, 그대로 실온까지 냉각해도 되고, 일단 실온까지 냉각한 후에, 재가열하고, 급속 냉각해

도 된다. 또한, 강도의 조정을 목적으로 하여, 부재의 전부 또는 일부에 대하여, 템퍼링 처리를 실시해도 된다. 또한, 방청 효과를 얻을 것을 목적으로 하여, 강판 표면에 도금을 실시해도 되고, 피로 특성의 향상을 목적으로 하여, 강판 표면에 솟 피닝을 실시해도 된다.

[0153] 실시예

[0154] 이어서, 본 발명의 실시예에 대하여 설명한다. 또한, 실시예에서의 조건은, 본 발명의 실시 가능성 및 효과를 확인하기 위해 채용한 일 조건예이고, 본 발명은 이 일 조건예에 한정되는 것은 아니다. 본 발명은, 본 발명의 요지를 일탈하지 않고, 본 발명의 목적을 달성하는 한에 있어서, 다양한 조건을 채용할 수 있는 것이다.

[0155] (시험예)

[0156] 이하의 표 1-1 및 표 1-2에 나타내는 화학 조성을 갖는 강재를, 이하의 표 2-1 내지 표 2-3에 나타내는 조건에서 열간 압연(및 냉간 압연)한 후, 어닐링을 실시하여, 침탄용 강판을 얻었다. 이하의 표 2-1 내지 표 2-3에 나타내는 조건에서 열간 압연을 행한 후, 대기 중, 55°C에서 105시간 유지한 후, 이하의 표 2-1 내지 표 2-3에 나타내는 조건에서 어닐링을 행하였다. 여기서, 이하의 표 2-1 내지 표 2-3에 나타내는 조건의 일례에 있어서는, 열간 압연에 제공하는 강재를 얻기 위한 연속 주조 공정에 있어서, 단위 시간당 용강 주입량을 제어함으로써, 강재 견전화 처리를 실시했다. 또한, 이하의 표 1-1 및 표 1-2, 그리고 표 2-1 내지 표 2-3에 있어서, 밀출은 본 발명의 범위 외인 것을 나타낸다.

[0157]

[표 1-1]

| No. | 모재·장판의 화학 성분(mass%, 친부는 Fe 및 풀순률이니.) | | | | | | | | | | | | | | | | | 비고 | |
|-----|--------------------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-----|-------------------------|
| | C | Si | Mn | P | S | solAl | N | Cr | Mo | Ni | Cu | Co | Nb | Ti | V | B | W | Ca | Ac ₁ (°C) |
| 1 | 0.03 | 0.020 | 0.21 | 0.018 | 0.0040 | 0.0180 | 0.0101 | 0.030 | 0.836 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.008 | 0.0000 | 0.0003 | 0.00 | 0.000 | 764 | |
| 2 | 0.08 | 0.010 | 0.38 | 0.014 | 0.0051 | 0.0230 | 0.0064 | 0.020 | 0.835 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.009 | 0.0000 | 0.0004 | 0.00 | 0.000 | 760 | |
| 3 | 0.14 | 0.010 | 0.66 | 0.014 | 0.0038 | 0.0530 | 0.0051 | 0.020 | 0.018 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.004 | 0.0000 | 0.0001 | 0.00 | 0.000 | 731 | |
| 4 | 0.05 | 0.110 | 1.54 | 0.014 | 0.0041 | 0.0190 | 0.0116 | 0.250 | 0.654 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.005 | 0.0000 | 0.0002 | 0.00 | 0.000 | 751 | |
| 5 | 0.08 | 0.100 | 2.10 | 0.017 | 0.0051 | 0.0260 | 0.0050 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 0.000 | 722 | |
| 6 | 0.13 | 0.030 | 0.76 | 0.013 | 0.0052 | 0.0110 | 0.0057 | 1.510 | 0.017 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.004 | 0.0000 | 0.0002 | 0.00 | 0.000 | 774 | |
| 7 | 0.01 | 0.010 | 0.50 | 0.013 | 0.0038 | 0.0370 | 0.0088 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 0.000 | 739 | 비교예 |
| 8 | 0.18 | 0.020 | 0.54 | 0.016 | 0.0049 | 0.0340 | 0.0035 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 0.000 | 734 | |
| 9 | 0.22 | 0.030 | 0.44 | 0.018 | 0.0045 | 0.0320 | 0.0111 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 0.000 | 735 | | |
| 10 | 0.27 | 0.010 | 0.39 | 0.018 | 0.0054 | 0.0460 | 0.0116 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 0.000 | 731 | | |
| 11 | 0.41 | 0.030 | 0.49 | 0.018 | 0.0053 | 0.0150 | 0.0089 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 0.000 | 732 | 비교예 | |
| 12 | 0.07 | 0.001 | 0.45 | 0.015 | 0.0055 | 0.0220 | 0.0087 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 0.000 | 740 | 비교예 | |
| 13 | 0.08 | 1.540 | 0.53 | 0.017 | 0.0038 | 0.0140 | 0.0113 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 0.000 | 767 | 비교예 | |
| 14 | 0.06 | 0.020 | 0.002 | 0.014 | 0.0050 | 0.0440 | 0.0087 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 0.000 | 742 | 비교예 | |
| 15 | 0.08 | 0.020 | 3.55 | 0.016 | 0.0046 | 0.0150 | 0.0115 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 0.000 | 705 | 비교예 | |
| 16 | 0.06 | 0.020 | 0.48 | 0.015 | 0.0037 | 0.0320 | 0.0082 | 1.520 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 0.000 | 775 | | |
| 17 | 0.07 | 0.010 | 0.51 | 0.016 | 0.0060 | 0.0310 | 0.0071 | 0.000 | 0.540 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 0.000 | 750 | | |
| 18 | 0.08 | 0.030 | 0.54 | 0.015 | 0.0047 | 0.0290 | 0.0033 | 0.000 | 0.390 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 0.000 | 729 | | |
| 19 | 0.08 | 0.030 | 0.54 | 0.016 | 0.0039 | 0.0130 | 0.0104 | 0.000 | 0.000 | 0.700 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 0.000 | 725 | | |
| 20 | 0.08 | 0.030 | 0.43 | 0.017 | 0.0036 | 0.0320 | 0.0066 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.550 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 0.000 | 739 | | |
| 21 | 0.06 | 0.020 | 0.39 | 0.017 | 0.0045 | 0.0420 | 0.0078 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.032 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 0.000 | 745 | |
| 22 | 0.07 | 0.010 | 0.49 | 0.015 | 0.0048 | 0.0370 | 0.0098 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.018 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 0.000 | 737 | |
| 23 | 0.06 | 0.020 | 0.58 | 0.014 | 0.0051 | 0.0490 | 0.0083 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0610 | 0.0000 | 0.00 | 0.000 | 732 | | |
| 24 | 0.07 | 0.010 | 0.54 | 0.014 | 0.0046 | 0.0350 | 0.0043 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0015 | 0.00 | 0.000 | 736 | | |
| 25 | 0.08 | 0.010 | 0.48 | 0.013 | 0.0050 | 0.0360 | 0.0043 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 0.000 | 737 | | |
| 26 | 0.07 | 0.020 | 0.58 | 0.015 | 0.0038 | 0.0140 | 0.0056 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.22 | 0.000 | 740 | | |
| 27 | 0.07 | 0.020 | 0.50 | 0.018 | 0.0038 | 0.0460 | 0.0065 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 0.004 | 736 | | |
| 28 | 0.06 | 0.030 | 0.47 | 0.017 | 0.0048 | 0.0400 | 0.0119 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 0.000 | 738 | | |
| 29 | 0.08 | 0.006 | 0.38 | 0.016 | 0.0058 | 0.0153 | 0.0048 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0003 | 0.000 | 0.000 | 741 | | |
| 30 | 0.07 | 0.460 | 0.40 | 0.018 | 0.0058 | 0.0150 | 0.0043 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0003 | 0.000 | 0.000 | 749 | | |

