



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0052681
(43) 공개일자 2017년05월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/50 (2006.01) C21D 8/02 (2006.01)
C21D 9/46 (2006.01) C22C 38/54 (2006.01)
C22C 38/58 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22C 38/50 (2013.01)
C21D 8/0247 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-7009862
(22) 출원일자(국제) 2014년10월16일
심사청구일자 2017년04월12일
(85) 번역문제출일자 2017년04월12일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2014/077544
(87) 국제공개번호 WO 2016/059701
국제공개일자 2016년04월21일

(71) 출원인
신닛테츠스미킨 카부시키카이사
일본 도쿄도 지요다구 마루노우찌 2조메 6방 1고
(72) 발명자
다케다 겐고
일본 1008071 도쿄도 치요다구 마루노우찌 2조메 6방 1고 신닛테츠스미킨카부시키카이사 내
도모키요 도시마사
일본 1008071 도쿄도 치요다구 마루노우찌 2조메 6방 1고 신닛테츠스미킨카부시키카이사 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
양영준, 최인호, 성재동

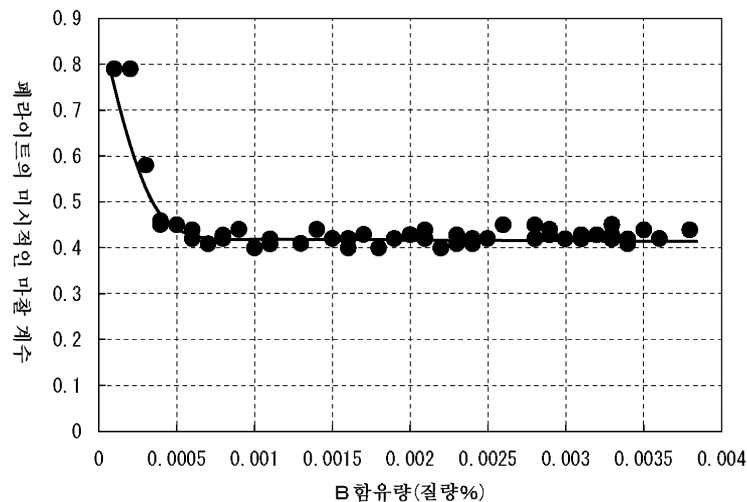
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 발명의 명칭 고탄소 강판 및 그 제조 방법

(57) 요약

고탄소 강판은, 질량%로, C : 0.30% 내지 0.70%, B : 0.0004% 내지 0.0035% 등으로 나타나는 화학 조성을 갖고, 시멘타이트의 구상화율 : 80% 이상, 또한 시멘타이트의 평균 입경 : 0.3 μ m 내지 2.2 μ m로 나타나는 조직을 갖고, 표면에 있어서의 페라이트의 미시적인 마찰 계수가 0.5 미만이다.

대표도



(52) CPC특허분류

C21D 9/46 (2013.01)

C22C 38/54 (2013.01)

C22C 38/58 (2013.01)

C21D 2211/003 (2013.01)

(72) 발명자

츠카노 야스시

일본 1008071 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 2초메

6방 1고 신타테즈스미킨카부시키카이사 내

아라마키 다카시

일본 1008071 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 2초메

6방 1고 신타테즈스미킨카부시키카이사 내

명세서

청구범위

청구항 1

질량%로,

C : 0.30% 내지 0.70%,

Si : 0.07% 내지 1.00%,

Mn : 0.20% 내지 3.00%,

Ti : 0.010% 내지 0.500%,

Cr : 0.01% 내지 1.50%,

B : 0.0004% 내지 0.0035%,

P : 0.025% 이하,

Al : 0.100% 이하,

S : 0.0100% 이하,

N : 0.010% 이하,

Cu : 0.500% 이하,

Nb : 0.000% 내지 0.500%,

Mo : 0.000% 내지 0.500%,

V : 0.000% 내지 0.500%,

W : 0.000% 내지 0.500%,

Ta : 0.000% 내지 0.500%,

Ni : 0.000% 내지 0.500%,

Mg : 0.000% 내지 0.500%,

Ca : 0.000% 내지 0.500%,

Y : 0.000% 내지 0.500%,

Zr : 0.000% 내지 0.500%,

La : 0.000% 내지 0.500%,

Ce : 0.000% 내지 0.500%, 또한

잔부 : Fe 및 불순물

로 나타나는 화학 조성을 갖고,

시멘타이트의 구상화율 : 80% 이상, 또한

시멘타이트의 평균 입경 : $0.3\mu\text{m}$ 내지 $2.2\mu\text{m}$

로 나타나는 조직을 갖고,

표면에 있어서의 페라이트의 미시적인 마찰 계수가 0.5 미만인 것을 특징으로 하는, 고탄소 강판.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 화학 조성에 있어서,

Nb : 0.001% 내지 0.500%,

Mo : 0.001% 내지 0.500%,

V : 0.001% 내지 0.500%,

W : 0.001% 내지 0.500%,

Ta : 0.001% 내지 0.500%,

Ni : 0.001% 내지 0.500%,

Mg : 0.001% 내지 0.500%,

Ca : 0.001% 내지 0.500%,

Y : 0.001% 내지 0.500%,

Zr : 0.001% 내지 0.500%,

La : 0.001% 내지 0.500%, 또는

Ce : 0.001% 내지 0.500%,

또는 이들의 임의의 조합이 성립되는 것을 특징으로 하는, 고탄소 강판.

청구항 3

슬래브의 열간 압연을 행해서 열연 강판을 취득하는 공정과,

상기 열연 강판의 산 세정을 행하고,

상기 산 세정 후에, 상기 열연 강판의 어닐링을 행하는 공정을 갖고,

상기 슬래브는,

질량%로,

C : 0.30% 내지 0.70%,

Si : 0.07% 내지 1.00%,

Mn : 0.20% 내지 3.00%,

Ti : 0.010% 내지 0.500%,

Cr : 0.01% 내지 1.50%,

B : 0.0004% 내지 0.0035%,

P : 0.025% 이하,

Al : 0.100% 이하,

S : 0.0100% 이하,

N : 0.010% 이하,

Cu : 0.500% 이하,

Nb : 0.000% 내지 0.500%,

Mo : 0.000% 내지 0.500%,

V : 0.000% 내지 0.500%,

W : 0.000% 내지 0.500%,

Ta : 0.000% 내지 0.500%,
 Ni : 0.000% 내지 0.500%,
 Mg : 0.000% 내지 0.500%,
 Ca : 0.000% 내지 0.500%,
 Y : 0.000% 내지 0.500%,
 Zr : 0.000% 내지 0.500%,
 La : 0.000% 내지 0.500%,
 Ce : 0.000% 내지 0.500%, 또한
 잔부 : Fe 및 불순물
 로 나타나는 화학 조성을 갖고,
 상기 열간 압연을 행하는 공정에서는,
 슬래브 가열의 온도를 1000℃ 이상 1150℃ 미만으로 하고,
 마무리 압연의 온도를 830℃ 이상 950℃ 이하로 하고,
 권취의 온도를 450℃ 이상 700℃ 이하로 하고,
 상기 어닐링을 행하는 공정은,
 상기 열연 강판을 730℃ 이상 770℃ 이하의 온도로 3 시간 이상 60 시간 이하 유지하는 공정과,
 이어서, 상기 열연 강판을 1℃/hr 이상 60℃/hr 이하의 냉각 속도로 650℃까지 냉각하는 공정을 갖는 것을 특징
 으로 하는, 고탄소 강판의 제조 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 화학 조성에 있어서,
 Nb : 0.001% 내지 0.500%,
 Mo : 0.001% 내지 0.500%,
 V : 0.001% 내지 0.500%,
 W : 0.001% 내지 0.500%,
 Ta : 0.001% 내지 0.500%,
 Ni : 0.001% 내지 0.500%,
 Mg : 0.001% 내지 0.500%,
 Ca : 0.001% 내지 0.500%,
 Y : 0.001% 내지 0.500%,
 Zr : 0.001% 내지 0.500%,
 La : 0.001% 내지 0.500%, 또는
 Ce : 0.001% 내지 0.500%,
 또는 이들의 임의의 조합이 성립되는 것을 특징으로 하는, 고탄소 강판의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 성형성의 향상을 도모한 고탄소 강판 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 고탄소 강판은, 자동차의 체인, 기어 및 클러치 등의 구동계 부품, 톱 및 칼날 등, 여러 가지 철강 제품에 사용되고 있다. 이들 철강 제품을 제조할 때에는, 고탄소 강판의 성형 및 열 처리가 행하여진다. 성형으로서는 편칭 가공, 인장 가공, 압축 가공, 전단 가공 등이 행하여지고, 열 처리로서는 퀴칭, 템퍼링, 침탄, 질화, 연질화 등이 행하여진다. 고탄소 강판의 강도 레벨이 연강판의 그것에 비하여 높기 때문에, 고탄소 강판의 성형에 사용하는 금형이 연강판의 성형에 사용하는 금형보다도 손모되기 쉽다. 또한, 고탄소 강판은 연강판보다도 성형 중에 깨지기 쉽다.

[0003] 금형의 손모 억제에는 고탄소 강판의 표면 윤활성의 향상이 유효하고, 성형 중의 깨짐 억제에는 고탄소 강판의 연질화가 유효하다. 그래서, 윤활성의 향상이나 연질화를 목적으로 한 기술이 제안되어 있다(특허문헌 1 내지 5).

[0004] 그러나 이들 종래의 기술은 현저한 비용의 증가를 수반하는 것으로, 바람직한 것은 아니다.

[0005] 편칭성의 향상을 목적으로 한 탄소 강판이 특허문헌 6에 기재되고, 성형성의 향상을 목적으로 한 고탄소 강판이 특허문헌 7에 기재되어 있지만, 이들에 의해서도 충분한 성형성을 얻을 수는 없다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0006] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제2010-174252호 공보
- (특허문헌 0002) 일본 특허 공개 제2009-215612호 공보
- (특허문헌 0003) 일본 특허 공개 제2011-168842호 공보
- (특허문헌 0004) 일본 특허 공개 제2010-255066호 공보
- (특허문헌 0005) 일본 특허 공개 제2000-34542호 공보
- (특허문헌 0006) 일본 특허 공개 제2000-265240호 공보
- (특허문헌 0007) 일본 특허 공개 평10-147816호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은, 비용의 현저한 증가를 회피하면서, 양호한 성형성을 얻을 수 있는 고탄소 강판 및 그 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명자들은, 상기 과제를 해결하기 위해 예의 검토를 거듭한 결과, 고탄소 강판에 소정량의 B를 함유시켜, 표면에 있어서의 페라이트의 미시적인 마찰 계수를 소정의 것으로 하고, 시멘타이트의 형태를 소정의 것으로 하는 것이 중요하다는 것을 지견하였다. 또한, 이러한 고탄소 강판을 제조하기 위해서는, 열간 압연 및 어닐링의 조건을, 이들을 소위 일관 공정으로 간주한 다음 소정의 것으로 하는 것이 중요하다는 것도 지견하였다. 그리고 본 출원 발명자들은, 이들의 지견에 기초하여, 이하에 나타내는 발명의 여러 형태에 상도하였다.

[0009] (1) 질량%로,

[0010] C : 0.30% 내지 0.70%,

[0011] Si : 0.07% 내지 1.00%,

[0012] Mn : 0.20% 내지 3.00%,

- [0013] Ti : 0.010% 내지 0.500%,
- [0014] Cr : 0.01% 내지 1.50%,
- [0015] B : 0.0004% 내지 0.0035%,
- [0016] P : 0.025% 이하,
- [0017] Al : 0.100% 이하,
- [0018] S : 0.0100% 이하,
- [0019] N : 0.010% 이하,
- [0020] Cu : 0.500% 이하,
- [0021] Nb : 0.000% 내지 0.500%,
- [0022] Mo : 0.000% 내지 0.500%,
- [0023] V : 0.000% 내지 0.500%,
- [0024] W : 0.000% 내지 0.500%,
- [0025] Ta : 0.000% 내지 0.500%,
- [0026] Ni : 0.000% 내지 0.500%,
- [0027] Mg : 0.000% 내지 0.500%,
- [0028] Ca : 0.000% 내지 0.500%,
- [0029] Y : 0.000% 내지 0.500%,
- [0030] Zr : 0.000% 내지 0.500%,
- [0031] La : 0.000% 내지 0.500%,
- [0032] Ce : 0.000% 내지 0.500%, 또한
- [0033] 잔부 : Fe 및 불순물
- [0034] 로 나타나는 화학 조성을 갖고,
- [0035] 시멘타이트의 구상화율 : 80% 이상, 또한
- [0036] 시멘타이트의 평균 입경 : $0.3\mu\text{m}$ 내지 $2.2\mu\text{m}$
- [0037] 로 나타나는 조직을 갖고,
- [0038] 표면에 있어서의 페라이트의 미시적인 마찰 계수가 0.5 미만인 것을 특징으로 하는 고탄소 강판.
- [0039] (2)
- [0040] 상기 화학 조성에 있어서,
- [0041] Nb : 0.001% 내지 0.500%,
- [0042] Mo : 0.001% 내지 0.500%,
- [0043] V : 0.001% 내지 0.500%,
- [0044] W : 0.001% 내지 0.500%,
- [0045] Ta : 0.001% 내지 0.500%,
- [0046] Ni : 0.001% 내지 0.500%,
- [0047] Mg : 0.001% 내지 0.500%,
- [0048] Ca : 0.001% 내지 0.500%,

- [0049] Y : 0.001% 내지 0.500%,
- [0050] Zr : 0.001% 내지 0.500%,
- [0051] La : 0.001% 내지 0.500%, 또는
- [0052] Ce : 0.001% 내지 0.500%,
- [0053] 또는 이들의 임의의 조합이 성립되는 것을 특징으로 하는 (1)에 기재된 고탄소 강판.
- [0054] (3)
- [0055] 슬래브의 열간 압연을 행해서 열연 강판을 취득하는 공정과,
- [0056] 상기 열연 강판의 산 세정을 행하고,
- [0057] 상기 산 세정 후에, 상기 열연 강판의 어닐링을 행하는 공정을 갖고,
- [0058] 상기 슬래브는,
- [0059] 질량%로,
- [0060] C : 0.30% 내지 0.70%,
- [0061] Si : 0.07% 내지 1.00%,
- [0062] Mn : 0.20% 내지 3.00%,
- [0063] Ti : 0.010% 내지 0.500%,
- [0064] Cr : 0.01% 내지 1.50%,
- [0065] B : 0.0004% 내지 0.0035%,
- [0066] P : 0.025% 이하,
- [0067] Al : 0.100% 이하,
- [0068] S : 0.0100% 이하,
- [0069] N : 0.010% 이하,
- [0070] Cu : 0.500% 이하,
- [0071] Nb : 0.000% 내지 0.500%,
- [0072] Mo : 0.000% 내지 0.500%,
- [0073] V : 0.000% 내지 0.500%,
- [0074] W : 0.000% 내지 0.500%,
- [0075] Ta : 0.000% 내지 0.500%,
- [0076] Ni : 0.000% 내지 0.500%,
- [0077] Mg : 0.000% 내지 0.500%,
- [0078] Ca : 0.000% 내지 0.500%,
- [0079] Y : 0.000% 내지 0.500%,
- [0080] Zr : 0.000% 내지 0.500%,
- [0081] La : 0.000% 내지 0.500%,
- [0082] Ce : 0.000% 내지 0.500%, 또한
- [0083] 잔부 : Fe 및 불순물로 나타나는 화학 조성을 갖고,
- [0084] 상기 열간 압연을 행하는 공정에서는,

- [0085] 슬래브 가열의 온도를 1000℃ 이상 1150℃ 미만으로 하고,
- [0086] 마무리 압연의 온도를 830℃ 이상 950℃ 이하로 하고,
- [0087] 권취의 온도를 450℃ 이상 700℃ 이하로 하고,
- [0088] 상기 어닐링을 행하는 공정은,
- [0089] 상기 열연 강판을 730℃ 이상 770℃ 이하의 온도로 3 시간 이상 60 시간 이하 유지하는 공정과,
- [0090] 이어서, 상기 열연 강판을 1℃/hr 이상 60℃/hr 이하의 냉각 속도로 650℃까지 냉각하는 공정을 갖는 것을 특징으로 하는 고탄소 강판의 제조 방법.
- [0091] (4)
- [0092] 상기 화학 조성에 있어서,
- [0093] Nb : 0.001% 내지 0.500%,
- [0094] Mo : 0.001% 내지 0.500%,
- [0095] V : 0.001% 내지 0.500%,
- [0096] W : 0.001% 내지 0.500%,
- [0097] Ta : 0.001% 내지 0.500%,
- [0098] Ni : 0.001% 내지 0.500%,
- [0099] Mg : 0.001% 내지 0.500%,
- [0100] Ca : 0.001% 내지 0.500%,
- [0101] Y : 0.001% 내지 0.500%,
- [0102] Zr : 0.001% 내지 0.500%,
- [0103] La : 0.001% 내지 0.500%, 또는
- [0104] Ce : 0.001% 내지 0.500%,
- [0105] 또는 이들의 임의의 조합이 성립되는 것을 특징으로 하는 (3)에 기재된 고탄소 강판의 제조 방법.

