



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0019465
(43) 공개일자 2023년02월08일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C21D 8/12 (2006.01) B21B 37/74 (2006.01)
B21B 45/00 (2006.01) C22C 38/00 (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01) C22C 38/04 (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01) C22C 38/42 (2006.01)
C22C 38/44 (2006.01) C22C 38/60 (2006.01)
H01F 1/147 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C21D 8/1222 (2013.01)
C21D 8/1233 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2022-7046307
- (22) 출원일자(국제) 2021년06월29일
심사청구일자 2022년12월29일
- (85) 번역문제출일자 2022년12월29일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2021/024639
- (87) 국제공개번호 WO 2022/004752
국제공개일자 2022년01월06일
- (30) 우선권주장
JP-P-2020-113541 2020년06월30일 일본(JP)

- (71) 출원인
제이에프이 스틸 가부시키키가이샤
일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방
3고
- (72) 발명자
시모야마 유스케
일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방
3고 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤 지테크자이
산부 나이
신가키 유키히로
일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방
3고 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤 지테크자이
산부 나이
테라시마 다카시
일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방
3고 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤 지테크자이
산부 나이
- (74) 대리인
특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 4 항

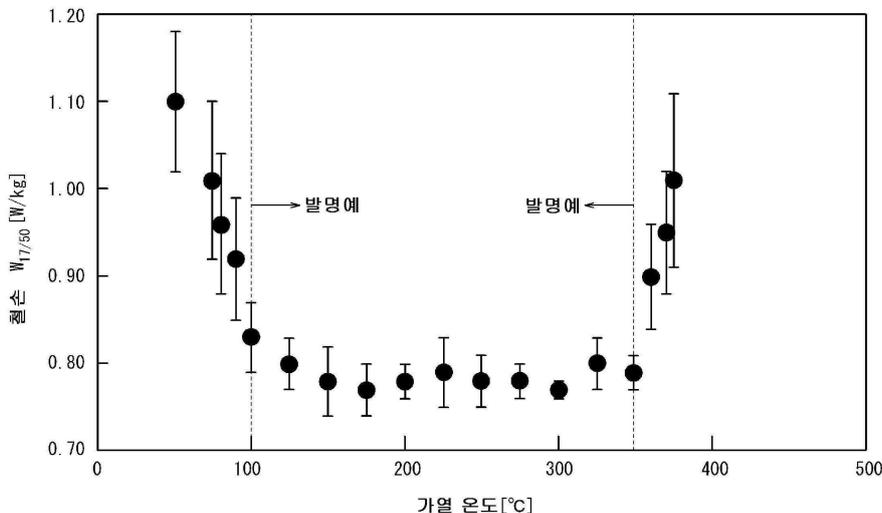
(54) 발명의 명칭 **방향성 전기 강판의 제조 방법**

(57) 요약

자기 특성이 우수하고, 또한 코일 길이 방향의 철손의 편차가 적은 방향성 전기 강판을 안정적으로 제조할 수 있는 방향성 전기 강판의 제조 방법을 제공한다.

본 발명은, 강 슬래브를 열간 압연하고, 경우에 따라 어닐링을 실시한 후, 1 회의 냉간 압연 또는 중간 어닐링을 사이에 둔 2 회 이상의 냉간 압연에 의해 최종 판두께를 갖는 냉연판으로 하고, 이어서 상기 최종 판두께를 갖는 냉연판을 탈탄 어닐링한 후, 2 차 재결정 어닐링을 실시하는 공정을 포함하는, 방향성 전기 강판의 제조 방법으로서, 최종의 냉간 압연 직전에, 강판을 100 °C/s 이상의 승온 속도로 100 °C 이상 350 °C 이하의 가열 온도까지 가열하고, 상기 강판이 가열 온도에 도달하고 나서 최종의 냉간 압연의 첫 번째 패스에 물리기까지의 시간이 5 초 이내인, 방향성 전기 강판의 제조 방법이다.

대표도



(52) CPC특허분류

C21D 8/1261 (2013.01)
C21D 8/1272 (2013.01)
C22C 38/001 (2013.01)
C22C 38/02 (2013.01)
C22C 38/04 (2013.01)
C22C 38/06 (2013.01)
C22C 38/42 (2013.01)
C22C 38/44 (2013.01)
C22C 38/60 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

강 슬래브를 열간 압연하고, 경우에 따라 어닐링을 실시한 후, 1 회의 냉간 압연 또는 중간 어닐링을 사이에 둔 2 회 이상의 냉간 압연에 의해 최종 관두께를 갖는 냉연판으로 하고, 이어서 상기 최종 관두께를 갖는 냉연판을 탈탄 어닐링한 후, 2 차 재결정 어닐링을 실시하는 공정을 포함하는, 방향성 전기 강판의 제조 방법으로서, 최종의 냉간 압연 직전에, 강판을 100 °C/s 이상의 승온 속도로 100 °C 이상 350 °C 이하의 가열 온도까지 가열하고, 상기 강판이 가열 온도에 도달하고 나서 최종의 냉간 압연의 첫 번째 패스에 물리기까지의 시간이 5 초 이내인, 방향성 전기 강판의 제조 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
 상기 강 슬래브가, 질량% 로,
 C : 0.01 % 이상 0.10 % 이하,
 Si : 2.0 % 이상 4.5 % 이하,
 Mn : 0.01 % 이상 0.5 % 이하,
 Al : 0.0100 % 이상 0.0400 % 이하,
 S 및 Se 에서 선택되는 1 종 또는 2 종의 합계 : 0.0100 % 이상 0.0500 % 이하, 그리고
 N : 0.0050 % 초과 0.0120 % 이하를 함유하고,
 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물의 성분 조성을 갖는, 방향성 전기 강판의 제조 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
 상기 강 슬래브가, 질량% 로,
 C : 0.01 % 이상 0.10 % 이하,
 Si : 2.0 % 이상 4.5 % 이하,
 Mn : 0.01 % 이상 0.5 % 이하,
 Al : 0.0100 % 미만,
 S : 0.0070 % 이하,
 Se : 0.0070 % 이하, 및
 N : 0.0050 % 이하를 함유하고,
 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물의 성분 조성을 갖는, 방향성 전기 강판의 제조 방법.

청구항 4

제 2 항 또는 제 3 항에 있어서,
 상기 강 슬래브가, 추가로 질량% 로,
 Sb : 0.005 % 이상 0.50 % 이하,
 Cu : 0.01 % 이상 1.50 % 이하,

P : 0.005 % 이상 0.50 % 이하,

Cr : 0.01 % 이상 1.50 % 이하,

Ni : 0.005 % 이상 1.50 % 이하,

Sn : 0.01 % 이상 0.50 % 이하,

Nb : 0.0005 % 이상 0.0100 % 이하,

Mo : 0.01 % 이상 0.50 % 이하,

B : 0.001 % 이상 0.007 % 이하, 및

Bi : 0.0005 % 이상 0.05 % 이하로 이루어지는 군에서 선택되는 1 종 또는 2 종 이상을 함유하는, 방향성 전기 강관의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 방향성 전기 강관의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 방향성 전기 강관은, 변압기나 발전기의 철심 재료로서 사용되는 연자성 재료로, 철의 자화 용이축인 {110}<001> 방위 (고스 방위) 가 강관의 압연 방향으로 고도로 맞춰진 결정 조직을 갖는 자기 특성이 우수한 강판이다.

