

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국



(10) 국제공개번호

(43) 국제공개일
2018년 6월 28일 (28.06.2018) WIPO | PCT

WO 2018/117674 A1

- (51) 국제특허분류: C22C 38/02 (2006.01) C21D 8/12 (2006.01)
 - C22C 38/00 (2006.01) C21D 1/74 (2006.01)
 - C22C 38/06 (2006.01) C21D 9/46 (2006.01)
 - C22C 38/60 (2006.01) C22C 38/04 (2006.01)

럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(21) 국제출원번호: PCT/KR2017/015206

공개:

(22) 국제출원일: 2017년 12월 21일 (21.12.2017)

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보: 10-2016-0177078 2016년 12월 22일 (22.12.2016) KR

(71) 출원인: 주식회사 포스코 (POSCO) [KR/KR]; 37859 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동), Gyeongsangbuk-do (KR).

(72) 발명자: 박창수 (PARK, Chang Soo); 37859 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261(괴동동) 포스코, Gyeongsangbuk-do (KR). 한규석 (HAN, Kyu-Seok); 37859 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동) 포스코, Gyeongsangbuk-do (KR). 주형돈 (JOO, Hyung Don); 37859 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261(괴동동) 포스코, Gyeongsangbuk-do (KR). 김재겸 (KIM, Jae Ky-oum); 37859 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동) 포스코, Gyeongsangbuk-do (KR). 김우신 (KIM, Woo-Sin); 37859 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동) 포스코, Gyeongsangbuk-do (KR).

(74) 대리인: 유미특허법인 (YOU ME PATENT AND LAW FIRM); 06134 서울시 강남구 테헤란로 115, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유



WO 2018/117674 A1

(54) Title: GRAIN-ORIENTED ELECTRICAL STEEL SHEET AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(54) 발명의 명칭: 방향성 전기강판 및 이의 제조방법

(57) Abstract: A grain-oriented electrical steel sheet according to an embodiment of the present invention comprises, in terms of weight%, 1.0-7.0% of Si, 0.005-0.5% of Y, and the remainder Fe and other unavoidable impurities, wherein the oriented electrical steel sheet comprises, per unit of 1 mm², ten or fewer inclusions comprising Y and having a diameter of 30nm to 5µm.

(57) 요약서: 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판은 중량% 로, Si: 1.0 내지 7.0% 및 Y:0.005 내지 0.5% 를 포함하고, 잔부는 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, Y 를 포함하고 직경이 30nm 내지 5µm 인 개재 물을, lmm² 면적당 10개 이하로 포함한다.

【명세서】

【발명의 명칭】

방향성 전기강판 및 이의 제조방법

【기술분야】

5 방향성 전기강판 및 이의 제조방법에 관한 것이다. 더욱 구체적으로 Y를 포함하는 개재물을 적정 분포로 석출시킨 방향성 전기강판 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

 방향성 전기강판은 강판의 결정방위가 {110}<001>인 일명 고스(Goss) 방위를 갖는 결정립들로 이루어진 압연방향으로의 자기적 특성이 뛰어난 연자성 재료이다.

 일반적으로 자기특성은 자속밀도와 철손으로 표현될 수 있으며, 높은 자속밀도는 결정립의 방위를 {110}<001>방위에 정확하게 배열함으로써 얻어질 수 있다. 자속밀도가 높은 전기강판은 전기기기의 철심재료의 크기를 작게 할 수 있을 뿐만 아니라 이력손실이 낮아져서 전기기기의 소형화와 동시에 고효율화를 높일 수 있다. 철손은 강판에 임의의 교류자장을 가하였을 때 열에너지로서 소비되는 전력손실로서, 강판의 자속밀도와 판두께, 강판중의 불순물량, 비저항 그리고 2차재결정립 크기 등에 의해서 크게 변화하며, 자속밀도와 비저항이 높을수록 그리고 판두께와 강판 중의 불순물량이 낮을수록 철손이 낮아져 전기기기의 효율이 증가하게 된다.

 현재 전세계적으로 CO₂발생을 저감하여 지구온난화에 대처하기 위하여 에너지 절약과 함께 고효율 제품화를 지향하는 추세이며, 전기에너지를 적게 사용하는 고효율화된 전기기기의 확대 보급에 대한 수요가 증가됨에 따라 보다 우수한 저철손 특성을 갖는 방향성 전기강판의 개발에 대한 사회적 요구가 증대되고 있다.

 일반적으로 자기특성이 우수한 방향성 전기강판은 강판의 압연방향으로 {110}<001>방위의 고스조직(Goss texture)이 강하게 발달하여야 하며, 이와 같은 집합조직을 형성시키기 위해서는 고스 방위의 결정립들이 2차 재결정이라는 비정상인 결정립 성장을 형성시켜야 한다.

이러한 비정상적인 결정성장은 통상적인 결정립 성장과 다르게 정상적인 결정립 성장이 석출물, 개재물이나 혹은 고용되거나 입계에 편석되는 원소들에 의하여 정상적으로 성장하는 결정립계의 이동이 억제되었을 때 발생하게 된다. 이와 같이 결정립성장을 억제하는 석출물이나 개재물 등을 특별하게 결정립성장 억제제(inhibitor)라고 부르며, {110}<001>방위의 2차재결정에 의한 방향성 전기강판 제조기술에 대한 연구는 강력한 결정립성장 억제제를 사용하여 {110}<001>방위에 대한 집적도가 높은 2차재결정을 형성하여 우수한 자기특성을 확보하는데 주력하여 왔다.

기존의 방향성 전기강판 기술에서는 주로 AlN, MnS[Se]등의 석출물을 결정립성장 억제제로 이용하고 있다. 일례로 1회 강냉간압연 후 탈탄을 실시한 후에 암모니아 개스를 이용한 별도의 질화공정을 통하여 강판의 내부로 질소를 공급하여 강력한 결정립성장 억제효과를 발휘하는 Al계통의 질화물에 의해 2차재결정을 일으키는 제조방법이 있다.

그러나 고온소둔과정에서 로내 분위기에 따른 탈질 또는 침질에 의한 석출물의 불안정성 심화 및 고온에서 30시간 이상 장시간의 순화소둔이 필요하다는 점은 제조공정상의 복잡성과 원가부담을 수반하게 된다.

이러한 이유로 최근 AlN, MnS등의 석출물을 결정립성장 억제제로 사용하지 않고 방향성 전기강판을 제조하는 방법이 제안되고 있다. 일례로 바륨(Ba) 및 이트륨(Y) 등의 입계편석원소를 이용하는 제조방법이 있다.

