



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년09월05일
(11) 등록번호 10-1303472
(24) 등록일자 2013년08월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/00 (2006.01) C21D 8/12 (2006.01)
H01F 1/16 (2006.01) C22C 38/60 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-7006050
(22) 출원일자(국제) 2011년09월09일
심사청구일자 2013년03월08일
(85) 번역문제출일자 2013년03월08일
(65) 공개번호 10-2013-0037224
(43) 공개일자 2013년04월15일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2011/005103
(87) 국제공개번호 WO 2012/032792
국제공개일자 2012년03월15일
(30) 우선권주장
JP-P-2010-203425 2010년09월10일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2002241906 A
JP2009235471 A
JP평성10280040 A
JP평성09157748 A

(73) 특허권자
제이에프이 스틸 가부시카가이샤
일본 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2방 3고
(72) 발명자
오무라 다케시
일본 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2방 3고 제이에프이 스틸 가부시카가이샤 지테크자이 산부 나이
이노우에 히로타카
일본 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2방 3고 제이에프이 스틸 가부시카가이샤 지테크자이 산부 나이
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 2 항

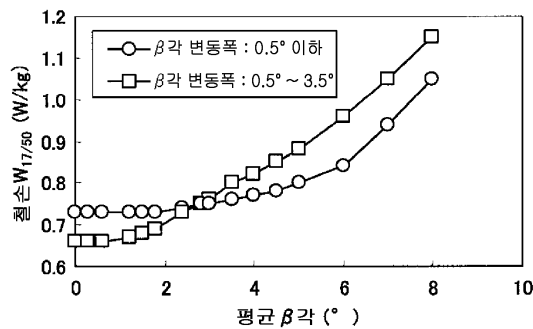
심사관 : 이성준

(54) 발명의 명칭 **방향성 전기 강판 및 그 제조 방법**

(57) 요약

본 발명에 따라, 강판 표면에, 자구 세분화용의 선상 홈을 갖는 방향성 전기 강판에 있어서, 그 선상 홈 바로 아래에, 고스 방위로부터 10° 이상의 방위차이고, 또한 입경이 5 μm 이상인 결정립이 존재하고 있는 선상 홈의 비율을 20 % 이하로 하고, 또한, 2 차 재결정립의 평균 β 각을 2.0° 이하, 또한 입경이 10 mm 이상인 2 차 재결정립 내의 β 각 변동폭 평균값을 1 ~ 4° 의 범위로 제어함으로써, 자구 세분화용의 선상 홈의 형성에 의해 철 손실을 저감시킨 방향성 전기 강판을 얻을 수 있다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

야마구치 히로이

일본 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2방
3고 제이에프이 스틸 가부시킴가이샤 지테크자이산
부 나이

오카베 세이지

일본 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2방
3고 제이에프이 스틸 가부시킴가이샤 지테크자이산
부 나이

하야카와 야스유키

일본 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2방
3고 제이에프이 스틸 가부시킴가이샤 지테크자이산
부 나이

특허청구의 범위

청구항 1

강판 표면에 포르스테라이트 피막 및 장력 코팅을 구비하고, 또한 그 강판 표면에 자구 세분화용의 선상 홈을 갖는 방향성 전기 강판으로서,

그 선상 홈 바로 아래에, 고스 방위로부터 10° 이상의 방위차이고, 또한 입경이 5 μm 이상인 결정립이 존재하고 있는 선상 홈의 비율이 20 % 이하이고,

2 차 재결정립의 평균 β 각이 2.0° 이하이고, 또한 입경이 10 μm 이상인 2 차 재결정립 내의 β 각 변동폭 평균값이 1 ~ 4° 의 범위인 방향성 전기 강판.

청구항 2

방향성 전기 강판용 슬래브를, 열간 압연하고, 열연판 어닐링을 실시한 후, 또는 열연판 어닐링을 실시하지 않고서, 1 회 또는 중간 어닐링을 사이에 두는 2 회 이상의 냉간 압연을 실시하여, 최종 판두께로 마무리하고, 이어서 탈탄 어닐링을 실시하고, 강판 표면에 MgO 를 함유하는 어닐링 분리제를 도포하고 나서, 최종 마무리 어닐링을 실시한 후, 장력 코팅을 실시하는 방향성 전기 강판의 제조 방법에 있어서,

- (1) 포르스테라이트 피막이 형성되는 상기 최종 마무리 어닐링 전에, 전해 에칭법에 의해, 강판의 폭 방향으로 선상 홈을 형성하고,
- (2) 상기 열연판 어닐링시의 냉각 과정에 있어서, 750 ~ 350 °C 의 온도역의 평균 냉각 속도를 40 °C/s 이상으로 하고,
- (3) 상기 탈탄 어닐링의 승온 과정에 있어서, 500 ~ 700 °C 의 온도역의 평균 승온 속도를 50 °C/s 이상으로 하고,
- (4) 상기 최종 마무리 어닐링을 코일상으로 실시하여, 그 코일의 직경을 500 ~ 1500 mm 의 범위로 하는 방향성 전기 강판의 제조 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은, 트랜스 등의 철심 재료에 사용하는 방향성 전기 강판 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 방향성 전기 강판은, 주로 트랜스의 철심으로서 이용되며, 그 자화 특성이 우수할 것, 특히 철손이 낮을 것이 요구되고 있다.