[0158]

[0159]

[표 1-2]

| No. | 보제 강판의 화학 성분(mass%, 전부는 Fe 및 불순물이다.) | | | | | | | | | | | | | | | | | | A_{C1} (°C) | 비고 |
|-----|--------------------------------------|-------|------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|------------------|----|
| | C | Si | Mn | P | S | solAl | N | Cr | Mo | Ni | Cu | Co | Nb | Ti | V | B | W | Ca | | |
| 31 | 0.05 | 0.012 | 0.02 | 0.018 | 0.0056 | 0.0148 | 0.0043 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.008 | 0.0000 | 0.0003 | 0.000 | 0.000 | 747 | - | |
| 32 | 0.09 | 0.008 | 2.88 | 0.016 | 0.0052 | 0.0152 | 0.0046 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.008 | 0.0000 | 0.0003 | 0.000 | 0.000 | 713 | - | |
| 33 | 0.06 | 0.012 | 0.39 | 0.089 | 0.0053 | 0.0147 | 0.0049 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.008 | 0.0000 | 0.0003 | 0.000 | 0.000 | 742 | - | |
| 34 | 0.08 | 0.009 | 0.37 | 0.019 | 0.0050 | 0.0154 | 0.0043 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.008 | 0.0000 | 0.0003 | 0.000 | 0.000 | 742 | - | |
| 35 | 0.09 | 0.009 | 0.42 | 0.019 | 0.0051 | 0.0004 | 0.0046 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.008 | 0.0000 | 0.0003 | 0.000 | 0.000 | 743 | - | |
| 36 | 0.05 | 0.012 | 0.41 | 0.019 | 0.0059 | 2.9000 | 0.0048 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.008 | 0.0000 | 0.0003 | 0.000 | 0.000 | 252 | - | |
| 37 | 0.08 | 0.010 | 0.38 | 0.014 | 0.0051 | 0.0230 | 0.0002 | 0.020 | 0.055 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.009 | 0.0000 | 0.0004 | 0.000 | 0.000 | 760 | - | |
| 38 | 0.08 | 0.010 | 0.38 | 0.014 | 0.0051 | 0.0230 | 0.0310 | 0.020 | 0.055 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.009 | 0.0000 | 0.0004 | 0.000 | 0.000 | 780 | - | |
| 39 | 0.05 | 0.010 | 0.42 | 0.016 | 0.0052 | 0.0153 | 0.0044 | 0.007 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.008 | 0.0000 | 0.0003 | 0.000 | 0.000 | 742 | - | |
| 40 | 0.09 | 0.010 | 0.42 | 0.019 | 0.0057 | 0.0151 | 0.0049 | 2.940 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.008 | 0.0000 | 0.0003 | 0.000 | 0.000 | 812 | - | |
| 41 | 0.08 | 0.010 | 0.36 | 0.018 | 0.0051 | 0.0150 | 0.0043 | 0.000 | 0.007 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.008 | 0.0000 | 0.0003 | 0.000 | 0.000 | 742 | - | |
| 42 | 0.07 | 0.008 | 0.38 | 0.016 | 0.0057 | 0.0151 | 0.0047 | 0.000 | 0.020 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.008 | 0.0000 | 0.0003 | 0.000 | 0.000 | 762 | - | |
| 43 | 0.08 | 0.010 | 0.36 | 0.017 | 0.0051 | 0.0148 | 0.0048 | 0.000 | 0.000 | 0.030 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0003 | 0.000 | 0.000 | 741 | - | |
| 44 | 0.08 | 0.009 | 0.44 | 0.017 | 0.0051 | 0.0153 | 0.0043 | 0.000 | 0.000 | 2.880 | 0.000 | 0.000 | 0.008 | 0.0000 | 0.0003 | 0.000 | 0.000 | 675 | - | |
| 45 | 0.06 | 0.011 | 0.42 | 0.018 | 0.0059 | 0.0152 | 0.0046 | 0.000 | 0.000 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.008 | 0.0000 | 0.0003 | 0.000 | 0.000 | 742 | - | |
| 46 | 0.09 | 0.012 | 0.37 | 0.019 | 0.0053 | 0.0146 | 0.0048 | 0.000 | 0.000 | 1.920 | 0.000 | 0.000 | 0.008 | 0.0000 | 0.0003 | 0.000 | 0.000 | 699 | - | |
| 47 | 0.06 | 0.012 | 0.37 | 0.018 | 0.0052 | 0.0147 | 0.0049 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.002 | 0.000 | 0.008 | 0.0000 | 0.0003 | 0.000 | 0.000 | 742 | - |
| 48 | 0.05 | 0.009 | 0.43 | 0.015 | 0.0052 | 0.0147 | 0.0044 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.008 | 0.0000 | 0.0003 | 0.000 | 0.000 | 742 | - | |
| 49 | 0.05 | 0.012 | 0.44 | 0.018 | 0.0051 | 0.0149 | 0.0044 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.016 | 0.008 | 0.0000 | 0.0003 | 0.000 | 746 | - | |
| 50 | 0.06 | 0.010 | 0.43 | 0.015 | 0.0052 | 0.0154 | 0.0046 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.140 | 0.008 | 0.0000 | 0.0003 | 0.000 | 772 | - | |
| 51 | 0.05 | 0.010 | 0.43 | 0.018 | 0.0058 | 0.0148 | 0.0043 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.012 | 0.0000 | 0.0003 | 0.000 | 0.000 | 742 | - |
| 52 | 0.05 | 0.012 | 0.42 | 0.019 | 0.0055 | 0.0047 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.130 | 0.0000 | 0.0003 | 0.000 | 0.000 | 741 | - | |
| 53 | 0.05 | 0.011 | 0.40 | 0.016 | 0.0059 | 0.0153 | 0.0048 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.008 | 0.0006 | 0.0003 | 0.000 | 0.000 | 742 | - | | |
| 54 | 0.06 | 0.010 | 0.39 | 0.018 | 0.0051 | 0.0146 | 0.0049 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.008 | 0.0100 | 0.0003 | 0.000 | 0.000 | 707 | - | | |
| 55 | 0.09 | 0.012 | 0.37 | 0.017 | 0.0054 | 0.0152 | 0.0049 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.008 | 0.0000 | 0.0007 | 0.000 | 0.000 | 741 | - | | |
| 56 | 0.07 | 0.012 | 0.40 | 0.018 | 0.0055 | 0.0153 | 0.0044 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.008 | 0.0000 | 0.0002 | 0.000 | 0.000 | 734 | - | |
| 57 | 0.06 | 0.008 | 0.41 | 0.015 | 0.0055 | 0.0146 | 0.0047 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.008 | 0.0000 | 0.0003 | 0.960 | 0.000 | 742 | - | |
| 58 | 0.09 | 0.011 | 0.42 | 0.018 | 0.0058 | 0.0153 | 0.0045 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.008 | 0.0000 | 0.0003 | 0.000 | 0.008 | 741 | - | |
| 59 | 0.08 | 0.010 | 0.38 | 0.014 | 0.0051 | 0.0230 | 0.0580 | 0.020 | 0.055 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.009 | 0.0000 | 0.0004 | 0.000 | 0.000 | 760 | [비교예] | |