[0003] 고스 방위로의 집적을 높이는 방법으로는, 예를 들면, 특허문헌 1 에는, 냉간 압연 중의 냉연판을 저온에서 열처리하여, 시효 처리를 실시하는 방법이 개시되어 있다.

[0004] 특허문헌 2 에는, 열연판 어닐링 또는 최종의 냉간 압연 전의 중간 어닐링시의 냉각 속도를 30 °C/s 이상으로 하고, 또한 최종의 냉간 압연 중에 강판 온도 150 ~ 300 °C 에서 2 분간 이상의 패스간 시효를 2 회 이상 실시하는 기술이 개시되어 있다.

[0005] 특허문헌 3 에는, 압연 중의 강판 온도를 높여 온간 압연함으로써, 압연시에 도입된 전위를 즉시 C 나 N 으로 고착시키는 동적 변형 시효를 이용하는 기술이 개시되어 있다.

[0006] 특허문헌 1 ~ 3 의 기술은, 냉연 전, 혹은 압연 중 또는 압연의 패스 사이에서 강판 온도를 적정한 온도로 유지함으로써, 고용 원소인 탄소 (C) 나 질소 (N) 를 저온에서 확산시키고, 냉간 압연에서 도입된 전위를 고착시켜, 그 이후의 압연에서의 전위의 이동을 억제하고, 전단 변형을 일으키게 하여 압연 집합 조직을 개선하는 것이다. 이들 기술의 적용에 의해서, 1 차 재결정판의 시점에서 고스 방위 종결정이 많이 형성되고, 2 차 재결정시에 그들 고스 방위 종결정이 입(粒)성장함으로써, 2 차 재결정 후의 고스 방위로의 집적을 높일 수 있다.

[0007] 상기 변형 시효의 효과를 더욱 높이는 기술로서, 특허문헌 4 에는, 냉간 압연 공정의 최종의 냉간 압연 직전에 열처리를 실시하여, 강 중에 미세 카바이드를 석출시켜 두고, 최종의 냉간 압연을 전반부와 후반부의 2 개로 나누어, 전반부에서는 압하율 30 ~ 75 % 의 범위에서 140 °C 이하의 저온으로, 후반부에는 적어도 2 회의 압하 패스를 150 ~ 300 °C 의 고온으로, 또한 전반부와 후반부를 합한 총 압하율 80 ~ 95 % 의 범위에서 압연을 실시함으로써, 안정적으로 고스 방위로 고도로 집적된 재료를 얻을 수 있는 기술이 개시되어 있다.

[0008] 특허문헌 5 에는, 탠덤 압연기에 의해 실시되는 냉간 압연 전에 0.5 kg/mm² 이상의 장력 부여하에 있어서 50 ~ 150 °C, 30 초 ~ 30 분간의 열처리를 실시함으로써, 강 중에 미세 카바이드를 석출시킴과 함께 냉간 압연의 도중에 시효 처리를 실시하는 기술이 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 소50-016610호

- (특허문헌 0002) 일본 공개특허공보 평08-253816호
- (특허문헌 0003) 일본 공개특허공보 평01-215925호
- (특허문헌 0004) 일본 공개특허공보 평09-157745호
- (특허문헌 0005) 일본 공개특허공보 평04-120216호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 그러나, 최근에는 에너지 절약에 대한 요구는 계속해서 점점 더 엄격해지고 있어, 새로운 저철손화 기술의 개발이 요망되고 있다.
- [0011] 특허문헌 1 ~ 3 과 같이 압연 중에 패스간 시효를 실시하는 기술에서는, 탠덤 압연기를 사용하여 압연하는 경우와 같이 각 패스간의 거리가 짧고, 또한 라인 속도가 빠른 압연에서는, 만족스러운 효과를 얻을 수 없다는 문제점이 있었다.
- [0012] 특허문헌 4, 5 와 같이 냉간 압연 전에 열처리를 실시하는 기술에서는, 코일 권취 후의 코일 내의 온도차에 의해, 카바이드의 석출 형태가 변화하고, 결과적으로 코일 길이 방향에서 철손의 편차가 크다는 문제점이 있었다.
- [0013] 그래서, 본 발명의 목적은, 상기 종래 기술이 갖는 문제점을 해결하여, 자기 특성이 우수하고, 또한 코일 길이 방향의 철손의 편차가 적은 방향성 전기 강관을 안정적으로 제조할 수 있는 방향성 전기 강관의 제조 방법을 제공하는 것에 있다.

과제의 해결 수단

- [0014] 본 발명자들은 상기 과제를 해결하기 위해서, 냉연 전에 열처리를 실시하는 수법에 대해 예의 검토를 거듭하여, 방향성 전기 강관의 제조 과정에 있어서, 최종의 냉간 압연 직전에, 강관을 100 ℃/s 이상의 승온 속도로 100 ℃ 이상 350 ℃ 이하의 가열 온도까지 가열하고, 강관이 가열 온도에 도달하고 나서 최종의 냉간 압연의 첫 번째 패스에 물리기까지의 시간을 5 초 이내로 함으로써, 집합 조직을 개선하여, 자기 특성이 우수하고, 또한 코일 길이 방향의 철손의 편차가 적은 방향성 전기 강관을 안정적으로 제조하는 것이 가능해지는 것을 알아내어, 본 발명을 완성시켰다.
- [0015] 최종의 냉간 압연이란, 그 냉간 압연 후의 강관의 두께가 최종의 판두께가 되는 냉간 압연을 말한다.
- [0016] 최종의 냉간 압연 직전이란, 최종의 냉간 압연의 첫 번째 패스에 물리기 직전을 말한다. 냉간 압연이 1 회인 경우에는, 당해 냉간 압연의 첫 번째 패스에 물리기 직전을 말하고, 중간 어닐링을 사이에 둔 2 회 이상의 냉간 압연의 경우에는, 최후의 냉간 압연의 첫 번째 패스에 물리기 직전을 말한다.
- [0017] 100 ℃ 이상 350 ℃ 이하의 가열 온도란, 당해 온도역 중에서의 강관이 도달하는 가장 높은 온도 (최고 온도)를 말한다.
- [0018] 본 발명의 방향성 전기 강관의 제조 방법은, 최종의 냉간 압연 직전에, 강관을 100 ℃/s 이상의 승온 속도로 100 ℃ 이상 350 ℃ 이하의 가열 온도까지 가열하는 것을 포함한다. 이것에 의해, 자기 특성의 편차를 감소시킬 수 있다. 자기 특성의 편차가 감소하는 이유는 분명하지는 않지만, 다음과 같이 추측된다.
- [0019] 강관을 최종의 냉간 압연 직전에 가열함으로써, 압연 첫 번째 패스의 바이트 온도가 상승하여, 첫 번째 패스 압연 가공시에 활동하는 슬립계의 종류가, 직전에 가열하지 않는 경우보다 많아진다. 두 번째 패스 이후의 압연에서는, 스트립 쿨런트의 영향에 의해 첫 번째 패스 압연시보다 압연시의 바이트 온도는 낮아지기 때문에, 첫 번째 패스 압연시에 활동한 슬립계 중에는, 두 번째 패스 압연 이후에 가공 온도의 저하에 의하여, 활동할 수 없는 것이 포함된다. 그러한 슬립계에서 활동하는 전위는, 두 번째 패스 이후의 압연에서는 이동할 수 없어, 두 번째 패스 이후의 압연에서 발생하는 전위의 움직임은 저해하기 때문에, 결과적으로, 미세 카바이드에 의한 전위의 고착과 동등한 작용을 한다. 그 결과, 압연시의 전단 변형이 촉진되어, 집합 조직이 개선되고, 최종의 방향성 전기 강관의 자기 특성이 개선된다. 또한, 미세 카바이드에 의한 전위의 피닝 효과보다, 전위끼리에 의한 이동 저해 효과 쪽이 강하게 작용하고, 그 결과, 강관 중의 카바이드의 코일 길이 방향에 있어서