Ba 및 Y은 2차재결정 형성이 가능할 만큼 결정립성장 억제 효과가 뛰어나며, 고온소둔 과정에서 로내 분위기의 영향을 받지 않는 등의 장점이 있지만 제조공정 과정에서 Ba 및 Y의 탄화물, 질화물, 산화물 또는 Fe화합물 등 강판 내부에 2차 화합물을 다량 형성하는 단점이 있다. 이러한 2차 화합물은 최종 제품의 철손 특성을 열위시키는 문제가 있다.

25 **【발명의 내용】**

【해결하고자 하는 과제】

본 발명의 일 실시예에서는 Y를 포함하는 개재물을 적정 분포로 석출시켜 자성을 향상시킨 방향성 전기강판 및 그 제조 방법을 제공하고자 한다.

30 **【과제의 해결 수단】**

본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판은 중량%로, Si: 1.0 내지 7.0% 및 Y:0.005 내지 0.5%를 포함하고, 잔부는 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, Y를 포함하고 직경이 30nm 내지 5 μ m인 개재물을, 1mm² 면적당 10개 이하로 포함한다.

- 5 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판은 중량%로, Mn: 0.01% 내지 0.5%, C: 0.005% 이하(0%를 제외함), Al: 0.005% 이하 (0%를 제외함), N: 0.0055% 이하 (0%를 제외함) 및 S: 0.0055% 이하 (0%를 제외함)를 더 포함할 수 있다.

- 10 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판은 P, Cu, Cr, Sb, Sn 및 Mo 중 1종 이상을 각각 단독 또는 합량으로 0.01 내지 0.2 중량% 더 포함할 수 있다.

개재물은 Y의 탄화물, Y의 질화물, Y의 산화물 및 Fe-Y 화합물 중 1종 이상을 포함할 수 있다.

개재물을 1mm² 면적당 3 내지 9개 포함할 수 있다.

- 15 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판의 중량%로, Si: 1.0 내지 7.0% 및 Y:0.005 내지 0.5%를 포함하고, 잔부는 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 슬라브를 가열하는 단계; 슬라브를 열간압연하여 열연판을 제조하는 단계; 열연판을 냉간압연하여 냉연판을 제조하는 단계; 냉연판을 1차 재결정 소둔하는 단계; 및 1차 재결정 소둔이 완료된
20 냉연판을 2차 재결정 소둔하는 단계;를 포함한다.

1차 재결정 소둔하는 단계는 가열 단계 및 균열 단계를 포함하고, 가열 단계는 산소 분압(P_{H_2O}/P_{H_2})이 0.20 내지 0.40인 분위기에서 수행되고, 균열 단계는 산소 분압(P_{H_2O}/P_{H_2})이 0.50 내지 0.70인 분위기에서 수행된다.

- 25 2차 재결정 소둔된 강판은 Y를 포함하고 직경이 30nm 내지 5 μ m인 개재물을, 1mm² 면적당 10개 이하로 포함할 수 있다.

슬라브는 중량%로, Mn: 0.01% 내지 0.5%, C: 0.02 내지 0.1%, Al: 0.005% 이하 (0%를 제외함), N: 0.0055% 이하 (0%를 제외함) 및 S: 0.0055% 이하 (0%를 제외함)를 더 포함할 수 있다.

- 30 슬라브는 P, Cu, Cr, Sb, Sn 및 Mo 중 1종 이상을 각각 0.01 내지 0.2 중량% 더 포함할 수 있다.

슬라브를 가열하는 단계에서, 1000 내지 1280℃로 가열할 수 있다.

1차 재결정 소둔시 가열 단계는 10℃/s 이상의 속도로 가열할 수 있다.

5 1차 재결정 소둔시 균열 단계는 800 내지 900 ℃의 온도에서 수행될 수 있다.

1차 재결정 소둔하는 단계는 수소 및 질소의 혼합 가스 분위기에서 수행될 수 있다.

2차 재결정 소둔하는 단계는 승온 단계 및 균열 단계를 포함하고, 균열 단계의 온도는 900 내지 1250℃일 수 있다.

10 2차 재결정 소둔의 승온 단계는 수소 및 질소의 혼합 가스 분위기에서 수행되고, 2차 재결정 소둔의 균열 단계는 수소 분위기에서 수행될 수 있다.

【발명의 효과】

15 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판은 고스 결정립을 안정적으로 형성시킴으로써 자기적 특성이 뛰어나다.

또한, 결정립 성장 억제제로 AlN 및 MnS를 사용하지 않으므로 1300℃ 이상의 고온으로 슬라브를 가열할 필요가 없다.

또한, 강판 내부에 개재물을 적게 형성시킴으로써 우수한 자속밀도와 철손 특성을 얻을 수 있다.

20 【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】

제1, 제2 및 제3 등의 용어들은 다양한 부분, 성분, 영역, 층 및/또는 섹션들을 설명하기 위해 사용되나 이들에 한정되지 않는다. 이들 용어들은 어느 부분, 성분, 영역, 층 또는 섹션을 다른 부분, 성분, 영역, 층 또는 섹션과 구별하기 위해서만 사용된다. 따라서, 이하에서 서술하는
25 제1 부분, 성분, 영역, 층 또는 섹션은 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 범위 내에서 제2 부분, 성분, 영역, 층 또는 섹션으로 언급될 수 있다.

여기서 사용되는 전문 용어는 단지 특정 실시예를 언급하기 위한 것이며, 본 발명을 한정하는 것을 의도하지 않는다. 여기서 사용되는 단수 형태들은 문구들이 이와 명백히 반대의 의미를 나타내지 않는 한 복수 형태들도 포함한다. 명세서에서 사용되는 “포함하는”의 의미는 특정 특성,
30

영역, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 성분을 구체화하며, 다른 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 성분의 존재나 부가를 제외시키는 것은 아니다.

어느 부분이 다른 부분의 "위에" 또는 "상에" 있다고 언급하는 경우, 이는 바로 다른 부분의 위에 또는 상에 있을 수 있거나 그 사이에 다른 부분이 수반될 수 있다. 대조적으로 어느 부분이 다른 부분의 "바로 위에" 있다고 언급하는 경우, 그 사이에 다른 부분이 개재되지 않는다.

다르게 정의하지는 않았지만, 여기에 사용되는 기술용어 및 과학용어를 포함하는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 일반적으로 이해하는 의미와 동일한 의미를 가진다. 보통 사용되는 사전에 정의된 용어들은 관련기술문헌과 현재 개시된 내용에 부합하는 의미를 가지는 것으로 추가 해석되고, 정의되지 않는 한 이상적이거나 매우 공식적인 의미로 해석되지 않는다.

또한, 특별히 언급하지 않는 한 %는 중량%를 의미하며, 1ppm 은 0.0001중량%이다.

본 발명의 일 실시예에서 추가 원소를 더 포함하는 것의 의미는 추가 원소의 추가량 만큼 잔부인 철(Fe)을 대체하여 포함하는 것을 의미한다.

이하, 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.