[0003] 그러기 위해서는, 강판 중의 2 차 재결정립을, (110) [001] 방위 (이른바, 고스 방위) 로 고도로 정렬하는 것이나, 제품 강판 중의 불순물을 저감시키는 것이 중요하다. 그러나, 결정 방위의 제어나 불순물을 저감시키는 것은, 제조 비용과의 균형 등의 면에서 한계가 있다. 그래서, 강판의 표면에 대해 물리적인 수법으로 불균일 변형을 도입하여, 자구의 폭을 세분화하여 철손을 저감시키는 기술, 즉 자구 세분화 기술이 개발되어 있다.

[0004] 예를 들어, 특허문헌 1 에는, 최종 제품판에 레이저를 조사하여, 강판 표층에 고전위 (高轉位) 밀도 영역을 도입하고, 자구 폭을 좁게 함으로써, 강판의 철손을 저감시키는 기술이 제안되어 있다.

[0005] 또, 특허문헌 2 에는, 마무리 어닐링이 끝난 강판에 대해, 882 ~ 2156 MPa (90 ~ 220 kgf/mm²) 의 하중으로 지철 부분에 깊이 : 5 μm 초과와 홈을 형성한 후, 750 °C 이상의 온도에서 가열 처리함으로써, 자구를 세분화하는 기술이 제안되어 있다.

[0006] 상기와 같은 자구 세분화 기술의 개발에 의해, 철손 특성이 양호한 방향성 전기 강판이 얻어지게 되었다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 일본 특허공보 소57-2252호
- (특허문헌 0002) 일본 특허공보 소62-53579호
- (특허문헌 0003) 일본 공개특허공보 평7-268474호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 그러나, 상기 서술한 홈 형성에 의해 자구 세분화 처리를 실시하는 기술 중에서도, 특히, 전해 에칭법에 의해 선상 홈 형성을 실시하여 자구 세분화 처리를 실시하는 기술에서는, 레이저 조사 등에 의한 고전위 밀도역을 도입하는 자구 세분화 기술에 비해, 반드시 충분한 철손 저감 효과가 얻어진다고는 할 수 없었다.
- [0009] 본 발명은, 상기의 현 상황을 감안하여 개발된 것으로, 전해 에칭법에 의해 자구 세분화용의 선상 홈을 형성한 경우의 철손 저감 효과를 향상시킨 방향성 전기 강판을, 그 유리한 제조 방법과 함께 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0010] 발명자들은, 상기한 문제를 해결하기 위하여 예의 검토를 거듭하였다. 그 결과, 전해 에칭법에 의한 선상 홈의 형성에 의해 자구 세분화 처리를 실시하는 경우에, 2 차 재결정립의 평균 β 각이 2.0° 이하이면, 처리 전의 자구 폭이 지나치게 커 효과적인 자구 세분화가 달성되지 않아, 충분한 철손 개선을 기대할 수 없다는 것이 판명되었다.
- [0011] 그래서, 발명자들은, 더욱 검토를 거듭하였다.
- [0012] 그 결과, 2 차 재결정립의 평균 β 각이 2.0° 이하라 하더라도,
- [0013] (a) 자구 세분화용의 선상 홈 바로 아래에 있어서의 미세립의 방위와 입경을 소정 범위로 규정하고, 그 규정한 미세립이 존재하고 있는 선상 홈의 비율 (홈 빈도라고도 한다) 을 소정 값으로 함과 함께,
- [0014] (b) 2 차 재결정립 내의 β 각의 변동폭 (1 개의 결정립 내의 β 각의 최대값에서 최소값을 뺀 것) 을 소정 범위로 제어함
- [0015] 으로서, 충분히 강판의 자구가 세분화되어, 안정적으로 철손 개선량이 큰 방향성 전기 강판이 얻어지는 것을 알아냈다.
- [0016] 본 발명은, 상기 지견 (知見) 에 입각하는 것이다.
- [0017] 즉, 본 발명의 요지 구성은 다음과 같다.
- [0018] 1. 강판 표면에 포르스테라이트 피막 및 장력 코팅을 구비하고, 또한 그 강판 표면에 자구 세분화용의 선상 홈을 갖는 방향성 전기 강판으로서,
- [0019] 그 선상 홈 바로 아래에, 고스 방위로부터 10° 이상의 방위차이고, 또한 입경이 $5 \mu\text{m}$ 이상인 결정립이 존재하고 있는 선상 홈의 비율이 20 % 이하이고,
- [0020] 2 차 재결정립의 평균 β 각이 2.0° 이하이고, 또한 입경이 10 mm 이상인 2 차 재결정립 내의 β 각 변동폭 평균값이 $1 \sim 4^\circ$ 의 범위인 방향성 전기 강판.
- [0021] 2. 방향성 전기 강판용 슬래브를, 열간 압연하고, 이어서 필요에 따라 열연판 어닐링을 실시한 후, 1 회 또는 중간 어닐링을 사이에 두는 2 회 이상의 냉간 압연을 실시하여, 최종 판두께로 마무리하고, 이어서 탈탄 어닐링을 실시하고, 강판 표면에 MgO 를 주성분으로 하는 어닐링 분리제를 도포하고 나서, 최종 마무리 어닐링을 실시한 후, 장력 코팅을 실시하는 방향성 전기 강판의 제조 방법에 있어서,
- [0022] (1) 포르스테라이트 피막이 형성되는 상기 최종 마무리 어닐링 전에, 전해 에칭법에 의해, 강판의 폭 방향으로 선상 홈을 형성하고,

- [0023] (2) 상기 열연관 어닐링시의 냉각 과정에 있어서, 적어도 750 ~ 350 ℃ 의 온도역의 평균 냉각 속도를 40 ℃/s 이상으로 하고,
- [0024] (3) 상기 탈탄 어닐링의 승온 과정에 있어서, 적어도 500 ~ 700 ℃ 의 온도역의 평균 승온 속도를 50 ℃/s 이상으로 하고,
- [0025] (4) 상기 최종 마무리 어닐링을 코일상으로 실시하여, 그 코일의 직경을 500 ~ 1500 mm 의 범위로 하는
- [0026] 방향성 전기 강관의 제조 방법.

