



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0098365
(43) 공개일자 2018년09월03일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/04 (2006.01) C21D 9/46 (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01) C22C 38/02 (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C22C 38/04 (2013.01)
C21D 9/46 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2018-7021481
- (22) 출원일자(국제) 2017년01월12일
심사청구일자 2018년07월25일
- (85) 번역문제출일자 2018년07월25일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2017/000878
- (87) 국제공개번호 WO 2017/141587
국제공개일자 2017년08월24일
- (30) 우선권주장
JP-P-2016-029273 2016년02월18일 일본(JP)

- (71) 출원인
제이에프이 스틸 가부시키키가이샤
일본 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2방
3고 히비야 고크사이 비루
- (72) 발명자
다나카 유지
일본국 1000011 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸
2쵸메 2방 3고 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤
지적재산부내
미즈메코바 사르카
일본국 1000011 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸
2쵸메 2방 3고 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤
지적재산부내
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
특허법인 아이퍼스

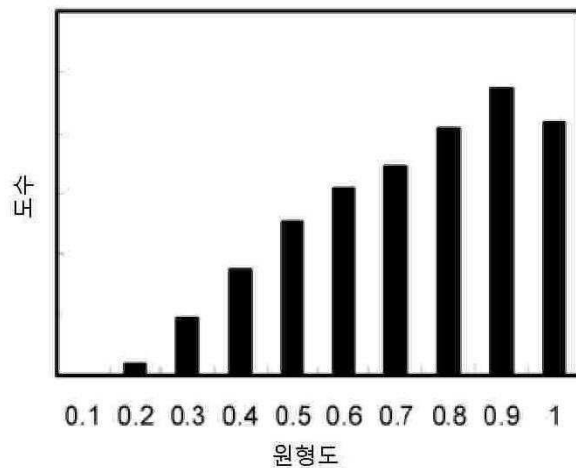
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 발명의 명칭 **고강도 냉연 강판 및 그 제조 방법**

(57) 요약

소정의 성분 조성으로 하는 동시에, 강 조직을, 면적율에서 페라이트:30~75%, 마텐자이트:15~40% 및 잔류 오스테나이트:10~30%인 조직으로 하고, 또한 잔류 오스테나이트의 결정립의 원형도 분포를 계급 범위:0.1×(n-1)초과 0.1×n이하, 계급값:0.1×n(여기서, n은 1~10까지의 정수)로 한 히스토그램으로 나타내는 경우에, 잔류 오스테나이트의 결정립의 원형도의 최빈치를 0.7이상으로 하는 것에 의해, 인장 강도:900MPa이상의 고강도와 전체 신장:20%이상의 고가공성을 겸비하고, 또한 60%미만의 저항복비를 갖는 고강도 냉연 강판으로 한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C22C 38/001 (2013.01)

C22C 38/02 (2013.01)

C22C 38/06 (2013.01)

C21D 2211/001 (2013.01)

(72) 발명자

야마시타 다카코

일본국 1000011 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸
2쵸메 2반 3고 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤 지
적재산부내

오바타 요시에

일본국 1000011 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸
2쵸메 2반 3고 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤 지
적재산부내

명세서

청구범위

청구항 1

질량%로,

C:0.15~0.35%,

Si : 1.0~2.0%,

Mn : 1.8~3.5%,

P:0.020%이하,

S:0.0040%이하,

Al : 0.01~0.1% 및

N:0.01%이하

를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피한 불순물로 이루어지는 성분 조성을 갖고,

면적율에서, 페라이트:30~75%, 마텐자이트:15~40% 및 잔류 오스테나이트:10~30%의 범위인 강 조직을 갖고,

또, 상기 잔류 오스테나이트의 결정립의 원형도 분포를, 계급 범위:0.1×(n-1)초과 0.1×n이하, 계급값:0.1×n (여기서, n은 1~10까지의 정수)로 한 히스토그램으로 나타내는 경우에, 상기 잔류 오스테나이트의 결정립의 원형도의 최빈치가 0.7이상인 것을 특징으로 하는 고강도 냉연 강판;

여기서, 잔류 오스테나이트의 각 결정립의 원형도는 다음 식에 의해 구한 것이고,

$$\text{원형도} = 4\pi S/L^2$$

여기서, S는 잔류 오스테나이트의 결정립의 면적, L은 잔류 오스테나이트의 결정립의 둘레 길이이다.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

표면에 아연 도금층을 갖는 것을 특징으로 하는 고강도 냉연 강판.

청구항 3

질량%로,

C:0.15~0.35%,

Si : 1.0~2.0%,

Mn : 1.8~3.5%,

P:0.020%이하,

S:0.0040%이하,

Al : 0.01~0.1% 및

N:0.01%이하

를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피한 불순물로 이루어지는 강 슬래브를, 1100℃이상 1200℃이하로 가열한 후, 상기 강 슬래브에 마무리 압연 출측 온도:850℃이상 950℃이하에서 열간 압연을 실시하여 열연판으로 하고,

상기 열연판을, 상기 마무리 압연 출측 온도에서 700℃까지의 온도역에 있어서의 냉각 속도를 50℃/s이상으로 해서 냉각하고, 상기 열연판을 550℃이상 650℃이하에서 권취하고, 권취 후에 수냉을 실시하여 100℃이하까지

냉각하고,

산세를 실행한 후, 상기 열연판에 냉간 압연을 실시하여 냉연판으로 하고,

상기 냉연판을 730℃이상 820℃이하에서 소둔한 후, 300℃이상 500℃이하의 온도역으로 냉각하고, 상기 냉연판을 해당 300℃이상 500℃이하의 온도역에서 100s이상 1000s이하 유지하는 과시효 처리를 실시하는 것을 특징으로 하는 고강도 냉연 강판의 제조 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 과시효 처리 후에 아연 도금 처리를 실행하는 것을 특징으로 하는 고강도 냉연 강판의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 고강도 냉연 강판 및 그 제조 방법에 관한 것으로서, 특히 저항복비이고 또한 가공성도 우수한 고강도 냉연 강판을 얻고자 하는 것이다.

배경 기술

[0002] 근래, 고강도와 우수한 가공성을 겸비한 강판으로서, 강판의 강 조직(미세 조직)을 제어한 각종 강판이 개발되어 있다.