발명의 효과

- [0106] 본 발명에 따르면, B 함유량, 표면에 있어서의 페라이트의 미세적인 마찰 계수 등을 적절한 것으로 하고 있기 때문에, 비용의 현저한 증가를 회피하면서, 양호한 성형성을 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0107] 도 1은, 페라이트의 미세적인 마찰 계수와 B 함유량의 관계를 도시하는 도면이다.
- 도 2는, 페라이트의 미세적인 마찰 계수와 금형 또는 고탄소 강판에 흠집이 발생할 때까지의 프레스 횟수와 관계를 도시하는 도면이다.
- 도 3a는, 미세적인 마찰 계수를 측정하기 전의 고탄소 강판의 표면을 나타내는 현미경 사진이다.
- 도 3b는, 미세적인 마찰 계수를 측정한 후의 고탄소 강판의 표면을 나타내는 현미경 사진이다.
- 도 4는, 열간 압연으로부터 냉각까지의 사이의 온도 변화를 도시하는 모식도이다.
- 도 5a는, 시점 t_A 에 있어서의 조직을 도시하는 모식도이다.
- 도 5b는, 시점 t_B 에 있어서의 조직을 도시하는 모식도이다.
- 도 5c는, 시점 t_C 에 있어서의 조직을 도시하는 모식도이다.

도 5d는, 시점 t_D 에 있어서의 조직을 도시하는 모식도이다.

도 5e는, 시점 t_E 에 있어서의 조직을 도시하는 모식도이다.

도 6a는, 슬래브 가열의 온도가 1150°C 초과인 경우의 조직을 도시하는 도면이다.

도 6b는, 슬래브 가열의 온도가 1000°C 미만인 경우의 조직을 도시하는 도면이다.

도 6c는, 어닐링의 유지 온도가 730°C 미만인 경우의 조직을 도시하는 도면이다.

도 6d는, 어닐링의 유지 온도가 770°C 초과인 경우 또는 어닐링의 유지 시간이 60 시간 초과인 경우의 조직을 도시하는 도면이다.

도 6e는, 어닐링의 유지 온도가 3 시간 미만인 경우의 조직을 도시하는 도면이다.

도 6f는, 냉각 속도가 1°C/hr 미만인 경우의 조직을 도시하는 도면이다.

도 6g는, 냉각 속도가 60°C/hr 초과인 경우의 조직을 도시하는 도면이다.

도 7은, 제1 실험 또는 제3 실험에 있어서의 실시예의 일부에 관한 페라이트의 미시적인 마찰 계수와 B 함유량의 관계를 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0108] 이하, 본 발명의 실시 형태에 대해서 설명한다.

[0109] 우선, 본 발명의 실시 형태에 관한 고탄소 강판 및 그 제조에 이용하는 슬래브(강괴)의 화학 조성에 대해서 설명한다. 이후에 상세하게 설명하지만, 본 발명의 실시 형태에 관한 고탄소 강판은, 슬래브의 열간 압연 및 어닐링 등을 거쳐 제조된다. 따라서, 고탄소 강판 및 슬래브의 화학 조성은, 고탄소 강판의 특성뿐만 아니라, 이들의 처리를 고려한 것이다. 이하의 설명에 있어서, 고탄소 강판 및 그 제조에 사용되는 슬래브에 포함되는 각 원소의 함유량 단위인 「%」는, 특별히 언급이 없는 한 「질량%」를 의미한다. 본 실시 형태에 관한 고탄소 강판 및 그 제조에 사용되는 슬래브는, C : 0.30% 내지 0.70%, Si : 0.07% 내지 1.00%, Mn : 0.20% 내지 3.00%, Ti : 0.010% 내지 0.500%, Cr : 0.01% 내지 1.50%, B : 0.0004% 내지 0.0035%, P : 0.025% 이하, Al : 0.100% 이하, S : 0.0100% 이하, N : 0.010% 이하, Cu : 0.500% 이하, Nb : 0.000% 내지 0.500%, Mo : 0.000% 내지 0.500%, V : 0.000% 내지 0.500%, W : 0.000% 내지 0.500%, Ta : 0.000% 내지 0.500%, Ni : 0.000% 내지 0.500%, Mg : 0.000% 내지 0.500%, Ca : 0.000% 내지 0.500%, Y : 0.000% 내지 0.500%, Zr : 0.000% 내지 0.500%, La : 0.000% 내지 0.500%, Ce : 0.000% 내지 0.500%, 또한 잔부 : Fe 및 불순물로 나타나는 화학 조성을 갖고 있다. 불순물로서는, 광석이나 스크랩 등의 원재료에 함유되는 것, 제조 공정에 있어서 함유되는 것이 예시된다. 예를 들어, 원재료로서 스크랩을 사용하는 경우, Sn, Sb 또는 As 또는 이들의 임의의 조합이 0.003% 이상 혼입되는 경우가 있다. 그러나 모두 함유량이 0.03% 이하이면, 본 실시 형태의 효과를 저해하지 않으므로, 불순물로서 허용할 수 있다. 또한, O는 0.0025%를 한도로 하여 불순물로서 허용할 수 있다. O는, 산화물을 형성하고, 산화물이 응집해서 조대화하면, 충분한 성형성이 얻어지지 않는다. 이로 인해, O 함유량은 낮으면 낮을수록 좋지만, O 함유량을 0.0001% 미만까지 저감하는 것은 기술적으로 곤란하다.

[0110] (C : 0.30% 내지 0.70%)

[0111] C는, Fe와 결합해서 마찰 계수가 작은 시멘타이트를 형성하므로, 고탄소 강판의 거시적인 윤활성을 확보하는 면에서 중요한 원소이다. C 함유량이 0.30% 미만이면, 시멘타이트의 양이 부족해 충분한 윤활성이 얻어지지 않고, 성형 중에 금형과의 응착이 발생한다. 따라서, C 함유량은 0.30% 이상으로 하고, 바람직하게는 0.35% 이상으로 한다. C 함유량이 0.70% 초과이면, 시멘타이트의 양이 과잉이 되어, 성형 중에 시멘타이트를 기점으로 한 깨짐이 발생하기 쉽다. 따라서, C 함유량은 0.70% 이하로 하고, 바람직하게는 0.65% 이하로 한다.

[0112] (Si : 0.07% 내지 1.00%)

[0113] Si는, 탈산제로서 작용하고, 또한 어닐링 중의 시멘타이트의 과잉 조대화의 억제에 유효한 원소이다. Si 함유량이 0.07% 미만이면, 상기 작용에 의한 효과가 충분히는 얻어지지 않는다. 따라서, Si 함유량은 0.07% 이상으로 하고, 바람직하게는 0.10% 이상으로 한다. Si 함유량이 1.00% 초과이면, 페라이트의 연성이 낮아, 성형 중에 페라이트의 입자 내 깨짐을 기점으로 한 깨짐이 발생하기 쉽다. 따라서, Si 함유량은 1.00% 이하로 하고, 바람직하게는 0.80% 이하로 한다.

- [0114] (Mn : 0.20% 내지 3.00%)
- [0115] Mn은, 펄라이트 변태의 제어에 중요한 원소이다. Mn 함유량이 0.20% 미만이면, 상기 작용에 의한 효과가 충분히는 얻어지지 않는다. 즉, Mn 함유량이 0.20% 미만이면, 2상 영역 어닐링 후의 냉각 과정에서 펄라이트 변태가 일어나, 시멘타이트의 구상화율이 부족해진다. 따라서, Mn 함유량은 0.20% 이상으로 하고, 바람직하게는 0.25% 이상으로 한다. Mn 함유량이 3.00% 초과이면, 페라이트의 연성이 낮아, 성형 중에 페라이트의 입자 내 깨짐을 기점으로 한 깨짐이 발생하기 쉽다. 따라서, Mn 함유량은 3.00% 이하로 하고, 바람직하게는 2.00% 이하로 한다.
- [0116] (Ti : 0.010% 내지 0.500%)
- [0117] Ti는, 용강 단계에서 질화물을 형성하고, BN의 형성 방지에 유효한 원소이다. Ti 함유량이 0.010% 미만이면, 상기 작용에 의한 효과가 충분히는 얻어지지 않는다. 따라서, Ti 함유량은 0.010% 이상으로 하고, 바람직하게는 0.040% 이상으로 한다. Ti 함유량이 0.500% 초과이면, 성형 중에 조대한 Ti 산화물을 기점으로 한 깨짐이 발생하기 쉽다. 이것은, 연속 주조 중에, 조대한 Ti 산화물이 형성되어, 슬래브의 내부에 권입되기 때문이다. 따라서, Ti 함유량은 0.500% 이하로 하고, 바람직하게는 0.450% 이하로 한다.
- [0118] (Cr : 0.01% 내지 1.50%)
- [0119] Cr은, N과의 친화력이 높아, BN의 형성 억제에 유효한 원소이며, 또한 펄라이트 변태의 제어에도 유효한 원소이다. Cr 함유량이 0.01% 미만이면, 상기 작용에 의한 효과가 충분히는 얻어지지 않는다. 따라서, Cr 함유량은 0.01% 이상으로 하고, 바람직하게는 0.05% 이상으로 한다. Cr 함유량이 1.50% 초과이면, 어닐링 중의 시멘타이트의 구상화가 저해되고, 또한 시멘타이트의 조대화가 대폭으로 억제되어 버린다. 따라서, Cr 함유량은 1.50% 이하로 하고, 바람직하게는 0.90% 이하로 한다.
- [0120] (B : 0.0004% 내지 0.0035%)
- [0121] B는, 고탄소 강판의 표면에 있어서의 페라이트의 미시적인 마찰 계수를 저하시키는 원소이다. B는, 후술하는 어닐링 중에 페라이트와 시멘타이트와의 계면에 편석 및 농화하여, 성형 중의 당해 계면에 있어서의 박리를 억제하고, 깨짐 방지에 유효한 원소이기도 하다. B 함유량이 0.0004% 미만이면, 상기 작용에 의한 효과가 충분히는 얻어지지 않는다. 따라서, B 함유량은 0.0004% 이상으로 하고, 바람직하게는 0.0008% 이상으로 한다. B 함유량이 0.0035% 초과이면, 성형 중에 Fe 및 B의 탄화물 등의 보라이드를 기점으로 한 깨짐이 발생하기 쉽다. 따라서, B 함유량은 0.0035% 이하로 하고, 바람직하게는 0.0030% 이하로 한다.
- [0122] 도 1은, 페라이트의 미시적인 마찰 계수와 B 함유량의 관계를 도시하는 도면이다. 도 1에 도시한 바와 같이, B 함유량이 0.0004% 이상이면, 0.0004% 미만의 경우와 비교하여, 페라이트의 미시적인 마찰 계수가 현저하게 낮다. 페라이트의 미시적인 마찰 계수가 낮을수록 금형의 손모를 억제할 수 있는 이유로서는, 후술하는 바와 같이, 고탄소 강판의 표면에, 단단한 B의 막이 형성되기 때문이라고 추정할 수 있다. 또한, 페라이트와 시멘타이트와의 계면에 편석 및 농화한 B가 이 계면의 강도를 향상시켜서, 고탄소 강판의 깨짐을 억제하고, 깨짐에 수반하는 금형의 손모를 억제하는 것도 한 요인이라고 추정할 수 있다.
- [0123] (P : 0.025% 이하)
- [0124] P는, 필수 원소가 아니며, 예를 들어 강판 중에 불순물로서 함유된다. P는, 페라이트와 시멘타이트와의 계면에 강하게 편석하고, 당해 계면에서의 B의 편석이 저해되어, 당해 계면에서의 박리를 초래한다. 이로 인해, P 함유량은 낮으면 낮을수록 좋다. 특히 P 함유량이 0.025% 초과이면, 악영향이 현저해진다. 따라서, P 함유량은 0.025% 이하로 한다. 또한, P 함유량의 저감에는 정련 비용이 들어, 0.0001% 미만까지 저감하고자 하면, 정련 비용이 현저하게 상승한다. 이로 인해, P 함유량은 0.0001% 이상으로 해도 된다.
- [0125] (Al : 0.100% 이하)
- [0126] Al은 제강 단계에서 탈산제로서 작용하고, N의 고정에 유효한 원소이나, 고탄소 강판의 필수 원소가 아닌, 예를 들어 강판 중에 불순물로서 함유된다. Al 함유량이 0.100% 초과이면, 페라이트의 연성이 낮아, 성형 중에 페라이트의 입자 내 깨짐을 기점으로 한 깨짐이 발생하기 쉽고, 또한 강도가 과잉이 되어, 성형 하중의 증가를 초래한다. 따라서, Al 함유량은 0.100% 이하로 한다. 고탄소 강판의 Al 함유량이 0.001% 미만이면, N의 고정이 충분하지 않은 경우도 있다. 따라서, Al 함유량은 0.001% 이상으로 해도 된다.
- [0127] (S : 0.0100% 이하)

- [0128] S는, 필수 원소가 아니며, 예를 들어 강판 중에 불순물로서 함유된다. S는, MnS 등의 조대한 비금속 개재물을 형성하고, 성형성을 악화시킨다. 이로 인해, S 함유량은 낮으면 낮을수록 좋다. 특히 S 함유량이 0.0100% 초과이면, 악영향이 현저해진다. 따라서, S 함유량은 0.0100% 이하로 한다. 또한, S 함유량의 저감에는 정련 비용이 들어, 0.0001% 미만까지 저감하려 하면, 정련 비용이 현저하게 상승한다. 이로 인해, S 함유량은 0.0001% 이상으로 해도 된다.
- [0129] (N : 0.010% 이하)
- [0130] N은, 필수 원소가 아니며, 예를 들어 강판 중에 불순물로서 함유된다. N은, BN의 형성에 의해, B의 고용량을 저하시켜, 금형과의 응착 및 성형 중의 깨짐 등을 초래한다. 이로 인해, N 함유량은 낮으면 낮을수록 좋다. 특히 N 함유량이 0.010% 초과이면, 악영향이 현저해진다. 따라서, N 함유량은 0.010% 이하로 한다. 또한, N 함유량의 저감에는 정련 비용이 들어, 0.001% 미만까지 저감하려 하면, 정련 비용이 현저하게 상승한다. 이로 인해, N 함유량은 0.001% 이상으로 해도 된다.
- [0131] (Cu : 0.000% 내지 0.500%)
- [0132] Cu는, 필수 원소가 아니며, 예를 들어 스크랩 등으로부터 혼입되어, 강판 중에 불순물로서 함유된다. Cu는, 강도의 상승 및 열간에서의 취성을 초래한다. 이로 인해, Cu 함유량은 낮으면 낮을수록 좋다. 특히 Cu 함유량이 0.500% 초과이면 악영향이 현저해진다. 따라서, Cu 함유량은 0.500% 이하로 한다. 또한, Cu 함유량의 저감에는 정련 비용이 들어, 0.001% 미만까지 저감하려 하면, 정련 비용이 현저하게 상승한다. 이로 인해, Cu 함유량은 0.001% 이상으로 해도 된다.
- [0133] Nb, Mo, V, W, Ta, Ni, Mg, Ca, Y, Zr, La 및 Ce는, 필수 원소가 아닌, 고탄소 강판 및 슬래브에 소정량을 한도로 적절히 함유되어 있어도 되는 임의 원소이다.
- [0134] (Nb : 0.000% 내지 0.500%)
- [0135] Nb는, 질화물을 형성하고, BN의 형성 억제에 유효한 원소이다. 따라서, Nb가 함유되어 있어도 된다. 그러나 Nb 함유량이 0.500% 초과이면, 페라이트의 연성이 낮아, 충분한 성형성이 얻어지지 않는다. 따라서, Nb 함유량은 0.500% 이하로 한다. 상기 작용에 의한 효과를 확실하게 얻기 위해, Nb 함유량은 바람직하게는 0.001% 이상이다.
- [0136] (Mo : 0.000% 내지 0.500%)
- [0137] Mo는, 랜칭성의 향상에 유효한 원소이다. 따라서, Mo가 함유되어 있어도 된다. 그러나 Mo 함유량이 0.500% 초과이면, 페라이트의 연성이 낮아, 충분한 성형성이 얻어지지 않는다. 따라서, Mo 함유량은 0.500% 이하로 한다. 상기 작용에 의한 효과를 확실하게 얻기 위해, Mo 함유량은 바람직하게는 0.001% 이상이다.
- [0138] (V : 0.000% 내지 0.500%)
- [0139] V는, Nb와 마찬가지로, 질화물을 형성하고, BN의 형성 억제에 유효한 원소이다. 따라서, V가 함유되어 있어도 된다. 그러나 V 함유량이 0.500% 초과이면, 페라이트의 연성이 낮아, 충분한 성형성이 얻어지지 않는다. 따라서, V 함유량은 0.500% 이하로 한다. 상기 작용에 의한 효과를 확실하게 얻기 위해, V 함유량은 바람직하게는 0.001% 이상이다.
- [0140] (W : 0.000% 내지 0.500%)
- [0141] W는, Mo와 마찬가지로, 랜칭성의 향상에 유효한 원소이다. 따라서, W가 함유되어 있어도 된다. 그러나 W 함유량이 0.500% 초과이면, 페라이트의 연성이 낮아, 충분한 성형성이 얻어지지 않는다. 따라서, W 함유량은 0.500% 이하로 한다. 상기 작용에 의한 효과를 확실하게 얻기 위해, W 함유량은 바람직하게는 0.001% 이상이다.
- [0142] (Ta : 0.000% 내지 0.500%)
- [0143] Ta는, Nb 및 V와 마찬가지로, 질화물을 형성하고, BN의 형성 억제에 유효한 원소이다. 따라서, Ta가 함유되어 있어도 된다. 그러나 Ta 함유량이 0.500% 초과이면, 페라이트의 연성이 낮아, 충분한 성형성이 얻어지지 않는다. 따라서, Ta 함유량은 0.500% 이하로 한다. 상기 작용에 의한 효과를 확실하게 얻기 위해, Ta 함유량은 바람직하게는 0.001% 이상이다.
- [0144] (Ni : 0.000% 내지 0.500%)