발명의 효과

[0027] 본 발명에 의하면, 전해 에칭법에 의해 선상 홈을 형성하는 자구 세분화 처리를 실시하는 경우에, 종래에 비해 철손 저감 효과가 큰 방향성 전기 강관을 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1 은 결정립 내의 평균 β 각과 자구 폭의 관계를, 결정립 내 β 각의 변동폭을 파라미터로 하여 나타낸 그래프이다.

도 2 는 선상 홈 형성에 의한 자구 세분화 처리를 실시한 강관에 있어서의, 평균 β 각과 철손값 $W_{17/50}$ 의 관계를, 결정립 내 β 각의 변동폭을 파라미터로 하여 나타낸 그래프이다.

도 3 은 변형 도입에 의한 자구 세분화 처리를 실시한 강관에 있어서의, 평균 β 각과 철손값 $W_{17/50}$ 의 관계를, 결정립 내 β 각의 변동폭을 파라미터로 하여 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 이하, 본 발명에 대하여 구체적으로 설명한다.
- [0030] 본 발명에 있어서의 선상 홈 (이하, 간단히 홈이라고도 한다) 의 형성 수법은, 전해 에칭법을 사용한다. 왜냐하면, 그 밖에도 기계적 수법 (돌기 롤이나 스크리빙) 에 의한 홈 형성법이 있지만, 이 수법에서는, 강관 표면의 요철이 증대되기 때문에, 예를 들어, 트랜스를 제작했을 때에, 강관의 점적물의 저하를 초래하는 불리함이 있다.
- [0031] 또, 홈 형성에 기계적 수법을 사용한 경우, 그 후에, 강관의 변형을 개방하는 어닐링을 실시할 필요가 있는데, 그 어닐링에 의해, 홈 바로 아래에 방위가 나쁜 미세립이 많이 형성되어 버려, 홈 바로 아래에 소정 미세립이 존재하는 홈의 비율을 제어하는 것이 곤란해지기 때문이다.
- [0032] 홈 빈도 : 20 % 이하
- [0033] 본 발명에서는, 홈 바로 아래의 미세립 중에서, 고스 방위로부터 10° 이상의 방위차이고, 또한 입경이 5 μm 이상인 결정립을 대상으로 하고, 이 결정립이 홈 바로 아래에 존재하는 선상 홈의 비율 (이하, 홈 빈도라고도 한다) 이 중요하다. 본 발명에서는, 이 홈 빈도를 20 % 이하로 한다.
- [0034] 왜냐하면, 본 발명에서 강관의 철손 특성을 개선하기 위해서는, 홈 형성부 바로 아래에 고스 방위로부터의 어긋남이 큰 미세립을 가능한 한 존재시키지 않는 것이 중요하기 때문이다.
- [0035] 이에, 특허문헌 2 나 특허문헌 3 에서는 홈 바로 아래에 미세립이 존재하는 경우, 강관의 철손이 보다 개선된다고 서술되어 있다. 그러나, 발명자들의 검토에 의하면, 방위가 나쁜 미세립의 존재는, 오히려 철손 열화의 요인이 되기 때문에, 가능한 한 그 존재를 저감시킬 필요가 있다는 것이 판명되었다.
- [0036] 또, 추가로 홈 바로 아래에 미세립이 존재하는 강관을 상세하게 조사한 결과, 상기 서술한 바와 같이, 홈 빈도가 20 % 이하인 강관에 있어서의 철손 특성이 양호하였다. 따라서, 본 발명의 홈 빈도는, 전술한 바와 같이 20 % 이하로 한다.
- [0037] 본 발명에 있어서, 상기한 범위 이외의 미세립, 즉, 5 μm 이하의 초미세립이나, 5 μm 이상이라도 고스 방위로부터의 어긋남이 10° 미만인 결정 방위가 양호한 미세립은, 철손 특성에 호영향도 악영향도 미치지 않기 때문에, 존재하고 있어도 문제는 없다. 또한, 입경의 상한은, 300 μm 정도이다. 입경이 이 사이즈 이상이 되면, 소재 철손도 열화되기 때문에, 미세립을 갖는 홈 빈도를 어느 정도 저감시켜도 실기 (實機) 의 철손을 개선하는

효과가 부족해지기 때문이다.