의 형태 변화의 영향이 저감된다.

- [0020] 본 발명의 방향성 전기 강판의 제조 방법은, 최종의 냉간 압연 직전에, 강판이 소정의 가열 온도에 도달하고 나서 최종의 냉간 압연의 첫 번째 패스에 물리기까지의 시간을 5 초 이내로 하는 것을 포함한다. 이것에 의해, 자기 특성의 열화를 억제할 수 있다. 자기 특성의 열화가 억제되는 이유는 분명하지 않지만, 다음과 같이 추측된다.
- [0021] 소정의 가열 온도에 도달하고 나서 냉간 압연의 첫 번째 패스에 물리기까지의 시간이 길어지면, 소정의 가열 온도에 도달한 후, 급격하게 강판 온도가 저하되고, 그 결과, 냉간 압연 첫 번째 패스의 바이트 온도가 저하되기 때문에, 두 번째 패스 이후에 일어나는 전위끼리에 의한 전위의 이동 저해 효과가 발현되기 어려워지지만, 당해 시간을 5 초 이내로 함으로써, 이동 저해 효과가 충분히 발현된다.
- [0022] 본 발명의 요지는, 이하와 같다.
- [0023] [1] 강 슬래브를 열간 압연하고, 경우에 따라 어닐링을 실시한 후, 1 회의 냉간 압연 또는 중간 어닐링 사이에 둔 2 회 이상의 냉간 압연에 의해 최종 판두께를 갖는 냉연판으로 하고, 이어서 상기 최종 판두께를 갖는 냉연판을 탈탄 어닐링한 후, 2 차 재결정 어닐링을 실시하는 공정을 포함하는, 방향성 전기 강판의 제조 방법으로서,
- [0024] 최종의 냉간 압연 직전에, 강판을 100 ℃/s 이상의 승온 속도로 100 ℃ 이상 350 ℃ 이하의 가열 온도까지 가열하고, 상기 강판이 가열 온도에 도달하고 나서 최종의 냉간 압연의 첫 번째 패스에 물리기까지의 시간이 5 초 이내인, 방향성 전기 강판의 제조 방법.
- [0025] [2] 상기 강 슬래브가, 질량% 로,
- [0026] C : 0.01 % 이상 0.10 % 이하,
- [0027] Si : 2.0 % 이상 4.5 % 이하,
- [0028] Mn : 0.01 % 이상 0.5 % 이하,
- [0029] Al : 0.0100 % 이상 0.0400 % 이하,
- [0030] S 및 Se 에서 선택되는 1 종 또는 2 종의 합계 : 0.0100 % 이상 0.0500 % 이하, 그리고
- [0031] N : 0.0050 % 초과 0.0120 % 이하를 함유하고,
- [0032] 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물의 성분 조성을 갖는,
- [0033] 상기 [1] 의 방향성 전기 강판의 제조 방법.
- [0034] [3] 상기 강 슬래브가, 질량% 로,
- [0035] C : 0.01 % 이상 0.10 % 이하,
- [0036] Si : 2.0 % 이상 4.5 % 이하,
- [0037] Mn : 0.01 % 이상 0.5 % 이하,
- [0038] Al : 0.0100 % 미만,
- [0039] S : 0.0070 % 이하,
- [0040] Se : 0.0070 % 이하, 및
- [0041] N : 0.0050 % 이하를 함유하고,
- [0042] 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물의 성분 조성을 갖는,
- [0043] 상기 [1] 의 방향성 전기 강판의 제조 방법.
- [0044] [4] 상기 강 슬래브가, 추가로, 질량% 로,
- [0045] Sb : 0.005 % 이상 0.50 % 이하,
- [0046] Cu : 0.01 % 이상 1.50 % 이하,

- [0047] P : 0.005 % 이상 0.50 % 이하,
- [0048] Cr : 0.01 % 이상 1.50 % 이하,
- [0049] Ni : 0.005 % 이상 1.50 % 이하,
- [0050] Sn : 0.01 % 이상 0.50 % 이하,
- [0051] Nb : 0.0005 % 이상 0.0100 % 이하,
- [0052] Mo : 0.01 % 이상 0.50 % 이하,
- [0053] B : 0.001 % 이상 0.007 % 이하, 및
- [0054] Bi : 0.0005 % 이상 0.05 % 이하로 이루어지는 군에서 선택되는 1 종 또는 2 종 이상을 함유하는, 상기 [2] 또는 상기 [3] 의 방향성 전기 강판의 제조 방법.