- [0145] Ni는, 인성의 향상 및 퀀칭성의 향상에 유효한 원소이다. 따라서, Ni가 함유되어 있어도 된다. 그러나 Ni 함유량이 0.500% 초과이면, 페라이트의 미시적인 마찰 계수가 높아져, 금형과의 응착이 발생하기 쉽다. 따라서, Ni 함유량은 0.500% 이하로 한다. 상기 작용에 의한 효과를 확실하게 얻기 위해, Ni 함유량은 바람직하게는 0.001% 이상이다.
- [0146] (Mg : 0.000% 내지 0.500%)
- [0147] Mg는, 황화물의 형태 제어에 유효한 원소이다. 따라서, Mg가 함유되어 있어도 된다. 그러나 Mg는 산화물을 형성하기 쉽고, Mg 함유량이 0.500% 초과이면, 산화물을 기점으로 하는 깨짐에 의해 충분한 성형성이 얻어지지 않는다. 따라서, Mg 함유량은 0.500% 이하로 한다. 상기 작용에 의한 효과를 확실하게 얻기 위해, Mg 함유량은 바람직하게는 0.001% 이상이다.
- [0148] (Ca : 0.000% 내지 0.500%)
- [0149] Ca는, Mg와 마찬가지로, 황화물의 형태 제어에 유효한 원소이다. 따라서, Ca가 함유되어 있어도 된다. 그러나 Ca는 산화물을 형성하기 쉽고, Ca 함유량이 0.500% 초과이면, 산화물을 기점으로 하는 깨짐에 의해 충분한 성형성을 얻을 수 없다. 따라서, Ca 함유량은 0.500% 이하로 한다. 상기 작용에 의한 효과를 확실하게 얻기 위해, Ca 함유량은 바람직하게는 0.001% 이상이다.
- [0150] (Y : 0.000% 내지 0.500%)
- [0151] Y는, Mg 및 Ca와 마찬가지로, 황화물의 형태 제어에 유효한 원소이다. 따라서, Y가 함유되어 있어도 된다. 그러나 Y는 산화물을 형성하기 쉽고, Y 함유량이 0.500% 초과이면, 산화물을 기점으로 하는 깨짐에 의해 충분한 성형성을 얻을 수 없다. 따라서, Y 함유량은 0.500% 이하로 한다. 상기 작용에 의한 효과를 확실하게 얻기 위해, Y 함유량은 바람직하게는 0.001% 이상이다.
- [0152] (Zr : 0.000% 내지 0.500%)
- [0153] Zr은, Mg, Ca 및 Y와 마찬가지로, 황화물의 형태 제어에 유효한 원소이다. 따라서, Zr이 함유되어 있어도 된다. 그러나 Zr은 산화물을 형성하기 쉽고, Zr 함유량이 0.500% 초과이면, 산화물을 기점으로 하는 깨짐에 의해 충분한 성형성을 얻을 수 없다. 따라서, Zr 함유량은 0.500% 이하로 한다. 상기 작용에 의한 효과를 확실하게 얻기 위해, Zr 함유량은 바람직하게는 0.001% 이상이다.
- [0154] (La : 0.000% 내지 0.500%)
- [0155] La는, Mg, Ca, Y 및 Zr과 마찬가지로, 황화물의 형태 제어에 유효한 원소이다. 따라서, La가 함유되어 있어도 된다. 그러나 La는 산화물을 형성하기 쉽고, La 함유량이 0.500% 초과이면, 산화물을 기점으로 하는 깨짐에 의해 충분한 성형성을 얻을 수 없다. 따라서, La 함유량은 0.500% 이하로 한다. 상기 작용에 의한 효과를 확실하게 얻기 위해, La 함유량은 바람직하게는 0.001% 이상이다.
- [0156] (Ce : 0.000% 내지 0.500%)
- [0157] Ce는, Mg, Ca, Y, Z 및 rLa와 마찬가지로, 황화물의 형태 제어에 유효한 원소이다. 따라서, Ce가 함유되어 있어도 된다. 그러나 Ce는 산화물을 형성하기 쉽고, Ce 함유량이 0.500% 초과이면, 산화물을 기점으로 하는 깨짐에 의해 충분한 성형성을 얻을 수 없다. 따라서, Ce 함유량은 0.500% 이하로 한다. 상기 작용에 의한 효과를 확실하게 얻기 위해, Ce 함유량은 바람직하게는 0.001% 이상이다.
- [0158] 이와 같이, Nb, Mo, V, W, Ta, Ni, Mg, Ca, Y, Zr, La 및 Ce는 임의 원소이며, 「Nb : 0.001% 내지 0.500%」, 「Mo : 0.001% 내지 0.500%」, 「V : 0.001% 내지 0.500%」, 「W : 0.001% 내지 0.500%」, 「Ta : 0.001% 내지 0.500%」, 「Ni : 0.001% 내지 0.500%」, 「Mg : 0.001% 내지 0.500%」, 「Ca : 0.001% 내지 0.500%」, 「Y : 0.001% 내지 0.500%」, 「Zr : 0.001% 내지 0.500%」, 「La : 0.001% 내지 0.500%」, 또는 「Ce : 0.001% 내지 0.500%」, 또는 이들의 임의의 조합이 충족되는 것이 바람직하다.
- [0159] 이어서, 본 실시 형태에 관한 고탄소 강판의 표면에 있어서의 페라이트의 미시적인 마찰 계수에 대해서 설명한다. 본 실시 형태에 관한 고탄소 강판의 표면에 있어서의 페라이트의 미시적인 마찰 계수는 0.5 미만이다.
- [0160] (표면에 있어서의 페라이트의 미시적인 마찰 계수 : 0.5 미만)
- [0161] 표면에 있어서의 페라이트의 미시적인 마찰 계수는, 성형 중의 금형과 고탄소 강판과의 응착과 밀접하게 관계된다. 페라이트의 미시적인 마찰 계수가 0.5 이상에서는, 금형을 사용한 성형 중에, 고탄소 강판과 금형 사이에

미시적인 응착이 발생한다. 이 결과, 당해 금형을 사용해서 수천에서 수만 샷의 성형을 행하면, 그 사이에 응착물이 금형 위에 축적되고, 금형 또는 고탄소 강판 또는 그 양쪽에 흠집이 발생하여, 성형성이 저하된다. 따라서, 페라이트의 미시적인 마찰 계수는 0.5 미만으로 한다. 성형성의 관점에서, 미시적인 마찰 계수는 가능한 한 낮은 것이 바람직하다. 고탄소 강판의 제조 방법 등에도 의존하지만, 미시적인 마찰 계수는 0.35 이상이 되는 경우가 많다.

[0162] 도 2는, 고탄소 강판의 편칭 성형에 있어서의, 페라이트의 미시적인 마찰 계수와 금형 또는 고탄소 강판에 흠집이 발생할 때까지의 프레스 횟수(샷)와의 관계를 도시하는 도면이다. 도 2에 도시한 바와 같이, 미시적인 마찰 계수가 0.5 미만이면 0.5 이상의 경우와 비교하여, 흠집이 발생할 때까지의 프레스 횟수가 현저하게 높다.

[0163] 미시적인 마찰 계수는, 나노인덴터를 사용하여 측정할 수 있다. 즉, 다이아몬드 압자에 의해 $10\mu\text{N}$ 의 수직 하중 P를 고탄소 강판의 표면에 부하하고, 수평 방향으로 이동시켰을 때에 발생하는 운동 마찰력 F를 취득한다. 이때의 이동 속도는 예를 들어 $1\mu\text{m}/\text{초}$ 로 한다. 그리고 하기 (1)식으로부터 미시적인 마찰 계수 μ (운동 마찰 계수)를 산출한다. 나노인덴터로서는, 예를 들어 오미크론사 제조의 「TI-900 TriboIndenter」를 사용할 수 있다.

[0164] $F = \mu P \dots (1)$ 식

[0165] 도 3a는, 미시적인 마찰 계수를 측정하기 전의 고탄소 강판의 표면을 나타내는 현미경 사진이며, 도 3b는, 미시적인 마찰 계수를 측정한 후의 고탄소 강판의 표면을 나타내는 현미경 사진이다. 도 3a 및 도 3b에는, $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ 의 시야 예를 나타내고 있다. 도 3a 및 도 3b에 도시한 바와 같이, 이 시야 예에는 페라이트(31) 및 시멘타이트(32)가 존재하고 있다. 또한, 도 3b에 도시한 바와 같이, 측정 후에는, 다이아몬드 압자의 수평 방향으로의 이동에 따라 발생한 측정 흠집(33)이 존재한다. 또한, 시멘타이트의 미시적인 마찰 계수는 0.4 이하였다.

[0166] 이어서, 본 실시 형태에 관한 고탄소 강판의 조직에 대해서 설명한다. 본 실시 형태에 관한 고탄소 강판은, 시멘타이트의 구상화율 : 80% 이상, 또한 시멘타이트의 평균 입경 : $0.3\mu\text{m}$ 내지 $2.2\mu\text{m}$ 로 나타나는 조직을 갖는다.

[0167] (시멘타이트의 구상화율 : 80% 이상)

[0168] 시멘타이트는 성형 중에 응력 집중의 기점이 되는 경우가 있고, 특히 침상 시멘타이트에는 국소적으로 응력이 집중하기 쉽다. 시멘타이트의 구상화율이 80% 미만이면, 응력이 집중하기 쉬운 침상 시멘타이트가 많이 함유되어 있으므로, 응력 집중이 발생하기 쉽고, 페라이트와 시멘타이트와의 계면에서 박리가 발생해서 충분한 성형성이 얻어지지 않는다. 따라서, 시멘타이트의 구상화율은 80% 이상으로 하고, 바람직하게는 85% 이상으로 한다. 성형성의 관점에서, 시멘타이트의 구상화율은 가능한 한 높은 것이 바람직하고, 100%라도 된다. 단, 시멘타이트의 구상화율을 100%로 하려 하면, 생산성이 저하될지도 몰라, 생산성의 관점에서는 시멘타이트의 구상화율은 바람직하게는 80% 이상 100% 미만이다.

[0169] (시멘타이트의 평균 입경 : $0.3\mu\text{m}$ 내지 $2.2\mu\text{m}$)

[0170] 시멘타이트의 평균 입경은, 시멘타이트에의 응력 집중의 정도와 밀접하게 관계된다. 시멘타이트의 평균 입경이 $0.3\mu\text{m}$ 미만이면, 성형 중에 발생한 전위가 시멘타이트에 대하여 오로원루프를 형성하고, 시멘타이트 주변의 전위 밀도가 증가해서 깨짐(보이드)이 발생한다. 따라서, 시멘타이트의 평균 입경은 $0.3\mu\text{m}$ 이상으로 하고, 바람직하게는 $0.5\mu\text{m}$ 이상으로 한다. 시멘타이트의 평균 입경이 $2.2\mu\text{m}$ 초과이면, 성형 중에 발생한 전위가 다량으로 퇴적하고, 국소적인 응력 집중이 발생해서 깨짐이 발생한다. 따라서, 시멘타이트의 평균 입경은 $2.2\mu\text{m}$ 이하로 하고, 바람직하게는 $2.0\mu\text{m}$ 이하로 한다.

[0171] 시멘타이트의 구상화율 및 평균 입경은, 주사형 전자 현미경을 사용한 조직 관찰에 의해 행할 수 있다. 조직 관찰용의 샘플 제작에서는, 에머리지에 의한 습식 연마 및 입자 사이즈가 $1\mu\text{m}$ 인 다이아몬드 지립에 의한 연마에 의해 관찰면을 경면으로 마무리한 후, 3 체적% 질산 및 97 체적% 알코올의 에칭액에 의해 에칭을 행한다. 관찰 배율은 3000배 내지 10000배로 하고, 예를 들어 10000배로 하고, 관찰면에 시멘타이트가 500개 이상 함유되는 시야를 16개소 선택하고, 이들의 조직 화상을 취득한다. 그리고 화상 처리 소프트웨어를 사용하여, 조직 화상 중의 각 시멘타이트의 면적을 측정한다. 화상 처리 소프트웨어로서는, 예를 들어 미파니 쇼지 가부시끼가이샤 제조의 「Win ROOF」를 사용할 수 있다. 이때에, 노이즈에 의한 측정 오차의 영향을 억제하기 위해, 면적이 $0.01\mu\text{m}^2$ 이하인 시멘타이트는 평가의 대상으로부터 제외한다. 그리고 평가 대상인 시멘타이트 평균 면적을 구하고, 이 평균 면적이 얻어지는 원의 직경을 구하고, 이 직경을 시멘타이트의 평균 입경으로 한다. 시멘타이트의 평균 면적은, 평가 대상인 시멘타이트의 총 면적을 당해 시멘타이트의 개수로 나누어 얻어지는 값이다. 또한,

장축 길이와 단축 길이의 비가 3 이상인 시멘타이트를 침상 시멘타이트로 하고, 3 미만의 시멘타이트를 구상 시멘타이트로 하고, 구상 시멘타이트의 개수를 전 시멘타이트의 개수로 나눈 값을 시멘타이트의 구상화율이라 한다.

[0172] 이어서, 본 실시 형태에 관한 고탄소 강관의 제조 방법에 대해서 설명한다. 이 제조 방법에서는, 상기 화학 조성의 슬래브의 열간 압연을 행해서 열연 강관을 취득하고, 이 열연 강관의 산 세정을 행하고, 그 후에 열연 강관의 어닐링을 행한다. 열간 압연에서는, 슬래브 가열의 온도를 1000℃ 이상 1150℃ 미만으로 하고, 마무리 압연의 온도를 830℃ 이상 950℃ 이하로 하고, 권취의 온도를 450℃ 이상 700℃ 이하로 한다. 어닐링 시에는, 열연 강관을 730℃ 이상 770℃ 이하의 온도로 3 시간 이상 60 시간 이하 유지하고, 이어서 열연 강관을 1℃/hr 이상 60℃/hr 이하의 냉각 속도로 650℃까지 냉각한다. 또한, 어닐링의 분위기는, 예를 들어 적어도 분위기 온도가 400℃를 초과하는 온도 영역에서 수소를 75 체적% 이상 함유하는 분위기로 하지만, 이것에 한정되는 것은 아니다.

[0173] 여기서, 열간 압연으로부터 냉각까지의 사이의 강관 변화의 개략에 대해서 설명한다. 도 4는, 온도의 변화를 도시하는 모식도이다. 도 5a 내지 도 5e는, 조직의 변화를 도시하는 모식도이다.

[0174] 도 4에 도시하는 예에서는, 열간 압연 S1에, 슬래브 가열 S11, 마무리 압연 S12 및 권취 S13이 포함되고, 어닐링 S3에, 고온 유지 S31 및 냉각 S32가 포함된다. 열간 압연 S1과 어닐링 S3 사이에 산 세정 S2가 있고, 어닐링 S3 후에 냉각 S4가 있다.

[0175] 슬래브 가열 S11의 종료 시점 t_A 에서는, 도 5a에 도시한 바와 같이, 오스테나이트(12)와 오스테나이트(12)와의 계면에 B 원자(13)가 편석하고 있다. 고온 유지 S31의 종료 시점 t_B 에서는, 도 5b에 도시한 바와 같이, 강관의 조직은 페라이트(11) 및 오스테나이트(12)를 함유한다. 또한, 페라이트(11)와 오스테나이트(12)와의 계면에 B 원자(13)가 편석하고 있다. B 원자(13)의 일부는 강관의 표면(15)에도 존재하고, 강관의 표면에 존재하는 B 원자(13)는 공유 결합(14)에 의해 서로 결합하고 있다. 도 5b에는 도시하고 있지 않지만, 시멘타이트도 강관의 조직에 함유되어 있고, B 원자(13)의 일부는 페라이트(11)와 시멘타이트와의 계면에도 편석하고 있다. 냉각 S32의 도중 시점 t_C 에서는, 도 5c에 도시한 바와 같이, 도 5b에 나타나는 조직보다도 페라이트(11)의 비율이 증가하고, 오스테나이트(12)의 비율이 감소하고, 이에 수반하여 이들 2상의 계면이 이동하고 있다. 그리고 계면의 이동에 수반하여, 강관의 표면에 존재하는 B 원자(13)가 증가한다. 또한, 냉각 S32가 진행된 시점 t_D 에서는, 도 5d에 도시한 바와 같이, 도 5c에 나타내는 조직보다도 페라이트(11)의 비율이 증가하고, 오스테나이트(12)의 비율이 감소하고, 강관의 표면에 존재하는 B 원자(13)가 증가하고 있다. 그리고 강관의 온도가 650℃에 달한 시점 t_E 에서는, 도 5e에 도시한 바와 같이, 오스테나이트(12)가 소실되어, 강관의 표면(15)이 많은 B 원자(13)에 의해 덮여 있다. B 원자(13)는 공유 결합(14)에 의해 서로 결합하고 있으므로, 결정화하고 있다. 도 5e에 나타내는 조직은, 냉각 S4의 동안에도 변화되지 않아, 강관의 온도가 실온 정도, 예를 들어 60℃ 미만의 온도에 달했을 때에도 유지되고 있다.