- [0038] 또한, 본 발명에 있어서의 미세립의 결정 입경, 결정 방위차 및 홈 빈도를 구하는 방법은, 다음과 같다.
- [0039] 미세립의 결정 입경은, 홈부에 직교하는 방향에서의 단면 관찰을 100 개 지점 실시하여, 미세립이 존재한 경우에는 원 상당 직경으로 결정 입경을 구한다. 또, 결정 방위차는, EBSP (Electron BackScattering Pattern) 를 사용하여 홈 바닥부의 결정의 결정 방위를 측정하여, 고스 방위로부터의 어긋남각으로서 구한다.
- [0040] 또한, 본 발명에 있어서의 홈 빈도란, 상기의 100 개 지점의 측정 지점 중, 본 발명에서 규정하는 결정립이 존재한 홈을 100 으로 나눈 비율을 의미한다.
- [0041] 다음으로, 2 차 재결정립의 평균 β 각 (이하, 간단히 평균 β 각이라고 한다) 및 2 차 재결정립 내에 있어서의 입자 내 β 각의 변동폭 (이하, 간단히 β 각 변동폭이라고 한다) 이 여러 가지로 상이한 방향성 전기 강판의 자구 폭 및 철손에 대하여 조사하였다 (평균 β 각이 0.5° 이하와 평균 β 각이 $2.5 \sim 3.5^\circ$ 의 범위인 샘플을 평가하였다. 또, 평가한 샘플은, 모두 평균 α 각이 $2.8 \sim 3.2^\circ$ 의 범위 내로, α 각은 거의 동일 레벨이었다).
- [0042] 자구 세분화 처리 전의 평균 β 각과 자구 폭의 관계를 도 1 에 나타낸다.
- [0043] 동 도면에 나타낸 바와 같이, β 각 변동폭이 적은 경우에는, 평균 β 각이 2° 이하가 되면, 자구 폭이 크게 증가하고 있다. 한편, β 각 변동폭이 큰 경우에는, 평균 β 각이 2° 이하에 있어서의 자구 폭의 증대가 거의 관찰되지 않았다. 이것은, β 각 변동폭이 큰 경우, 2 차 재결정립 내의 일부에 존재하고 있는 β 각이 큰 부분 즉 자구 폭이 작은 부분이, β 각이 작은 부분 즉 자구 폭이 큰 부분에 대해 자기적인 영향을 미쳐, 자구 폭의 증대가 거의 관찰되지 않는 결과가 된 것으로 생각된다.
- [0044] 다음으로, 홈 형성 및 변형 도입에 의한 자구 세분화 처리 후의 철손과 평균 β 각의 관계에 대하여 조사한 결과를 도 2, 3 에 나타낸다.
- [0045] 도 3 에 나타낸 바와 같이, 변형을 강판에 도입한 경우에는, 평균 β 각이 작으면, β 각 변동폭에 따라서는 큰 철손차가 관찰되지 않았지만, 평균 β 각이 크고, 또한 β 각 변동폭도 크면, 강판의 철손은 커지는 경향이 있었다.
- [0046] 한편, 홈을 강판에 형성한 경우에는, 도 2 에 나타낸 바와 같이, 평균 β 각이 작아도, β 각 변동폭이 크면, 양호한 철손을 나타내는 경향이 있는 것이 판명되었다.
- [0047] 이들 이유는, 홈 형성에 의한 자구 세분화 처리에서의 철손 저감 효과가 원래 낮기 때문에, 자구 폭이 넓으면, 충분히 자구가 세분화되지 않아, 철손 저감 효과가 불충분해지기 때문인 것으로 생각된다. 그러나, 본 발명에서는, 동시에 2 차 재결정립 내의 β 각을 변동시킴으로써, 자구 세분화 처리 전의 자구 폭이 세분화되어, 강판의 철손이 저감된 것으로 생각된다.
- [0048] 그 후, 더욱 양호한 철손 저감 효과가 얻어지는 조건을 조사한 결과, 평균 β 각이 2.0° 이하인 경우에는, β 각 변동폭의 평균을 $1 \sim 4^\circ$ 의 범위로 하는 것이 중요하다는 것이 구명되었다.
- [0049] 여기에, 본 발명에 있어서의 2 차 재결정립의 결정 방위는, X 선 라우에법을 사용하여 1 mm 피치로 측정하여, 1 개의 입자 내의 전체 측정점으로부터 입자 내의 변동폭 (β 각 변동폭이 동일) 및 그 결정립의 평균 결정 방위 (α 각, β 각) 를 구한다. 또, 본 발명에서는, 강판의 입자의 위치의 결정립을 50 개분 측정하여, 그 평균값을 구함으로써, 그 강판의 결정 방위로 한다.
- [0050] 또한, α 각이란 2 차 재결정립 방위의 압연면 법선 방향 (ND) 축에 있어서의 (110) [001] 이상 (理想) 방위로부터의 어긋남각이고, β 각이란 2 차 재결정립 방위의 압연 직각 방향 (TD) 축에 있어서의 (110) [001] 이상 방위로부터의 어긋남각이다.
- [0051] 단, β 각 변동폭을 측정하는 2 차 재결정립으로는, 입경 : 10 mm 이상의 것을 선택하는 것으로 한다. 구체적으로는, 상기 X 선 라우에법에 의한 결정 방위 측정에 있어서, α 각이 일정해지는 범위를 1 개의 결정립으로 판단하여 그 길이 (입경) 를 구하고, 길이가 10 mm 이상인 것에 대해 β 각 변동폭을 구하여, 그 평균값을 구하는 것으로 한다.
- [0052] 본 발명에 있어서의 자구 폭에 대해서는, 비터법에 의해 자구 세분화 처리면의 자구 관찰을 하여 구한다. 자구 폭에 대해서도 결정 방위와 마찬가지로, 결정립 50 개분의 자구 폭을 실측하여, 그 평균을 강판 전체의 자

구 폭으로 한다.