발명의 효과

- [0055] 본 발명의 방향성 전기 강판의 제조 방법에 의하면, 자기 특성이 우수하고, 또한 코일 길이 방향의 철손의 편차가 적은 방향성 전기 강판을 안정적으로 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0056] 도 1 은, 실시예 1 의 가열 온도 (최고 온도) 와 철손의 관계를 나타내는 그래프이다.
- 도 2 는, 실시예 2 의 가열 후 경과 시간과 철손의 관계를 나타내는 그래프이다.
- 도 3 은, 실시예 3 의 승온 속도와 철손의 관계를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0057] 이하, 본 발명을 상세하게 설명한다.
- [0058] <강 슬래브>
- [0059] 본 발명의 제조 방법에서 사용하는 강 슬래브 (강 소재) 는, 공지된 제조 방법에 의해 제조된 것일 수 있고, 제조 방법으로는, 예를 들어 제강-연속 주조, 조괴-분괴 압연법 등을 들 수 있다. 제강에 있어서는, 전로나 전기로 등에서 얻은 용강을 진공 탈가스 등의 2 차 정련을 거쳐서 원하는 성분 조성으로 할 수 있다.
- [0060] 강 슬래브의 성분 조성은, 방향성 전기 강판 제조용의 성분 조성으로 할 수 있으며, 방향성 전기 강판용의 성분으로서 공지된 것으로 할 수 있다. 우수한 자기 특성을 갖는 방향성 전기 강판이 얻어지는 점에서, C, Si 및 Mn 을 함유하는 것이 바람직하다. C, Si 및 Mn 의 함유량으로는, 이하를 들 수 있다. 여기서, 성분 조성에 관한 「%」 표시는, 특별히 언급하지 않는 한 「질량%」 를 의미한다.
- [0061] C : 0.01 % 이상 0.10 % 이하
- [0062] C 는, 열연 강판의 집합 조직의 개선을 위해서 필요한 원소이다. 0.10 % 초과에서는, 탈탄 어닐링에 의해, 자기 시효가 일어나지 않는 0.0050 % 이하로 저감하는 것이 곤란해진다. 한편, 0.01 % 미만에서는, 슬래브 가열시에 조직이 조대화되어, 이후의 공정에서의 재결정이 일어나기 어려워진다. 그렇기 때문에, C 함유량은 0.01 % 이상 0.10 % 이하가 바람직하고, 보다 바람직하게는 0.01 % 이상 0.08 % 이하이다.
- [0063] Si : 2.0 % 이상 4.5 % 이하
- [0064] Si 는, 강의 전기 저항을 높이고, 철손을 개선하는 데에 유효한 원소이다. 함유량이 4.5 % 초과에서는, 가공성이 현저하게 저하되기 때문에, 압연하여 제조하는 것이 곤란해진다. 한편, 2.0 % 미만에서는, 충분한 철손 저감 효과가 얻기 어려워진다. 그 때문에, Si 함유량은 2.0 % 이상 4.5 % 이하가 바람직하다.
- [0065] Mn : 0.01 % 이상 0.5 % 이하
- [0066] Mn 은, 열간 가공성을 개선하기 위해서 필요한 원소이다. 0.5 % 초과에서는, 1 차 재결정 집합 조직이 열화되어, 고스 방위가 고도로 집적된 2 차 재결정립을 얻는 것이 곤란해진다. 한편, 0.01 % 미만에서는, 충분한 열연 가공성을 얻는 것이 곤란해진다. 그 때문에, Mn 함유량은 0.01 % 이상 0.5 % 이하가 바람직하

고, 보다 바람직하게는 0.03 % 이상 0.5 % 이하이다.

- [0067] 성분 조성은, C, Si 및 Mn 에 추가하여, 2 차 재결정에 있어서의 인히비터 성분으로서, Al : 0.0100 % 이상 0.0400 % 이하 및 N : 0.0050 % 초과 0.012 % 이하를 함유하는 것일 수 있다. Al 함유량 및 N 함유량이 상기의 하한에 미치지 않으면, 소정의 인히비터 효과를 얻는 것이 곤란하고, 한편, 상기의 상한을 초과하면, 석출물의 분산 상태가 불균일화되어, 역시 소정의 인히비터 효과를 얻는 것이 곤란하다.
- [0068] 또한, Al, N 에 추가하여, 인히비터 성분으로서, S 및 Se 에서 선택되는 1 종 또는 2 종을 합계로 0.0100 % 이상 0.0500 % 이하의 범위에서 함유시켜도 된다. S 및 Se 중 어느 일방 또는 양방을 함유시킴으로써, 황화물 (MnS, Cu₂S 등), 셀렌화물 (MnSe, Cu₂Se 등) 을 형성시킬 수 있다. 황화물, 셀렌화물은 복합하여 석출시켜도 된다. S 및 Se 에서 선택되는 1 종 또는 2 종의 합계의 함유량이 상기의 하한에 미치지 않으면, 인히비터로서의 효과를 충분히 얻을 수 없고, 상기의 상한을 초과하면, 석출물의 분산이 불균일화되어, 역시 인히비터 효과를 충분히 얻을 수 없다.
- [0069] 성분 조성은, Al 함유량을 0.0100 % 미만으로 억제하여, 인히비터리스계에 적합시킬 수도 있다. 이 경우, N 함유량은 N : 0.0050 % 이하, S : 0.0070 % 이하, Se : 0.0070 % 이하로 할 수 있다.
- [0070] 자기 특성 개선을 위해, 자기 원소에 추가하여, Sb : 0.005 % 이상 0.50 % 이하, Cu : 0.01 % 이상 1.5 % 이하, P : 0.005 % 이상 0.50 % 이하, Cr를 0.01 % 이상 1.50 % 이하, Ni : 0.005 % 이상 1.50 % 이하, Sn : 0.01 % 이상 0.50 % 이하, Nb : 0.0005 % 이상 0.0100 % 이하, Mo : 0.01 % 이상 0.50 % 이하, B : 0.001 % 이상 0.007 % 이하 및 Bi : 0.0005 % 이상 0.05 % 이하로 이루어지는 군에서 선택되는 1 종 또는 2 종 이상을 함유시켜도 된다. Sb, Cu, P, Cr, Ni, Sn, Nb, Mo, B, Bi 는, 자기 특성의 향상에 유용한 원소이며, 2 차 재결정립의 발달을 저해하지 않고, 자기 특성 향상 효과를 충분히 얻는 점에서, 함유시키는 경우에는, 상기의 범위 내로 하는 것이 바람직하다.
- [0071] 강 슬래브의 성분 조성의 잔부는, Fe 및 불가피적 불순물이다.
- [0072] <제조 공정>
- [0073] 본 발명의 제조 방법은, 강 슬래브를, 열간 압연하여 열연판으로 한다. 강 슬래브는, 가열하고 나서 열간 압연에 제공할 수 있다. 그 때의 가열 온도는, 열간 압연성을 확보하는 관점에서 1050 ℃ 정도 이상으로 하는 것이 바람직하다. 가열 온도의 상한은 특별히 한정되지 않지만, 1450 ℃ 초과의 온도는, 강의 용점에 가까워, 슬래브의 형상을 유지하는 것이 곤란하기 때문에, 1450 ℃ 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0074] 그 이외의 열간 압연 조건은 특별히 한정되지 않고, 공지된 조건을 적용할 수 있다.
- [0075] 얻어진 열연판에, 열연판 어닐링을 실시해도 된다. 그 때, 어닐링 조건은 특별히 한정되지 않고, 공지된 조건을 적용할 수 있다.
- [0076] 열연판은, 경우에 따라 열연판 어닐링을 실시한 후, 냉간 압연하여 냉연판으로 한다. 냉간 압연의 전에, 산세 등으로 탈스케일해도 된다.
- [0077] 1 회의 냉간 압연으로 최종 관두께의 냉연판으로 해도 되고, 혹은 중간 어닐링을 사이에 둔 2 회 이상의 냉간 압연을 실시하여 최종 관두께의 냉연판으로 해도 된다. 냉간 압연의 총 압하율은, 특별히 한정되지 않고, 70 % 이상 95 % 이하로 할 수 있다. 최종의 냉간 압연의 압하율은, 특별히 한정되지 않고, 60 % 이상 95 % 이하로 할 수 있다. 최종 관두께는, 특별히 한정되지 않고, 0.1 mm 이상 1.0 mm 이하로 할 수 있다.
- [0078] 최종의 냉간 압연의 직전에, 강판을 100 ℃/s 이상의 승온 속도로 100 ℃ 이상 350 ℃ 이하의 가열 온도로 가열하고, 가열 온도에 도달하고 나서 최종의 냉간 압연의 첫 번째 패스에 물리기까지의 시간은 5 초 이내로 한다.
- [0079] 승온 속도는 100 ℃/s 이상으로 한다. 100 ℃ 이상의 고온에서는 강 중 탄소의 확산 속도는 급격하게 증대되기 때문에, 그 온도에서 강판을 장시간 유지하면 카바이드의 급격한 조대화가 일어나, 강 중의 고용 탄소량 및 미세 카바이드의 수는 크게 감소한다. 그 결과, 카바이드에 의한 전위의 피닝 효과는, 마이트 온도 상승에 의한 효과를 초과하여 저하되어, 집합 조직의 열화를 초래한다고 생각된다. 그 때문에, 승온 속도는 100 ℃/s 이상으로 하여, 단시간에 소정의 가열 온도까지 도달하도록 한다. 승온 속도는 150 ℃/s 이상이 바람직하다. 승온에 필요로 하는 시간은 짧을수록 바람직하기 때문에, 승온 속도의 상한은 한정되지 않고, 예를 들어 300 ℃/s 이하로 할 수 있다.
- [0080] 가열에 의한 가열 온도 (최고 온도) 는 100 ℃ 이상 350 ℃ 이하로 한다. 100 ℃ 미만에서는, 첫 번째 패스