[0160]

[0161]

[표 2-1]

| No. | 검 No. | 연속 주조 경계 체리 뉴트 (°C) | 열간 암연 | | | 냉간 암연 | | | 구성화 어닐링 | | | 판 두께 (mm) | 비고 | |
|-----|-------|------------------------------|----------------------|----------------|--------------|---------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|------------------|--------------|--------------------|-----|-----|
| | | | 마무리 암연 온도 (°C) | 관 채 온도 (°C) | 가시 시간 (s) | 냉각 속도 암연율 (%) | 평균 온도 (°C/s) | 증 기 온도 (%) | 어닐링 분위기 온도 (°C/h) | 평균 온도 (°C) | 유지 시간 (h) | 평균 온도 (°C/h) | | |
| 1 | 1 | 무 | 888 | 595 | 0.7 | 99 | — | 84 | 16 | 659 | 66 | 45 | 5.5 | 실시예 |
| 2 | 2 | 무 | 884 | 596 | 0.8 | 57 | — | 76 | 47 | 662 | 47 | 35 | 5.5 | 실시예 |
| 3 | 3 | 무 | 856 | 593 | 0.7 | 80 | — | 85 | 31 | 640 | 20 | 40 | 5.4 | 실시예 |
| 4 | 4 | 무 | 880 | 565 | 0.8 | 80 | — | 70 | 50 | 648 | 78 | 43 | 4.6 | 실시예 |
| 5 | 5 | 무 | 879 | 469 | 0.6 | 61 | — | 17 | 11 | 731 | 4 | 11 | 5.2 | 비교예 |
| 6 | 6 | 무 | 908 | 504 | 0.4 | 99 | — | 19 | 99 | 720 | 33 | 84 | 5.3 | 비교예 |
| 7 | 7 | 무 | 851 | 585 | 0.4 | 64 | — | 83 | 26 | 664 | 27 | 27 | 5.1 | 비교예 |
| 8 | 8 | 무 | 871 | 608 | 0.5 | 99 | — | 72 | 48 | 659 | 45 | 20 | 5.3 | 실시예 |
| 9 | 9 | 무 | 885 | 504 | 0.4 | 58 | — | 73 | 27 | 645 | 60 | 27 | 5.5 | 실시예 |
| 10 | 10 | 무 | 879 | 491 | 0.7 | 56 | — | 75 | 25 | 645 | 22 | 23 | 5.3 | 실시예 |
| 11 | 11 | 무 | 871 | 595 | 0.6 | 86 | — | 71 | 35 | 645 | 74 | 34 | 5.0 | 비교예 |
| 12 | 12 | 무 | 874 | 610 | 0.7 | 99 | — | 82 | 29 | 661 | 71 | 44 | 5.7 | 비교예 |
| 13 | 13 | 무 | 852 | 489 | 0.5 | 98 | — | 81 | 20 | 684 | 38 | 34 | 4.6 | 비교예 |
| 14 | 14 | 무 | 848 | 564 | 0.8 | 96 | — | 84 | 22 | 665 | 34 | 31 | 5.1 | 비교예 |
| 15 | 15 | 무 | 868 | 546 | 0.4 | 96 | — | 85 | 18 | 625 | 68 | 20 | 4.5 | 비교예 |
| 16 | 16 | 무 | 851 | 604 | 0.5 | 60 | — | 79 | 41 | 685 | 48 | 28 | 4.2 | 실시예 |
| 17 | 17 | 무 | 857 | 598 | 0.4 | 96 | — | 74 | 24 | 675 | 60 | 19 | 5.6 | 실시예 |
| 18 | 18 | 무 | 877 | 502 | 0.7 | 56 | — | 80 | 31 | 611 | 66 | 19 | 4.3 | 실시예 |
| 19 | 19 | 무 | 840 | 611 | 0.5 | 70 | — | 71 | 50 | 639 | 36 | 40 | 5.2 | 실시예 |
| 20 | 20 | 무 | 866 | 612 | 0.4 | 59 | — | 81 | 26 | 655 | 45 | 19 | 4.0 | 실시예 |
| 21 | 21 | 무 | 866 | 541 | 0.8 | 90 | — | 73 | 24 | 682 | 50 | 48 | 4.6 | 실시예 |
| 22 | 22 | 무 | 848 | 599 | 0.6 | 70 | — | 84 | 15 | 658 | 44 | 35 | 5.1 | 실시예 |
| 23 | 23 | 무 | 841 | 544 | 0.5 | 61 | — | 81 | 23 | 656 | 26 | 30 | 5.2 | 실시예 |
| 24 | 24 | 무 | 846 | 501 | 0.6 | 82 | — | 81 | 28 | 661 | 63 | 31 | 5.6 | 실시예 |
| 25 | 25 | 무 | 853 | 490 | 0.6 | 58 | — | 70 | 28 | 661 | 23 | 43 | 5.4 | 실시예 |
| 26 | 26 | 무 | 862 | 480 | 0.8 | 58 | — | 85 | 41 | 655 | 37 | 37 | 5.3 | 실시예 |
| 27 | 27 | 무 | 874 | 582 | 0.8 | 59 | — | 72 | 19 | 655 | 30 | 29 | 4.4 | 실시예 |
| 28 | 28 | 무 | 867 | 515 | 0.6 | 87 | — | 70 | 24 | 668 | 47 | 26 | 5.5 | 실시예 |
| 29 | 29 | 무 | 922 | 608 | 0.6 | 93 | — | 83 | 49 | 673 | 34 | 26 | 4.1 | 비교예 |
| 30 | 30 | 무 | 847 | 453 | 0.6 | 55 | — | 85 | 47 | 673 | 65 | 27 | 4.7 | 실시예 |
| 31 | 31 | 무 | 782 | 475 | 0.8 | 94 | — | 85 | 34 | 653 | 82 | 18 | 4.5 | 비교예 |
| 32 | 32 | 무 | 851 | 256 | 0.6 | 84 | — | 80 | 32 | 663 | 27 | 28 | 4.9 | 비교예 |
| 33 | 33 | 무 | 871 | 580 | 0.7 | 84 | — | 75 | 49 | 661 | 60 | 35 | 5.7 | 실시예 |