- [0053] 다음으로, 본 발명에 따르는 방향성 전기 강판의 제조 조건에 대하여 구체적으로 설명한다.
- [0054] 먼저, 본 발명의 중요 포인트인 β 각을 변동시키는 방법에 대하여 서술한다.
- [0055] β 각의 변동은, 최종 마무리 어닐링시에 있어서의 2 차 재결정립 1 개당 곡률이나 2 차 재결정 입경을 조정함으로써 제어할 수 있다. 여기에, 2 차 재결정립 1 개당 곡률에 영향을 주는 인자로는, 최종 마무리 어닐링시의 코일 직경을 들 수 있다.
- [0056] 즉, 코일 직경이 크면 곡률은 작아지고 β 각 변동은 작아진다. 한편, 2 차 재결정 입경에 대해서는, 입경이 작으면 β 각 변동도 작아진다. 또한, 본 발명에서는, 코일 직경이라고 하는 경우에는, 코일 직경을 의미한다.
- [0057] 단, 방향성 전기 강판의 제조시에, 강판의 코일 직경을 어느 정도 변경하는 것은 가능하지만, 코일 직경이 지나치게 커지면 코일 변형의 문제가 발생하고, 지나치게 작아지면 평탄화 어닐링에서의 형상 교정이 곤란해지는 등, 코일 직경의 변경만으로 β 각 변동폭의 제어를 실시하는 것은 제약이 많아 곤란하다. 그 때문에, 본 발명에서는, 코일 직경의 변경뿐만 아니라, 상기 서술한 2 차 재결정 입경의 제어를 조합한다. 또한, 2 차 재결정 입경의 제어는, 탈탄 어닐링시에 있어서, 적어도 500 ~ 700 °C 의 온도역의 승온 속도를 조정함으로써 제어하는 것이 가능하다.
- [0058] 따라서, 본 발명에서는, 상기 코일 직경과 2 차 재결정 입경의 2 개의 파라미터에 대하여,
- [0059] (1) 최종 마무리 어닐링시의 코일 직경을 500 ~ 1500 mm 의 범위로 하고,
- [0060] (2) 탈탄 어닐링의 승온 과정에 있어서, 적어도 500 ~ 700 °C 의 온도역의 평균 승온 속도를 50 °C/s 이상으로 함으로써,
- [0061] 2 차 재결정립 내의 β 각 변동폭의 평균을 1 ~ 4° 의 범위로 제어한다.
- [0062] 또한, 상기 평균 승온 속도의 상한은 특별히 제한되지 않지만, 설비상의 관점에서, 700 °C/s 정도가 바람직하다.
- [0063] 또한, 코일 직경을 1500 mm 이하로 한 것은, 코일 직경이 1500 mm 를 초과하면, 상기한 바와 같이, 코일 변형의 문제가 발생할 뿐만 아니라, 강판의 곡률이 지나치게 커지기 때문에, 입경 : 10 mm 이상의 2 차 입경에 대한 β 각 변동폭의 평균값이, 1° 미만이 되어 버릴 우려가 있기 때문이다. 한편, 코일 직경을 500 mm 이상으로 한 것은, 코일 직경이 500 mm 에 못 미치면, 상기한 바와 같이, 평탄화 어닐링에서의 형상 교정이 곤란해지기 때문이다.
- [0064] 본 발명에 따르는 전기 강판은, 평균 β 각을 2.0° 이하로 할 필요가 있지만, 평균 β 각의 제어에는, 열연판 어닐링시의 냉각 속도 및 탈탄 어닐링시의 승온 속도의 제어에 의한 1 차 재결정 집합 조직의 개선이 매우 유효하다.
- [0065] 즉, 열연판 어닐링시의 냉각 속도를 빠르게 하면, 냉각시에 석출되는 탄화물이 미세하게 석출되어, 압연 후에 형성하는 1 차 재결정 집합 조직을 변화시킬 수 있다.
- [0066] 또, 탈탄 어닐링시의 승온 속도는, 1 차 재결정 집합 조직을 변화시킬 수 있기 때문에, 2 차 재결정 입경뿐만 아니라 2 차 재결정립의 방위 선택성도 제어할 수 있다. 즉, 승온 속도를 빠르게 함으로써 평균 β 각을 제어할 수 있는 것이다.
- [0067] 구체적으로는,
- [0068] (1) 열연판 어닐링시의 냉각 속도를, 적어도 750 ~ 350 °C 의 온도역의 평균으로, 40 °C/s 이상으로 하고,
- [0069] (2) 탈탄 어닐링시의 승온 속도를, 적어도 500 ~ 700 °C 의 온도역의 평균으로, 50 °C/s 이상으로 하는 것
- [0070] 의 2 가지 조건을 만족시킴으로써, 평균 β 각을 제어할 수 있다.
- [0071] 또한, 상기 냉각 속도의 상한은 특별히 제한되지 않지만, 설비상의 관점에서, 100 °C/s 정도가 바람직하다. 또, 상기 승온 속도의 상한은 전술한 바와 같이, 700 °C/s 정도가 바람직하다.
- [0072] 본 발명에 있어서, 방향성 전기 강판용 슬래브의 성분 조성은, 자구 세분화 효과가 큰 2 차 재결정이 생기는 성

분 조성이면 된다.