[0003] 예를 들면, 특허문헌 1에는 인장 강도가 980MPa이상의 가공성이 우수한 고향복비 고강도의 용융 아연 도금 강판 및 그 제조 방법이 개시되어 있다.

[0004] 또, 특허문헌 2에는 인장 강도가 1180MPa이상이고, 신장과 신장 플랜지성이 우수한 초고강도 냉연 강판 및 그 제조 방법이 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 특허문헌 1: 일본국 특허공보 제5438302호

(특허문헌 0002) 특허문헌 2: 일본국 특허공개공보 제2015-014026호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 그런데, 자동차용 강판의 가공에는 프레스 가공이 많이 이용되지만, 항복비가 크면 프레스 가공시의 부하가 클 뿐만 아니라, 프레스 가공 후에 강판이 원래의 형상으로 되돌아가고자 하는 소위 스프링 백 현상이 문제로 된다.

[0007] 또, 근래, 자동차의 충돌 안전성 확보를 위해, 충돌시에 적극적으로 변형되는 강판을 자동차 부품에 적용하여, 충돌 에너지를 흡수하는 차체 구조 설계를 실행하는 것도 요구되어 있으며, 그 때문에, 고강도와 우수한 가공성을 겸비하고, 또한 저항복비의 강판을 개발하는 것이 요망되고 있다.

[0008] 이 점에서, 특허문헌 1에 기재된 강판은 고향복비의 강판을 대상으로 하는 것이며, 상기와 같은 용도에는 적합하지 않다.

[0009] 또, 특허문헌 2에 기재된 강판에서는 항복 강도나 항복비에 대해 하등 고려가 이루어져 있지 않다.

[0010] 또한, 특허문헌 1 및 2에 기재된 강판에서는 모두, 반드시 충분한 연성이 얻어지지 않는 경우가 있으며, 가공성의 면에도 과제를 남기고 있었다.

[0011] 본 발명은 상기의 현상을 감안하여 개발된 것으로서, 인장 강도:900MPa이상의 고강도와 전체 신장:20%이상의 우수한 가공성을 겸비하고, 또한 항복비:60%미만의 저항복비의 고강도 냉연 강판을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0012] 또, 본 발명은 상기의 고강도 냉연 강판의 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0013] 그런데, 발명자들은 인장 강도:900MPa이상의 고강도와 전체 신장:20%이상의 우수한 가공성을 겸비하고, 또한 항복비:60%미만의 저항복비의 고강도 냉연 강판을 개발하기 위해 예의 검토를 거듭한 결과, 이하의 것을 지견하였다.

[0014] (1) 인장 강도:900MPa이상과 전체 신장:20%이상을 양립하기 위해서는 성분 조성을 적정하게 조정된 후에, 강 조직을, 페라이트, 마텐자이트 및 잔류 오스테나이트가 각각 적정한 배합 비율이 되는 복합 조직으로 하고, 잔류 오스테나이트에 의한 TRIP 효과를 활용하는 것이 유효하다.

[0015] (2) 또, 강판의 기계적 특성, 특히 항복비는 성분 조성이나 강 조직에 있어서의 각 상의 면적율(이하, 조직분율이라고도 함)에 의해서 일의적으로 정해지는 것은 아니며, 성분 조성이나 조직분율이 대략 동일해도 크게 변경되는 경우가 있다.

[0016] (3) 그래서, 각 상의 조직 형태에 주목하고, 전계방출형 주사 전자 현미경(FE-SEM)을 이용하여 강 조직의 상세한 관찰·해석을 실행한 결과, 잔류 오스테나이트의 형태, 특히 잔류 오스테나이트의 결정립의 원형도가 강판의 항복비에 영향을 주고 있고, 이 잔류 오스테나이트의 결정립의 원형도를 적정하게 제어하는 것에 의해서, 원하는 강판의 항복비를 얻는 것이 가능하게 된다.

[0017] (4) 또, 특히 열간 압연 후의 권취 온도와 냉각 조건을 조정하는 것에 의해, 소둔 처리 전의 열연판 조직을 페라이트와 펄라이트의 2상 조직으로 하고, 그 후, 페라이트와 오스테나이트의 2상역에 있어서 소둔을 실행하여, 소정의 조건에서 과시효 처리를 실행하는 것에 의해, 최종 조직에 있어서의 잔류 오스테나이트의 결정립의 원형도를 적정하게 제어할 수 있다.

[0018] 본 발명은 상기의 지견에 의거하여, 또한 검토를 가한 끝에 완성된 것이다.

[0019] 즉, 본 발명의 요지 구성은 다음과 같다.

[0020] 1. 질량%로, C:0.15~0.35%, Si : 1.0~2.0%, Mn : 1.8~3.5%, P:0.020%이하, S:0.0040%이하, Al : 0.01~0.1% 및 N:0.01%이하를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피한 불순물로 이루어지는 성분 조성을 갖고, 면적율에서, 페라이트:30~75%, 마텐자이트:15~40% 및 잔류 오스테나이트:10~30%의 범위인 강 조직을 갖고, 또, 상기 잔류 오스테나이트의 결정립의 원형도 분포를, 계급 범위:0.1×(n-1)초과 0.1×n이하, 계급값:0.1×n(여기서, n은 1~10까지의 정수)로 한 히스토그램으로 나타내는 경우에, 상기 잔류 오스테나이트의 결정립의 원형도의 최빈치가 0.7이상인 것을 특징으로 하는 고강도 냉연 강판;

[0021] 여기서, 잔류 오스테나이트의 각 결정립의 원형도는 다음 식에 의해 구한 것이고, 원형도=4πS/L² 여기서, S는 잔류 오스테나이트의 결정립의 면적, L은 잔류 오스테나이트의 결정립의 둘레 길이이다.

[0022] 2. 표면에 아연 도금층을 갖는 상기 1에 기재된 고강도 냉연 강판.