기존의 방향성 전기강판 기술에서는 결정립성장 억제제로서 AlN, MnS 등과 같은 석출물을 사용하고 있으며, 모든 공정들이 석출물의 분포를 엄격하게 제어하고 2차 재결정된 강판 내에 잔류된 석출물이 제거되도록 하기 위한 조건들로 인해 공정조건들이 극히 제약되었다.

반면, 본 발명의 일 실시예에서는 결정립성장 억제제로서 AlN, MnS 등과 같은 석출물을 사용하지 아니한다. 본 발명의 일 실시예에서는 Y를 결정립성장 억제제로서 사용함으로써 Goss 결정립 분율을 늘이고, 자성이 우수한 전기강판을 얻을 수 있게 된다. 또한, Y 개재물의 석출을 최대한 억제하여, 우수한 자속밀도와 철손 특성을 얻을 수 있다.

본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판은 중량%로, Si: 1.0 내지 7.0% 및 Y:0.005 내지 0.5%를 포함하고, 잔부는 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함한다.

이하에서는 각 성분에 대해 구체적으로 설명한다.

5 이트륨(Y)은 본 발명의 일 실시예에서 결정립 성장 억제제로 작용하여 2차 재결정 소둔시 고스 결정립외 다른 방위의 결정립이 성장하는 것을 억제하여 전기강판의 자성을 향상시킨다. 슬라브 및 방향성 전기강판에서 Y는 0.005 내지 0.5 중량% 포함될 수 있다. Y의 함량이 너무 적으면 충분한 억제력을 발휘하기 어렵다. 반면에 Y의 함량이 너무 많으면
10 강판의 취성이 증가하여 압연크랙 발생 확률이 높아지며, Fe, C, N 및 O와 복합상을 형성하여 다수의 개재물이 석출되며, 최종 제품의 자기적 특성에 악영향을 미치게 된다.

살리콘(Si)는 소재의 비저항을 증가시켜 철손을 낮추는 역할을 한다. 슬라브 및 방향성 전기강판에서 Si는 1.0 내지 7.0 중량% 포함될 수 있다.
15 슬라브 및 전기강판에서 Si 함량이 너무 적은 경우 비저항이 감소하여 철손 특성이 저하될 수 있다. 반대로 방향성 전기강판에서 Si 함량이 너무 많은 경우 변압기 제조시 가공이 어려워 질 수 있다.

탄소(C)는 오스테나이트 안정화 원소로서, 0.02 중량% 이상 슬라브 중에 첨가되어 연주과정에 발생하는 조대한 주상 조직을 미세화하고 S의
20 슬라브 중심편석을 억제할 수 있다. 또한 냉간압연 중에 강판의 가공경화를 촉진하여 강판내에 {110}<001>방위의 2차재결정 핵 생성을 촉진하기도 할 수 있다. 그러나 0.1 중량%를 초과하면 열연 중 엣지-크랙(edge-crack) 이 발생할 수 있다. 결국, 슬라브 내에 C는 0.02 내지 0.1 중량% 포함될 수 있다.

25 방향성 전기강판의 제조 공정에서 탈탄 소둔을 거치게 되며, 탈탄 소둔 후 최종 제조되는 방향성 전기강판에서 C 함량은 0.005 중량% 이하일 수 있다. 보다 구체적으로는 0.003중량% 이하일 수 있다.

본 발명의 일 실시예에서는 MnS를 결정립 성장 억제제로 사용하지 않으므로 망간(Mn)을 첨가하지 않을 수 있다. 다만, Mn은 비저항 원소로서
30 자성을 개선하는 효과가 있으므로 슬라브 및 전기강판에 임의성분으로서,

추가로 더 포함될 수 있다. Mn을 추가로 포함되는 경우, Mn의 함량은 0.01 중량% 이상일 수 있다. 그러나 0.5 중량%를 초과할 경우 2차 재결정 후 상변태를 일으켜 자성이 열화 될 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서 추가 원소를 더 포함하는 경우, 잔부인 철(Fe)를 대체하여 첨가되는 것으로
5 이해된다.

본 발명의 일 실시예에서, AlN, MnS 등의 석출물을 결정립 성장 억제제로서 사용하지 아니하므로, 알루미늄(Al), 질소(N) 황(S) 등 일반적인 방향성 전기강판에서 필수적으로 사용되는 원소는 불순물 범위로 관리된다. 즉, 불가피하게 Al, N, S 등을 더 포함하는 경우, Al을 0.005
10 중량% 이하, S를 0.006 중량% 이하 및 N을 0.006 중량% 이하로 더 포함할 수 있다. 더욱 구체적으로 Al을 0.005 중량% 이하, S를 0.0055 중량% 이하 및 N을 0.0055 중량% 이하로 더 포함할 수 있다.

본 발명의 일 실시예에서는 AlN을 결정립 성장 억제제로 사용하지 않을 수 있으므로 알루미늄(Al)함량을 적극 억제할 수 있다. 따라서 본
15 발명의 일 실시예에서는 방향성 전기강판 내에 Al은 첨가되지 않거나 0.005 중량% 이하로 제어할 수 있다. 또한, 슬라브에서는 제조 공정 과정에서 Al이 제거될 수 있으므로, Al을 0.01 중량% 이하로 포함할 수 있다.

질소(N)은 AlN, (Al, Mn)N, (Al, Si, Mn)N, Si₃N₄, BN 등의 석출물을 형성하므로 본 발명의 일 실시예에서는 N은 첨가되지 않거나 0.006 중량%
20 이하로 제어할 수 있다. 보다 구체적으로는 0.0030 중량% 이하일 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서는 침질 공정을 생략할 수 있으므로, 슬라브 내의 N 함량과 최종 전기강판 내의 N 함량이 실질적으로 동일할 수 있다.

황(S)은 열간압연시 고용 온도가 높고 편석이 심한 원소이므로 본 발명의 일 실시예에서는 첨가되지 않거나, 0.006 중량% 이하로 제어할 수
25 있다. 보다 구체적으로는 0.0035 중량%이하일 수 있다.

본 발명의 일 실시예에서 방향성 전기강판은 P, Cu, Cr, Sb, Sn 및 Mo 중 1종 이상을 각각 성분별로 0.01 내지 0.2 중량% 임의적으로 더 포함할 수 있다.

인(P)는 1차 재결정판에서 {110}<001> 방위를 갖는 결정립의 수를
30 증가시켜 최종제품의 철손을 낮출 뿐만 아니라, 1차 재결정판에서

{111}<112> 집합조직을 강하게 발달시켜 최종제품의 {110}<001> 집적도를 향상시키므로 자속밀도도 높아지게 되므로, 임의적으로 첨가할 수 있다. 또한 P는 2차 재결정소둔시 약 1000℃의 높은 온도까지 결정립계에 편석하여 억제력을 보장하는 작용도 가지고 있다. P의 이러한 작용이

5 제대로 발휘되려면 0.01 중량% 이상이 필요하다. 그러나 P 함량이 너무 높으면 1차 재결정립의 크기가 오히려 감소되어 2차 재결정이 불안정해질 뿐만 아니라 취성을 증가시켜 냉간압연성을 저해한다.