바이트 온도 상승에 의한 효과가 충분히 발휘되지 않고, 또한, 350 °C 초과에서는, 압연시에 윤활 불량에 의해, 판 형상의 악화를 초래한다. 가열 온도는, 바람직하게는 120 °C 이상이고, 또, 바람직하게는 300 °C 이하이다.

- [0081] 소정의 가열 온도에 도달하고 나서, 최종의 냉연 압연의 첫 번째 패스에 물리기까지의 시간은 5 초 이내로 한다. 5 초 초과에서는 강판 온도의 저하로 인해, 첫 번째 패스 바이트 온도 상승에 의한 효과가 충분히 발휘되지 않는다. 소정의 가열 온도에 도달한 후, 첫 번째 패스에 물리게 하기까지 당해 온도를 최대한 유지하는 것이 바람직하다.
- [0082] 가열 방법은 특별히 한정되지 않고, 에어 배스, 오일 배스, 샌드 배스, 유도 가열 등을 들 수 있다. 대규모 설비가 불필요하고, 압연 후의 강판의 외관에 대한 영향이 작고, 단시간에서의 가열이 가능한 점에서, 유도 가열이 바람직하다. 유도 가열을 사용한 경우, 소정의 가열 온도는, 유도 가열 장치의 출력의 강판 온도로 할 수 있다.
- [0083] 냉간 압연에 사용하는 압연기는, 특별히 한정되지 않고 리버스 압연기, 탠덤 압연기 등을 들 수 있다. 유도 가열 장치를 입측에 설치한 탠덤 압연기는, 가열 후 바로 압연할 수 있기 때문에, 특히 바람직하다. 탠덤 압연기의 입측에는 강판 가열용 및 균열용의 유도 가열 설비를 설치할 수도 있다.
- [0084] 냉간 압연 중에 시효 처리 등의 열처리 또는 온간 압연을 사이에 두어도 된다.
- [0085] 본 발명의 방향성 전기 강판의 제조 방법에 있어서는, 최종 판두께를 갖는 냉연판을, 탈탄 어닐링한 후, 2 차 재결정 어닐링을 거쳐, 방향성 전기 강판을 얻을 수 있다. 2 차 재결정 어닐링 후에, 절연 피막을 형성해도 된다.
- [0086] 탈탄 어닐링의 조건은, 특별히 한정되지 않는다. 일반적으로, 탈탄 어닐링은 1 차 재결정 어닐링을 겸하는 경우가 많고, 본 발명의 제조 방법에 있어서도 1 차 재결정 어닐링을 겸할 수 있다. 그 경우, 조건은 특별히 한정되지 않고, 공지된 조건을 적용할 수 있다. 예를 들어, 온수소 분위기 중에서 800 °C×2 분의 어닐링 조건 등을 들 수 있다.
- [0087] 냉연판에 탈탄 어닐링을 실시한 후, 2 차 재결정을 위한 마무리 어닐링을 실시한다. 마무리 어닐링 전에, 강판 표면에 어닐링 분리제를 도포할 수 있다. 어닐링 분리제는 특별히 한정되지 않고, 공지된 것을 사용할 수 있다. 예를 들면, MgO 를 주성분으로 하고, 필요에 따라서, TiO₂ 등을 첨가한 것이나, SiO₂ 나 Al₂O₃ 을 주성분으로 한 것을 들 수 있다.
- [0088] 마무리 어닐링을 실시한 후, 강판 표면에 절연 피막을 도포하여 베이킹하고, 필요에 따라, 평탄화 어닐링하여 강판 형상을 정돈하는 것이 바람직하다. 절연 피막의 종류는 특별히 한정되지 않고, 강판 표면에 인장 장력을 부여하는 절연 피막을 형성하는 경우에는, 일본 공개특허공보 소50-79442호, 일본 공개특허공보 소48-39338호, 일본 공개특허공보 소56-75579호 등에 기재되어 있는 인산염-콜로이드 실리카를 함유하는 도포액을 사용하여, 800 °C 정도에서 베이킹하는 것이 바람직하다.
- [0089] **실시예**
- [0090] <실시예 1>
- [0091] 질량% 로, C : 0.037 %, Si : 3.4 % 및 Mn : 0.05 % 를 함유하고, 질량ppm 으로, S 및 Se 를 각각 31 ppm, N 을 50 ppm, sol.Al 을 85 ppm 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물의 조성으로 이루어지는 강 슬래브를, 1210 °C 로 가열 후, 열간 압연하여 판두께 2.0 mm 의 열연판으로 하였다.
- [0092] 상기 열연판에, 1000 °C×60 초의 열연판 어닐링을 실시하고, 이어서 800 °C 에서 300 °C 까지를 20 °C/s 로 냉각한 후, 코일로 권취하였다. 얻어진 열연판 어닐링판을, 탠덤 압연기 (롤 직경 300 mm, 스탠드수 5) 를 사용하여, 1 회의 탠덤 압연에 의해 0.20 mm 의 판두께의 냉연판으로 하였다. 그 때, 첫 번째 패스의 압연 스탠드의 직전에 설치한 강판 가열용 및 균열용의 유도 가열 설비에 의해, 강판을 승온 속도 100 °C/s 로 소정의 가열 온도 (최고 온도) 까지 가열하고, 가열 온도 도달 후 3 초 동안에 첫 번째 패스의 압연 스탠드에 물리게 하였다. 가열 온도는, 유도 가열 설비의 출력의 강판 온도이다.
- [0093] 상기 냉연판에, 균열 온도 840 °C, 균열 시간 100 초로 하는 탈탄 어닐링을 겸한 1 차 재결정 어닐링을 실시한 후, 강판 표면에 MgO 를 주성분으로 하는 어닐링 분리제를 도포하고, 이어서 마무리 어닐링을 실시하여 2 차 재결정시켰다.