[0023] 3. 질량%로, C:0.15~0.35%, Si : 1.0~2.0%, Mn : 1.8~3.5%, P:0.020%이하, S:0.0040%이하, Al : 0.01~0.1% 및 N:0.01%이하를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피한 불순물로 이루어지는 강 슬래브를, 1100℃이상 1200℃이하로 가열한 후, 상기 강 슬래브에 마무리 압연 출측 온도:850℃이상 950℃이하에서 열간 압연을 실시하여 열연판으로 하고, 상기 열연판을, 상기 마무리 압연 출측 온도에서 700℃까지의 온도역에 있어서의 냉각 속도를 50℃/s 이상으로 해서 냉각하고, 상기 열연판을 550℃이상 650℃이하에서 권취하고, 권취 후에 수냉을 실시하여 100℃이하까지 냉각하고, 산세를 실행한 후, 상기 열연판에 냉간 압연을 실시하여 냉연판으로 하고, 상기 냉연판을 730℃이상 820℃이하에서 소둔한 후, 300℃이상 500℃이하의 온도역으로 냉각하고, 상기 냉연판을 해당 300℃이상 500℃이하의 온도역에서 100s이상 1000s이하 유지하는 과시효 처리를 실시하는 고강도 냉연 강판의 제조 방법.

[0024] 4. 상기 과시효 처리 후에 아연 도금 처리를 실행하는 상기 3에 기재된 고강도 냉연 강판의 제조 방법.

발명의 효과

[0025] 본 발명에 따르면, 인장 강도:900MPa이상의 고강도와 전체 신장:20%이상의 우수한 가공성을 겸비하고, 또한 항복비:60%미만의 저항복비의 고강도 냉연 강관을 얻을 수 있다.

[0026] 또, 이러한 고강도 냉연 강관을 소정의 자동차 부품에 적용하는 것에 의해, 충돌시에 충돌 에너지를 흡수하는 차체 구조 설계를 실행하면서, 차체 경량화에 의한 연비 개선을 도모하는 것이 가능하게 되므로, 산업적인 이용 가치는 극히 크다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 잔류 오스테나이트의 결정립의 원형도 분포를 나타내는 히스토그램의 일례를 나타내는 도면이다.

도 2의 (a)는 강 조직을 FE-SEM에 의해 관찰한 경우에 얻어지는 2차 전자상의 일례를 나타내는 도면이며, (b)는 강 조직을 EBSD에 의해 관찰하고, 소정의 PC 소프트웨어에 의해 해석하여 얻어지는 화상의 일례를 나타내는 도면이다.

도 3은 실시예의 강관 No.1의 강 조직을 나타내는 FE-SEM상((a) 가속 전압:15kV, 배율:2000배로 관찰한 2차 전자상, (b) 가속 전압:1kV, 배율:5000배로 관찰한 2차 전자상)이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 이하, 본 발명을 구체적으로 설명한다.

[0029] 우선, 본 발명의 고강도 냉연 강관에 있어서의 성분 조성의 한정 이유를 이하에 기술한다. 또한, 성분 조성에 있어서의 단위는 모두 「질량%」이지만, 이하, 특히 단정하지 않는 한 단지 「%」로 나타낸다.

[0030] C:0.15~0.35%

[0031] C는 강관의 고강도화에도 기여하는 동시에, 잔류 오스테나이트를 얻기 위해 중요한 원소이다. 본 발명의 강관을 제조함에 있어서는 소둔 후의 과시효 처리시에 페라이트 변태가 진행된다. 여기서, 페라이트는 C를 거의 고용하지 않으므로, 미변태 오스테나이트에 C가 농화되고, 오스테나이트가 안정화된다. 그 결과, 최종 조직에 있어서 잔류 오스테나이트가 얻어지며, 신장을 향상시킨다. 또, C의 농화가 불충분한 일부의 오스테나이트는 마텐자이트 변태하고, C를 과포화로 고용한 경질상(마텐자이트)으로 되어 강도의 향상에 기여한다. 여기에, C량이 0.15% 미만에서는 충분한 강도를 얻을 수 없다. 한편, C량이 0.35%를 넘으면, 용접성의 열화가 현저하게 된다. 따라서, C량은 0.15~0.35%의 범위로 한다. 바람직하게는 0.15%이상이다. 바람직하게는 0.28%이하이다.

[0032] Si : 1.0~2.0%

[0033] Si는 과시효시의 시멘타이트 생성을 억제하고, 충분한 양의 잔류 오스테나이트를 얻기 위해 중요한 원소이다. 그러나, Si량이 1.0%미만에서는 상기의 효과를 얻을 수 없다. 한편, Si량이 2.0%를 넘으면, 열간 압연 및 소둔시의 표면 산화가 현저하게 되고, 외관 및 도금성에 악영향을 미친다. 따라서, Si량은 1.0~2.0%의 범위로 한다. 바람직하게는 1.2%이상이다. 바람직하게는 1.8%이하이다.

[0034] Mn : 1.8~3.5%

[0035] Mn은 잔류 오스테나이트를 안정화시키는 효과가 있다. 그러나, Mn량이 1.8%미만에서는 상기의 효과가 작다. 한편, Mn량이 3.5%를 넘으면, 과시효 처리시의 페라이트 변태, 더 나아가서는 잔류 오스테나이트의 생성이 억제되며, 원하는 신장을 얻는 것이 곤란하게 된다. 따라서, Mn량은 1.8~3.5%의 범위로 한다. 바람직하게는 1.9%이상이다. 바람직하게는 2.5%이하이다.

[0036] P:0.020%이하

[0037] P는 용접성을 저하시키기 때문에, 극력 적은 것이 바람직하다. 따라서, P량은 0.020%이하로 한다. 바람직하게는 0.015%이하이다.

[0038] S:0.0040%이하

[0039] S는 개재물을 형성하여 국부 신장을 저하시키기 때문에, 극력 적은 것이 바람직하다. 따라서, S량은 0.0040%이하로 한다. 바람직하게는 0.0020%이하이다.