구리(Cu)는 오스테나이트 형성원소로 일부 존재하는 AlN의 고용 및 미세석출에 기여하여 결정성장 억제력을 보완해주는 역할을 할 수 있으므로,

10 임의적으로 첨가할 수 있다. 그러나 함량이 높아지는 경우에는 2차재결정소둔단계에서 형성되는 피막층을 불량하게 하는 단점이 있다.

크롬(Cr)은 페라이트 확장원소로 1차 재결정립을 성장시키는 작용이 있으며, 1차 재결정판에서 {110}<001> 방위의 결정립을 증가시키므로 임의적으로 첨가할 수 있다. 반면에 너무 많이 첨가되면 동시 탈탄,

15 질화공정에서 강판의 표면 부에 치밀한 산화층을 형성하여 침질을 방해하게 된다.

안티몬(Sb)와 주석(Sn)은 편석원소로서 결정립계의 이동을 방해하기 때문에 추가적인 결정성장 억제효과를 기대할 수 있으므로, 임의적으로 첨가할 수 있다. 또한 1차 재결정 집합조직에서 고스입자의 분율을

20 증가시켜 2차 재결정 집합조직으로 성장하는 고스방위 개수를 늘림으로써 최종 제품의 철손특성을 개선할 수 있다. 그러나 과대 첨가시 취성이 증가하여 제조과정중 판파단의 원인이 되고, 1차 소둔과정에서는 표면에 편석되어 산화층 형성 및 탈탄을 방해하게 된다.

몰리브덴(Mo)는 열간압연시 입계에 편석되어 강판의 변형저항을 증가시키므로, 열간압연 조직에서 고스 입자의 분율이 늘어나게 되어

25 강판의 자속밀도를 높일 수 있으므로 임의적으로 첨가할 수 있다. 또한, Mo는 Sn과 마찬가지로 결정립계에 편석되어 결정립 성장을 억제하는 중요한 역할을 하며, 2차 재결정이 고온에서 일어날수 있도록 안정적으로 제어해주는 역할을 하기 때문에 더 정확한 방위의 고스입자들을 성장시키는

30 역할을 하여 자속밀도를 높여주게 된다.

또한, 기타 불가피한 불순물로서, Ti, Mg, Ca 같은 성분들은 강중에서 산소와 반응하여 산화물을 형성하게 되어 개재물로서 최종 제품의 자구 이동에 방해를 주어 자성열화의 원인이 될 수 있으므로 강력 억제하는 것이 필요하다. 따라서 이들을 불가피하게 함유하는 경우, 각각의 성분별로

5 0.005 중량% 이하로 관리할 수 있다.

본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판은 Y를 포함하고 직경이 30nm 내지 5 μ m인 개재물을, 1mm² 면적당 10개 이하로 포함한다. 이 때 개재물의 직경이란, 개재물을 외접하는 가상의 원의 직경을 의미한다. 본 발명의 일 실시예에서 개재물의 개수를 측정하는 기준으로 직경이 30nm

10 내지 5 μ m인 것으로 제한한다. 직경이 30nm 미만인 개재물은 방향성 전기강판의 자성에 실질적인 영향을 미치지 아니한다.

개재물은 강판이 외부자기장에 의해 자화될 때, 내부 도메인의 움직임을 방해하므로 철손 특성을 저하시킨다. 따라서 내부 개재물의 수가 적을수록 자성이 우수해진다. 본 발명의 일 실시예에서 개재물의 개수를

15 1mm² 면적당 10개 이하로 제한한다. 더욱 구체적으로 개재물의 개수를 1mm² 면적당 3 내지 9개 포함할 수 있다. 이 때 개재물의 수는 강판의 두께 방향과 수직인 면에서 관찰하는 경우이다.

Y를 포함하는 개재물로는 Y의 탄화물, Y의 질화물, Y의 산화물 및 Fe-Y 화합물 중 1종 이상이 될 수 있다.

본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판은 고스 결정립을 안정적으로 형성시키며, 동시에 개재물을 적게 형성시킴으로써 자기적 특성이 뛰어나다. 구체적으로 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판은 800A/m의 자기장에서 측정된 자속밀도인 B₈이 1.90T이상이고, 1.7Tesla 및 50Hz 조건에서 측정된 철손인 W_{17/50}이 1.10W/Kg 이하일 수

25 있다.

본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판의 중량%로, Si: 1.0 내지 7.0% 및 Y:0.005 내지 0.5%를 포함하고, 잔부는 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 슬라브를 가열하는 단계; 슬라브를 열간압연하여 열연판을 제조하는 단계; 열연판을 냉간압연하여 냉연판을 제조하는 단계;

30 냉연판을 1차 재결정 소둔하는 단계; 및 1차 재결정 소둔이 완료된

냉연판을 최종 소둔하는 단계;를 포함한다.

이하에서는 각 단계별로 방향성 전기강판의 제조방법을 구체적으로 설명한다.

먼저, 슬라브를 가열한다.

- 5 슬라브의 조성에 대해서는 전기강판의 조성과 관련하여 구체적으로 설명하였으므로, 중복되는 설명은 생략한다.

슬라브의 가열 온도는 제한되지 않으나, 슬라브를 1280°C이하의 온도로 가열하게 되면 슬라브의 주상정조직이 조대하게 성장되는 것이 방지하여 열간압연 공정에서 판의 크랙이 발생하는 것을 방지할 수 있다.

- 10 따라서 슬라브의 가열 온도는 1000°C 내지 1280°C 일 수 있다. 특히, 본 발명의 일 실시예에서는 결정립 성장 억제제로 AlN 및 MnS를 사용하지 않으므로 1300°C 이상의 고온으로 슬라브를 가열할 필요가 없다.

- 다음으로, 슬라브를 열간압연하여 열연판을 제조한다. 열간 압연 온도는 제한되지 않으며, 일 실시예로 950°C 이하에서 열연을 종료할 수 있다. 이후 수냉하여 하여 600°C 이하에서 권취할 수 있다.
- 15

 다음으로, 필요에 따라 열연판을 열연판 소둔할 수 있다. 열연판 소둔을 실시하는 경우 열연조직을 균일하게 만들기 위해서 900°C 이상의 온도로 가열하고 균열한 다음 냉각할 수 있다.