- [0094] 상기 2 차 재결정 어닐링 후의 강판 표면에, 인산염-크롬산염-몰로이달 실리카를 중량비 3 : 1 : 2 로 함유하는 도포액을 도포하고, 800 °C×30 초의 평탄화 어닐링을 실시하여, 제품 코일로 하였다.
- [0095] 제품 코일에 대하여, 코일 길이 방향 3 점의 철손을 측정하여, 평균값과 표준 편차를 구했다. 실시예에 있어서의 철손의 측정은, 전체 길이 약 5000 m 의 코일의 길이 방향 단부로부터 200 m, 2500 m, 4800 m 의 위치에서 각각 시료를 총 중량이 500 g 이상이 되도록 잘라내어, 엡스타인 시험을 실시함으로써 행하였다.
- [0096] 가열 온도 (최고 온도) 를 50 °C 이상 450 °C 의 범위에서 변경하고, 가열 온도 (최고 온도) 와 철손의 관계를 도 1 에 나타낸다.
- [0097] 도 1 에 나타내는 바와 같이, 유도 가열에 의한 가열 온도 (최고 온도) 가 100 °C 이상 350 °C 이하인 범위에서, 자기 특성이 양호하고, 또한 편차가 작다. 한편, 가열 온도 375 °C 이상에서는, 강판의 형상 불량, 파단이 보였다.
- [0098] <실시예 2>
- [0099] 실시예 1 에서 제조한 열연판 어닐링판을, 실시예 1 에서 사용한 유도 가열 장치 및 텐덤 압연기를 사용하여, 승온 속도 100 °C/s 로 가열 온도 (최고 온도) 100 °C 까지 가열하고, 가열 온도에 도달하고 나서 첫 번째 패스의 압연 스탠드에 물리기까지의 시간 (가열 후 경과 시간) 을 1 ~ 10 초의 범위에서 변화시켜 냉간 압연을 실시하여, 판두께 0.20 mm 의 냉연판으로 하였다. 얻어진 냉연판을 사용하여, 실시예 1 과 동일하게 하여 제품 코일을 제조하였다. 제품 코일에 대해, 실시예 1 과 동일하게 하여, 코일 길이 방향 3 점의 철손을 측정하고, 평균값과 표준 편차를 구했다. 가열 후 경과 시간과 철손의 관계를 도 2 에 나타낸다.
- [0100] 도 2 에 나타내는 바와 같이, 가열 후 경과 시간이 5 초 이내인 경우, 자기 특성의 편차가 적고, 자성이 양호했지만, 시간이 그것을 초과하면, 철손의 열화 및 편차의 증대가 보였다.
- [0101] <실시예 3>
- [0102] 실시예 1 에서 제조한 열연판 어닐링판을, 실시예 1 에서 사용한 유도 가열 장치 및 텐덤 압연기를 사용하여, 승온 속도를 10 ~ 200 °C/s 의 범위에서 변화시켜 가열 온도 (최고 온도) 100 °C 까지 가열하고, 가열 온도에 도달하고 나서 3 초 후에 첫 번째 패스의 압연 스탠드에 물리게 하여 냉간 압연을 실시하여, 판두께 0.20 mm 의 냉연판으로 하였다. 얻어진 냉연판을 사용하여, 실시예 1 과 동일하게 하여 제품 코일을 제조하였다. 제품 코일에 대해, 실시예 1 과 동일하게 하여, 코일 길이 방향 3 점의 철손을 측정하고, 평균값과 표준 편차를 구했다. 가열 속도와 철손의 관계를 도 3 에 나타낸다.
- [0103] 도 3 에 나타내는 바와 같이, 가열 속도가 100 °C/s 이상인 경우, 철손이 0.90 W/kg 이하로, 양호하였다.
- [0104] <실시예 4>
- [0105] 질량% 로, C : 0.06 %, Si : 3.4 % 및 Mn : 0.06 % 를 함유하고, N : 90 ppm, sol.Al 을 250 ppm, S, Se 를 각각 0.02 % 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물의 조성으로 이루어지는 강 슬래브를 1400 °C 로 가열 후, 열간 압연하여 판두께 2.0 mm 의 열연판으로 하였다.
- [0106] 상기 열연판에, 1000 °C×60 초의 열연판 어닐링을 실시하고, 이어서 800 °C 에서 300 °C 까지 20 °C/s 로 냉각한 후, 코일로 권취하였다. 얻어진 열연판 어닐링판을 텐덤 압연기 (롤 직경 300 mm, 스탠드수 5) 로 1 회째의 냉간 압연을 실시하고, 이어서, N₂ 75 vol%+H₂ 25 vol%, 이슬점 46 °C 의 분위기 중에서 1100 °C×80 초의 중간 어닐링을 실시하고, 이어서, 텐덤 압연기(롤 직경 300 mm, 스탠드수 5) 로 최종의 냉간 압연을 실시하여, 판두께가 0.20 mm 의 냉연판으로 하였다. 최종의 냉간 압연시, 첫 번째 패스의 압연 스탠드의 직전에 설치한 강판 가열용 및 균열용의 유도 가열 설비에 의해, 유도 가열을 실시하였다. 유도 가열에 있어서의 가열 온도 (최고 온도), 승온 속도, 가열 온도 도달에서부터 첫 번째 패스의 압연 스탠드에 물리기까지의 시간 (가열 후 경과 시간) 을, 표 1 에 나타내는 바와 같이 변화시켰다.
- [0107] 상기 냉연판에, 균열 온도를 840 °C, 균열 시간을 100 초로 하는 탈탄 어닐링을 겸한 1 차 재결정 어닐링을 실시한 후, 강판 표면에 MgO 를 주성분으로 하는 어닐링 분리제를 도포하고, 이어서 마무리 어닐링을 실시하여 2 차 재결정시켰다.
- [0108] 상기 2 차 재결정 어닐링 후의 강판 표면에, 인산염-크롬산염-몰로이달 실리카를 중량비 3 : 1 : 2 로 함유하는 도포액을 도포하고, 800 °C×30 초의 평탄화 어닐링을 실시하여, 제품 코일로 하였다.