[0176] 이 제조 방법에 의하면, 공유 결합(14)에 의해 서로 결합한 많은 B 원자(13)에 의해 강관의 표면(15)이 덮여지므로, 표면(15)에 있어서의 페라이트의 미시적인 마찰 계수를 0.5 미만으로 할 수 있다.

[0177] (슬래브 가열의 온도 : 1000℃ 이상 1150℃ 미만)

[0178] 슬래브 가열의 온도가 1150℃ 초과이면, 슬래브의 표면으로부터 산소가 슬래브 내부로 쉽게 확산되어, 슬래브 중의 B와 결합한다. 즉, 도 6a에 도시한 바와 같이, B 원자(13)가 O 원자(16)와의 결합으로 인해 소비된다. 이로 인해, 그 후의 처리를 적절하게 행해도, B의 결정으로 덮인 양호한 표면을 얻을 수 없어, 표면에 있어서의 페라이트의 미시적인 마찰 계수를 0.5 미만으로 할 수 없다. 따라서, 슬래브 가열의 온도는 1150℃ 이하로 하고, 바람직하게는 1140℃ 이하로 한다. 슬래브 가열의 온도가 1000℃ 미만이면, 주조 중에 형성된 마크로 편석 및/또는 매크로 편석을 해소할 수 없어, 도 6b에 도시한 바와 같이, B 원자(13)의 응고 편석이 잔존한다. B 원자(13)의 응고 편석은, 그 후의 처리를 적절하게 행해도, 해소할 수 없으므로, B의 결정으로 덮인 양호한 표면을 얻을 수 없어, 표면에 있어서의 페라이트의 미시적인 마찰 계수를 0.5 미만으로 할 수 없다. 또한, 슬래브 가열의 온도가 1000℃ 미만이면, 고탄소 강관 중에 Cr 및/또는 Mn 등이 편석 및 농화한 영역도 잔존한다. 이로 인해, 그 후의 처리를 적절하게 행해도, 성형 중에 이 영역으로부터 깨짐이 발생하여, 충분한 성형성이 얻어지지 않는다. 따라서, 슬래브 가열의 온도는 1000℃ 이상으로 하고, 바람직하게는 1030℃ 이상으로 한다.

[0179] (마무리 압연의 온도 : 830℃ 이상 950℃ 이하)

- [0180] 마무리 압연의 온도가 950℃ 초과이면, 예를 들어 런아웃 테이블(ROT : run out table) 상에서, 권취 완료까지의 동안에 조대한 스케일이 발생한다. 산 세정에 의해 조대한 스케일을 제거할 수 있지만, 큰 요철의 흔적이 남아, 이 흔적에 기인해서 성형 중에 금형과의 응착이 발생하는 경우가 있다. 또한, 조대한 스케일이 발생하면, 권취 시에 강판의 표면에 요철의 흔적이 발생하고, 이 흔적에 기인해서 성형 중에 금형과의 응착이 발생하는 경우가 있다. 따라서, 마무리 압연의 온도는 950℃ 이하로 하고, 바람직하게는 940℃ 이하로 한다. 마무리 압연의 온도가 830℃ 미만이면, 권취 완료까지의 동안에 발생하는 스케일의 강판과의 밀착성이 매우 높아, 산 세정에 의해 제거하는 것이 곤란하다. 강한 산 세정을 행하면 제거할 수 있지만, 강한 산 세정을 행하면 강판의 표면이 거칠어지므로, 성형 중에 금형과의 응착이 발생하는 경우가 있다. 또한, 마무리 압연의 온도가 830℃ 미만이면, 권취까지의 동안에 오스테나이트의 재결정이 완료되지 않으므로, 열연 강판의 이방성이 높아진다. 열연 강판의 이방성은 어닐링 후에도 계속되므로, 충분한 성형성이 얻어지지 않는다. 따라서, 마무리 압연의 온도는 830℃ 이상으로 하고, 바람직하게는 840℃ 이상으로 한다.
- [0181] (권취의 온도 : 450℃ 이상 700℃ 이하)
- [0182] 권취의 온도가 700℃ 초과이면, 열연 강판 중에 조대한 라멜라를 갖는 펄라이트가 생성되어, 어닐링 중의 시멘타이트의 구상화가 저해되어, 80% 이상의 구상화율이 얻어지지 않는다. 따라서, 권취의 온도는 700℃ 이하로 한다. 또한, 권취의 온도가 570℃ 초과이면, 권취 완료까지의 동안에 조대한 스케일이 발생한다. 이로 인해, 마무리 압연의 온도가 950℃ 초과인 경우와 마찬가지로, 성형 중에 금형과의 응착이 발생하는 경우가 있다. 따라서, 권취의 온도는 바람직하게는 570℃ 이하로 하고, 더욱 바람직하게는 550℃ 이하로 한다. 권취의 온도가 450℃ 미만이면, 권취 완료까지의 동안에 발생하는 스케일의 강판과의 밀착성이 매우 높아, 산 세정에 의해 제거하는 것이 곤란하다. 강한 산 세정을 행하면 제거할 수 있지만, 강한 산 세정을 행하면 강판의 표면이 거칠어지므로, 성형 중에 금형과의 응착이 발생하는 경우가 있다. 또한, 권취의 온도가 450℃ 미만이면, 열연 강판이 취화되어, 산 세정에 있어서의 코일 되감기 시에 열연 강판이 깨져, 충분한 수율이 얻어지지 않는다. 따라서, 권취의 온도는 450℃ 이상으로 하고, 바람직하게는 460℃ 이상으로 한다.
- [0183] 권취에 의해 얻어지는 열연 코일의 길이 방향 및 폭 방향에 있어서의 품질 확보(재질의 변동 저감 등)를 위해, 마무리 압연기에의 입구측 전방에서 조 바(crude bar)를 승온해도 된다. 이 승온에 사용하는 장치 및 이 승온 방법은 특별히 한정되지 않지만, 고주파 유도 가열에 의한 승온을 행하는 것이 바람직하다. 승온한 조 바의 바람직한 온도 범위는 850℃ 내지 1100℃이다. 850℃ 미만의 온도는 오스테나이트로부터 페라이트로의 변태 온도에 가까우므로, 승온한 조 바의 온도가 850℃ 미만이면, 변태 및 역변태에 있어서의 발열 및 흡열이 발생하는 경우가 있어, 온도 제어가 불안정해져, 열연 코일의 길이 방향 및 폭 방향의 온도 균일화가 곤란하다. 이로 인해, 조 바의 승온을 행하는 경우, 승온하는 온도는 바람직하게는 850℃ 이상으로 한다. 조 바의 온도를 1100℃ 초과로 하기 위해서는, 과대한 시간이 걸려 생산성이 저하된다. 이로 인해, 조 바의 승온을 행하는 경우, 승온하는 온도는 바람직하게는 1100℃ 이하로 한다.
- [0184] (어닐링의 유지 온도 : 730℃ 이상 770℃ 이하)
- [0185] 어닐링의 유지 온도가 730℃ 미만이면, 오스테나이트(12)가 충분히 생성되지 않아, 도 6c에 도시한 바와 같이, 페라이트(11)와 페라이트(11)와의 계면이 다수 존재하는 한편, B 원자(13)가 편석하는 사이트가 부족해진다. 이로 인해, 그 후의 처리를 적절하게 행해도, B의 결정으로 덮인 양호한 표면을 얻을 수 없어, 표면에 있어서의 페라이트의 미시적인 마찰 계수를 0.5 미만으로 할 수 없다. 또한, 어닐링의 유지 온도가 730℃ 미만이면, B 원자(13)의 페라이트(11)와 시멘타이트의 계면으로의 편석이 발생하기 어렵고, 충분히 편석시키기 위해서는, 100 시간 정도의 매우 오랜 시간이 걸려, 생산성이 저하된다. 따라서, 어닐링의 유지 온도는 730℃ 이상으로 하고, 바람직하게는 735℃ 이상으로 한다. 어닐링의 유지 온도가 770℃ 초과이면, 도 6d에 도시한 바와 같이, 페라이트(11), 오스테나이트(12) 및 강판 표면의 3중점 근방에 B 원자(13)가 집중되고, 조대한 B의 결정이 생성된다. 조대한 B의 결정이 생성되면, 그 후의 처리를 적절하게 행해도, B 결정의 막 두께 변동이 커져, 표면에 있어서의 페라이트의 미시적인 마찰 계수를 0.5 미만으로 할 수 없다. 또한, 어닐링의 유지 온도가 770℃ 초과이면, 코일 형상으로 감겨 있는 열연 강판의 열팽창이 크고, 어닐링 중에 열연 강판끼리가 서로 마찰되어 표면에 마찰 흔적이 발생하는 경우가 있다. 마찰 흔적에 의해 표면 미관이 손상되거나, 수율이 저하되거나 한다. 따라서, 어닐링의 유지 온도는 770℃ 이하로 하고, 바람직하게는 765℃ 이하로 한다.
- [0186] (어닐링의 유지 시간 : 3 시간 이상 60 시간 이하)
- [0187] 어닐링의 유지 시간이 3 시간 미만이면, 도 6e에 도시한 바와 같이, B 원자(13)가 페라이트(11)와 오스테나이트(12)의 계면에 충분히 편석하지 않으므로, 그 후의 처리를 적절하게 행해도, B의 결정으로 덮인 양호한 표면을

얻을 수 없어, 표면에 있어서의 페라이트의 미시적인 마찰 계수를 0.5 미만으로 할 수 없다. 또한, 어닐링의 유지 시간이 3 시간 미만이면, 시멘타이트가 충분하게는 조대화하지 않아, 시멘타이트의 평균 입경을 $0.3\mu\text{m}$ 이상으로 할 수 없다. 따라서, 어닐링의 유지 시간은 3 시간 이상으로 하고, 바람직하게는 5 시간 이상으로 한다. 어닐링의 유지 시간이 60 시간 초과이면, 어닐링의 유지 온도가 770°C 초과인 경우와 마찬가지로 이유로, 표면에 있어서의 페라이트의 미시적인 마찰 계수를 0.5 미만으로 할 수 없다. 또한, 어닐링의 유지 시간이 60 시간 초과이면, 시멘타이트가 과잉으로 조대화하여, 시멘타이트의 평균 입경을 $2.2\mu\text{m}$ 이하로 할 수 없다. 따라서, 어닐링의 유지 시간은 60 시간 이하로 하고, 바람직하게는 40 시간 이하로 한다.

[0188] (650°C까지의 냉각 속도 : 1°C/hr 이상 60°C/hr 이하)

[0189] 650°C까지의 냉각 속도가 1°C/hr 미만이면, 도 6f에 도시한 바와 같이, 냉각 중에 B의 결정이 과잉으로 발생하고, B의 결정이 고탄소 강판의 표면에 볼록부를 형성한다. 볼록부가 형성되면, B 결정의 막 두께가 크게 변동하여, 성형 중에 금형과의 응착이 발생하거나, 금형에 흡집이 발생하거나 한다. 또한, 650°C까지의 냉각 속도가 1°C/hr 미만이면, 충분한 생산성이 얻어지지 않는다. 따라서, 650°C까지의 냉각 속도는 1°C/hr 이상으로 하고, 바람직하게는 2°C/hr 이상으로 한다. 650°C까지의 냉각 속도가 60°C/hr 초과이면, 오스테나이트(12)의 감소 속도가 과잉이 되어, 도 6g에 도시한 바와 같이, B 원자(13) 사이에 충분한 공유 결합(14)을 발생시킬 수 없어, 표면에 있어서의 페라이트의 미시적인 마찰 계수를 0.5 미만으로 할 수 없다. 또한, 650°C까지의 냉각 속도가 60°C/hr 초과이면, 냉각 중에 오스테나이트(12)로부터 펄라이트가 생성되고, 시멘타이트의 구상화가 저해되어, 80% 이상의 구상화율이 얻어지지 않는다. 따라서, 650°C까지의 냉각 속도는 60°C/hr 이하로 하고, 50°C/hr 이하로 한다.

[0190] 본 실시 형태에 따르면, 우수한 윤활성을 얻을 수 있으므로, 고탄소 강판과 금형과의 응착을 억제해서 금형의 손모를 억제할 수 있다. 또한, 본 실시 형태에 따르면, 성형 중의 깨짐을 억제할 수도 있다.

[0191] 또한, 상기 실시 형태는, 모두 본 발명을 실시하는 데 있어서 구체화의 예를 나타낸 것에 지나지 않고, 이들에 의해 본 발명의 기술적 범위가 한정적으로 해석되어서는 안되는 것이다. 즉, 본 발명은 그 기술 사상, 또는 그 주요한 특징으로부터 이탈하지 않고, 여러 가지 형태로 실시할 수 있다.

[0192] <실시예>

[0193] 이어서, 본 발명의 실시예에 대해서 설명한다. 실시예에서의 조건은, 본 발명의 실시 가능성 및 효과를 확인하기 위해서 채용한 1 조건에이며, 본 발명은 이 1 조건에 한정되는 것은 아니다. 본 발명은, 본 발명의 요지를 이탈하지 않고, 본 발명의 목적을 달성하는 한에 있어서, 다양한 조건을 채용할 수 있는 것이다.

[0194] (제1 실험)

[0195] 제1 실험에서는, 표 1에 나타내는 화학 조성의 슬래브(강종 A 내지 Y, BK)의 열간 압연을 행해서 두께가 4mm인 열연 강판을 취득하였다. 열간 압연에서는, 슬래브 가열의 온도를 1130°C , 그 시간을 1 시간으로 하고, 마무리 압연의 온도를 850°C 로 하고, 권취의 온도를 520°C 로 하였다. 이어서, 60°C 미만의 온도까지 냉각하고, 황산을 사용한 산 세정을 행하였다. 그 후, 열연 강판의 어닐링을 행해서 열연 어닐링 강판을 취득하였다. 어닐링에서는, 열연 강판을 750°C 에서 15 시간 유지한 후, 650°C까지 30°C/hr 의 냉각 속도로 냉각하였다. 이어서, 60°C 미만의 온도까지 냉각하였다. 이와 같이 하여 여러 가지 고탄소 강판을 제조하였다. 표 1 중의 공란은, 당해 원소의 함유량이 검출 한계 미만이었음을 나타내고, 잔부는 Fe 및 불순물이다. 예를 들어, 강종 BK의 Cr 함유량은 0.00%라 간주할 수 있다. 표 1 중의 밑줄은, 그 수치가 본 발명의 범위에서 벗어나 있음을 나타낸다.