[0162]

[0163]

[표 2-2]

| No. | 정 No. | 연속 주조 장계 처리 부위 | 열간-임연 | | | 냉간-임연 | | | 구성화 어닐링 | | | 판두께 (mm) | 비고 | |
|-----|-------|----------------------|----------------------|---------------|--------------|-----------------------|-------------------|-------------------------|---------------------|--------------|-----------------------|-------------|-----|-----|
| | | | 마무리 임연 온도 (°C) | 관체 온도 (°C) | 개시 시간 (s) | 평균 냉각 속도 (°C/s) | 냉간- 임연율 (%) | 이닐링 분위기 증기 속도 (%) | 평균 기밀 온도 (°C) | 유지 시간 (h) | 평균 냉각 속도 (°C/h) | | | |
| 34 | 2 | 무 | 861 | 451 | 0.6 | 73 | 51 | 74 | 19 | 659 | 51 | 20 | 2.8 | 실시예 |
| 35 | 2 | 무 | 861 | 580 | 0.4 | 78 | — | 19 | 33 | 661 | 67 | 49 | 4.5 | 비교예 |
| 36 | 2 | 무 | 861 | 520 | 0.5 | 79 | — | 74 | 38 | 679 | 72 | 49 | 4.6 | 실시예 |
| 37 | 2 | 무 | 857 | 522 | 0.4 | 99 | — | 88 | 34 | 674 | 59 | 41 | 4.6 | 실시예 |
| 38 | 2 | 무 | 862 | 515 | 0.5 | 74 | — | 97 | 38 | 671 | 73 | 26 | 4.7 | 실시예 |
| 39 | 2 | 무 | 860 | 450 | 0.6 | 55 | — | 78 | 130 | 686 | 55 | 37 | 4.8 | 비교예 |
| 40 | 2 | 무 | 883 | 583 | 0.7 | 80 | — | 83 | 45 | 664 | 35 | 39 | 4.2 | 실시예 |
| 41 | 2 | 무 | 882 | 553 | 0.4 | 56 | — | 77 | 2 | 668 | 30 | 39 | 4.9 | 비교예 |
| 42 | 2 | 무 | 864 | 450 | 0.4 | 90 | — | 78 | 24 | 773 | 26 | 42 | 4.6 | 비교예 |
| 43 | 2 | 무 | 860 | 459 | 0.4 | 84 | — | 71 | 37 | 682 | 78 | 25 | 4.5 | 실시예 |
| 44 | 2 | 무 | 863 | 575 | 0.5 | 68 | — | 84 | 41 | 617 | 43 | 44 | 4.7 | 실시예 |
| 45 | 2 | 무 | 876 | 553 | 0.6 | 100 | — | 77 | 40 | 679 | 146 | 22 | 5.8 | 비교예 |
| 46 | 2 | 무 | 883 | 535 | 0.4 | 79 | — | 82 | 20 | 682 | 24 | 41 | 5.3 | 실시예 |
| 47 | 2 | 무 | 870 | 502 | 0.7 | 84 | — | 79 | 27 | 684 | 2 | 23 | 5.6 | 비교예 |
| 48 | 2 | 무 | 868 | 471 | 0.6 | 85 | — | 81 | 48 | 659 | 31 | 130 | 4.5 | 비교예 |
| 49 | 2 | 무 | 863 | 487 | 0.4 | 63 | — | 85 | 32 | 657 | 71 | 21 | 4.9 | 실시예 |
| 50 | 2 | 무 | 887 | 518 | 0.6 | 97 | — | 80 | 44 | 688 | 22 | 2 | 5.4 | 비교예 |
| 51 | 2 | 유 | 865 | 501 | 0.8 | 65 | — | 84 | 30 | 687 | 67 | 19 | 4.8 | 실시예 |
| 52 | 29 | 무 | 889 | 595 | 0.5 | 91 | — | 76 | 51 | 687 | 43 | 30 | 5.6 | 실시예 |
| 53 | 30 | 무 | 875 | 600 | 0.4 | 71 | — | 77 | 47 | 657 | 48 | 32 | 5.3 | 실시예 |
| 54 | 31 | 무 | 891 | 592 | 0.5 | 95 | — | 79 | 45 | 685 | 48 | 35 | 5.3 | 실시예 |
| 55 | 32 | 무 | 880 | 597 | 0.4 | 57 | — | 81 | 55 | 680 | 42 | 36 | 5.5 | 실시예 |
| 56 | 33 | 무 | 889 | 603 | 0.4 | 91 | — | 72 | 38 | 683 | 46 | 35 | 5.6 | 실시예 |
| 57 | 34 | 무 | 882 | 599 | 0.5 | 81 | — | 81 | 38 | 658 | 51 | 34 | 5.3 | 실시예 |
| 58 | 35 | 무 | 890 | 605 | 0.6 | 63 | — | 75 | 56 | 657 | 47 | 34 | 5.7 | 실시예 |
| 59 | 36 | 무 | 892 | 594 | 0.7 | 94 | — | 81 | 57 | 692 | 42 | 33 | 5.3 | 실시예 |
| 60 | 37 | 무 | 894 | 606 | 0.8 | 67 | — | 76 | 44 | 682 | 48 | 40 | 5.3 | 실시예 |
| 61 | 38 | 무 | 882 | 598 | 0.5 | 55 | — | 80 | 48 | 686 | 45 | 34 | 5.4 | 실시예 |
| 62 | 39 | 무 | 890 | 587 | 0.5 | 57 | — | 75 | 44 | 658 | 47 | 38 | 5.3 | 실시예 |
| 63 | 40 | 무 | 884 | 590 | 0.4 | 91 | — | 76 | 40 | 658 | 52 | 37 | 5.6 | 실시예 |
| 64 | 41 | 무 | 886 | 606 | 0.7 | 96 | — | 71 | 41 | 681 | 43 | 39 | 5.4 | 실시예 |
| 65 | 42 | 무 | 876 | 593 | 0.6 | 69 | — | 72 | 47 | 683 | 50 | 33 | 5.6 | 실시예 |
| 66 | 43 | 무 | 879 | 602 | 0.4 | 64 | — | 75 | 39 | 688 | 44 | 35 | 5.3 | 실시예 |