[0109] 제품 코일에 대해, 실시예 1 과 동일하게 하여, 코일 길이 방향 3 점의 철손을 측정하고, 평균값과 표준 편차를 구했다. 표 1 에 결과를 나타낸다.

표 1

No.	승온 속도 (°C/s)	최고 온도 (°C)	가열 후 경과 시간 (s)	철손 W _{17.50} (W/kg)	표준 편차	비고
1	10	100	3	1.12	0.04	비교예
2	20	100	3	1.11	0.02	비교예
3	30	100	3	1.13	0.04	비교예
4	40	100	3	1.12	0.03	비교예
5	50	100	3	1.10	0.03	비교예
6	60	100	3	1.09	0.02	비교예
7	70	100	3	0.99	0.02	비교예
8	80	100	3	0.98	0.04	비교예
9	85	100	3	0.98	0.05	비교예
10	90	100	3	0.96	0.03	비교예
11	95	100	3	0.95	0.03	비교예
12	100	100	3	0.85	0.05	발명예
13	110	100	3	0.84	0.03	발명예
14	120	100	3	0.83	0.04	발명예
15	130	100	3	0.82	0.02	발명예
16	140	100	3	0.83	0.03	발명예
17	150	100	3	0.83	0.03	발명예
18	175	100	3	0.84	0.02	발명예
19	200	100	3	0.80	0.04	발명예
20	100	50	3	1.08	0.08	비교예
21	100	75	3	0.98	0.09	비교예
22	100	80	3	0.95	0.08	비교예
23	100	90	3	0.92	0.07	비교예
24	100	125	3	0.86	0.02	발명예
25	100	150	3	0.84	0.03	발명예
26	100	175	3	0.86	0.04	발명예
27	100	200	3	0.83	0.01	발명예
28	100	225	3	0.82	0.02	발명예
29	100	250	3	0.81	0.03	발명예
30	100	275	3	0.80	0.04	발명예
31	100	300	3	0.78	0.02	발명예
32	100	325	3	0.81	0.01	발명예
33	100	350	3	0.82	0.03	발명예
34	100	360	3	0.91	0.05	발명예
35	100	370	3	0.94	0.06	발명예
36	100	375	3	0.98	0.12	비교예
37	100	100	1	0.77	0.01	발명예
38	100	100	2	0.80	0.02	발명예
39	100	100	4	0.81	0.03	발명예
40	100	100	5	0.85	0.04	발명예
41	100	100	6	0.95	0.08	비교예
42	100	100	7	0.99	0.09	비교예
43	100	100	8	1.02	0.10	비교예
44	100	100	9	1.03	0.09	비교예
45	100	100	10	1.10	0.11	비교예
46	10	50	3	1.15	0.11	비교예
47	10	100	10	1.16	0.10	비교예
48	120	50	10	1.18	0.12	비교예
49	10	50	10	1.20	0.13	비교예

[0110]

[0111] 표 1 에 나타내는 바와 같이, 실시예 4 와 같이 인히비터 다량 첨가계의 강 슬래브를 사용하여, 냉연 공정에 중간 어닐링을 사이에 둔 경우에 있어서도, 최종의 냉간 압연에 소정의 열처리를 실시한 경우, 자기 특성이 양호하고, 또한 코일 길이 방향의 특성의 편차가 감소되어 있었다.

[0112] <실시예 5>

[0113] 질량% 로, C : 0.036 %, Si : 3.4 % 및 Mn : 0.06 % 를 함유하고, 질량 ppm 으로, N 을 50 ppm, sol.Al 을 72 ppm, S 및 Se 를 각각 31 ppm 함유하고, 그 밖의 성분으로서 Sb, Cu, P, Cr, Ni, Sn, Nb, Mo, B, Bi 를, 표 2 에 나타내는 조성으로 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물의 조성으로 이루어지는 강을 용제하여, 강 슬

래브로 하고, 1210 °C 로 가열 후, 열간 압연하여 판두께 2.0 mm 의 열연판으로 하였다.

- [0114] 상기 열연판에, 1000 °C×60 초의 열연판 어닐링을 실시하고, 이어서 800 °C 에서 300 °C 까지를 20 °C/s 로 냉각한 후, 코일로 권취하였다. 얻어진 열연판 어닐링판을 탠덤 압연기 (롤 직경 300 mm, 스탠드수 5) 를 사용하여, 1 회 탠덤 압연에 의해 0.20 mm 의 판두께의 냉연판으로 하였다. 그 때, 첫 번째 패스의 압연 스탠드의 직전에 설치한 강관 가열용 및 균열용의 유도 가열 설비로, 승온 속도 100 °C/s 로 100 °C 까지 가열하고, 100 °C 에 도달 후 3 초 동안에 첫 번째 패스 스탠드에 물리게 하였다.
- [0115] 상기 냉연판에, 균열 온도 840 °C, 균열 시간 100 초로 하는 탈탄 어닐링을 겸한 1 차 재결정 어닐링을 실시한 후, 강관 표면에 MgO 를 주성분으로 하는 어닐링 분리제를 도포하고, 이어서 마무리 어닐링을 실시하여 2 차 재결정시켰다.
- [0116] 상기 2 차 재결정 어닐링 후의 강관 표면에, 인산염-크롬산염-콜로이드 실리카를 중량비 3 : 1 : 2 로 함유하는 도포액을 도포하고, 800 °C×30 초의 평탄화 어닐링을 실시하여, 제품 코일로 하였다. 제품 코일에 대해, 실시예 1 과 동일하게 하여, 코일 길이 방향 3 점의 철손을 측정하고, 평균값과 표준 편차를 구했다. 표 2 에 결과를 나타낸다.

표 2

강종 No.	기타 첨가 성분 (질량%)											철손 W _{17/50} (W/kg)	표준 편차	
	Sb	Cu	P	Cr	Ni	Sn	Nb	Mo	B	Bi				
A1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.850	0.04
A2	0.01	0.05	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.780	0.03
A3	0.01	-	-	-	0.05	-	0.005	-	-	-	-	-	0.775	0.04
A4	-	0.05	0.05	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	0.770	0.03
A5	-	-	-	-	0.05	0.02	0.005	-	-	-	-	-	0.790	0.04
A6	-	-	-	-	-	-	-	0.02	0.002	0.01	-	-	0.780	0.04
A7	-	0.05	0.05	-	0.05	-	-	-	-	-	-	-	0.780	0.03
A8	-	-	-	-	-	0.02	0.005	-	-	0.01	-	-	0.790	0.03
A9	-	-	-	0.02	-	-	-	0.02	0.002	-	-	-	0.790	0.02
A10	-	0.05	-	-	-	0.02	-	-	-	0.01	-	-	0.780	0.03
A11	-	-	-	0.02	-	0.02	-	0.02	-	-	-	-	0.770	0.01
A12	-	-	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.790	0.04
A13	-	-	-	-	0.05	-	-	-	-	-	-	-	0.790	0.04
A14	-	-	-	-	-	-	-	-	0.002	-	-	-	0.780	0.04