표 1

강종	화학 조성(질량%)																							Ac1	Ac3	비고			
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ti	Cr	B	Nb	Mo	V	Cu	W	Ta	Ni	Mg	Ca	Y	Zr	La	Ce	(°C)	(°C)				
A	0.32	0.78	1.21	0.023	0.0062	0.088	0.003	0.203	0.11	0.0022														732	850	발명예			
B	0.38	0.41	0.61	0.014	0.0064	0.035	0.002	0.332	0.39	0.0029															737	810	발명예		
C	0.41	0.32	1.40	0.013	0.0051	0.085	0.004	0.157	0.77	0.0018																731	811	발명예	
D	0.47	0.08	0.27	0.015	0.0085	0.072	0.006	0.282	1.22	0.0015																	743	781	발명예
E	0.53	0.19	1.67	0.010	0.0039	0.060	0.003	0.348	0.54	0.0011																	714	758	발명예
F	0.61	0.74	1.86	0.017	0.0097	0.048	0.006	0.046	1.32	0.0023																	748	788	발명예
G	0.64	0.97	0.99	0.002	0.0056	0.082	0.003	0.499	0.05	0.0005																	735	766	발명예
H	0.64	0.47	2.92	0.021	0.0003	0.011	0.008	0.163	0.47	0.0009																	715	758	발명예
I	0.67	0.80	1.48	0.024	0.0041	0.053	0.006	0.421	0.88	0.0008																	740	755	발명예
J	0.29	0.16	2.46	0.005	0.0006	0.027	0.002	0.042	0.88	0.0011																	709	818	비교예
K	0.31	0.17	2.34	0.006	0.0056	0.049	0.011	0.061	0.67	0.0016																	711	819	비교예
L	0.32	0.55	1.15	0.002	0.0017	0.110	0.005	0.194	0.29	0.0019																	731	840	비교예
M	0.32	0.27	0.42	0.022	0.0094	0.006	0.005	0.057	1.46	0.0036																	747	828	비교예
N	0.36	0.60	0.18	0.015	0.0045	0.008	0.009	0.138	0.57	0.0011																	750	838	비교예
O	0.39	0.61	2.70	0.026	0.0003	0.024	0.002	0.056	1.20	0.0033																	728	814	비교예
P	0.40	1.05	1.97	0.001	0.0095	0.070	0.006	0.445	0.36	0.0024																	740	823	비교예
Q	0.40	0.67	0.58	0.006	0.0012	0.033	0.002	0.381	0.21	0.0001																	740	814	비교예
R	0.41	0.21	1.74	0.006	0.0092	0.098	0.002	0.435	1.00	0.0002																	725	782	비교예
S	0.49	0.06	0.53	0.018	0.0053	0.086	0.002	0.321	0.91	0.0014																	730	764	비교예
T	0.53	0.35	1.72	0.003	0.0122	0.055	0.008	0.201	0.42	0.0034																	722	778	비교예
U	0.65	0.78	3.10	0.005	0.0052	0.011	0.004	0.332	0.02	0.0013																	709	756	비교예
V	0.70	0.58	0.60	0.019	0.0048	0.046	0.002	0.136	1.55	0.0029																	758	775	비교예
W	0.78	0.91	2.01	0.005	0.0046	0.076	0.009	0.487	1.37	0.0028																	747	751	비교예
X	0.42	0.24	0.58	0.011	0.0062	0.024	0.005	0.006	0.88	0.0022																	738	808	비교예
Y	0.47	0.99	0.51	0.019	0.0093	0.091	0.009	0.519	1.06	0.0030																	760	804	비교예
BK	0.37	0.38	1.24	0.018	0.0088	0.063	0.007	0.121		0.0022																	721	816	비교예

[0196]

[0197]

그리고 각 고탄소 강판에 대해서, 페라이트의 미시적인 마찰 계수 및 시멘타이트의 구상화율 및 평균 입경을 측정하였다. 페라이트의 미시적인 마찰 계수의 측정 시에는, 시멘타이트의 마찰 계수 측정도 행하였다. 이들의 결과를 표 2에 나타낸다. 표 2 중의 밑줄은, 그 항목이 본 발명이 범위에서 벗어나 있는 것을 나타낸다.

[0198]

또한, 각 고탄소 강판에 대해서, 성형성의 평가로서, 응착 억제성의 평가 및 깨짐 감수성의 평가를 행하였다. 응착 억제성의 평가에서는, 드로비드 시험을 행하였다. 즉, 선단부의 반경 R이 20mm인 압입 비드를 10kN의 하중으로 고탄소 강판에 누르고 뽑아내었다. 그리고 압입 비드의 선단부에 있어서의 응착물 유무를 관찰하고, 응착물이 존재한 것의 평점을 ×로 하고, 존재하지 않은 것의 평점을 ○로 하였다. 또한, 이 시험에서의 응착물의 존재는, 수천에서 수만 샷의 프레스 성형에 있어서 초기에 금형에 응착물을 발생시켜, 성형성을 저하시키는 것을 나타낸다. 깨짐 감수성의 평가로는, 압축 가공 시험을 행하였다. 즉, 고탄소 강판으로부터 직경이 10mm, 높이가 4mm인 원기둥 시험편을, 시험편 높이 방향이 판 두께 방향과 평행해지도록 잘라내고, 이것을 높이가 1mm가 될 때까지 압축 가공하였다. 그리고 외관의 관찰 및 단면 조직 관찰을 행하고, 압축 중 또는 압축 후에 외

관에 깨짐이 존재한 것 및 단면 조직 관찰에 있어서 1mm 이상의 균열이 존재한 것의 평점을 ×로 하고, 그 이외의 것의 평점을 ○로 하였다. 이들의 결과도 표 2에 나타낸다.

표 2

시료 No.	강종	페라이트의 미시적인 마찰 계수	시멘타이트 미시적인 마찰 계수	시멘타이트의 구상화율 (%)	시멘타이트의 평균 입경 (μm)	응착 억제성	깨짐 감수성	비고
1	A	0.40	0.24	80.4	0.76	○	○	발명에
2	B	0.43	0.25	80.4	1.13	○	○	발명에
3	C	0.40	0.31	86.5	0.62	○	○	발명에
4	D	0.42	0.23	83.8	0.86	○	○	발명에
5	E	0.42	0.32	95.5	0.69	○	○	발명에
6	F	0.41	0.33	90.0	0.42	○	○	발명에
7	G	0.49	0.23	85.4	0.96	○	○	발명에
8	H	0.44	0.28	98.7	0.52	○	○	발명에
9	I	0.42	0.33	94.8	0.56	○	○	발명에
10	J	0.42	0.32	92.6	0.56	×	○	비교예
11	K	0.72	0.25	91.4	0.59	×	×	비교예
12	L	0.42	0.23	81.7	0.85	○	×	비교예
13	M	0.42	0.29	85.9	0.73	○	×	비교예
14	N	0.41	0.30	75.6	1.04	○	×	비교예
15	O	0.42	0.31	90.9	0.36	○	×	비교예
16	P	0.41	0.23	82.4	0.54	○	×	비교예
17	Q	0.79	0.24	87.7	1.05	×	×	비교예
18	R	0.79	0.33	92.5	0.55	×	×	비교예
19	S	0.44	0.27	85.2	2.56	○	×	비교예
20	T	0.41	0.31	91.2	0.71	○	×	비교예
21	U	0.41	0.28	98.0	0.52	○	×	비교예
22	V	0.44	0.31	65.8	0.26	○	×	비교예
23	W	0.45	0.25	98.9	0.30	○	×	비교예
24	X	0.62	0.28	85.3	0.75	×	×	비교예
25	Y	0.42	0.27	82.2	0.59	○	×	비교예
26	BK	0.69	0.29	80.6	0.92	×	○	비교예

[0199]

[0200]

표 2에 나타난 바와 같이, 시료 No.1 내지 No.9에서는, 본 발명의 범위 내에 있으므로, 양호한 응착 억제성 및 깨짐 감수성을 얻을 수 있었다.

[0201]

한편, 시료 No.10에서는, 강종 J의 C 함유량이 지나치게 낮으므로, 시멘타이트의 양이 부족하고, 충분한 윤활성을 얻을 수 없어, 성형 중에 금형과의 응착이 발생하였다. 시료 No.11에서는, 강종 K의 N 함유량이 지나치게 높으므로, BN이 석출되고, B의 고용량이 부족하고, 페라이트의 미시적인 마찰 계수가 낮아, 응착 및 압축 시험 중의 깨짐이 발생하였다. 시료 No.12에서는, 강종 L의 Al 함유량이 지나치게 높으므로, 페라이트의 연성이 낮아, 압축 시험 중에 페라이트의 입자 내 깨짐을 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.13에서는, 강종 M의 B 함유량이 지나치게 높으므로, 보라이드가 형성되고, 압축 시험 중에 이것을 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.14에서는, 강종 N의 Mn 함유량이 지나치게 낮으므로, 어닐링의 냉각 중에 펄라이트 변태가 일어나, 시멘타이트의 구상화율이 낮으며, 압축 시험 중에 침상 시멘타이트를 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.15에서는, 강종 O의 P 함유량이 지나치게 높으므로, 페라이트와 시멘타이트의 계면에서의 B의 편석이 저해되어, 압축 시험 중에 깨짐이 발생하였다. 시료 No.16에서는, 강종 P의 Si 함유량이 지나치게 높으므로, 페라이트의 연성이 낮아, 압축 시험 중에 페라이트의 입자 내 깨짐을 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.17 및 시료 No.18에서는, 각각 강종 Q, 강종 R의 B 함유량이 지나치게 낮으므로, 페라이트의 미시적인 마찰 계수가 낮아, 응착 및 압축 시험 중의 깨짐이 발생하였다. 시료 No.19에서는, 강종 S의 Si 함유량이 지나치게 낮으므로, 어닐링 중에 시멘타이트가 과잉으로 조대해져, 압축 시험 중에 조대한 시멘타이트를 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.20에서는, 강종 T의 S 함유량이 지나치게 높으므로, 비금속 개재물인 조대한 황화물이 형성되어, 압축 시험 중에 조대한 황화물을 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.21에서는, 강종 U의 Mn 함유량이 지나치게 높으므로, 페라이트의 연성이 낮아, 압축 시험 중에 페라이트의 입자 내 깨짐을 기점으로

한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.22에서는, 강종 V의 Cr 함유량이 지나치게 높으므로, 어닐링 중의 시멘타이트의 구상화가 저해되고, 또한 시멘타이트의 조대화가 억제되어, 압축 시험 중에 미세한 침상 시멘타이트를 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.23에서는, 강종 W의 C 함유량이 지나치게 높으므로, 시멘타이트의 양이 과잉이 되어, 압축 시험 중에 시멘타이트를 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.24에서는, 강종 X의 Ti 함유량이 지나치게 낮으므로, BN이 석출되고, B의 고용량이 부족해, 페라이트의 미세적인 마찰 계수가 낮아, 응착 및 압축 시험 중의 깨짐이 발생하였다. 시료 No.25에서는, 강종 Y의 Ti 함유량이 지나치게 높으므로, 조대한 Ti 산화물이 형성되고, 압축 시험 중에 조대한 Ti 산화물을 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.26에서는, 강종 BK의 Cr 함유량이 지나치게 낮으므로, BN이 석출되고, B의 고용량이 부족해, 페라이트의 미세적인 마찰 계수가 낮아, 성형 중에 금형과의 응착이 발생하였다.

[0202] (제2 실험)

[0203] 제2 실험에서는, 표 3에 나타내는 화학 조성의 슬래브(강종 Z 내지 BJ)의 열간 압연을 행해서 두께가 4mm인 열연 강판을 취득하였다. 열간 압연에서는, 슬래브 가열의 온도를 1130℃, 그 시간을 1 시간으로 하고, 마무리 압연의 온도를 850℃로 하고, 권취의 온도를 520℃로 하였다. 이어서, 60℃ 미만의 온도까지 냉각하고, 황산을 사용한 산 세정을 행하였다. 그 후, 열연 강판의 어닐링을 행해서 열연 어닐링 강판을 취득하였다. 어닐링에서는, 열연 강판을 750℃로 15 시간 유지한 후, 650℃까지 30℃/hr의 냉각 속도로 냉각하였다. 이어서, 60℃ 미만의 온도까지 냉각하였다. 이와 같이 하여 여러 가지 고탄소 강판을 제조하였다. 표 3 중의 공란은, 당해 원소의 함유량이 검출한계 미만이었음을 나타내고, 잔부는 Fe 및 불순물이다. 표 3 중의 밑줄은, 그 수치가 본 발명의 범위에서 벗어나 있음을 나타낸다.

표 3

강종	화합 조성(질량%)																											Ac1 (%)	Ac3 (%)	비고		
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ti	Cr	B	Nb	Mo	V	Cu	W	Ta	Ni	Mg	Ca	Y	Zr	La	Ce									
Z	0.34	0.52	2.38	0.015	0.0005	0.006	0.007	0.220	1.09	0.0017		0.004													726	811	발명에					
AA	0.35	0.51	2.20	0.013	0.0010	0.080	0.004	0.301	0.93	0.0020	0.192		0.003		0.032		0.047								737	832	발명에					
AB	0.37	0.22	0.31	0.022	0.0017	0.024	0.007	0.078	0.99	0.0011		0.100			0.163	0.101				0.005	0.002	0.004			741	817	발명에					
AC	0.38	0.11	0.42	0.022	0.0059	0.076	0.005	0.192	0.18	0.0026		0.355			0.395	0.056	0.330	0.114	0.371		0.263	0.467	0.272	0.481	0.242	0.311	722	798	발명에			
AD	0.44	0.57	1.45	0.019	0.0024	0.030	0.002	0.188	0.72	0.0013	0.108	0.266		0.114			0.225			0.263	0.467	0.272	0.481				733	805	발명에			
AE	0.47	0.37	0.49	0.018	0.0027	0.008	0.001	0.119	0.46	0.0008	0.313		0.044		0.087		0.441	0.129	0.122	0.339				0.003	734	795	발명에					
AF	0.50	0.28	0.90	0.005	0.0048	0.041	0.003	0.035	0.29	0.0031	0.037					0.002									727	797	발명에					
AG	0.52	0.65	2.05	0.007	0.0077	0.016	0.001	0.471	1.48	0.0017	0.040	0.258	0.271		0.183		0.327	0.007			0.002				741	773	발명에					
AH	0.57	0.13	0.51	0.002	0.0062	0.066	0.003	0.169	0.92	0.0025	0.350		0.130	0.383	0.287						0.329	0.278	0.23	723	772	발명에						
AI	0.57	0.89	2.67	0.001	0.0041	0.020	0.008	0.019	0.91	0.0016	0.080	0.485					0.491			0.490				0.443	729	798	발명에					
AJ	0.62	0.43	0.78	0.009	0.0078	0.097	0.003	0.365	0.93	0.0033		0.156		0.235	0.002	0.197	0.023	0.005		0.268	0.011	0.006	0.199				723	766	발명에			
AK	0.68	0.69	2.38	0.006	0.0054	0.093	0.007	0.255	0.20	0.0010	0.377	0.049			0.430										744	781	발명에					
AL	0.66	0.63	1.86	0.003	0.0071	0.079	0.001	0.011	1.38	0.0007	0.004		0.019	0.003		0.459	0.180	0.281		0.128			0.027	714	851	비교예						
AM	0.22	0.27	2.88	0.023	0.0081	0.018	0.006	0.021	0.83	0.0031	0.081		0.232			0.454	0.086	0.180						740	819	비교예						
AN	0.34	0.87	2.26	0.006	0.0055	0.064	0.001	0.418	1.27	0.0004	0.082		0.505												732	825	비교예					
AO	0.34	0.59	0.99	0.023	0.0021	0.080	0.005	0.296	0.54	0.0033		0.316			0.191		0.447	0.185	0.510						730	811	비교예					
AP	0.35	0.27	0.97	0.004	0.0051	0.091	0.007	0.311	0.91	0.0006		0.538				0.236			0.099		0.107					730	846	비교예				
AQ	0.36	0.99	2.37	0.022	0.0092	0.028	0.006	0.030	0.30	0.0003		0.183	0.471				0.126			0.255				0.013	741	817	비교예					
AR	0.37	0.78	2.77	0.023	0.0029	0.064	0.002	0.062	0.35	0.0024	0.511		0.473				0.291			0.448	0.290	0.029						719	836	비교예		
AS	0.38	0.63	0.12	0.022	0.0001	0.081	0.002	0.352	0.27	0.0016	0.196	0.038		0.044									0.516	738	820	비교예						
AT	0.41	0.71	0.43	0.001	0.0045	0.082	0.004	0.231	0.08	0.0029	0.264		0.160	0.278	0.398	0.425				0.496			0.039	755	839	비교예						
AU	0.42	0.77	1.28	0.016	0.0021	0.027	0.003	0.031	1.18	0.0038	0.001		0.380			0.340									699	770	비교예					
AV	0.43	0.08	2.79	0.020	0.0053	0.011	0.008	0.135	0.71	0.0005			0.532	0.367		0.186	0.120								759	807	비교예					
AW	0.44	0.90	0.90	0.009	0.0001	0.005	0.004	0.426	1.24	0.0021	0.457				0.029		0.189						0.503		0.192	733	813	비교예				
AX	0.45	0.54	0.27	0.001	0.0055	0.014	0.002	0.027	0.02	0.0024	0.227	0.008	0.454													754	796	비교예				
AY	0.47	0.93	2.42	0.021	0.0012	0.058	0.004	0.477	1.70	0.0024		0.245			0.257		0.064	0.082		0.221	0.053								754	796	비교예	
AZ	0.51	0.08	0.14	0.005	0.0010	0.023	0.004	0.016	1.00	0.0032	0.304		0.400	0.394	0.014	0.045	0.137	0.471		0.505	0.138		0.035	743	790	비교예						
BA	0.51	0.75	2.58	0.008	0.0095	0.074	0.003	0.220	0.26	0.0023		0.058	0.365	0.016	0.192					0.013	0.054	0.507			734	770	비교예					
BB	0.52	0.19	0.82	0.002	0.0091	0.014	0.003	0.282	0.99	0.0024	0.373	0.287	0.303		0.429	0.410	0.208	0.001											734	770	비교예	
BC	0.54	0.85	2.66	0.002	0.0154	0.023	0.008	0.312	0.41	0.0028			0.468	0.340	0.079				0.024	0.403									732	770	비교예	
BD	0.55	0.26	2.16	0.011	0.0023	0.092	0.001	0.167	1.31	0.0004	0.097		0.030			0.512	0.085													737	782	비교예
BE	0.58	0.36	0.86	0.014	0.0073	0.089	0.006	0.009	0.93	0.0016		0.029		0.004	0.018		0.074													716	758	비교예
BF	0.62	0.03	0.93	0.015	0.0100	0.080	0.002	0.022	0.28	0.0020		0.007	0.034			0.201		0.281	0.138											725	731	비교예
BG	0.66	0.19	1.34	0.028	0.0044	0.018	0.004	0.464	0.80	0.0035		0.235	0.203		0.012		0.147	0.017					0.062							746	782	비교예
BH	0.68	0.98	1.94	0.004	0.0064	0.082	0.004	0.707	1.32	0.0006		0.057	0.150			0.045	0.512													746	782	비교예
BI	0.68	0.23	2.17	0.019	0.0077	0.006	0.005	0.197	0.70	0.0011	0.475	0.096	0.263	0.427	0.253	0.316	0.455	0.509												712	736	비교예
BJ	0.71	0.17	0.52	0.003	0.0064	0.008	0.008	0.446	0.20	0.0021		0.101			0.193	0.013							0.177	0.022	722	751	비교예					

[0204]

[0205]

그리고 제1 실험과 마찬가지로 하여, 각 고탄소 강관에 대해서, 페라이트의 미시적인 마찰 계수 및 시멘타이트의 구상화율 및 평균 입경을 측정하고, 또한 응축 억제성의 평가 및 깨짐 감수성의 평가를 행하였다. 이들의 결과를 표 4에 나타낸다. 표 4의 밑줄은, 그 항목이 본 발명의 범위에서 벗어나 있음을 나타낸다.