[0040] Al : 0.01~0.1%

- [0041] AI은 탈산제로서 첨가된다. 그러나, AI량이 0.01%미만에서는 그 효과가 작다. 한편, AI량이 0.1%를 넘으면, 개재물이 형성되며, 국부 신장이 저하한다. 따라서, AI량은 0.01~0.1%의 범위로 한다. 바람직하게는 0.02%이상이다. 바람직하게는 0.06%이하이다.
- [0042] N:0.01%이하
- [0043] N은 왜곡 시효에 영향을 미치는 원소이며, 극력 적은 것이 바람직하다. 따라서, N량은 0.01%이하로 한다. 바람직하게는 0.006%이하이다.
- [0044] 또한, 상기 이외의 성분은 Fe 및 불가피한 불순물이다. 단, 본 발명의 효과를 해치지 않는 범위이면 상기 이외의 성분의 함유를 거부하는 것은 아니다.
- [0045] 다음에, 본 발명의 고강도 냉연 강판의 강 조직에 대해 설명한다.
- [0046] 페라이트의 면적율:30~75%
- [0047] 페라이트는 연질 상이며 신장의 향상에 기여한다. 여기서, 페라이트의 면적율이 30%미만에서는 마텐자이트가 증가하여 강도가 과도하게 높아지며, 신장이 저하한다. 한편, 페라이트의 면적율이 75%를 넘으면, 마텐자이트의 면적율이 저하하여, 원하는 강도를 확보할 수 없다. 따라서, 페라이트의 면적율은 30~75%의 범위로 한다. 바람직하게는 40%이상이다. 바람직하게는 70%이하이다.
- [0048] 마텐자이트의 면적율:15~40%
- [0049] 마텐자이트는 경질 상이며 강도의 향상에 기여한다. 여기서, 마텐자이트의 면적율이 15%미만에서는 원하는 강도를 확보할 수 없다. 한편, 마텐자이트의 면적율이 40%를 넘으면, 강도가 과도하게 높아지고 신장이 저하한다. 따라서, 마텐자이트의 면적율은 15~40%의 범위로 한다. 바람직하게는 20%이상이다. 바람직하게는 35%이하이다.
- [0050] 잔류 오스테나이트의 면적율:10~30%
- [0051] 잔류 오스테나이트는 TRIP 효과를 통해 신장의 향상에 크게 기여한다. 여기서, 잔류 오스테나이트의 면적율이 10%미만에서는 원하는 신장을 얻을 수 없다. 한편, 잔류 오스테나이트의 면적율이 증가함에 따라, 잔류 오스테나이트 중의 C농도가 낮아져 잔류 오스테나이트의 안정도가 저하한다. 이 때문에, 면적율에서 30%초과의 잔류 오스테나이트를 공업적으로 얻기 위해서는 제어가 곤란하다. 따라서, 잔류 오스테나이트의 면적율은 10~30%의 범위로 한다. 바람직하게는 12%이상이다. 바람직하게는 28%이하이다.
- [0052] 또한, 강 조직은 기본적으로 상기한 페라이트, 마텐자이트 및 잔류 오스테나이트에 의해 구성되지만, 시멘타이트 등의 탄화물이나 TiN 등의 개재물이 미량이면 포함되어 있어도 좋고, 이들 합계의 면적율이 1%이하이면 허용할 수 있다.
- [0053] 잔류 오스테나이트의 결정립의 원형도의 최빈치:0.7이상
- [0054] 진술한 바와 같이, 잔류 오스테나이트의 결정립의 원형도는 강판의 항복비에 영향을 미치며, 이 잔류 오스테나이트의 결정립의 원형도의 최빈치를 0.7이상으로 제어하는 것에 의해서, 원하는 항복비:60%미만의 저항복비를 얻는 것이 가능하게 된다.
- [0055] 여기서, 잔류 오스테나이트의 결정립의 원형도가 강판의 항복비에 영향을 미치는 메커니즘에 대해서는 반드시 명백하지는 않지만, 발명자들은 조직 형태에 의해 미시적인 응력 분배가 변화하기 때문으로 생각하고 있다.
- [0056] 즉, 잔류 오스테나이트의 결정립의 원형도(이하, 단지 원형도라고도 함)의 최빈치가 작아지면, 잔류 오스테나이트의 결정립의 대부분은 가늘고 길게 연장된 형상으로 된다. 강판에 인장 하중을 부가한 경우, 잔류 오스테나이트의 결정립의 형상이 인장 방향에 대해 어떠한 방향으로 연장하고 있는지로, 응력의 부가방식이 다른 것으로 된다. 이러한 경우, 가늘고 길게 연장된 형상으로 된 잔류 오스테나이트의 결정립은 응력이 가해져도 TRIP 현상을 일으키지 않고, 그 응력을 페라이트 또는 마텐자이트가 담당하게 된다. TRIP 현상은 불가역인 소성 변형이기 때문에, TRIP 현상이 일어나면 항복한다. 그러나, 페라이트 및 마텐자이트는 응력이 가해지면 탄성 변형되기 때문에, 항복하지 않고, 항복비를 높이는 측으로 작용한다. 이 때문에, 잔류 오스테나이트의 결정립의 원형도의 최빈치가 작아지면, 강판의 항복비가 상승한다. 한편, 잔류 오스테나이트의 결정립의 원형도의 최빈치가 커지면, 강 중의 대부분은 잔류 오스테나이트에 있어서 TRIP 현상이 생기고, 그 결과, 항복비가 저하하는 것으로 생각하고 있다.
- [0057] 또한, 여기서 말하는 잔류 오스테나이트의 결정립의 원형도의 최빈치는 도 1에 나타내는 바와 같이, 잔류 오스

테나이트의 결정립의 원형도 분포를 계급 범위: $0.1 \times (n-1)$ 초과 $0.1 \times n$ 이하, 계급값: $0.1 \times n$ (여기서, n 은 1~10까지의 정수)으로 한 히스토그램으로 나타내는 경우에 있어서의 원형도의 최빈치이다. 또한, 최빈치는 상기의 원형도 분포에 있어서, 도수(결정립의 수)가 최대가 되는 계급값을 의미하는 것이며, 도 1의 경우, 최빈치는 0.9이다.