[0164]

[0165]

[표 2-3]

| No. | 강 No. | 연속 주조 강재 유무 | 열간 암연 | | | 냉간 암연 | | | 구상화 어닐링 | | | 판 두께 (mm) | 비고 | |
|-----|-------|-------------------|----------------------|----------------|--------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|-----------------|--------------|-----------------------|--------------|-----|-----|
| | | | 마무리 임연 온도 (°C) | 관 츄 온도 (°C) | 개시 시간 (s) | 평균 냉각 속도 (°C/s) | 냉각 임연 온도 (K) | 어닐링 증 질소 농도 (%) | 가열 온도 (°C/h) | 유지 시간 (h) | 평균 냉각 속도 (°C/h) | | | |
| 67 | 44 | 무 | 878 | 601 | 0.4 | 70 | — | 77 | 47 | 659 | 48 | 40 | 5.6 | 실시체 |
| 68 | 45 | 무 | 889 | 591 | 0.7 | 65 | — | 78 | 37 | 657 | 47 | 37 | 5.8 | 실시체 |
| 69 | 46 | 무 | 881 | 590 | 0.7 | 58 | — | 79 | 40 | 659 | 42 | 39 | 5.4 | 실시체 |
| 70 | 47 | 무 | 887 | 597 | 0.5 | 75 | — | 76 | 49 | 652 | 51 | 31 | 5.3 | 실시체 |
| 71 | 48 | 무 | 881 | 587 | 0.4 | 59 | — | 75 | 47 | 658 | 49 | 38 | 5.6 | 실시체 |
| 72 | 49 | 무 | 886 | 592 | 0.4 | 83 | — | 75 | 47 | 657 | 44 | 36 | 5.6 | 실시체 |
| 73 | 50 | 무 | 883 | 589 | 0.7 | 61 | — | 80 | 43 | 662 | 45 | 40 | 5.3 | 실시체 |
| 74 | 51 | 무 | 890 | 593 | 0.4 | 60 | — | 75 | 40 | 658 | 47 | 36 | 5.7 | 실시체 |
| 75 | 52 | 무 | 887 | 590 | 0.4 | 74 | — | 73 | 54 | 657 | 45 | 37 | 5.5 | 실시체 |
| 76 | 53 | 무 | 890 | 598 | 0.6 | 80 | — | 76 | 40 | 651 | 47 | 32 | 5.4 | 실시체 |
| 77 | 54 | 무 | 879 | 604 | 0.7 | 60 | — | 81 | 42 | 665 | 42 | 38 | 5.7 | 실시체 |
| 78 | 55 | 무 | 882 | 592 | 0.8 | 62 | — | 80 | 57 | 657 | 44 | 31 | 5.5 | 실시체 |
| 79 | 56 | 무 | 886 | 604 | 0.5 | 93 | — | 80 | 52 | 651 | 52 | 39 | 5.3 | 실시체 |
| 80 | 57 | 무 | 878 | 602 | 0.5 | 89 | — | 75 | 46 | 656 | 48 | 33 | 5.4 | 실시체 |
| 81 | 58 | 무 | 893 | 593 | 0.7 | 56 | — | 73 | 38 | 659 | 51 | 30 | 5.6 | 실시체 |
| 82 | 59 | 무 | 809 | 606 | 0.5 | 67 | — | 81 | 53 | 659 | 47 | 30 | 5.7 | 실시체 |
| 83 | 2 | 무 | 877 | 691 | 0.8 | 61 | — | 79 | 38 | 655 | 43 | 30 | 5.5 | 실시체 |
| 84 | 2 | 무 | 892 | 603 | 0.6 | 88 | — | 28 | 57 | 665 | 45 | 30 | 5.7 | 실시체 |
| 85 | 2 | 무 | 877 | 603 | 0.5 | 98 | — | 75 | 7 | 660 | 42 | 32 | 5.3 | 실시체 |
| 86 | 2 | 무 | 881 | 586 | 0.5 | 98 | — | 74 | 94 | 664 | 52 | 32 | 5.6 | 실시체 |
| 87 | 2 | 무 | 881 | 593 | 0.7 | 55 | — | 73 | 55 | 660 | 12 | 38 | 5.5 | 실시체 |
| 88 | 2 | 무 | 894 | 597 | 0.4 | 83 | — | 81 | 37 | 657 | 97 | 35 | 5.6 | 실시체 |
| 89 | 2 | 무 | 893 | 587 | 0.7 | 98 | — | 73 | 53 | 658 | 46 | 8 | 5.5 | 실시체 |
| 90 | 2 | 무 | 893 | 605 | 0.5 | 75 | — | 75 | 51 | 652 | 42 | 94 | 5.5 | 실시체 |
| 91 | 2 | 무 | 895 | 612 | 1.8 | 74 | — | 77 | 48 | 660 | 42 | 31 | 5.5 | 비교체 |
| 92 | 2 | 무 | 880 | 560 | 0.9 | 57 | — | 77 | 37 | 651 | 48 | 30 | 5.7 | 실시체 |
| 93 | 2 | 무 | 881 | 577 | 0.1 | 57 | — | 71 | 39 | 649 | 48 | 36 | 5.4 | 실시체 |
| 94 | 2 | 무 | 888 | 587 | 0.5 | 43 | — | 70 | 39 | 643 | 40 | 30 | 5.5 | 비교체 |
| 95 | 2 | 무 | 889 | 588 | 0.8 | 151 | — | 75 | 42 | 653 | 47 | 34 | 5.6 | 실시체 |
| 96 | 2 | 무 | 876 | 591 | 0.8 | 203 | — | 76 | 40 | 655 | 49 | 31 | 5.5 | 실시체 |
| 97 | 2 | 무 | 884 | 596 | 0.8 | 57 | — | 96 | 47 | 660 | 47 | 35 | 5.5 | 실시체 |
| 98 | 59 | 무 | 882 | 600 | 0.5 | 56 | — | 82 | 51 | 666 | 48 | 34 | 5.4 | 비교체 |

[0166]

[0167] 언어진 침탄용 강판의 각각에 대하여, (1) 전체 탄화물 중 애스펙트비가 2.0 이하인 탄화물의 개수 비율, (2) 전체 탄화물 중 페라이트의 결정립 내에 형성한 탄화물의 개수 비율, (3) 탄화물의 평균 원 상당 직경, (4) 강판 표면의 평균 질소 농도 및 (5) 구상화 어닐링 후의 페라이트의 평균 결정립 직경에 대해서는, 앞서 설명한 방법에 의해 측정했다. 또한, 구상화 어닐링 후의 페라이트의 평균 결정립 직경이, 언어진 침탄용 강판에 있어서의 페라이트의 평균 결정립 직경이 된다.