표 4

시료 No.	강종	페라이트의 미시적인 마찰 계수	시멘타이트의 미시적인 마찰 계수	시멘타이트의 구상화율 (%)	시멘타이트의 평균 입경 (μm)	응착 억제성	깨짐 감수성	비고
31	Z	0.43	0.28	90.8	0.45	○	○	실시예
32	AA	0.43	0.23	85.2	0.41	○	○	실시예
33	AB	0.41	0.27	80.2	0.98	○	○	실시예
34	AC	0.45	0.32	81.4	2.05	○	○	실시예
35	AD	0.41	0.28	86.4	0.62	○	○	실시예
36	AE	0.43	0.31	82.3	1.24	○	○	실시예
37	AF	0.42	0.23	84.5	1.02	○	○	실시예
38	AG	0.43	0.30	91.2	0.31	○	○	실시예
39	AH	0.42	0.28	82.2	1.71	○	○	실시예
40	AI	0.42	0.31	94.1	0.31	○	○	실시예
41	AJ	0.43	0.26	91.3	0.89	○	○	실시예
42	AK	0.40	0.34	93.9	0.64	○	○	실시예
43	AL	0.41	0.24	87.2	0.39	○	○	실시예
44	AM	0.43	0.31	90.5	0.45	×	○	비교예
45	AN	0.45	0.30	85.4	0.36	×	○	비교예
46	AO	0.45	0.25	83.0	0.75	○	×	비교예
47	AP	0.44	0.26	86.3	0.64	○	×	비교예
48	AQ	0.58	0.25	85.2	0.54	×	×	비교예
49	AR	0.42	0.31	89.1	0.42	○	×	비교예
50	AS	0.40	0.23	79.0	1.39	○	×	비교예
51	AT	0.44	0.33	85.7	1.35	○	×	비교예
52	AU	0.44	0.32	84.0	0.43	○	×	비교예
53	AV	0.73	0.25	98.1	0.56	×	○	비교예
54	AW	0.44	0.23	80.9	0.52	○	×	비교예
55	AX	0.42	0.27	84.7	1.82	○	×	비교예
56	AY	0.41	0.30	64.0	0.24	○	×	비교예
57	AZ	0.43	0.23	67.4	1.05	○	×	비교예
58	BA	0.43	0.28	92.9	0.57	○	×	비교예
59	BB	0.42	0.31	89.6	0.80	○	×	비교예
60	BC	0.42	0.22	92.0	0.42	○	×	비교예
61	BD	0.46	0.23	95.0	0.46	○	×	비교예
62	BE	0.69	0.27	89.6	0.58	×	×	비교예
63	BF	0.43	0.31	90.6	2.32	○	×	비교예
64	BG	0.44	0.22	96.7	0.73	○	×	비교예
65	BH	0.42	0.32	85.0	0.37	○	×	비교예
66	BI	0.41	0.29	98.9	0.63	○	×	비교예
67	BJ	0.42	0.25	88.3	1.64	○	×	비교예

[0206]

[0207]

표 4에 나타난 바와 같이, 시료 No.31 내지 No.43에서는, 본 발명의 범위 내에 있으므로, 양호한 응착 억제성 및 깨짐 감수성을 얻을 수 있었다.

[0208]

한편, 시료 No.44에서는, 강종 AM의 C 함유량이 지나치게 낮으므로, 시멘타이트의 양이 부족하고, 충분한 윤활성을 얻을 수 없어, 성형 중에 금형과의 응착이 발생하였다. 시료 No.45에서는, 강종 AN의 Cu 함유량이 지나치게 높으므로, 열간 압연 중에 흠집이 발생하고, 이 흠집을 기점으로 한 응착이 발생하였다. 시료 No.46에서는, 강종 AO의 Ca 함유량이 지나치게 높으므로, 조대한 Ca 산화물이 형성되고, 압축 시험 중에 조대한 Ca 산화물을 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.47에서는, 강종 AP의 Mo 함유량이 지나치게 높으므로, 페라이트의 연성이 낮아, 압축 시험 중에 페라이트의 입자 내 깨짐을 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.48에서는, 강종 AQ의 B 함유량이 지나치게 낮으므로, 페라이트의 미시적인 마찰 계수가 낮아, 응착 및 압축 시험 중의 깨짐이 발생하였다. 시료 No.49에서는, 강종 AR의 Nb 함유량이 지나치게 높으므로, 페라이트의 연성이 낮아, 압축 시험 중에 페라이트의 입자 내 깨짐을 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.50에서는, 강종 AS의 Mn 함유

량이 지나치게 낮으므로, 어닐링의 냉각 중에 펄라이트 변태가 일어나고, 시멘타이트의 구상화율이 낮아, 압축 시험 중에 침상 시멘타이트를 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.51에서는, 강종 AT의 Ce 함유량이 지나치게 높으므로, 조대한 Ce 산화물이 형성되고, 압축 시험 중에 조대한 Ce 산화물을 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.52에서는, 강종 AU의 B 함유량이 지나치게 높으므로, 보라이드가 형성되고, 압축 시험 중에 이것을 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.53에서는, 강종 AV의 Ni 함유량이 지나치게 높으므로, 페라이트의 미세적인 마찰 계수가 높아, 응착이 발생하였다. 시료 No.54에서는, 강종 AW의 V 함유량이 지나치게 높으므로, 페라이트의 연성이 낮아, 압축 시험 중에 페라이트의 입자 내 깨짐을 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.55에서는, 강종 AX의 Zr 함유량이 지나치게 높으므로, 조대한 Zr 산화물이 형성되고, 압축 시험 중에 조대한 Zr 산화물을 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.56에서는, 강종 AY의 Cr 함유량이 지나치게 높으므로, 어닐링 중의 시멘타이트의 구상화가 저해되고, 또한 시멘타이트의 조대화가 억제되어, 압축 시험 중에 미세한 침상 시멘타이트를 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.57에서는, 강종 AZ의 Mn 함유량이 지나치게 낮으므로, 어닐링의 냉각 중에 펄라이트 변태가 일어나고, 시멘타이트의 구상화율이 낮아, 압축 시험 중에 침상 시멘타이트를 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.58에서는, 강종 BA의 Y 함유량이 지나치게 높으므로, 조대한 Y 산화물이 형성되고, 압축 시험 중에 조대한 Y 산화물을 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.59에서는, 강종 BB의 La 함유량이 지나치게 높으므로, 조대한 La 산화물이 형성되고, 압축 시험 중에 조대한 La 산화물을 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.60에서는, 강종 BC의 S 함유량이 지나치게 높으므로, 비금속 개재물인 조대한 황화물이 형성되고, 압축 시험 중에 조대한 황화물을 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.61에서는, 강종 BD의 W 함유량이 지나치게 높으므로, 페라이트의 연성이 낮아, 압축 시험 중에 페라이트의 입자 내 깨짐을 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.62에서는, 강종 BE의 Ti 함유량이 지나치게 낮으므로, BN이 석출되고, B의 고용량이 부족해, 페라이트의 미세적인 마찰 계수가 낮아, 응착 및 압축 시험 중의 깨짐이 발생하였다. 시료 No.63에서는, 강종 BF의 Si 함유량이 지나치게 낮으므로, 어닐링 중에 시멘타이트가 과잉으로 조대해져, 압축 시험 중에 조대한 시멘타이트를 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.64에서는, 강종 BG의 P 함유량이 지나치게 높으므로, 페라이트와 시멘타이트의 계면으로의 B의 편석이 저해되어, 압축 시험 중에 깨짐이 발생하였다. 시료 No.65에서는, 강종 BH의 Ta 함유량이 지나치게 높으므로, 페라이트의 연성이 낮아, 압축 시험 중에 페라이트의 입자 내 깨짐을 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.66에서는, 강종 BI의 Mg 함유량이 지나치게 높으므로, 조대한 Mg 산화물이 형성되고, 압축 시험 중에 조대한 Mg 산화물을 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.67에서는, 강종 BJ의 C 함유량이 지나치게 높으므로, 시멘타이트의 양이 과잉이 되어, 압축 시험 중에 시멘타이트를 기점으로 한 깨짐이 발생하였다.

[0209] 또한, 도 1에는, 시료 No.1 내지 No.25 및 No.31 내지 No.67로부터, 시료 No.11, No.51, No.53 및 No.62를 제외하기는 하였으나, 페라이트의 미세적인 마찰 계수와 B 함유량의 관계를 나타내고 있다. 도 1에 도시한 바와 같이, B 함유량이 0.0004% 이상이면, 0.0004% 미만의 경우와 비교하여, 페라이트의 미세적인 마찰 계수가 현저하게 낮다.

[0210] (제3 실험)

[0211] 제3 실험에서는, 제1 실험에서 사용한 강종 및 제2 실험에서 사용한 강종 중에서 본 발명의 범위 내에 있는 것(강종 A 내지 I 및 강종 Z 내지 AL)에 대해서, 여러 가지 조건 하에서 열간 압연 및 어닐링을 행해서 고탄소 강판을 제조하였다. 이들의 조건을 표 5 내지 표 7에 나타낸다. 표 5 내지 표 7 중의 밑줄은, 그 수치가 본 발명의 범위에서 벗어나 있음을 나타낸다.

표 5

시료 No.	강종	열연 조건			어닐링 조건			비고
		슬래브 가열 온도 (°C)	마무리 압연 온도 (°C)	권취 온도 (°C)	유지 온도 (°C)	유지 시간 (hr)	냉각 속도 (°C/hr)	
71	A	1116	871	540	<u>786</u>	51.4	56.7	비교예
72	B	1149	841	646	745	18.4	58.6	발명예
73	C	1113	879	<u>706</u>	747	9.7	26.7	비교예
74	D	1006	940	681	757	34.7	33.6	발명예
75	E	1149	889	605	756	<u>2.2</u>	13.9	비교예
76	F	<u>993</u>	902	554	759	3.6	30.7	비교예
77	G	1068	891	684	742	26.8	3.8	발명예
78	H	1044	874	685	736	56.2	53.2	발명예
79	I	1083	845	590	748	46.3	40.7	발명예
80	Z	1120	914	616	751	6.5	1.3	발명예
81	AA	1122	880	<u>714</u>	765	43.0	58.9	비교예
82	AB	1113	844	583	752	55.3	2.7	발명예
83	AC	1088	863	695	749	7.6	38.0	발명예
84	AD	1065	850	547	741	18.3	<u>68.1</u>	비교예
85	AE	1095	904	680	750	36.5	48.6	발명예
86	AF	1118	949	521	<u>776</u>	57.9	7.5	비교예
87	AG	1024	859	<u>435</u>	766	58.7	5.5	비교예
88	AH	1078	874	620	754	18.8	21.3	발명예
89	AI	1028	861	615	753	3.1	21.2	발명예
90	AJ	1136	915	689	767	46.8	27.6	발명예
91	AK	1098	936	645	760	37.1	8.1	발명예
92	AL	1099	901	691	754	29.7	12.7	발명예

[0212]

표 6

시료 No.	강종	열연 조건			어닐링 조건			비고
		슬래브 가열 온도 (°C)	마무리 압연 온도 (°C)	권취 온도 (°C)	유지 온도 (°C)	유지 시간 (hr)	냉각 속도 (°C/hr)	
101	A	1104	873	527	<u>721</u>	38.3	32.0	비교예
102	B	1060	<u>983</u>	560	757	56.8	17.3	비교예
103	C	1129	865	625	732	4.9	42.7	발명예
104	D	<u>1175</u>	863	548	767	12.6	30.7	비교예
105	E	1109	875	632	749	4.6	40.7	발명예
106	F	1088	865	677	768	23.0	2.3	발명예
107	G	1142	869	536	736	5.5	<u>62.3</u>	비교예
108	H	1064	848	640	739	14.8	29.0	발명예
109	I	1064	847	621	745	7.8	24.5	발명예
110	Z	1007	878	656	747	48.2	2.9	발명예
111	AA	1051	943	699	768	6.2	1.2	발명예
112	AB	<u>1158</u>	908	526	760	6.2	7.3	비교예
113	AC	1131	<u>823</u>	532	761	47.9	16.2	비교예
114	AD	1047	847	605	730	22.5	25.2	발명예
115	AE	1080	862	648	752	26.8	31.7	발명예
116	AF	1102	885	666	741	17.0	42.8	발명예
117	AG	1050	932	601	770	32.6	1.9	발명예
118	AH	1025	875	540	<u>718</u>	26.3	41.3	비교예
119	AI	1078	936	625	750	17.1	58.1	발명예
120	AJ	1079	881	671	764	9.7	28.7	발명예
121	AK	1084	867	641	735	27.8	4.5	발명예
122	AL	1116	890	531	742	4.5	9.3	발명예

[0213]

표 7

시료 No.	강종	열연 조건			어닐링 조건			비고
		슬래브 가열 온도 (°C)	마무리 압연 온도 (°C)	권취 온도 (°C)	유지 온도 (°C)	유지 시간 (hr)	냉각 속도 (°C/hr)	
131	A	1096	870	511	764	54.5	10.2	발명에
132	B	1097	886	479	768	18.7	<u>0.4</u>	비교예
133	C	1107	835	502	762	6.1	56.6	발명에
134	D	1022	857	464	755	4.8	45.2	발명에
135	E	1087	<u>801</u>	453	743	17.6	54.7	비교예
136	F	1069	858	576	761	34.0	49.8	발명에
137	G	1032	931	<u>444</u>	738	35.9	16.5	비교예
138	H	1096	843	497	749	<u>62.6</u>	42.7	비교예
139	I	1046	895	536	754	48.1	24.5	발명에
140	Z	1123	920	489	755	<u>2.6</u>	58.5	비교예
141	AA	1082	865	495	731	34.8	33.3	발명에
142	AB	1058	924	482	749	26.5	24.3	발명에
143	AC	1123	904	524	743	35.3	35.6	발명에
144	AD	1077	877	498	741	10.4	<u>0.8</u>	비교예
145	AE	1008	939	574	753	22.1	28.7	발명에
146	AF	1034	<u>962</u>	482	751	41.0	7.4	비교예
147	AG	1133	916	457	732	4.5	24.0	발명에
148	AH	1037	884	561	748	59.0	9.4	발명에
149	AI	<u>979</u>	847	508	752	59.9	4.6	비교예
150	AJ	1126	933	479	748	<u>68.3</u>	3.3	비교예
151	AK	1138	893	598	752	26.9	3.2	발명에
152	AL	1063	865	584	746	40.3	2.6	발명에

[0214]

[0215]

그리고 제1 실험과 마찬가지로 하여, 각 고탄소 강판에 대해서, 페라이트의 미시적인 마찰 계수 및 시멘타이트의 구상화율 및 평균 입경을 측정하고, 또한 응착 억제성의 평가 및 깨짐 감수성의 평가를 행하였다. 이들의 결과를 표 8 내지 표 10에 나타낸다. 표 8 내지 표 10의 밑줄은, 그 항목이 본 발명의 범위에서 벗어나 있음을 나타낸다.