- [0058] 또, 잔류 오스테나이트의 각 결정립의 원형도는 다음 식에 의해 구한 것이다.
- [0059] 원형도 = $4\pi S/L^2$
- [0060] 여기서, S는 잔류 오스테나이트의 결정립의 면적, L은 잔류 오스테나이트의 결정립의 둘레 길이이다.
- [0061] 또한, 강판 중의 잔류 오스테나이트의 결정립의 형태는 다양하기 때문에, 통계적으로 원형도를 판정하기 위해서는 1000개 이상의 잔류 오스테나이트의 결정립의 원형도를 측정하는 것이 바람직하다.
- [0062] 이에 부가하여, 잔류 오스테나이트의 각 결정립의 원형도의 측정은 전계 방출형 주사 전자 현미경(FE-SEM)의 관찰상의 화상 처리에 의해 실행하는 것이 바람직하다.
- [0063] 즉, 강판의 시료 단면을 경면 연마한 후, 적절한 조직 에칭 처리를 실시하고, FE-SEM에 의한 2차 전자상 관찰을 실행하는 것에 의해, 도 2의 (a)에 나타내는 바와 같이, 잔류 오스테나이트의 형태를 고해상도로 관찰 가능하다. 여기서, 에칭 처리로서는 예를 들면, 나이탈 및 전해 연마 에칭을 이용하면 좋다. 또, 에칭된 영역의 중심부가 아닌 주변부를 FE-SEM의 인렌즈형 검출기 또는 Everhart-Thornley 검출기로 관찰하는 것에 의해, 잔류 오스테나이트만을 항상 페라이트나 마텐자이트보다 어두운 콘트라스트로 관찰 가능하다. 또한, 이 때의 FE-SEM의 가속 전압은 2kV 이하로 하는 것이 바람직하다(또한, 도 2의 (a) 중의 백색 부분은 연마제의 잔류 입자이다.).
- [0064] 또한, 강 조직의 결정 상의 판정 방법으로서, SEM에 EBSD(Electron BackScattered Diffraction) 검출기를 부착하고, 관찰한 화상을 PC 소프트웨어에 의해 해석하는 방법이 널리 보급되고 있다. 그러나, EBSD로 관찰한 화상에서는 도 2의 (b)와 같이, 50nm 이하의 크기의 잔류 오스테나이트의 결정립(도 2의 (b) 중의 백색 부분에 상당)의 경계가 애매하고, 장소에 따라서는 정밀도 좋게 잔류 오스테나이트의 결정립의 면적 S 및 둘레 길이 L을 구할 수 없다. 한편, 상술한 FE-SEM상에서는 50nm 이하의 잔류 오스테나이트도 고해상도로 관찰 가능하며, 이것에 의해서, 50nm 이하의 크기의 잔류 오스테나이트의 결정립에서도 원형도를 고정밀도로 측정 가능하다.
- [0065] 또한, FE-SEM의 관찰 상의 화상 처리로서는 콘트라스트를 이용한 화상 처리가 용이하며, 예를 들면 프리 소프트웨어의 ImageJ 소프트웨어를 이용하여 화상을 이진화하고, 추출한 잔류 오스테나이트의 결정립의 면적 및 둘레 길이로부터 구한 원형도를 circularity로서 출력할 수 있다.
- [0066] 또, 원형도의 측정 대상으로 하는 잔류 오스테나이트의 결정립은 결정 입경(짧은 지름): 10nm 이상의 결정립으로 한다. 또한, 원형도의 계급값이 0.7 이상으로 되는 결정립의 수는 전체의 50% 초과로 하는 것이 바람직하다.
- [0067] 다음에, 본 발명의 고강도 냉연 강판의 제조 방법에 대해, 설명한다.
- [0068] 본 발명의 고강도 냉연 강판의 제조 방법은 상기한 성분 조성으로 되는 강 슬래브를, 1100℃ 이상 1200℃ 이하로 가열한 후, 상기 강 슬래브에 마무리 압연 출측 온도: 850℃ 이상 950℃ 이하에서 열간 압연을 실시하여 열연판으로 하고, 상기 열연판을, 상기 마무리 압연 출측 온도에서 700℃까지의 온도역에 있어서의 냉각 속도를 50℃/s 이상으로 해서 냉각하고, 상기 열연판을 550℃ 이상 650℃ 이하에서 권취하고, 권취 후에 수냉을 실시하여 100℃ 이하까지 냉각하고, 산세를 실행한 후, 상기 열연판에 냉간 압연을 실시하여 냉연판으로 하고, 상기 냉연판을, 730℃ 이상 820℃ 이하에서 소둔한 후, 300℃ 이상 500℃ 이하로 냉각하고, 다음에, 상기 냉연판을 해당 300℃ 이상 500℃ 이하의 온도역에서 100s 이상 1000s 이하 유지하는 과시효 처리를 실시하는 것이다.
- [0069] 이하, 상기한 제조 조건의 한정 이유에 대해 설명한다.
- [0070] 슬래브 가열 온도: 1100℃ 이상 1200℃ 이하
- [0071] 슬래브 가열 온도가 1100℃ 미만에서는 압연 부하가 증대하고, 열간 압연시의 트러블 발생의 위험이 증대하는 등의 문제가 생긴다. 한편, 슬래브 가열 온도가 1200℃를 넘으면, 가열을 위한 에너지 부하가 크며, 또 스케일 로스도 커진다. 이 때문에, 슬래브 가열 온도는 1100℃ 이상 1200℃ 이하로 한다.
- [0072] 열간 압연의 마무리 압연 출측 온도: 850℃ 이상 950℃ 이하
- [0073] 열간 압연의 마무리 압연 출측 온도가 850℃ 미만에서는 열간 압연시의 변형 저항이 증대한다. 한편, 열간 압연

의 마무리 압연 출측 온도가 950℃를 넘으면, 결정립의 조대화를 초래하며, 강도가 저하한다. 따라서, 열간 압연의 마무리 압연 출측 온도는 850℃이상 950℃이하로 한다.