- 다음으로, 열연판을 냉간압연하여 냉연판을 제조한다. 냉간압연은 리버스(Reverse) 압연기 혹은 탠덤(Tandem) 압연기를 이용하여 1회의 냉간압연, 다수회의 냉간압연, 또는 중간소둔을 포함하는 다수회의 냉간압연법으로 0.1mm 내지 0.5mm 두께의 냉연판을 제조할 수 있다.
- 20

 또한, 냉간압연 중에 강판의 온도를 100°C 이상으로 유지하는 온간 압연을 실시할 수 있다.

- 25 다음으로, 냉간압연 된 냉연판을 1차 재결정 소둔한다. 이 과정에서 탈탄 및 고스 입자가 생성된다.

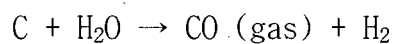
- 1차 재결정 소둔 단계에서는 강판 내부의 미탈탄 영역을 완전 제거함으로써 고스 결정립 성장을 유도하기 위하여 잔류 탄소량을 0.005 중량% 이하로 낮추는 것이 중요하다. 많은 양의 탄소가 강판 내부에 잔류하게 되면 Y 탄화물을 형성하여 개재물로 작용하거나 자유탄소의
- 30

자기시효 발생으로 변압기 특성을 저해하게 된다.

1차 재결정 소둔 단계에서 탈탄과 함께 고스 결정립의 핵이 생성되는 1차 재결정이 일어난다.

탈탄이 이루어지는 과정은 하기 반응식 1과 같이 강판 내부에 있는 5 탄소가 표층부로 확산하고 이 탄소가 산소와 반응하여 일산화탄소(CO) 가스로 빠져나가는 방식으로 이루어진다.

[반응식 1]



강판내의 탄소는 조직 내 고용되어있는 것들이 전체 탄소의 10 10 중량%정도 있고, 대부분 열간압연 조업시 생성된 오스테나이트에서 상변태된 펄라이트 또는 베이나이트(냉각 패턴에 따라 국부적으로 존재) 조직에 존재하거나, 미세하게 조각난 펄라이트 형태로 국부적으로 존재한다.

탈탄 과정에서 분해되며 나오는 탄소는 펄라이트 입자 및 입계를 통한 확산으로 표층부에 도달해야 하는데, 저온에서는 탄소의 확산속도가 15 낮고, 펄라이트의 탄소 고용도가 낮아서 잘 나오지 못한다.

또한, 산소가 강판 표층부로 고용 침투하여 탄소를 만나 반응식 1의 반응이 이루어 져야 하는데, 800℃ 미만의 온도에서는 깊이 방향으로 고용 침투되어 들어오는 산소량이 미미하여 탈탄 반응이 활발히 이루어지지 않는다.

20 800 내지 900℃의 온도 구간에서 본격적으로 산소가 두께 방향으로 침투해 들어오기 시작하는데, 이 때 들어온 산소들이 탄소와 만나 탈탄 반응이 본격적으로 이루어지고, 동시에 내부의 Si와 만나서 강판 표층부에 두께 방향으로 SiO₂ 내부 산화층이 형성된다.

따라서 탈탄이 잘 이루어지기 위해서는 내부 탄소의 표면 확산과 25 산소의 두께 방향 침투를 위해 판온도를 800℃ 이상으로 올려주어야 하고, 동시에 산화성 분위기를 형성해서 산소를 두께 방향으로 침투시켜야 한다.

이 때 주의할 점은 탈탄이 완료되지 않은 상태에서 판온이 너무 올라가게 되면 국부적으로 오스테나이트 상변태가 발생한다. 이 현상은 가장 늦게 탈탄이 이루어지는 중심부에 주로 발생하고, 결정립 성장을 30 방해하므로 국부적인 미세립을 형성하여 심한 조직 불균일을 야기한다.

따라서 1차 재결정 소둔은 900°C 미만에서 진행되는 것이 좋다.

또한, 탈탄을 위해서는 적절한 산소의 투입이 매우 중요하다. 산소의 투입량은 산화성 분위기(노점, 수소 분위기)와 표층부의 산화층 형성 그리고 판온도를 고려해야 한다. 일반적으로 산소 분압(P_{H_2O}/P_{H_2})을 통하여
5 로내 산소의 양을 나타낼 수 있는데, 단순히 산소 분압이 높다고 하여 탈탄 반응이 빠르게 일어나는 것은 아니다.

1차 재결정 소둔하는 단계는 냉연판을 전술한 균열 단계의 온도까지 가열하는 가열 단계 및 균열 단계를 포함한다.

1차 재결정 소둔 시 가열 단계에서 산화능이 지나치게 높아지면
10 표층부에 SiO_2 , Fayalite와 같은 산화물이 표층부에 치밀하게 형성되며, 이러한 산화물이 형성되면 산소의 깊이 방향 침투를 방해하는 역할을 하게 되어 이후 산소의 내부 침투를 방해한다.

강 중의 Si은 소둔 분위기 가스에 존재하는 수분과 반응하여 산화층을 형성하고, Si 함량이 증가할수록 이러한 경향은 더욱 커진다.
15 특히, Y은 Si보다 산소와의 반응성이 좋으므로 1차 재결정 소둔 과정에서 초기 가열 단계와 이후 균열 단계의 산화능을 적절하게 조절할 필요가 있다. 구체적으로 본 발명의 일 실시예에서는 가열 단계는 산소 분압(P_{H_2O}/P_{H_2})이 0.20 내지 0.40인 분위기에서 수행되고, 균열 단계는 산소 분압(P_{H_2O}/P_{H_2})이 0.50 내지 0.70인 분위기에서 수행되는 것으로 제언한다. 이하에서는 그
20 이유에 대해 구체적으로 설명한다.

1차 재결정 소둔 단계의 가열 과정에서 분위기의 산소 분압(P_{H_2O}/P_{H_2})을 0.20 내지 0.40 범위에서 제어한다. 산소 분압이 0.20 미만에서는 탈탄이 일어나기에 산소의 양이 부족하며, 0.40의 범위를 초과하는 경우에는 치밀한 산화층이 초기에 형성되어 이후 균열 과정에서의
25 탈탄을 방해하게 된다.

1차 재결정 소둔 단계의 균열 과정에서 분위기의 산소 분압(P_{H_2O}/P_{H_2})을 0.50 내지 0.70 범위에서 제어한다. 산소분압이 0.50 미만에서는 강판 중심의 잔류탄소까지 모두 제거하기에 부족하며, 0.70의 범위를 초과하는 경우에는 산화층의 형성량이 과대되어 최종 제품의
30 표면특성을 열위시킬 뿐만 아니라 Si 및 Y 산화물을 형성하여 자성특성에도

악영향을 미치게 된다.

1차 재결정 소둔시 가열 단계는 10°C/s 이상의 속도로 가열할 수 있다. 가열 단계에서의 속도가 너무 낮은 경우, 시간이 길어져 적정 산화층을 형성하는데 불리할 수 있다.

5 균열 단계에서의 온도는 전술하였듯이, 800 내지 900 °C가 될 수 있다.