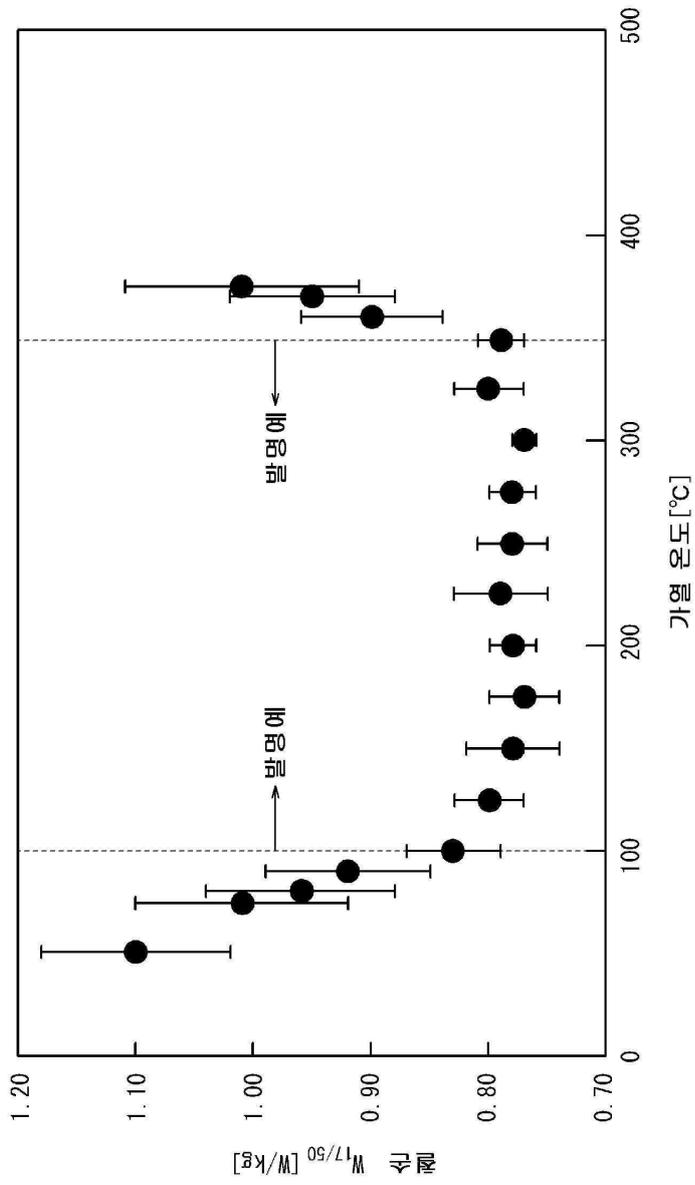
[0117]

[0118]

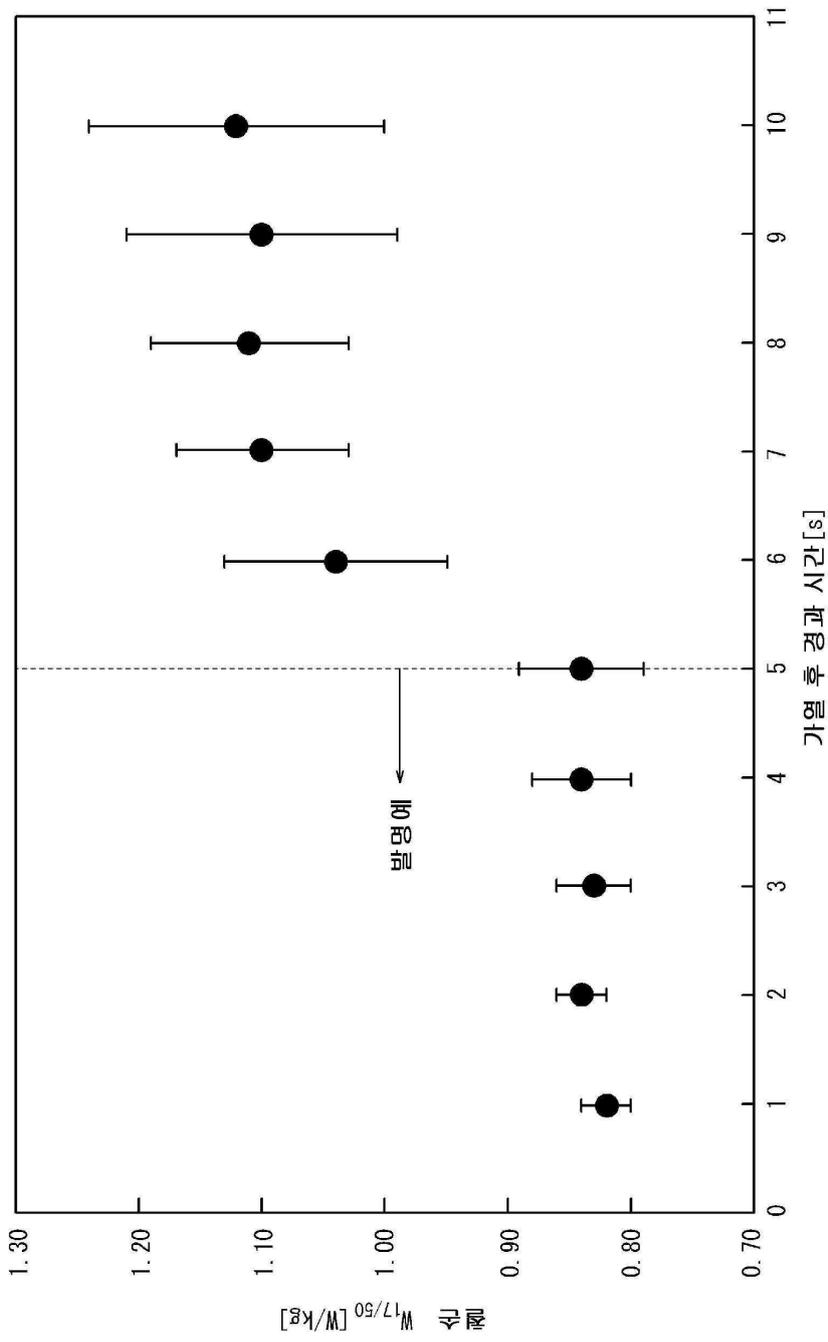
표 2 에 나타내는 바와 같이, Sb, Cu, P, Cr, Ni, Sn, Nb, Mo, B, Bi 중 어느 1 종 이상을 첨가한 강판은, 철 손이 0.80 W/kg 이하로서, 특히 철손이 저감되어 있고, 또한 코일 길이 방향의 특성의 편차도 작았다.

도면

도면1



도면2



도면3