- [0074] 마무리 압연 출측 온도에서 700℃까지의 온도역에 있어서의 냉각 속도:50℃/s이상
- [0075] 열간 압연 후, 마무리 압연 출측 온도에서 700℃까지의 온도역에 있어서의 냉각 속도가 50℃/s미만이 되면, 페라이트 입경이 커지고, 강도가 저하한다. 이 때문에, 마무리 압연 출측 온도에서 700℃까지의 온도역에 있어서의 냉각 속도는 50℃/s이상으로 한다.
- [0076] 권취 온도:550℃이상 650℃이하
- [0077] 열간 압연 후의 열연판의 권취 온도는 강판의 최종 조직에 있어서의 잔류 오스테나이트의 결정립의 원형도를 소정의 범위로 제어하기 때문에, 특히 중요하다. 즉, 잔류 오스테나이트의 결정립의 원형도를 소정의 범위로 제어하여, 원하는 저항복비를 얻기 위해서는 소둔 처리 전의 열연판의 강 조직을 페라이트와 펄라이트의 2상 조직으로 한 후에, 페라이트와 오스테나이트의 2상역에 있어서 소둔을 실행하는 것이 중요하다. 여기서, 권취 온도가 550℃미만에서는 열연판의 강 조직에 베이나이트 등의 저온 변태상이 생성되고, 그 후의 소둔·과시효 처리를 경유하여 얻어지는 잔류 오스테나이트의 결정립에 대해, 원형도가 작은 것이 많아지며, 항복비가 상승한다. 한편, 권취 온도가 650℃를 넘으면, 결정립의 조대화에 의해, 인장 강도가 저하할 뿐만 아니라, Si나 Mn의 표면 산화에 의해, 외관 및 도금성이 저하한다. 이 때문에, 권취 온도는 550℃이상 650℃이하로 한다. 바람직하게는 560℃이상, 더욱 바람직하게는 590℃이상이다. 바람직하게는 620℃이하이다.
- [0078] 권취 후의 냉각 조건:수냉을 실시하여 100℃이하까지 냉각
- [0079] 또, 권취 후의 냉각 조건도, 상기한 권취 온도와 함께, 강판의 최종 조직에 있어서의 잔류 오스테나이트의 생성량 및 결정립의 원형도를 소정의 범위로 제어하기 때문에, 중요하다. 즉, 강판의 최종 조직에 있어서의 잔류 오스테나이트의 생성량 및 결정립의 원형도를 소정의 범위로 제어하기 위해서는 소둔 처리 전의 열연판의 강 조직을 페라이트와 펄라이트의 2상 조직으로 하는 동시에, 소둔 처리시에, 페라이트로부터 상 변태하는 오스테나이트의 핵 생성 장소를 적절히 제어할 필요가 있다.
- [0080] 이 점에서, 권취 후의 냉각을 수냉으로 해서 100℃이하까지 냉각하는 것에 의해, 강 중의 탄소가 페라이트립내에 고용된다. 그리고, 이 페라이트립내에 고용된 탄소가 소둔 처리시에 펄라이트로 확산, 농화되고, 이 펄라이트로부터 오스테나이트 변태가 원형형상으로 생기며, 강판의 최종 조직에 있어서, 원하는 잔류 오스테나이트의 생성량 및 결정립의 원형도를 얻는 것이 가능하게 된다.
- [0081] 한편, 냉각을 수냉에 의해 실행하지 않는 경우나, 냉각 정지 온도가 100℃를 넘는 경우에는 탄소의 일부가 페라이트립계에 편석하고, 소둔 처리시에 페라이트립계로부터 오스테나이트가 변태하여, 조대한 오스테나이트립을 형성한다. 조대한 오스테나이트립은 탄소량이 적기 때문에, 잔류 오스테나이트가 불안정하게 되고, 더 나아가서는 잔류 오스테나이트의 면적율이 적어져, 연성이 저하한다.
- [0082] 이 때문에, 권취 후의 냉각 조건은 수냉을 실시하여 100℃이하까지 냉각하는 것으로 한다.
- [0083] 상기 열연판을 권취 후, 산세하고, 상기 열연판에 냉간 압연을 실시하여 냉연판으로 한다. 또한, 산세 조건 및 냉간 압연 조건은 특히 한정되지 않으며, 상법에 따르면 좋다.
- [0084] 소둔 온도:730℃이상 820℃이하
- [0085] 계속해서, 상기와 같이 해서 얻은 냉연판을 소둔한다. 여기서는 열간 압연 후의 권취시에 형성한 열연판의 페라이트와 펄라이트의 2상 조직으로부터, 페라이트와 오스테나이트의 2상 조직을 형성하고, 소둔을 실행하는 것이 중요하다. 즉, 페라이트에 대해서는 소둔의 과정에서 전위 밀도가 적은 조직으로 되고, 연성 향상에 기여한다. 한편, 펄라이트에 대해서는 소둔의 과정에서 층상 시멘타이트가 구형상화되고, 여기로부터 오스테나이트가 핵 생성되어, 원형형상의 오스테나이트가 분산된 조직이 형성된다.
- [0086] 여기서, 소둔 온도가 730℃미만에서는 펄라이트 중의 탄화물(시멘타이트)이 용해되지 않고, 과시효 처리에서 형성되는 마텐사이트 중의 C가 부족하여 강도가 저하한다. 또, 과시효 처리에서 얻어지는 잔류 오스테나이트가 적어지고, 연성이 저하한다. 또한, 과시효 처리에서 얻어지는 잔류 오스테나이트에 대해서도, 원형도가 작은 결정립이 증가한다.
- [0087] 한편, 소둔 온도가 820℃를 넘으면, 소둔시의 오스테나이트 분율이 과잉으로 되어, 서로 연결된다. 이것에 의해, 부정형인 오스테나이트가 형성되며, 과시효 처리에서 얻어지는 잔류 오스테나이트가 적어지며, 연성이 저

하한다. 또, 과시효 처리에서 얻어지는 잔류 오스테나이트에 대해, 원형도가 작은 결정립이 증가하며, 결과적으로 항복비가 상승한다. 이 때문에, 소둔 온도는 730℃이상 820℃이하로 한다. 바람직하게는 740℃이상이다. 바람직하게는 810℃이하이다.