[0168]

또한, 언어진 각각의 침탄용 강판의 굽힘성을 평가하기 위해, 침탄용 강판의 임의의 위치로부터 시험편을 채취하고, 독일 자동차 공업회에서 규정된 VDA 기준(VDA238-100)에 기초하여, 이하의 조건에서, 굽힘성의 측정을 실시했다. 본 시험에서는, 굽힘 시험에서 언어지는 최대 하중 시의 변위를 VDA 기준으로 각도로 변환하고, 최대 굽힘 각도(단위:도)를 구했다.

[0169]

시험편 치수: 30mm(암연 방향)×60mm(암연과 수직 방향)

[0170]

굽힘 능선: 암연과 평행한 방향

[0171]

시험 방법: 롤 지지, 펀치 암입

[0172] 롤 직경: $\phi 30\text{mm}$

[0173] 편치 형상: 선단 $R=0.4\text{mm}$

[0174] 롤간 거리: $2.0 \times \text{판 두께}(\text{mm}) + 0.5\text{mm}$

[0175] 압입 속도: 20mm/min

[0176] 시험기: SHIMADZU AUTOGRAPH(등록 상표) 20kN

[0177] 또한, 얻어진 각각의 침탄용 강판에 대하여, 침탄 후의 인성을 평가하기 위해, 얻어진 각각의 침탄용 강판에 대하여, 이하와 같은 침탄 처리를 실시했다. 즉, 각각의 침탄용 강판을, 탄소 포텐셜이 0.8질량%인 가스 분위기 하에서, 900°C 에서 2.5hr 유지한 후, 다시 850°C 에서 0.5hr 유지하여 침탄 처리를 실시하고, 100°C 에서 오일 훈장을 했다. 그 후, 160°C 에서 2.0hr 유지하여 템퍼링 처리를 실시하고, 실온까지 공랭했다. 침탄 열처리 후의 강판의 임의의 위치로부터, 2mm-V 노치 샤르피 시험편을 채취하고, JIS Z2242에 규정되어 있는 시험 방법에 의거하여, 실온에서 샤르피 시험을 실시하고, 충격값(J/cm^2)을 측정했다.

[0178] 또한, 참고로, 침탄 후의 훈장성을 나타내는 지표인 이상 임계 직경을 산출했다. 이상 임계 직경 D_i 는 강판의 성분으로부터 산출되는 지표이고, Grossmann/Hollomon, Jaffe의 방법을 사용하여 이하의 식 (201)에 따라 산출할 수 있다. 이상 임계 직경 D_i 의 값이 클수록, 훈장성이 우수한 것을 나타낸다.

$$D_i = (6.77 \times [C]^{0.5}) \times (1 + 0.64 \times [Si]) \times (1 + 4.1 \times [Mn]) \times (1 + 2.83 \times [P]) \times (1 - 0.62 \times [S]) \\ \times (1 + 0.27 \times [Cu]) \times (1 + 0.52 \times [Ni]) \times (1 + 2.33 \times [Cr]) \times (1 + 3.14 \times [Mo]) \times X$$

[B] = 0의 경우: $X = 1$

[B] > 0의 경우: $X = 1 + 1.5 \times (0.9 - [C])$

• • • 식 (201)

[0179]

[0180] 본 시험예에서는, 침탄용 강판의 최대 굽힘각이 100° 이상이고, 또한 침탄 후의 충격값이 $60\text{J}/\text{cm}^2$ 이상인 경우를, 냉간 가공에 있어서의 굽힘성 및 침탄 후의 인성이 우수한 것으로 보고, 「실시예」로 했다.

[0181]

이하의 표 3-1 내지 표 3-3에, 얻어진 각각의 침탄용 강판의 마이크로 조직 및 특성을 통합하여 나타냈다.

[0182]

[표 3-1]

| No. | 장 No. | 마이크로 조작 | | | | | | 기계적 특성 침판-후의 충격 값 (J/cm ²) | 밸브 성 비고 |
|-----|-------|---------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|---|--------------------|---|---------------|
| | | 강판 표층의 평균 질소농도 (mass%) | 에스-렉트 비 2.0 이하의 판화물의 개수 비율(%) | 페라이트의 질적 및 판화물의 개수 비율(%) | 판화물 원상당 직경 (μm) | 구상화 에널리 후의 페라이트 판구 질량 및 직경 (μm) | 최대 굽힘각 (deg) | | |
| 1 | 1 | 0.051 | 97 | 75 | 0.34 | 7.7 | 120 | 82 | 20.7 실시 예 |
| 2 | 2 | 0.056 | 97 | 81 | 0.61 | 7.0 | 113 | 85 | 43.9 실시 예 |
| 3 | 3 | 0.051 | 86 | 83 | 0.47 | 7.1 | 108 | 66 | 23.2 실시 예 |
| 4 | 4 | 0.045 | 91 | 87 | 0.80 | 6.8 | 120 | 78 | 135.1 비교 예 |
| 5 | 5 | 0.006 | 89 | 31 | 0.46 | 4.8 | 88 | 81 | 20.5 비교 예 |
| 6 | 6 | 0.007 | 91 | 89 | 0.56 | 7.2 | 72 | 64 | 108.5 비교 예 |
| 7 | 7 | 0.051 | 82 | 45 | 0.61 | 4.1 | 69 | 63 | 1.5 비교 예 |
| 8 | 8 | 0.054 | 92 | 69 | 0.35 | 5.5 | 105 | 64 | 9.7 실시 예 |
| 9 | 9 | 0.053 | 86 | 68 | 0.36 | 6.0 | 106 | 66 | 9.5 실시 예 |
| 10 | 10 | 0.054 | 85 | 86 | 0.45 | 4.0 | 101 | 71 | 9.6 실시 예 |
| 11 | 11 | 0.060 | 84 | 68 | 7.58 | 7.0 | 79 | 67 | 13.9 비교 예 |
| 12 | 12 | 0.058 | 85 | 88 | 6.55 | 6.6 | 67 | 85 | 5.3 비교 예 |
| 13 | 13 | 0.051 | 98 | 68 | 8.46 | 8.0 | 62 | 83 | 12.6 비교 예 |
| 14 | 14 | 0.058 | 97 | 87 | 6.95 | 5.6 | 77 | 83 | 1.8 비교 예 |
| 15 | 15 | 0.050 | 90 | 83 | 9.89 | 8.0 | 85 | 83 | 31.4 비교 예 |
| 16 | 16 | 0.059 | 84 | 77 | 0.49 | 4.5 | 114 | 80 | 23.5 실시 예 |
| 17 | 17 | 0.049 | 94 | 74 | 0.37 | 5.3 | 118 | 75 | 15.7 실시 예 |
| 18 | 18 | 0.049 | 88 | 89 | 0.57 | 6.4 | 113 | 82 | 7.8 실시 예 |
| 19 | 19 | 0.048 | 92 | 83 | 0.58 | 6.0 | 115 | 84 | 7.8 실시 예 |
| 20 | 20 | 0.051 | 96 | 82 | 0.65 | 6.1 | 111 | 80 | 5.6 실시 예 |
| 21 | 21 | 0.054 | 84 | 78 | 0.59 | 4.2 | 113 | 76 | 5.6 실시 예 |
| 22 | 22 | 0.049 | 83 | 71 | 0.47 | 4.3 | 120 | 83 | 5.6 실시 예 |
| 23 | 23 | 0.045 | 90 | 76 | 0.52 | 7.5 | 111 | 80 | 5.9 실시 예 |
| 24 | 24 | 0.061 | 97 | 78 | 0.42 | 6.1 | 117 | 81 | 13.5 실시 예 |
| 25 | 25 | 0.061 | 86 | 88 | 0.39 | 5.4 | 110 | 82 | 5.9 실시 예 |
| 26 | 26 | 0.056 | 89 | 86 | 0.42 | 4.0 | 116 | 81 | 6.4 실시 예 |
| 27 | 27 | 0.053 | 82 | 68 | 0.48 | 6.2 | 114 | 85 | 5.8 실시 예 |
| 28 | 28 | 0.053 | 90 | 78 | 0.53 | 4.7 | 113 | 82 | 5.2 실시 예 |
| 29 | 2 | 0.058 | 49 | 78 | 0.35 | 4.4 | 77 | 81 | 43.9 비교 예 |
| 30 | 2 | 0.047 | 84 | 80 | 0.35 | 4.8 | 110 | 81 | 43.9 실시 예 |
| 31 | 2 | 0.060 | 98 | 73 | 7.25 | 4.3 | 79 | 80 | 43.9 비교 예 |
| 32 | 2 | 0.047 | 96 | 69 | 0.55 | 7.2 | 88 | 85 | 43.9 비교 예 |
| 33 | 2 | 0.045 | 84 | 89 | 0.59 | 5.5 | 119 | 82 | 43.9 실시 예 |