- [0073] 또, 인히비터를 이용하는 경우, 예를 들어 AlN 계 인히비터를 이용하는 경우라면 Al 및 N 을, 또 MnS·MnSe 계 인히비터를 이용하는 경우라면 Mn 과 Se 및/또는 S 를 적량 함유시키면 된다. 물론, 양 인히비터를 병용해도 된다. 이 경우에 있어서의 Al, N, S 및 Se 의 바람직한 함유량은 각각 Al : 0.01 ~ 0.065 질량%, N : 0.005 ~ 0.012 질량%, S : 0.005 ~ 0.03 질량%, Se : 0.005 ~ 0.03 질량% 이다.
- [0074] 또한, 본 발명은, Al, N, S, Se 의 함유량을 제한한, 인히비터를 사용하지 않는 방향성 전기 강판에도 적용할 수 있다.
- [0075] 이 경우에는, Al, N, S 및 Se 량은, 각각 Al : 100 질량ppm 이하, N : 50 질량ppm 이하, S : 50 질량ppm 이하, Se : 50 질량ppm 이하로 억제하는 것이 바람직하다.
- [0076] 본 발명의 방향성 전기 강판용 슬래브의 기본 성분 및 임의 첨가 성분에 대하여 구체적으로 서술하면, 다음과 같다.
- [0077] C : 0.08 질량% 이하
- [0078] C 는, 열연관 조직의 개선을 위해 첨가를 하는데, 0.08 질량% 를 초과하면 제조 공정 중에 자기 시효가 일어나지 않는 50 질량ppm 이하까지 C 를 저감시키는 것이 곤란해지기 때문에, 0.08 질량% 이하로 하는 것이 바람직하다. 또한, 하한에 관해서는, C 를 함유하지 않는 소재로도 2 차 재결정이 가능하기 때문에 특별히 형성할 필요는 없다.
- [0079] Si : 2.0 ~ 8.0 질량%
- [0080] Si 는, 강의 전기 저항을 높여, 철손을 개선시키는 데에 유효한 원소이지만, 함유량이 2.0 질량% 에 못 미치면 충분한 철손 저감 효과를 달성할 수 없고, 한편, 8.0 질량% 를 초과하면 가공성이 현저하게 저하되며, 또한 자속 밀도도 저하되기 때문에, Si 량은 2.0 ~ 8.0 질량% 의 범위로 하는 것이 바람직하다.
- [0081] Mn : 0.005 ~ 1.0 질량%
- [0082] Mn 은, 열간 가공성을 양호하게 하는 데에 있어서 필요한 원소이지만, 함유량이 0.005 질량% 미만에서는 그 첨가 효과가 부족하고, 한편, 1.0 질량% 를 초과하면 제품판의 자속 밀도가 저하되기 때문에, Mn 량은 0.005 ~ 1.0 질량% 의 범위로 하는 것이 바람직하다.
- [0083] 상기의 기본 성분 이외에, 자기 특성 개선 성분으로서 공지된, 다음에 서술하는 원소를 적절히 함유시킬 수 있다.
- [0084] Ni : 0.03 ~ 1.50 질량%, Sn : 0.01 ~ 1.50 질량%, Sb : 0.005 ~ 1.50 질량%, Cu : 0.03 ~ 3.0 질량%, P : 0.03 ~ 0.50 질량%, Mo : 0.005 ~ 0.10 질량% 및 Cr : 0.03 ~ 1.50 질량% 중에서 선택한 적어도 1 종
- [0085] Ni 는, 열연관 조직을 개선하여 자기 특성을 향상시키기 위해 유용한 원소이다. 그러나, 함유량이 0.03 질량% 미만에서는 자기 특성의 향상 효과가 작고, 한편, 1.50 질량% 를 초과하면 2 차 재결정이 불안정해져 자기 특성이 열화된다. 그 때문에, Ni 량은 0.03 ~ 1.50 질량% 의 범위로 하는 것이 바람직하다.
- [0086] 또, Sn, Sb, Cu, P, Mo 및 Cr 은 각각 자기 특성의 향상에 유용한 원소이지만, 모두 상기한 각 성분의 하한에 못 미치면, 자기 특성의 향상 효과가 작고, 한편, 상기한 각 성분의 상한량을 초과하면, 2 차 재결정립의 발달이 저해되기 때문에, 각각 상기의 범위에서 함유시키는 것이 바람직하다.
- [0087] 또한, 상기 성분 이외의 잔부는, 제조 공정에서 혼입되는 불가피 불순물 및 Fe 이다.
- [0088] 이어서, 상기한 성분 조성을 갖는 슬래브는, 통상적인 방법에 따라 가열하여 열간 압연에 제공하는데, 주조 후, 가열하지 않고 즉시 열간 압연해도 된다. 박(薄)주물편의 경우에는 열간 압연해도 되고, 열간 압연을 생략하여 그대로 이후의 공정으로 진행되어도 된다.
- [0089] 또한, 필요에 따라 열연관 어닐링을 실시한다. 이 때, 고스 조직을 제품판에서 고도로 발달시키기 위해서는, 열연관 어닐링 온도로서 800 ~ 1100 °C 의 범위가 바람직하다. 열연관 어닐링 온도가 800 °C 미만이면, 열간 압연에서의 밴드 조직이 잔류하여, 정립(整粒)된 1 차 재결정 조직을 실현하는 것이 곤란해져, 2 차 재결정의 발달이 저해된다. 한편, 열연관 어닐링 온도가 1100 °C 를 초과하면, 열연관 어닐링 후의 임경이 지나치게 조대화되기 때문에, 정립된 1 차 재결정 조직의 실현이 매우 곤란해진다.