- [0088] 과시효 처리 조건:300℃이상 500℃이하의 온도역에서 100초 이상 1000초 이하 유지
- [0089] 상기의 소둔 후, 300℃이상 500℃이하의 온도역으로 냉각하고, 이 온도역에서 100초 이상 1000초 이하 유지하는 과시효 처리를 실시한다.
- [0090] 여기에, 과시효 처리 온도가 300℃미만의 경우, 오스테나이트가 마텐사이트 변태하여 소정량의 잔류 오스테나이트가 얻어지지 않으며, 신장이 저하한다. 한편, 과시효 처리 온도가 500℃를 넘으면, 오스테나이트로부터의 페라이트 변태가 충분히 진행하지 않아, 오스테나이트에의 C농화가 불충분하게 된다. 이 때문에, 소정량의 잔류 오스테나이트가 얻어지지 않으며, 신장이 저하한다. 따라서, 과시효 처리 온도는 300℃이상 500℃이하로 한다. 바람직하게는 350℃이상이다. 바람직하게는 450℃이하이다.
- [0091] 또, 과시효 처리에서의 유지 시간이 100초 미만에서는 오스테나이트로부터의 페라이트 변태가 충분히 진행하지 않으며, 오스테나이트에의 C농화가 불충분하게 되어, 소정량의 잔류 오스테나이트가 얻어지지 않고, 신장이 저하한다. 한편, 과시효 처리에서의 유지 시간이 1000초를 넘으면, 생산성이 저하한다. 따라서, 과시효 처리에서의 유지 시간은 100초 이상 1000초 이하로 한다. 바람직하게는 120초 이상이다. 바람직하게는 600초 이하이다.
- [0092] 또, 상기의 과시효 처리를 실시하여 얻어진 강판에, 또한 아연 도금 처리를 실시하여, 그 표면에 아연 도금층을 형성해도 좋다. 여기서, 아연 도금 처리로서는 용융 아연 도금 처리나 합금화 용융 아연 도금 처리 및 전기 아연 도금 처리 등을 들 수 있다. 처리 조건에 대해서는 특히 한정되지 않으며, 상법에 따르면 좋다.
- [0093] 실시예
- [0094] 표 1에 나타내는 성분 조성을 갖고, 잔부가 Fe 및 불가피한 불순물로 이루어지는 강을 용제하여 강 슬래브로 하였다. 다음에, 표 2에 나타내는 조건으로, 강 슬래브를 가열하여 열간 압연에 의해 열연판으로 하고, 얻어진 열연판을 냉각 후, 권취하고, 그 후, 또한 표 2에 나타내는 냉각 조건으로 100℃이하까지 냉각하였다. 계속해서, 염산 산세를 실시하고, 압하율:40~60%에서 냉간 압연하여 냉연판(두께:0.8~1.0mm)으로 한 후, 표 2에 나타내는 조건으로, 소둔 및 과시효 처리를 실행하였다.
- [0095] [표 1]

표 1

강 기 호	성분조성(질량%)								비 고
	C	Si	Mn	P	S	Al	N		
A	0.25	1.5	2.0	0.006	0.002	0.02	0.003		적합 강
B	0.18	1.2	2.2	0.005	0.002	0.02	0.002		적합 강
C	0.11	1.8	3.0	0.005	0.002	0.02	0.003		비교 강
D	0.16	0.5	2.5	0.006	0.002	0.02	0.002		비교 강
E	0.27	1.8	3.8	0.006	0.002	0.02	0.002		비교 강
F	0.19	1.2	2.0	0.006	0.002	0.02	0.002		적합 강
G	0.30	1.8	2.4	0.010	0.002	0.04	0.003		적합 강
H	0.16	1.9	2.2	0.008	0.001	0.03	0.002		적합 강
I	0.20	1.2	3.2	0.008	0.002	0.02	0.002		적합 강

[0096]

[0097]

[표 2]

표 2

강관 No.	강기호	슬래브 가열 온도 (°C)	마무리압연 출력 온도 (°C)	냉각속도 (°C/s)	권취온도 (°C)	권취후의 냉각조건	소둔온도 (°C)	퍼시효 처리 온도 (°C)	퍼시효 처리에에서의 유지시간 (초)
1	A	1150	880	60	590	수냉	740	400	120
2	A	1160	890	60	420	수냉	760	420	150
3	A	1150	870	60	600	수냉	840	410	200
4	B	1180	870	60	620	수냉	750	420	320
5	B	1180	880	60	600	수냉	720	420	150
6	C	1150	890	60	610	수냉	740	400	160
7	D	1160	880	60	600	수냉	750	410	250
8	E	1150	870	60	590	수냉	740	410	250
9	F	1170	880	60	600	방랭	750	400	250
10	G	1120	880	100	620	수냉	750	380	400
11	G	1120	880	100	620	수냉	780	450	80
12	G	1120	880	100	620	수냉	810	340	800
13	H	1160	910	60	580	수냉	800	390	600
14	H	1160	910	60	580	수냉	830	350	400
15	H	1140	900	60	620	수냉	740	460	360
16	I	1160	870	60	640	수냉	760	380	800
17	I	1150	880	60	530	수냉	800	450	600
18	I	1180	890	60	610	방랭	780	400	600
19	I	1160	910	60	660	수냉	740	420	400
20	I	1160	870	60	640	수냉	800	520	800

[0098]

[0099] 그리하여 제조한 강관에 대해, 이하와 같이 해서 조직 관찰 및 인장 시험을 실행하였다. 결과를 표 3에 나타낸다.

[0100] (1) 조직 관찰

[0101] · 페라이트의 면적율

[0102] 페라이트의 면적율은 제조한 강관으로부터 제작한 시료의 단면을 경면 연마한 후, 나이탈로 부식하고, Carl Zeiss NTS GmbH제 FE-SEM LEO-1530을 이용하여, 시료의 관 두께 1/4 위치(표면으로부터 깊이 방향에서의 관 두께의 1/4에 상당하는 위치)의 조직 관찰을 실행하는 것에 의해 구하였다.

[0103] 여기서, 가속 전압은 15kV로 하고, Everhart-Thronley(ET) 검출기를 이용하여, 2차 전자상을 관찰하였다. 또, 상기의 2차 전자상에서는 주위보다 어두운 콘트라스트의 결정립을 페라이트로 하고, 시야 전체에 대해 페라이트가 차지하는 면적율을 구하였다.

[0104] 또한, 관찰은 배율:5000배에서 10시야 실행하고, 각 시야에서 관찰된 페라이트가 차지하는 면적율의 평균값을 페라이트의 면적율로 하였다.