1차 재결정 소둔 단계는 수소 및 질소의 혼합 가스 분위기에서 수행될 수 있다. 즉, 1차 재결정 소둔 단계의 가열 단계 및 균열 단계는 수소 및 질소의 혼합 가스 분위기에서 수행될 수 있다.

10 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판의 제조방법에서는, 1차 재결정 소둔 이후 질화 소둔 공정을 생략할 수 있다. 종래의 AlN을 결정립 성장 억제제로 사용하는 방향성 전기강판의 제조 방법에서는 AlN의 형성을 위하여 질화소둔을 필요로 한다. 그러나 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판의 제조방법에서는 AlN을 결정립
15 성장 억제제로 사용하지 않으므로 질화소둔 공정이 필요하지 않으며, 질화 공정을 생략할 수 있다.

 다음으로, 1차 재결정 소둔이 완료된 냉연판을 2차 재결정 소둔한다. 이 때, 1차 재결정 소둔이 완료된 냉연판에 소둔 분리제를 도포한 후, 2차 재결정 소둔할 수 있다. 이 때, 소둔 분리제는 특별히 제한하지 아니하며,
20 MgO를 주 성분으로 포함하는 소둔 분리제를 사용할 수 있다.

 2차 재결정 소둔하는 단계는 승온 단계 및 균열 단계를 포함한다. 승온 단계는 1차 재결정 소둔이 완료된 냉연판을 균열 단계의 온도까지 승온하는 단계이다. 균열 단계의 온도는 900°C 내지 1250°C일 수 있다. 900°C 미만이면 고스 결정립이 충분히 성장하지 못하여 자성이 저하될 수
25 있으며, 1250°C 초과시 결정립이 조대하게 성장하여 전기강판의 특성이 저하될 수 있다. 2차 재결정 소둔의 승온 단계는 수소 및 질소의 혼합가스 분위기에서, 균열 단계는 수소 분위기에서 진행될 수 있다.

 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판의 제조방법에서는, AlN, MnS 결정립 성장 억제제를 사용하지 않으므로, 2차 재결정 소둔이 완료된
30 이후 순화 소둔 공정을 생략할 수 있다. 종래의 MnS, AlN을 결정립 성장

억제제로 사용하는 방향성 전기강판의 제조 방법에서는 AlN 및 MnS같은 석출물을 제거하기 위한 고온의 순화 소둔이 필요하였으나, 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판의 제조방법에서는 순화 소둔 공정이 필요하지 않을 수 있다.

- 5 2차 재결정 소둔된 강판은 Y를 포함하고 직경이 30nm 내지 5 μ m인 개재물을, 1mm² 면적당 10개 이하로 포함할 수 있다. 개재물에 대한 설명은 전술한 것과 동일하므로, 중복되는 설명은 생략한다. 본 발명의 일 실시예에서는 1차 재결정 소둔 단계에서의 산소 분압을 정밀하게 제어함으로써, 개재물을 적게 석출하고, 궁극적으로 자성을 향상시킬 수
- 10 있다.

이후, 필요에 따라, 방향성 전기강판의 표면에 절연피막을 형성하거나, 자구 미세화 처리를 할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서 방향성 전기강판의 합금 성분은 절연피막 등의 코팅층을 제외한 소지강판을 의미한다.

- 15 이하에서는 실시예를 통하여 본 발명을 좀더 상세하게 설명한다. 그러나 이러한 실시예는 단지 본 발명을 예시하기 위한 것이며, 본 발명이 여기에 한정되는 것은 아니다.

실시예 1

- 20 중량%로, Si: 3.15%, C: 0.053%, Y: 0.08%, Mn: 0.1%, S: 0.0045%, N: 0.0028%, 및, Al: 0.008% 를 포함하고, 잔부 Fe와 기타 불가피하게 혼입되는 불순물로 이루어지는 슬라브를 준비하였다.

- 상기 슬라브를 1150 $^{\circ}$ C 온도에서 90분간 가열한 후, 열간 압연하여 2.6mm 두께의 열연판을 제조하였다. 이 열연판을 1050 $^{\circ}$ C이상의 온도로 가열한 후 930 $^{\circ}$ C에서 90초간 유지하고 수냉한 후 산세하였다. 이어서
- 25 리버스(Reverse) 압연기를 이용하여, 0.30mm 두께까지 냉간 압연하였다. 냉간 압연된 강판은 수소: 50부피% 및 질소: 50부피%의 혼합 가스 분위기에서, 가열 단계에서는 균열 온도까지 50 $^{\circ}$ C/s의 속도로 가열하고, 하기 표 1과 같이 산소분압 (P_{H_2O}/P_{H_2}) 및 균열온도조건을 변경하면서 120초간 유지하여 1차 재결정 소둔을 하여 강판 내의 탄소 함량을 0.003
- 30 중량% 이하로 하였다.

이후 MgO를 도포한 다음, 코일상으로 권취하여 2차 재결정 소둔하였다. 2차 재결정 소둔은 질소: 25부피% 및 수소: 75부피%의 혼합 가스 분위기에서 1200°C까지 15°C/hr의 속도로 승온하였고, 1200°C 도달 후에는 수소: 100부피% 가스 분위기에서 20 시간 유지 후 노냉하였다.

- 5 최종 수득된 강판을 표면 세정 후, single sheet 측정법을 이용하여 자기장의 세기를 800A/m 조건에서 자속밀도를, 1.7Tesla 및 50Hz 조건에서 철손을 측정하였다.

또한, SEM-EDS을 이용하여 강판 내부에 5 μ m 이하의 크기를 갖는 Y 개재물의 개수를 측정하였다.

10 【표 1】

시료번호	균열온도(°C)	가열단계 산소분압	균열단계 산소분압	자속밀도(B _z , Tesla)	철손 (W _{17/50} , W/kg)	개재물의 수 (개/mm ²)	비교
1	750	0.31	0.66	1.82	2.05	35	비교재
2	800	0.28	0.59	1.91	1.05	8	발명재
3	820	0.17	0.68	1.87	1.89	18	비교재
4	820	0.36	0.75	1.84	2.14	22	비교재
5	845	0.33	0.61	1.90	0.99	6	발명재
6	855	0.30	0.58	1.90	1.01	9	발명재
7	855	0.39	0.66	1.91	1.02	9	발명재
8	855	0.42	0.58	1.90	1.96	23	비교재
9	870	0.35	0.63	1.92	0.96	5	발명재
10	910	0.26	0.54	1.89	1.88	13	비교재

표 1의 결과와 같이 1차 재결정 소둔의 균열 온도 및 가열 단계와 균열 단계에서의 산소분압을 적절히 제어한 발명재는 비교재에 비해 자성특성이 우수하고, 개재물의 수가 적은 것을 확인할 수 있었다.