표 8

시료 No.	페라이트의 미시적인 마찰 계수	시멘타이트의 미시적인 마찰 계수	시멘타이트의 구상화율 (%)	시멘타이트의 평균 입경 (μm)	응착 억제성	깨짐 감수성	비고
71	<u>0.72</u>	0.33	86.8	<u>2.25</u>	×	×	비교예
72	0.43	0.31	87.9	1.15	○	○	발명예
73	<u>0.64</u>	0.27	<u>78.3</u>	0.63	×	×	비교예
74	0.44	0.28	88.3	0.90	○	○	발명예
75	<u>0.63</u>	0.24	84.3	<u>0.29</u>	×	×	비교예
76	<u>0.59</u>	0.24	90.3	0.42	×	×	비교예
77	0.49	0.28	80.9	0.99	○	○	발명예
78	0.44	0.31	94.3	0.54	○	○	발명예
79	0.43	0.29	93.1	0.59	○	○	발명예
80	0.48	0.28	80.8	0.98	○	○	발명예
81	<u>0.71</u>	0.23	<u>75.4</u>	2.12	×	×	비교예
82	0.44	0.22	87.1	0.65	○	○	발명예
83	0.47	0.34	82.0	1.25	○	○	발명예
84	<u>0.61</u>	0.34	<u>62.3</u>	1.04	×	×	비교예
85	0.46	0.29	91.2	0.33	○	○	발명예
86	<u>0.73</u>	0.25	83.6	<u>2.36</u>	×	×	비교예
87	<u>0.64</u>	0.23	98.9	1.16	×	○	비교예
88	0.47	0.30	93.0	0.92	○	○	발명예
89	0.45	0.28	94.8	0.63	○	○	발명예
90	0.45	0.27	97.1	0.43	○	○	발명예
91	0.44	0.32	96.5	0.68	○	○	발명예
92	0.45	0.28	90.4	0.46	○	○	발명예

[0216]

표 9

시료 No.	페라이트의 미시적인 마찰 계수	시멘타이트의 미시적인 마찰 계수	시멘타이트의 구상화율 (%)	시멘타이트의 평균 입경 (μm)	응착 억제성	깨짐 감수성	비고
101	<u>0.72</u>	0.31	82.3	0.77	×	×	비교예
102	<u>0.61</u>	0.22	82.8	1.18	×	○	비교예
103	0.42	0.26	81.3	0.61	○	○	발명예
104	<u>0.71</u>	0.26	92.2	0.89	×	○	비교예
105	0.44	0.24	95.3	0.69	○	○	발명예
106	0.42	0.30	94.9	0.45	○	○	발명예
107	<u>0.61</u>	0.31	<u>64.1</u>	0.95	×	×	비교예
108	0.43	0.32	95.4	0.53	○	○	발명예
109	0.42	0.26	89.8	0.56	○	○	발명예
110	0.44	0.34	88.0	1.01	○	○	발명예
111	0.44	0.34	84.2	2.07	○	○	발명예
112	<u>0.69</u>	0.25	89.6	0.63	×	○	비교예
113	<u>0.59</u>	0.32	85.5	1.29	×	×	비교예
114	0.47	0.23	84.0	1.03	○	○	발명예
115	0.48	0.28	92.8	0.33	○	○	발명예
116	0.45	0.30	90.0	1.73	○	○	발명예
117	0.44	0.26	99.8	0.34	○	○	발명예
118	<u>0.63</u>	0.25	85.9	0.83	×	×	비교예
119	0.47	0.23	93.9	0.66	○	○	발명예
120	0.45	0.28	95.9	0.41	○	○	발명예
121	0.46	0.24	87.9	0.65	○	○	발명예
122	0.39	0.25	80.6	0.43	○	○	발명예

[0217]

표 10

시료 No.	페라이트의 미시적인 마찰 계수	시멘타이트의 미시적인 마찰 계수	시멘타이트의 구상화율 (%)	시멘타이트의 평균 입경 (μm)	응착 억제성	깨짐 감수성	비고
131	0.39	0.32	83.6	0.81	○	○	발명에
132	<u>0.68</u>	0.33	97.2	<u>2.45</u>	×	×	비교예
133	0.40	0.24	89.9	0.63	○	○	발명에
134	0.40	0.24	87.2	0.86	○	○	발명에
135	<u>0.66</u>	0.31	88.1	0.74	×	×	비교예
136	0.44	0.24	91.6	0.45	○	○	발명에
137	<u>0.59</u>	0.26	86.5	0.99	×	○	비교예
138	<u>0.66</u>	0.22	92.5	<u>2.55</u>	×	×	비교예
139	0.38	0.32	97.5	0.59	○	○	발명에
140	<u>0.60</u>	0.22	82.7	<u>0.22</u>	×	×	비교예
141	0.40	0.27	85.9	2.07	○	○	발명에
142	0.40	0.33	86.0	0.64	○	○	발명에
143	0.40	0.23	89.1	1.27	○	○	발명에
144	<u>0.54</u>	0.27	81.6	<u>2.38</u>	×	×	비교예
145	0.43	0.31	93.5	0.33	○	○	발명에
146	<u>0.62</u>	0.24	82.4	1.77	×	○	비교예
147	0.37	0.31	81.0	0.30	○	○	발명에
148	0.40	0.32	90.4	0.93	○	○	발명에
149	<u>0.72</u>	0.33	94.5	0.68	×	×	비교예
150	<u>0.58</u>	0.29	84.7	<u>2.46</u>	×	×	비교예
151	0.43	0.23	94.5	0.67	○	○	발명에
152	0.44	0.25	80.4	0.46	○	○	발명에

[0218]

[0219]

표 8에 나타난 바와 같이, 시료 No.72, No.74, No.77 내지 No.80, No.82, No.83, No.85 및 No.88 내지 No.92에 서는, 본 발명의 범위 내에 있으므로, 양호한 응착 억제성 및 깨짐 감수성을 얻을 수 있었다. 표 9에 나타난 바와 같이, 시료 No.103, No.105, No.106, No.108 내지 No.111, No.114 내지 No.117 및 No.120 내지 No.122에 서도, 본 발명의 범위 내에 있으므로, 양호한 응착 억제성 및 깨짐 감수성을 얻을 수 있었다. 표 10에 나타난 바와 같이, 시료 No.131, No.133, No.134, No.136, No.139, No.141 내지 No.143, No.145, No.147, No.148, No.151 및 No.152에서도, 본 발명의 범위 내에 있으므로, 양호한 응착 억제성 및 깨짐 감수성을 얻을 수 있었다.

[0220]

한편, 시료 No.71에서는, 어닐링의 유지 온도가 지나치게 높으므로, 체적 팽창이 크고, 열연 코일이 풀어져서 마찰 흔적이 발생하고, 결속 밴드에 의한 압흔도 발생하였다. 또한, B의 결정 막의 두께 변동이 커, 페라이트의 미시적인 마찰 계수가 컸다. 이로 인해, 응착이 발생하였다. 또한, 시멘타이트가 과잉으로 조대화하여, 압축 시험 중에 조대한 시멘타이트를 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.73에서는, 권취의 온도가 지나치게 높으므로, 열연 강판 중에 조대한 라멜라를 갖는 펄라이트가 생성되고, 어닐링 중의 시멘타이트의 구상화가 저해되어, 시멘타이트의 구상화율이 낮았다. 또한, 스케일의 제거에 수반하여 큰 요철이 형성되고, 페라이트의 미시적인 마찰 계수가 컸다. 이로 인해, 응착 및 압축 시험 중의 깨짐이 발생하였다. 시료 No.75에서는, 어닐링의 유지 시간이 지나치게 짧으므로, 페라이트의 미시적인 마찰 계수가 크고, 시멘타이트의 평균 입경이 작았다. 이로 인해, 응착 및 압축 시험 중의 깨짐이 발생하였다. 시료 No.76에서는, 슬래브 가열의 온도가 지나치게 낮으므로, B 및 Mn 등의 편석이 해소되지 않아, 페라이트의 미시적인 마찰 계수가 컸다. 이로 인해, 응착 및 압축 시험 중의 깨짐이 발생하였다. 시료 No.81에서는, 권취의 온도가 지나치게 높으므로, 시료 No.73과 마찬가지로, 응착 및 압축 시험 중의 깨짐이 발생하였다. 시료 No.84에서는, 냉각 속도가 지나치게 높으므로, 냉각 중에 펄라이트 변태가 발생하고, 압축 시험 중에 침상 시멘타이트를 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 또한, 고탄소 강판의 표면에 B의 결정이 양호한 막이 형성되지 않고, 페라이트의 미시적인 마찰 계수가 높아, 응착이 발생하였다. 시료 No.86에서는, 어닐링의 유지 온도가 지나치게 높으므로, 시료 No.81과 마찬가지로, 응착 및 압축 시험 중의 깨짐이 발생하였다. 시료 No.87에서는, 권취의 온도가 지나치게 낮으므로, 스케일의 제거

결과, 강판의 표면이 거칠어져서 응착이 발생하였다.

[0221] 시료 No.101에서는, 어닐링의 유지 온도가 지나치게 낮으므로, B의 페라이트와 오스테나이트의 계면으로의 편석이 억제되고, 페라이트의 미시적인 마찰 계수가 커, 응착이 발생하였다. 또한, B의 페라이트와 시멘타이트의 계면으로의 편석도 억제되어, 압축 시험 중에 깨짐이 발생하였다. 시료 No.102에서는, 마무리 압연의 온도가 지나치게 높으므로, 스케일의 제거에 수반하여 큰 요철이 형성되어, 페라이트의 미시적인 마찰 계수가 컸다. 이로 인해, 응착이 발생하였다. 시료 No.104에서는, 슬래브 가열의 온도가 지나치게 높으므로, 슬래브 가열 중에 B 원자가 산화하고, 페라이트의 미시적인 마찰 계수가 컸다. 이로 인해, 응착이 발생하였다. 시료 No.107에서는, 냉각 속도가 지나치게 높으므로, 냉각 중에 펄라이트 변태가 발생하여, 압축 시험 중에 침상 시멘타이트를 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 또한, 고탄소 강판의 표면에 B 결정의 양호한 막이 형성되지 않고, 페라이트의 미시적인 마찰 계수가 높아, 응착이 발생하였다. 시료 No.112에서는, 슬래브 가열의 온도가 지나치게 높으므로, 시료 No.104와 마찬가지로, 응착이 발생하였다. 시료 No.113에서는, 마무리 압연의 온도가 지나치게 낮으므로, 조직의 이방성이 강하고, 압축 시험 중에 불균일 조직을 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 또한, 스케일의 제거 결과, 강판의 표면이 거칠어져서 응착이 발생하였다. 시료 No.118에서는, 어닐링의 유지 온도가 지나치게 낮으므로, 시료 No.101과 마찬가지로, 응착 및 압축 시험 중의 깨짐이 발생하였다.

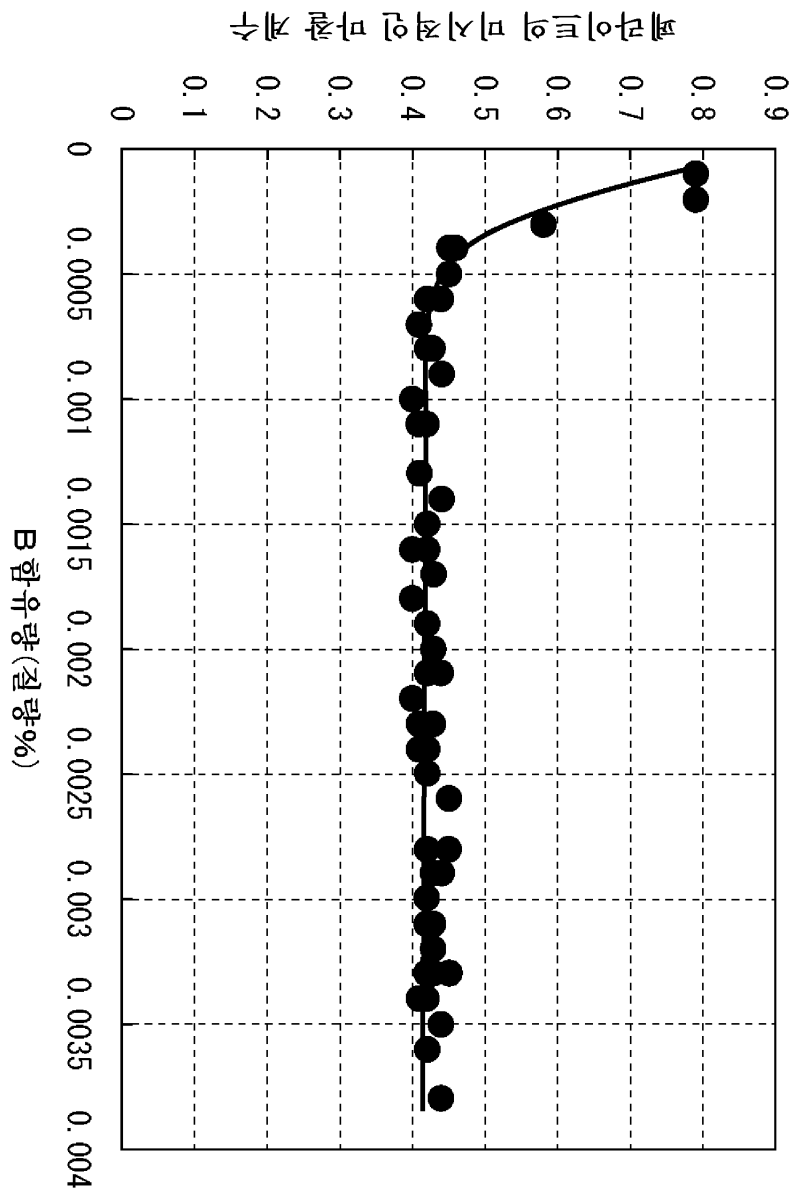
[0222] 시료 No.132에서는, 냉각 속도가 지나치게 낮으므로, B 결정의 막 두께 변동이 크고, 페라이트의 미시적인 마찰 계수가 컸다. 이로 인해, 응착이 발생하였다. 또한, 시멘타이트가 과잉으로 조대화하고, 압축 시험 중에 조대한 시멘타이트를 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.135에서는, 마무리 압연의 온도가 지나치게 낮으므로, 조직의 이방성이 강하고, 압축 시험 중에 불균일 조직을 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 또한, 스케일의 제거 결과, 강판의 표면이 거칠어져서 응착이 발생하였다. 시료 No.137에서는, 권취의 온도가 지나치게 낮으므로, 스케일의 제거 결과, 강판의 표면이 거칠어져서 응착이 발생하였다. 시료 No.138에서는, 어닐링의 유지 시간이 지나치게 길기 때문에, 체적 팽창이 크고, 열연 코일이 풀어져서 마찰 흔적이 발생하고, 결속 밴드에 의한 압흔도 발생하였다. 또한, B 결정의 막 두께 변동이 크고, 페라이트의 미시적인 마찰 계수가 컸다. 이로 인해, 응착이 발생하였다. 또한, 시멘타이트가 과잉으로 조대화하고, 압축 시험 중에 조대한 시멘타이트를 기점으로 한 깨짐이 발생하였다. 시료 No.140에서는, 어닐링의 유지 시간이 지나치게 짧으므로, 페라이트의 미시적인 마찰 계수가 크고, 시멘타이트의 평균 입경이 작았다. 이로 인해, 응착 및 압축 시험 중의 깨짐이 발생하였다. 시료 No.144에서는, 냉각 속도가 지나치게 낮으므로, 시료 No.132와 마찬가지로, 응착 및 압축 시험 중의 깨짐이 발생하였다. 시료 No.146에서는, 마무리 압연의 온도가 지나치게 높으므로, 스케일의 제거에 따라 큰 요철이 형성되고, 페라이트의 미시적인 마찰 계수가 컸다. 이로 인해, 응착이 발생하였다. 시료 No.149에서는, 슬래브 가열의 온도가 지나치게 낮으므로, B 및 Mn 등의 편석이 해소되지 않아, 페라이트의 미시적인 마찰 계수가 컸다. 이로 인해, 응착 및 압축 시험 중의 깨짐이 발생하였다. 시료 No.150에서는, 어닐링의 유지 시간이 지나치게 길기 때문에, 시료 No.138과 마찬가지로, 응착 및 압축 시험 중의 깨짐이 발생하였다.

[0223] 도 7에, 제1 실험 또는 제3 실험에 있어서의 실시예로부터 발췌한 시료에 있어서의 페라이트의 미시적인 마찰 계수와 B 함유량의 관계를 나타낸다. 도 7에 도시한 바와 같이, B 함유량이 0.0008% 이상이면, 0.0008% 미만의 경우와 비교하여, 페라이트의 미시적인 마찰 계수가 더욱 낮다.

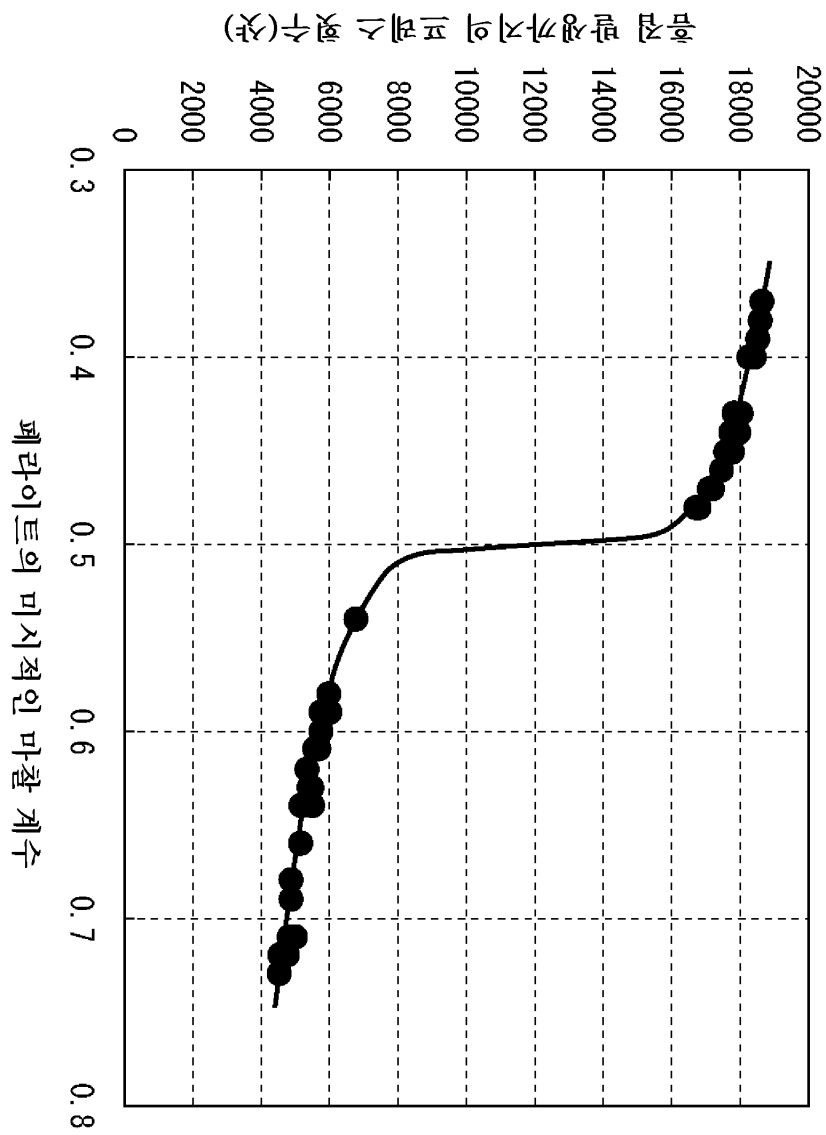
[0224] 본 발명은, 예를 들어 자동차의 구동계 부품, 튼 및 칼날 등, 여러 가지 철강 제품에 사용되는 고탄소 강판의 제조 산업 및 이용 산업에 이용할 수 있다.