- [0105] 참고로서, 도 3의 (a)에, 강판 No.1에 있어서 배율:2000배로 강 조직을 관찰하여 얻어진 2차 전자상의 일예를 나타낸다.
- [0106] · 잔류 오스테나이트의 면적율
- [0107] 잔류 오스테나이트의 면적율은 제조한 강판으로부터 제작한 시료의 단면을 경면 연마한 후, 메탄올, 부틸셀로솔브 및 과염소산을 체적율로 10:6:1의 비율로 혼합한 전해액에 의해 전해 연마를 실행하고, Carl Zeiss NTS GmbH 제 FE-SEM LEO-1530을 이용하여 시료의 판 두께 1/4 위치의 조직 관찰을 실행하는 것에 의해 구하였다.
- [0108] 여기서, 가속 전압은 1kV로 하고, Everhart-Thornley형 검출기를 이용하여 2차 전자상을 관찰하였다. 또, 상기의 2차 전자상에서는 주위보다 어두운 콘트라스트의 결정립을 잔류 오스테나이트로 하고, 시야 전체에 대해 잔류 오스테나이트가 차지하는 면적율을 구하였다.
- [0109] 또한, 관찰은 배율:5000배로 10시야 실행하고, 각 시야에서 관찰된 잔류 오스테나이트가 차지하는 면적율의 평균값을 잔류 오스테나이트의 면적율로 하였다.
- [0110] 참고로서, 도 3의 (b)에, 강판 No.1에 있어서 배율:5000배로 강 조직을 관찰해서 얻어진 2차 전자상의 일예를 나타낸다.
- [0111] · 마텐자이트의 면적율
- [0112] 마텐자이트의 면적율은 100%에서 상기에서 구한 페라이트의 면적율 및 잔류 오스테나이트의 면적율을 빼는 것에 의해 구하였다.
- [0113] · 잔류 오스테나이트의 결정립의 원형도의 최빈치
- [0114] 잔류 오스테나이트의 면적율을 구할 때에 이용한 시료를 사용하고, Carl Zeiss NTS GmbH제 FE-SEM LEO-1530에 의해 시료의 판 두께 1/4 위치의 조직 관찰을 실행하고, 관찰된 잔류 오스테나이트의 결정립의 원형도를 ImageJ 소프트웨어를 이용한 화상 해석에 의해 구하였다.
- [0115] 또, 잔류 오스테나이트의 결정립의 원형도는 시야를 변경하면서 1000개의 결정립에 대해 산출하고, 산출한 잔류 오스테나이트의 결정립의 원형도 분포를 계급 범위:0.1×(n-1)초과 0.1×n이하, 계급값:0.1×n(여기서, n은 1~10까지의 정수)으로 한 히스토그램으로 나타내고, 그 최빈치를 구하였다.
- [0116] (2) 인장 시험
- [0117] 강판의 압연 방향과 90°의 방향을 긴쪽 방향(인장 방향)으로 하는 JISZ2201에 준거한 JIS5호 시험편을 이용하여, JISZ2241에 준거한 인장 시험을 실행하고, 항복 강도(YS), 인장 강도(TS), 항복비(YR) 및 전체 신장(EL)을 구하였다.

[0118]

[표 3]

표 3

장판 No.	강 기호	강 조직				기계적 특성				비고
		페라이트의 면적율 (%)	마텐자이트의 면적율 (%)	잔류 오스테나이트의 면적율 (%)	잔류 오스테나이트의 결정립의 유효도의 척도	YS (MPa)	TS (MPa)	YR (%)	EL (%)	
1	A	58	25	17	0.9	504	981	51	27	발명예
2	A	62	21	17	0.5	702	920	76	33	비교예
3	A	52	41	7	0.6	644	995	65	16	비교예
4	B	57	29	14	0.8	638	1120	57	21	발명예
5	B	70	24	6	0.6	629	863	73	18	비교예
6	C	64	24	12	0.8	481	839	57	23	비교예
7	D	60	36	4	0.6	629	968	65	15	비교예
8	E	51	45	4	0.7	773	1317	59	7	비교예
9	F	53	42	5	0.8	560	1013	55	12	비교예
10	G	43	36	21	0.7	619	1081	57	22	발명예
11	G	46	45	9	0.8	720	1290	56	11	비교예
12	G	55	23	22	0.7	577	1005	57	24	발명예
13	H	63	23	14	0.8	537	935	57	21	발명예
14	H	48	44	8	0.6	691	1108	62	16	비교예
15	H	66	18	16	0.7	513	911	56	23	발명예
16	I	59	22	19	0.8	591	1094	54	21	발명예
17	I	53	25	22	0.5	644	1026	63	23	비교예
18	I	58	33	9	0.7	569	988	58	14	비교예
19	I	61	25	14	0.9	473	865	55	25	비교예
20	I	56	41	3	0.9	593	1062	56	7	비교예

[0119]

[0120]

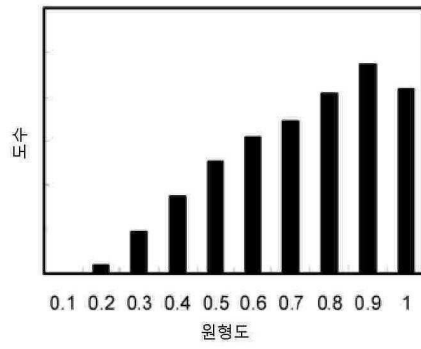
[0121]

표 3으로부터 본 발명예에서는 모두, 인장 강도:900MPa이상의 고강도와 전체 신장:20%이상의 우수한 가공성이 얻어지고, 더 나아가서는 항복비:60%미만의 저항복비가 얻어지고 있는 것을 알 수 있다.

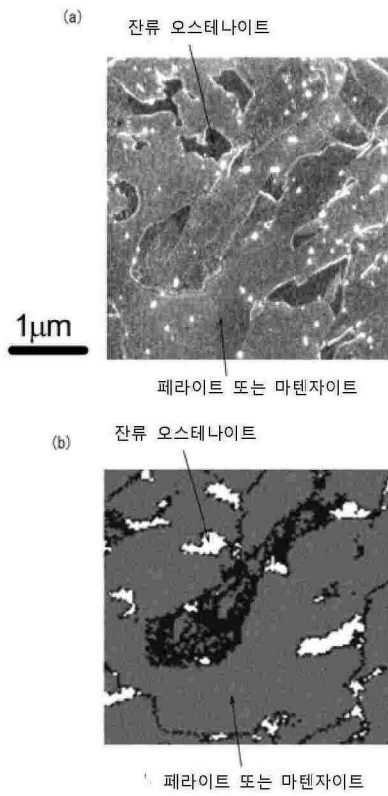
한편, 비교예에서는 인장 강도, 전체 신장 및 항복비 중의 적어도 하나가 원하는 범위 밖으로 되었다.

도면

도면1

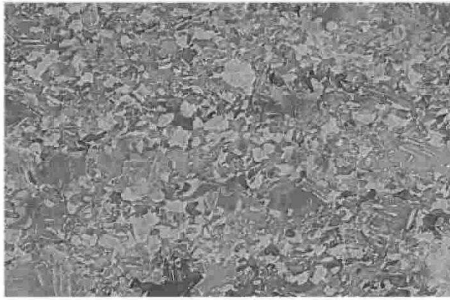


도면2



도면3

(a)



5 μm

(b)

잔류 오스테나이트



2 μm

페라이트 또는 마텐자이트