실시예 2

중량%로, Si: 3.35%, C: 0.058%, Y: 0.12%, Mn: 0.06%, S: 0.0030%, N: 0.0030%, Al: 0.005%, P: 0.015%, Cu: 0.02% 및 Cr: 0.03%를 포함하고, 잔부 Fe와 기타 불가피하게 혼입되는 불순물로 이루어지는 슬라브를
5 준비하였다.

상기 슬라브를 1150°C 온도에서 90분간 가열한 후, 열간 압연하여 2.3mm 두께의 열연판을 제조하였다. 이 열연판을 1050°C 이상의 온도로 가열한 후 910°C에서 90초간 유지하고 수냉한 후 산세하였다. 이어서 리버스(Reverse) 압연기를 이용하여, 0.23mm 두께까지 냉간 압연하였다.
10 냉간 압연된 강판은 수소: 50부피% 및 질소: 50부피%의 혼합 가스 분위기에서 가열 단계에서는 균열 온도까지 50°C/s의 속도로 가열하고, 표 2와 같이 산소분압 (P_{H_2O}/P_{H_2}) 조건을 다양하게 변경하면서 균열 온도 850°C에서 120초간 유지하여 1차 재결정 소둔을 하였다.

이후 MgO를 도포한 다음, 코일상으로 권취하여 2차 재결정 소둔하였다. 2차 재결정 소둔은 질소: 25부피% 및 수소: 75부피%의 혼합 가스 분위기에서 1200°C까지 15°C/hr의 속도로 승온하였고, 1200°C 도달 후에는 수소: 100부피% 가스 분위기에서 20시간 유지 후 노냉하였다.
15

최종 수득된 강판을 표면 세정 후, single sheet 측정법을 이용하여 자기장의 세기를 800A/m 조건에서 자속밀도를, 1.7Tesla 및 50Hz 조건에서 철손을 측정하였다.
20

또한, SEM-EDS를 이용하여 강판 내부의 개재물의 개수와 성분을 측정하였다.

【표 2】

시료번호	가열단계 산소분압	균열단계 산소분압	자속밀도 (B_s , Tesla)	철손 ($W_{17/50}$, W/kg)	개재물의수 (개/mm ²)	개재물의 종류	비고
11	0.33	0.57	1.91	0.92	6	탄화물	발명재
12	0.34	0.48	1.85	2.11	13	탄화물; Fe-Y 화합물	비교재

13	0.48	0.45	1.84	2.39	21	탄화물, 산화물	비교재
14	0.18	0.53	1.79	2.24	20	Fe-Y 화합물, 질화물	비교재
15	0.36	0.60	1.90	0.88	8	탄화물	발명재
16	0.36	0.64	1.91	0.84	3	Fe-Y 화합물	발명재
17	0.28	0.58	1.91	0.93	6	Fe-Y 화합물	발명재
18	0.31	0.75	1.89	1.56	17	탄화물 산화물	비교재

표 2의 결과와 같이 1차 재결정 소둔의 균열 온도 및 가열 단계와 균열 단계에서의 산소분압을 적절히 제어한 발명재는 비교재에 비해 자성특성이 우수하고, 개재물의 수가 적은 것을 확인할 수 있었다. 또한, 개재물의 성분을 측정된 결과 모두 Y를 포함하는 복합 화합물로서, 그 종류는 Y의 탄화물, 질화물, 산화물 및 Fe-Y 화합물 중에서 1종 또는 2종 이상이 포함되어 있는 것을 확인할 수 있었다.

본 발명은 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 제조될 수 있으며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

【청구범위】

【청구항 1】

중량%로, Si: 1.0 내지 7.0% 및 Y:0.005 내지 0.5%를 포함하고,
잔부는 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고,

- 5 Y를 포함하고 직경이 30nm 내지 5 μ m인 개재물을, 1mm² 면적당 10개 이하로 포함하는 방향성 전기강판.

【청구항 2】

제1항에 있어서,

- 중량%로, Mn: 0.01% 내지 0.5%, C: 0.005% 이하(0%를 제외함), Al:
10 0.005% 이하 (0%를 제외함), N: 0.006% 이하 (0%를 제외함) 및 S: 0.006% 이하 (0%를 제외함)를 더 포함하는 방향성 전기강판.

【청구항 3】

제1항에 있어서,

- P, Cu, Cr, Sb, Sn 및 Mo 중 1종 이상을 각각 단독 또는 합량으로
15 0.01 내지 0.2 중량% 더 포함하는 방향성 전기강판.

【청구항 4】

제1항에 있어서,

상기 개재물은 Y의 탄화물, Y의 질화물, Y의 산화물 및 Fe-Y 화합물
중 1종 이상을 포함하는 방향성 전기강판.

- 20 【청구항 5】

제1항에 있어서,

상기 개재물을 1mm² 면적당 3 내지 9개 포함하는 방향성 전기강판.

【청구항 6】

- 중량%로, Si: 1.0 내지 7.0% 및 Y:0.005 내지 0.5%를 포함하고,
25 잔부는 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 슬라브를 가열하는 단계;

상기 슬라브를 열간압연하여 열연판을 제조하는 단계;

상기 열연판을 냉간압연하여 냉연판을 제조하는 단계;

상기 냉연판을 1차 재결정 소둔하는 단계; 및

1차 재결정 소둔이 완료된 냉연판을 2차 재결정 소둔하는 단계;

- 30 를 포함하고,

상기 1차 재결정 소둔하는 단계는 가열 단계 및 균열 단계를 포함하고,

상기 가열 단계는 산소 분압(P_{H_2O}/P_{H_2})이 0.20 내지 0.40인 분위기에서 수행되고,

5 상기 균열 단계는 산소 분압(P_{H_2O}/P_{H_2})이 0.50 내지 0.70인 분위기에서 수행되는 방향성 전기강판의 제조방법.

【청구항 7】

제6항에 있어서,

10 2차 재결정 소둔된 강판은 Y를 포함하고 직경이 30nm 내지 5 μ m인 개재물을, 1mm² 면적당 10개 이하로 포함하는 방향성 전기강판의 제조방법.

【청구항 8】

제6항에 있어서,

15 상기 슬라브는 중량%로, Mn: 0.01% 내지 0.5%, C: 0.02 내지 0.1%, Al: 0.01% 이하 (0%를 제외함), N: 0.006% 이하 (0%를 제외함) 및 S: 0.006% 이하 (0%를 제외함)를 더 포함하는 방향성 전기강판의 제조방법.

【청구항 9】

제6항에 있어서,

20 상기 슬라브는 P, Cu, Cr, Sb, Sn 및 Mo 중 1종 이상을 각각 단독 또는 합량으로 0.01 내지 0.2 중량% 더 포함하는 방향성 전기강판의 제조방법.