[0184]

[표 3-2]

| No. | 강 No. | 마이크로 조작 | | | | | | 기계적 특성 | 벤칭성 | 비고 |
|-----|-------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------------|-----------------|--------|-------|-----|
| | | 평균 표송의 평균 질소농도 (mass%) | 에스팩트비 2.0 이하의 단화물의 개수 비율(%) | 페리아트의 결정립 내의 단화물의 개수 비율(%) | 평균 원상단자경 (μm) | 단화물 구조화, 어닐링 후의 단자경 (μm) | 최대 굽힘각 (deg) | | | |
| 34 | 2 | 0.047 | 85 | 73 | 0.58 | 4.5 | 110 | 82 | 43.9 | 실시예 |
| 35 | 2 | 0.002 | 96 | 84 | 0.37 | 7.0 | 71 | 55 | 43.9 | 비교예 |
| 36 | 2 | 0.055 | 86 | 80 | 0.35 | 4.6 | 114 | 85 | 43.9 | 실시예 |
| 37 | 2 | 0.188 | 86 | 80 | 0.35 | 6.9 | 117 | 94 | 43.9 | 실시예 |
| 38 | 2 | 0.181 | 86 | 80 | 0.35 | 5.0 | 113 | 87 | 43.9 | 실시예 |
| 39 | 2 | 0.057 | 41 | 75 | 0.51 | 7.1 | 81 | 76 | 43.9 | 비교예 |
| 40 | 2 | 0.048 | 90 | 71 | 0.54 | 7.5 | 111 | 79 | 43.9 | 실시예 |
| 41 | 2 | 0.047 | 92 | 72 | 0.69 | 6.5 | 88 | 75 | 43.9 | 비교예 |
| 42 | 2 | 0.055 | 85 | 38 | 0.43 | 6.8 | 78 | 80 | 43.9 | 비교예 |
| 43 | 2 | 0.057 | 96 | 85 | 0.58 | 5.7 | 113 | 79 | 43.9 | 실시예 |
| 44 | 2 | 0.061 | 96 | 78 | 0.57 | 7.9 | 112 | 83 | 43.9 | 실시예 |
| 45 | 2 | 0.056 | 88 | 68 | 0.55 | 7.2 | 87 | 85 | 43.9 | 비교예 |
| 46 | 2 | 0.055 | 92 | 86 | 0.59 | 7.2 | 117 | 77 | 43.9 | 실시예 |
| 47 | 2 | 0.050 | 65 | 70 | 0.48 | 5.0 | 71 | 85 | 43.9 | 비교예 |
| 48 | 2 | 0.049 | 71 | 68 | 0.49 | 5.9 | 74 | 78 | 43.9 | 비교예 |
| 49 | 2 | 0.048 | 95 | 82 | 0.42 | 7.2 | 116 | 84 | 43.9 | 실시예 |
| 50 | 2 | 0.054 | 88 | 79 | 0.61 | 5.0 | 82 | 79 | 43.9 | 비교예 |
| 51 | 2 | 0.055 | 96 | 81 | 0.41 | 5.9 | 131 | 95 | 43.9 | 실시예 |
| 52 | 29 | 0.056 | 88 | 75 | 0.63 | 5.6 | 103 | 90 | 11.4 | 실시예 |
| 53 | 30 | 0.050 | 90 | 80 | 0.70 | 7.7 | 102 | 89 | 14.4 | 실시예 |
| 54 | 31 | 0.061 | 91 | 80 | 0.71 | 5.9 | 104 | 81 | 5.9 | 실시예 |
| 55 | 32 | 0.050 | 88 | 77 | 0.81 | 7.8 | 101 | 76 | 60.3 | 실시예 |
| 56 | 33 | 0.064 | 91 | 78 | 0.64 | 4.3 | 105 | 78 | 12.2 | 실시예 |
| 57 | 34 | 0.059 | 90 | 77 | 0.51 | 7.5 | 101 | 87 | 10.7 | 실시예 |
| 58 | 35 | 0.061 | 88 | 74 | 0.65 | 7.2 | 102 | 80 | 12.9 | 실시예 |
| 59 | 36 | 0.046 | 87 | 77 | 0.62 | 5.9 | 104 | 85 | 9.8 | 실시예 |
| 60 | 37 | 0.057 | 87 | 72 | 0.62 | 7.8 | 128 | 82 | 43.9 | 실시예 |
| 61 | 38 | 0.052 | 89 | 82 | 0.58 | 5.8 | 102 | 81 | 43.9 | 실시예 |
| 62 | 39 | 0.061 | 92 | 81 | 0.67 | 9.5 | 114 | 64 | 9.9 | 실시예 |
| 63 | 40 | 0.056 | 90 | 79 | 0.56 | 5.1 | 115 | 71 | 101.6 | 실시예 |
| 64 | 41 | 0.061 | 92 | 73 | 0.60 | 9.7 | 113 | 62 | 11.4 | 실시예 |
| 65 | 42 | 0.047 | 92 | 81 | 0.66 | 8.0 | 116 | 70 | 41.9 | 실시예 |
| 66 | 43 | 0.066 | 89 | 76 | 0.55 | 9.1 | 110 | 63 | 11.3 | 실시예 |