- [0090] 또, 이 열연판 어닐링시의 냉각 속도를, 적어도 750 ~ 350 °C 의 온도역의 평균으로, 40 °C/s 이상으로 할 필요가 있는 것은, 전술한 바와 같다.
- [0091] 열연판 어닐링 후에는, 1 회 또는 중간 어닐링을 사이에 두는 2 회 이상의 냉간 압연을 실시하여, 최종 판두께로 마무리하고, 이어서 탈탄 어닐링 (재결정 어닐링을 겸용한다) 을 실시한 후, 어닐링 분리제를 도포한다. 어닐링 분리제를 도포한 후에, 코일에 감아 2 차 재결정 및 포르스테라이트 피막의 형성을 목적으로 하여 최종 마무리 어닐링을 실시한다. 또한, 어닐링 분리제는, 포르스테라이트를 형성하기 위해 MgO 를 주성분으로 하는 것이 바람직하다. 여기서, MgO 가 주성분이라는 것은, 본 발명의 목적으로 하는 포르스테라이트 피막의 형성을 저해하지 않는 범위에서, MgO 이외의 공지된 어닐링 분리제 성분이나 특성 개선 성분을 함유해도 되는 것을 의미한다.
- [0092] 이 경우에, 이 탈탄 어닐링시의 승온 속도를, 적어도 500 ~ 700 °C 의 온도역의 평균으로, 50 °C/s 이상으로 하고, 코일 직경을 500 ~ 1500 mm 의 범위로 할 필요가 있는 것은, 전술한 바와 같다.
- [0093] 최종 마무리 어닐링 후에는, 평탄화 어닐링을 실시하여 형상을 교정하는 것이 유효하다. 또한, 본 발명에서는, 평탄화 어닐링 전 또는 후에, 강판 표면에 절연 코팅을 실시한다. 여기에서, 이 절연 코팅은, 본 발명에서는, 철손 저감을 위해, 강판에 장력을 부여할 수 있는 코팅 (이하, 장력 코팅이라고 한다) 을 의미한다. 또한, 장력 코팅으로는, 실리카를 함유하는 무기계 코팅이나 물리 증착법, 화학 증착법 등에 의한 세라믹 코팅 등을 들 수 있다.
- [0094] 본 발명에서는, 상기 서술한 최종의 냉간 압연 후로서 최종 마무리 어닐링 전 중 어느 공정에서, 방향성 전기 강판의 강판 표면에, 인쇄 등에 의해 에칭 레지스트를 부착시킨 후, 비부착역에 전해 에칭법에 의해 선상 홈을 형성한다. 그 때, 홈 바닥부에 존재하는 특정 미세립, 즉 결정립의 빈도를 제어하는 것, 및 2 차 재결정립의 평균 β 각과 입자 내 β 각 변동폭을 전술한 바와 같이 제어함으로써, 홈 형성에 의한 자구 세분화에 의한 철손의 향상이 보다 큰 것이 되어, 충분한 자구 세분화 효과가 얻어진다.
- [0095] 본 발명에서 강판 표면에 형성하는 홈은, 폭 : 50 ~ 300 μm , 깊이 : 10 ~ 50 μm 및 간격 : 1.5 ~ 10.0 mm 정도로 하고, 홈의 압연 방향과 직각 방향에 대한 어긋남은 $\pm 30^\circ$ 이내로 하는 것이 바람직하다. 또한, 본 발명에 있어서, 「선상」이란, 실선뿐만 아니라 점선이나 파선 등도 포함하는 것으로 한다.
- [0096] 본 발명에 있어서, 상기 서술한 공정이나 제조 조건 이외에 대해서는, 종래 공지된 홈을 형성하여 자구 세분화 처리를 실시하는 방향성 전기 강판의 제조 방법을 적절히 사용할 수 있다.
- [0097] 실시예 1
- [0098] 표 1 에 나타내는 성분을 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피 불순물의 조성으로 이루어지는 강 슬래브를 연속 주조로 제조하고, 1450 °C 로 가열 후, 열간 압연에 의해 판두께 : 1.8 mm 의 열연판으로 한 후, 1100 °C 에서 180 초의 열연판 어닐링을 실시하였다. 이어서, 냉간 압연에 의해, 최종 판두께 : 0.23 mm 의 냉연판으로 마무리하였다. 이 때, 열연판 어닐링의 냉각 과정에 있어서의 350 ~ 750 °C 의 온도역에서의 냉각 속도를 20 ~ 60 °C/s 의 범위에서 변화시켰다.