도면

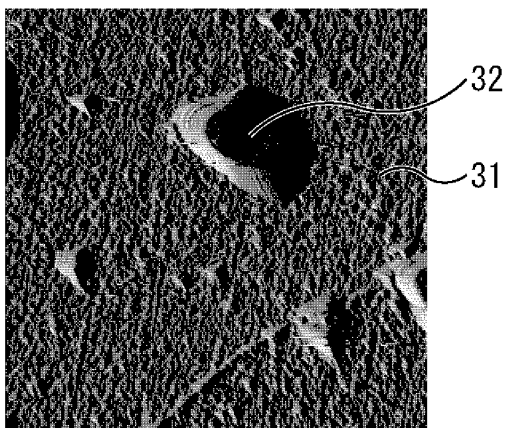
도면1



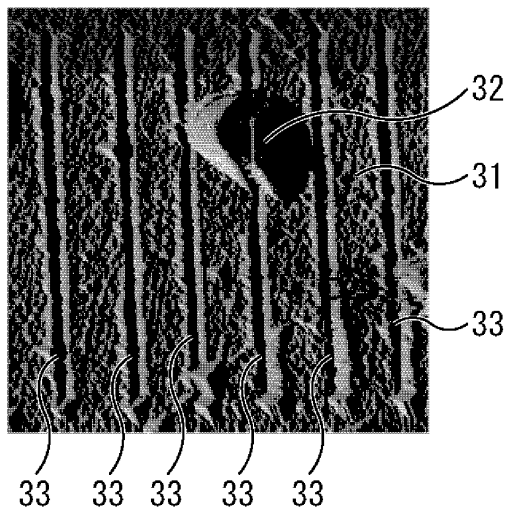
도면2



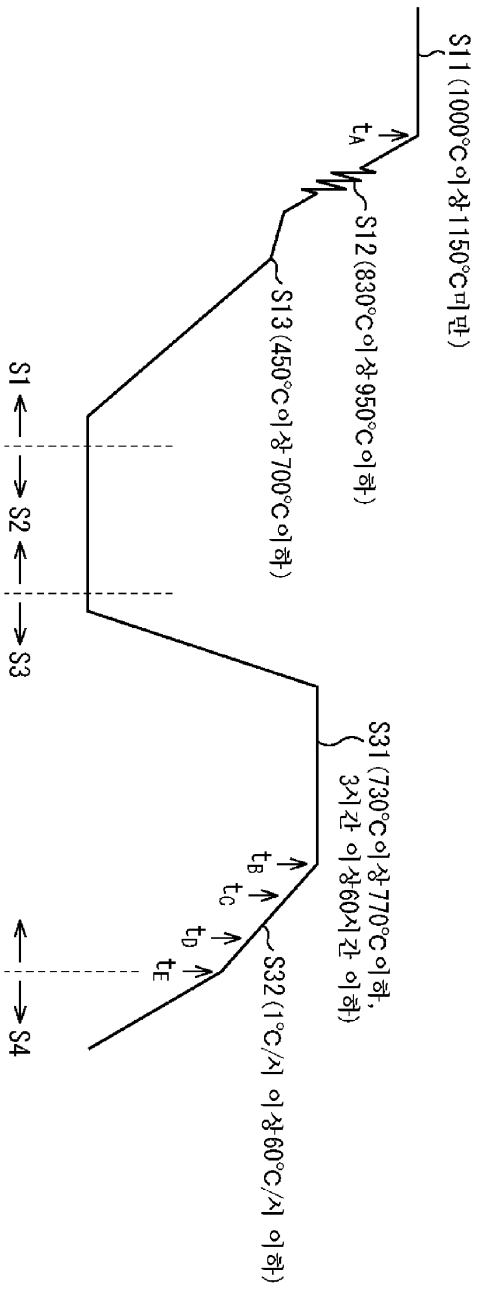
도면3a



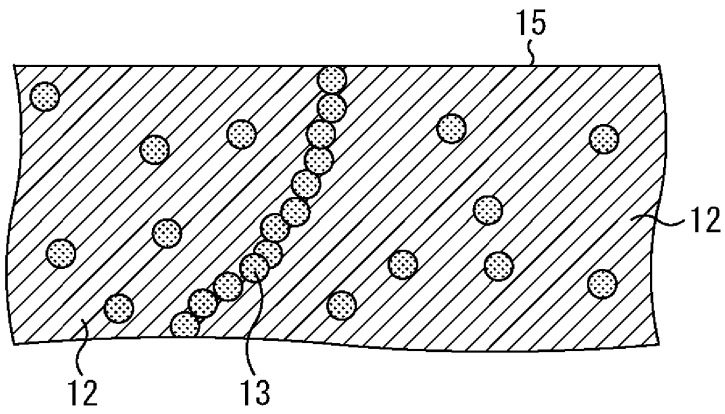
도면3b



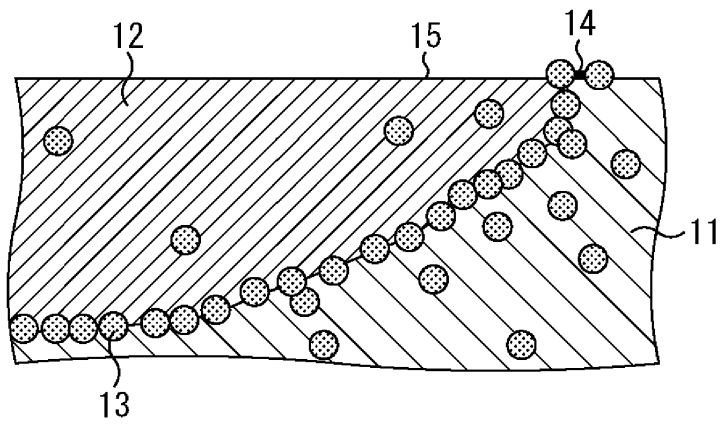
도면4



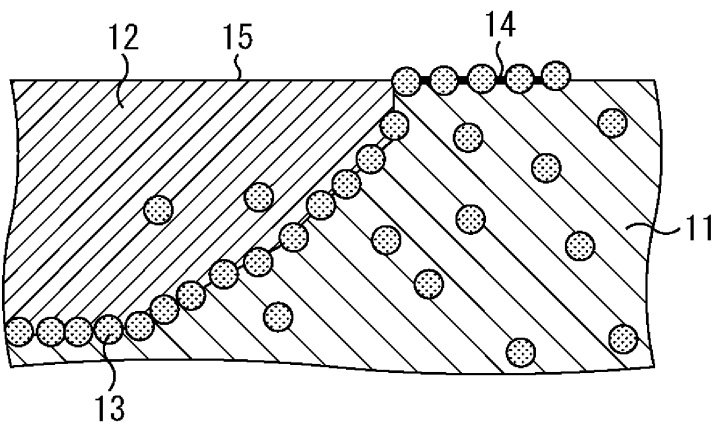
도면5a



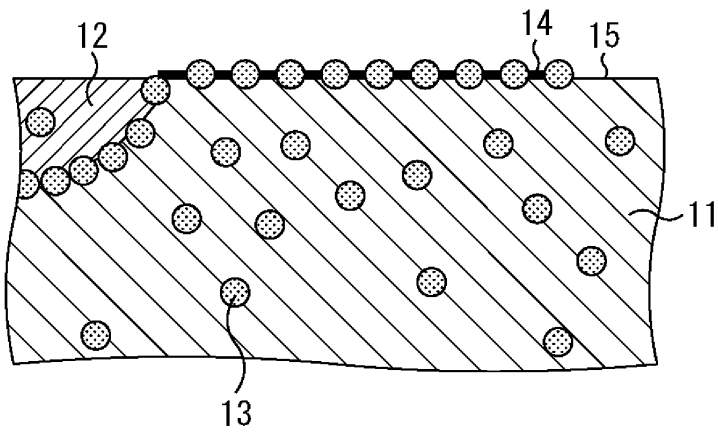
도면5b



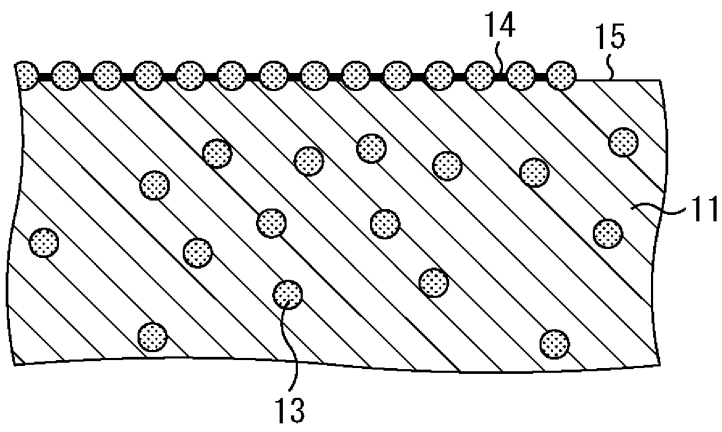
도면5c



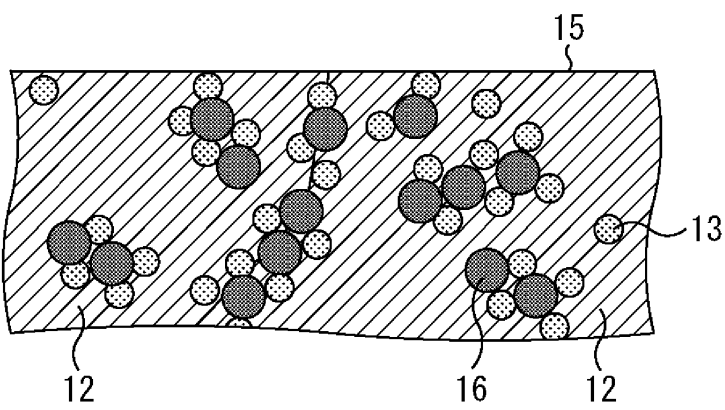
도면5d



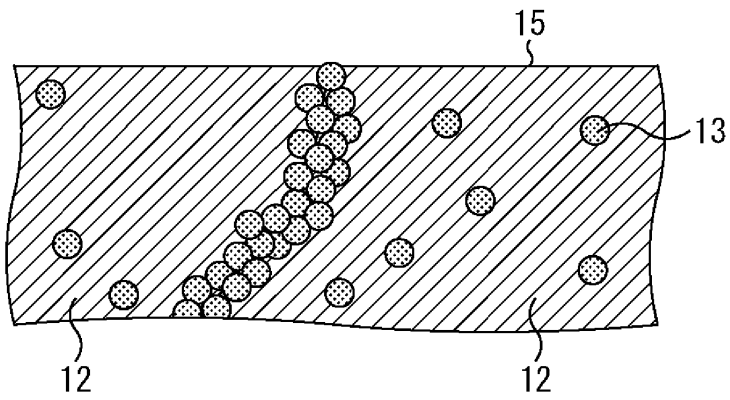
도면5e



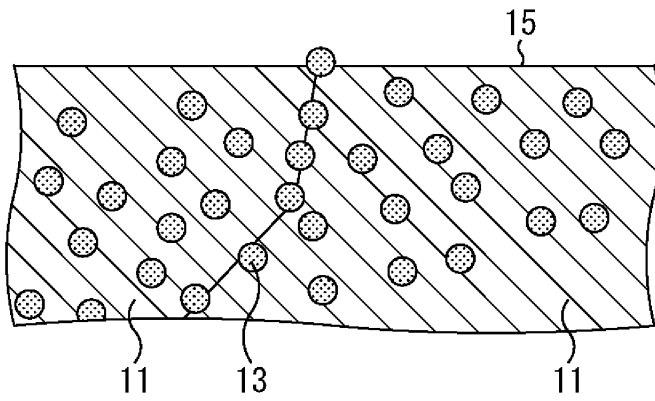
도면6a



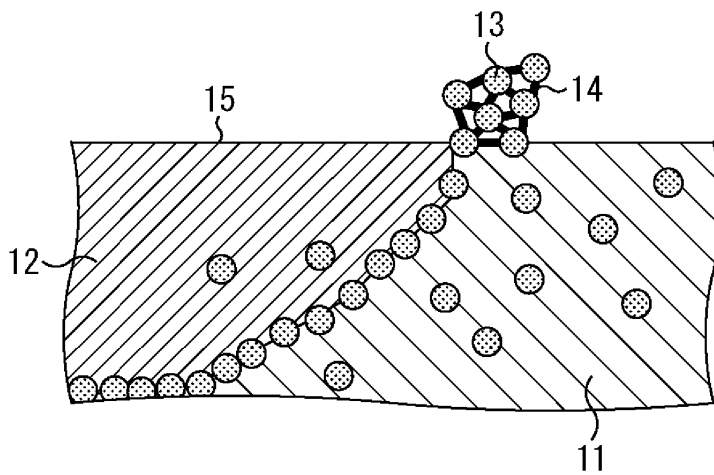
도면6b



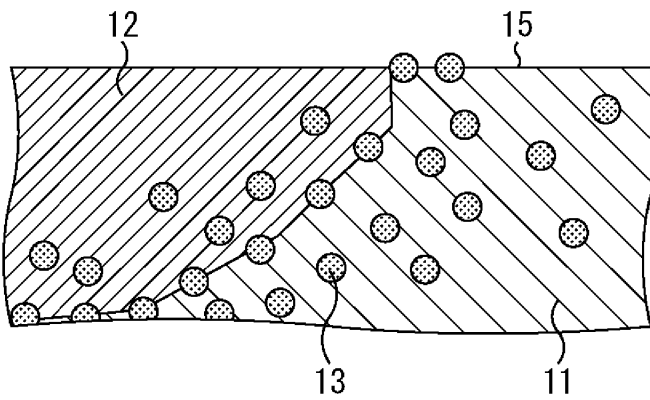
도면6c



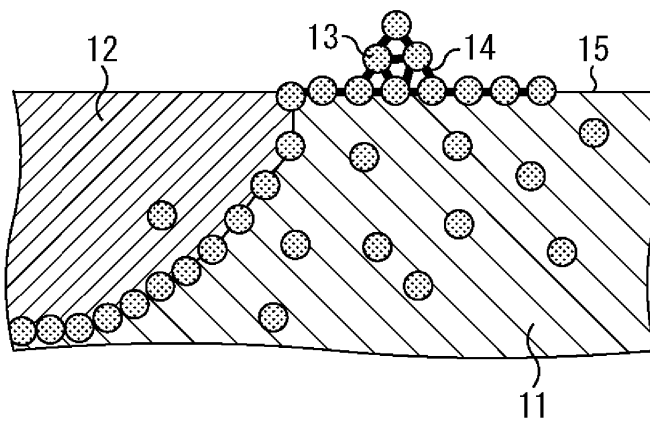
도면6d



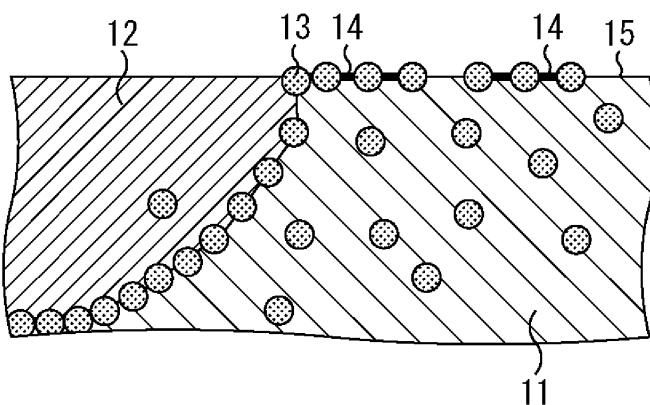
도면6e



도면6f



도면6g



도면7