[0185]

[0186]

[표 3-3]

| No. | 강No. | 마이크로 조직 | | | | 기계적 특성 | 웬칭성 | 비고 | | |
|-----|------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---|-----------------|--------------------------------|------|-----|
| | | 평균 표면의 평균 질소 농도 (mass%) | 에스펙트 비 2.0 이하의 탄화물의 개수 비율(%) | 페리아트의 결정률 내역 탄화물의 개수 비율(%) | 평균 원상당 직경 (μm) | 구상화 이어링 후의 페리아트 평균 결정률 직경 (μm) | 최대 굽힘각 (deg) | 최대 충격값 (J/cm ²) | | |
| 67 | 44 | 0.050 | 90 | 77 | 0.58 | 4.6 | 111 | 65 | 31.4 | 실시여 |
| 68 | 45 | 0.059 | 91 | 80 | 0.64 | 9.4 | 117 | 63 | 10.8 | 실시여 |
| 69 | 46 | 0.058 | 90 | 73 | 0.57 | 4.1 | 116 | 62 | 18.2 | 실시여 |
| 70 | 47 | 0.050 | 92 | 78 | 0.70 | 9.4 | 118 | 65 | 10.0 | 실시여 |
| 71 | 48 | 0.064 | 92 | 80 | 0.66 | 6.1 | 115 | 62 | 9.9 | 실시여 |
| 72 | 49 | 0.059 | 92 | 76 | 0.55 | 9.1 | 101 | 81 | 10.2 | 실시여 |
| 73 | 50 | 0.059 | 91 | 77 | 0.55 | 5.1 | 103 | 80 | 10.8 | 실시여 |
| 74 | 51 | 0.064 | 90 | 78 | 0.51 | 9.3 | 103 | 87 | 10.0 | 실시여 |
| 75 | 52 | 0.055 | 91 | 83 | 0.57 | 4.0 | 105 | 84 | 9.9 | 실시여 |
| 76 | 53 | 0.055 | 90 | 74 | 0.63 | 9.5 | 103 | 78 | 9.5 | 실시여 |
| 77 | 54 | 0.056 | 91 | 75 | 0.63 | 7.0 | 104 | 76 | 10.3 | 실시여 |
| 78 | 55 | 0.066 | 91 | 79 | 0.64 | 6.4 | 102 | 81 | 11.9 | 실시여 |
| 79 | 56 | 0.052 | 90 | 81 | 0.61 | 6.6 | 125 | 75 | 11.2 | 실시여 |
| 80 | 57 | 0.053 | 89 | 82 | 0.70 | 5.1 | 121 | 84 | 10.5 | 실시여 |
| 81 | 58 | 0.046 | 88 | 80 | 0.69 | 7.6 | 118 | 78 | 12.9 | 실시여 |
| 82 | 2 | 0.052 | 87 | 75 | 4.66 | 6.2 | 103 | 83 | 43.9 | 실시여 |
| 83 | 2 | 0.058 | 81 | 75 | 0.68 | 6.8 | 101 | 79 | 43.9 | 실시여 |
| 84 | 2 | 0.041 | 92 | 62 | 0.60 | 5.4 | 110 | 62 | 43.9 | 실시여 |
| 85 | 2 | 0.066 | 90 | 79 | 4.71 | 4.8 | 103 | 76 | 43.9 | 실시여 |
| 86 | 2 | 0.052 | 82 | 77 | 0.63 | 5.5 | 104 | 79 | 43.9 | 실시여 |
| 87 | 2 | 0.046 | 81 | 71 | 0.69 | 7.6 | 103 | 88 | 43.9 | 실시여 |
| 88 | 2 | 0.057 | 91 | 82 | 4.81 | 6.8 | 101 | 83 | 43.9 | 실시여 |
| 89 | 2 | 0.048 | 92 | 71 | 4.71 | 4.6 | 101 | 85 | 43.9 | 실시여 |
| 90 | 2 | 0.057 | 81 | 73 | 0.63 | 6.4 | 102 | 76 | 43.9 | 실시여 |
| 91 | 2 | 0.064 | 92 | 71 | 0.71 | 13.0 | 110 | 51 | 43.9 | 비교여 |
| 92 | 2 | 0.066 | 92 | 79 | 0.54 | 9.1 | 118 | 62 | 43.9 | 실시여 |
| 93 | 2 | 0.054 | 89 | 81 | 0.56 | 2.3 | 118 | 93 | 43.9 | 실시여 |
| 94 | 2 | 0.060 | 92 | 73 | 0.64 | 12.5 | 107 | 52 | 43.9 | 비교여 |
| 95 | 2 | 0.058 | 89 | 79 | 0.60 | 3.2 | 108 | 91 | 43.9 | 실시여 |
| 96 | 2 | 0.065 | 92 | 77 | 0.68 | 1.8 | 109 | 97 | 43.9 | 실시여 |
| 97 | 2 | 0.050 | 91 | 76 | 0.70 | 4.1 | 114 | 99 | 43.9 | 실시여 |
| 98 | 59 | 0.289 | 89 | 81 | 0.54 | 5.7 | 54 | 82 | 43.9 | 비교여 |

[0187]

[0188]

상기 표 3-1 내지 표 3-3으로부터 명백해진 바와 같이, 본 발명의 실시예에 해당하는 침탄용 강판은 침탄용 강판의 최대 굽힘각이 100° 이상으로 되고, 또한 침탄 후의 충격값이 60J/cm² 이상으로 되어, 우수한 성형성 및 침탄 후의 인성을 갖고 있음이 밝혀졌다. 또한, 참고로서 기재한 이상 임계 직경도 5 이상으로 되고, 본 발명의 실시예에 해당하는 침탄용 강판은 우수한 웬칭성도 겸비하고 있는 것을 알 수 있다.

[0189]

한편, 상기 표 3-1 내지 표 3-3으로부터 명백해진 바와 같이, 본 발명의 비교예에 해당하는 침탄용 강판은 최대 굽힘각, 또는 침탄 후의 충격값의 적어도 어느 것이 기준값 미만으로 되어, 성형성 및 침탄 후의 인성을 겸비할 수 없는 것이 밝혀졌다.

[0190]

이상, 본 발명의 적합한 실시 형태에 대하여 상세하게 설명했지만, 본 발명은 이러한 예에 한정되지 않는다. 본 발명이 속하는 기술의 분야에 있어서의 통상의 지식을 갖는 자라면, 특히 청구 범위에 기재된 기술적 사상의 범주 내에 있어서, 각종 변경에 또는 수정예에 상도할 수 있는 것은 명확하고, 이들에 대해서도, 당연히 본 발명의 기술적 범위에 속하는 것이라고 이해된다.