표 1

강 기호	성분 조성 (질량%, 단, C, O, N, Al, Se, S 는 질량ppm)								
	C	Si	Mn	Ni	O	N	Al	Se	S
A	500	2.95	0.05	0.1	18	80	250	tr	15

- [0099]
- [0100] 그 후, 그라비아 오프셋 인쇄에 의한 에칭 레지스트를 도포하고, 이어서 전해 에칭 및 알칼리액 중에서의 레지스트 박리를 실시함으로써, 폭 : 200 μm , 깊이 : 25 μm 의 선상 홈을, 압연 방향과 직교하는 방향에 대해 7.5° 의 경사 각도로 4.5 mm 간격으로 형성하였다.
- [0101] 이어서, 산화도 $P(\text{H}_2\text{O})/P(\text{H}_2)=0.55$, 균열 온도 840 °C 에서 60 초 유지하는 탈탄 어닐링을 실시한 후, MgO 를 주성분으로 하는 어닐링 분리제를 도포하였다. 그 후, 2 차 재결정, 포르스테라이트 피막 형성 및 순화를 목적으로 한 최종 마무리 어닐링을 $\text{N}_2 : \text{H}_2=70 : 30$ 의 혼합 분위기 중에서 1250 °C, 100 h 의 조건으로 실시하였다.

[0102] 상기의 탈탄 어닐링시의 승온 속도를 20 ~ 100 °C/s 의 범위에서 변경하고, 최종 마무리 어닐링시의 코일의 내경을 300 mm, 외경을 1800 mm 로 하였다. 그 후, 850 °C, 60 초의 조건에서 형상을 다듬는 평탄화 어닐링을 실시하고, 50 % 의 콜로이달 실리카와 인산마그네슘으로 이루어지는 장력 코팅을 부여하여 제품으로 하고, 자기 특성을 평가하였다. 또, 비교로서, 흠 형성을 최종 마무리 어닐링 종료 후에 돌기 롤을 사용한 방법으로 실시하였다. 흠 형성 조건은 동일하다. 그 후, 코일의 복수의 장소로부터 샘플을 채취하여, 자기 특성을 평가하였다. 또한, 강관의 길이 방향으로, 결정 방위를 RD 방향으로 1 mm 간격으로 X 선 라우에법을 사용하여 측정하고, α 각이 일정해지는 조건에서 입경을 판단하여, β 각의 입자 내 변화를 측정하였다. 또, β 각 변동폭을 측정하는 2 차 재결정립으로는, 입경 : 10 μm 이상의 것을 선택하는 것으로 하였다.

[0103] 상기한 철손 등의 측정 결과를 표 2 에 병기한다.

표 2

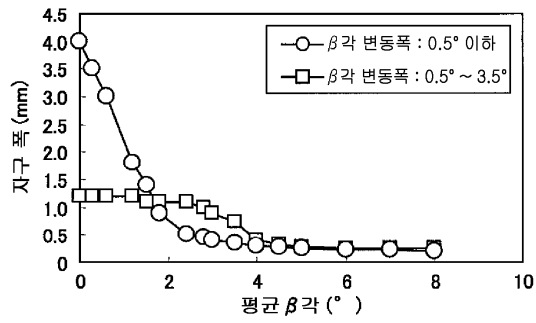
No.	채취한 장소의 코일 직경 (mm)	흠 형성 방법	열연판 어닐링시의 냉각 속도 (°C/s)	탈탄 어닐링의 승온 속도 (°C/s)	평균 β 각 (°)	β 각 변동폭 평균값 (°)	흠 빈도 (%)	철손 W _{17/50} (W/kg)	비교
1	400	전해 에칭	50	60	1.8	4.5	5	0.80	비교예
2	1000		50	60	1.2	2.2	15	0.68	비교예
3	1200		50	25	2.8	4.2	0	0.82	비교예
4	1200		25	75	2.5	2	0	0.73	비교예
5	1400	투기 롤	60	60	1.5	2.8	5	0.68	비교예
6	2000		60	60	0.9	0.7	10	0.73	비교예
7	600		70	60	1.5	2.8	50	0.73	비교예
8	1200		70	60	0.9	1.8	50	0.73	비교예
9	400	전해 에칭	50	60	1.4	4.6	10	0.80	비교예
10	800		50	60	1.2	2.7	0	0.68	비교예
11	800		25	60	2.4	1.5	0	0.72	비교예
12	800		50	30	2.4	4.2	5	0.80	비교예
13	1700		50	60	1.2	0.5	5	0.72	비교예

[0104]

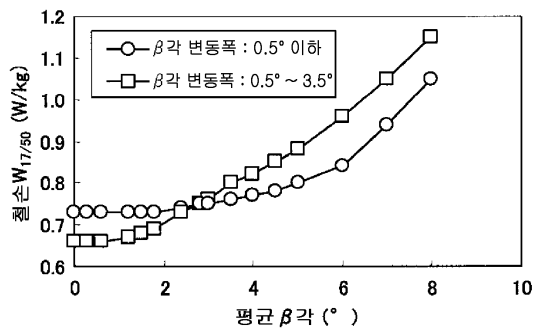
[0105] 동일 표에 나타난 바와 같이, 전해 에칭법에 의한 흠 형성에 의해 자구 세분화 처리를 실시한 경우에 있어서, 본 발명의 적정 범위를 만족시키는 흠 빈도, 평균 β 각 및 β 각 변동폭 평균값을 갖고 있는 방향성 전기 강관은, 매우 양호한 철손 특성을 얻을 수 있었다. 그러나, 흠 빈도, 평균 β 각 및 β 각 변동폭 평균값 중, 어느 하나라도 본 발명의 적정 범위를 이탈한 방향성 전기 강관은, 그 철손 특성이 열등하였다.

도면

도면1



도면2



도면3