【청구항 10】

제6항에 있어서,

상기 슬라브를 가열하는 단계에서, 1000 내지 1280 $^{\circ}$ C로 가열하는 방향성 전기강판의 제조방법.

25 **【청구항 11】**

제6항에 있어서,

상기 가열 단계는 10 $^{\circ}$ C/s 이상의 속도로 가열하는 방향성 전기강판의 제조방법.

【청구항 12】

30 제6항에 있어서,

상기 균열 단계는 800 내지 900 °C의 온도에서 수행되는 방향성 전기강판의 제조방법.

【청구항 13】

제6항에 있어서,

- 5 상기 1차 재결정 소둔하는 단계는 수소 및 질소의 혼합 가스 분위기에서 수행되는 방향성 전기강판의 제조방법.

【청구항 14】

제6항에 있어서,

- 10 상기 2차 재결정 소둔하는 단계는 승온 단계 및 균열 단계를 포함하고, 상기 균열 단계의 온도는 900 내지 1250°C인 방향성 전기강판의 제조방법.

【청구항 15】

제14항에 있어서,

- 15 상기 2차 재결정 소둔의 승온 단계는 수소 및 질소의 혼합 가스 분위기에서 수행되고, 상기 2차 재결정 소둔의 균열 단계는 수소 분위기에서 수행되는 방향성 전기강판의 제조방법.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2017/015206

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C 38/02(2006.01)i, C22C 38/00(2006.01)i, C22C 38/06(2006.01)i, C22C 38/60(2006.01)i, C21D 8/12(2006.01)i, C21D 1/74(2006.01)i, C21D 9/46(2006.01)i, C22C 38/04(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C22C 38/02; C21D 9/46; C22C 38/00; C21D 8/12; H01F 1/16; C22C 38/14; C22C 38/06; C22C 38/60; C21D 1/74; C22C 38/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above
Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: grain-oriented, electrical steel sheet, yttrium, silicon, porphyrite, oxidation limit, inclusion, manganese, carbon, aluminum, nitrogen, sulfur

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2005-264280 A (JFE STEEL CORP.) 29 September 2005 See paragraphs [0017], [0033]-[0039] and claims 1-4.	1-15
Y	KR 10-0580356 B1 (JFE STEEL CORPORATION) 16 May 2006 See paragraphs [0031], [0035], [0040], [0132] and claims 1, 6.	1-15
A	KR 10-2016-0072704 A (POSCO) 23 June 2016 See paragraphs [0038], [0052] and claims 1, 2, 8.	1-15
A	JP 2002-275534 A (KAWASAKI STEEL CORP.) 25 September 2002 See paragraphs [0031], [0032] and claim 1.	1-15
A	KR 10-2013-0140208 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) 23 December 2013 See paragraphs [0034]-[0037], [0080].	1-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family


Date of the actual completion of the international search

04 APRIL 2018 (04.04.2018)

Date of mailing of the international search report

04 APRIL 2018 (04.04.2018)

Name and mailing address of the ISA/KR

 Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Sconsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2017/015206

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
JP 2005-264280 A	29/09/2005	NONE	
KR 10-0580356 B1	16/05/2006	EP 0957180 A2	17/11/1999
		JP 03357602 B2	16/12/2002
		JP 03386742 B2	17/03/2003
		JP 11-323438 A	26/11/1999
		JP 2000-034521 A	02/02/2000
		KR 10-1999-0088281 A	27/12/1999
		US 2002-0005231 A1	17/01/2002
		US 6280534 B1	28/08/2001
KR 10-2016-0072704 A	23/06/2016	CN 107002204 A	01/08/2017
		EP 3235919 A1	25/10/2017
		KR 10-1647655 B1	11/08/2016
		US 2017-0335425 A1	23/11/2017
		WO 2016-098917 A1	23/06/2016
JP 2002-275534 A	25/09/2002	NONE	
KR 10-2013-0140208 A	23/12/2013	CN 103582716 A	12/02/2014
		CN 103582716 B	13/05/2015
		EP 2708615 A1	19/03/2014
		EP 2708615 B1	04/05/2016
		JP 05360336 B1	13/09/2013
		KR 10-1457839 B1	04/11/2014
		US 2014-0072471 A1	13/03/2014
		US 8840734 B2	23/09/2014
WO 2013-121924 A1	22/08/2013		

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))
C22C 38/02(2006.01)i, C22C 38/00(2006.01)i, C22C 38/06(2006.01)i, C22C 38/60(2006.01)i, C21D 8/12(2006.01)i, C21D 1/74(2006.01)i, C21D 9/46(2006.01)i, C22C 38/04(2006.01)i

B. 조사된 분야
 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)
 C22C 38/02; C21D 9/46; C22C 38/00; C21D 8/12; H01F 1/16; C22C 38/14; C22C 38/06; C22C 38/60; C21D 1/74; C22C 38/04

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌
 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC
 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))
 eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 방향성, 전기강판, 이트륨, 규소, 분압, 산화도, 개재물, 망간, 탄소, 알루미늄, 질소, 황

C. 관련 문헌

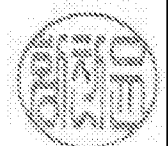
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	JP 2005-264280 A (JFE STEEL CORP.) 2005.09.29 단락 [0017], [0033]-[0039] 및 청구항 1-4 참조.	1-15
Y	KR 10-0580356 B1 (제이에프이 스틸 가부시카가이샤) 2006.05.16 단락 [0031], [0035], [0040], [0132] 및 청구항 1, 6 참조.	1-15
A	KR 10-2016-0072704 A (주식회사 포스코) 2016.06.23 단락 [0038], [0052] 및 청구항 1, 2, 8 참조.	1-15
A	JP 2002-275534 A (KAWASAKI STEEL CORP.) 2002.09.25 단락 [0031], [0032] 및 청구항 1 참조.	1-15
A	KR 10-2013-0140208 A (신닛테츠스미킨 카부시카가이샤) 2013.12.23 단락 [0034]-[0037], [0080] 참조.	1-15

추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:
 “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌
 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌
 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌
 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌
 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌
 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌
 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.
 “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.
 “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일 2018년 04월 04일 (04.04.2018)	국제조사보고서 발송일 2018년 04월 04일 (04.04.2018)
--	---

ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578	심사관 황찬윤 전화번호 +82-42-481-3347
---	------------------------------------



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 2005-264280 A	2005/09/29	없음	
KR 10-0580356 B1	2006/05/16	EP 0957180 A2 JP 03357602 B2 JP 03386742 B2 JP 11-323438 A JP 2000-034521 A KR 10-1999-0088281 A US 2002-0005231 A1 US 6280534 B1	1999/11/17 2002/12/16 2003/03/17 1999/11/26 2000/02/02 1999/12/27 2002/01/17 2001/08/28
KR 10-2016-0072704 A	2016/06/23	CN 107002204 A EP 3235919 A1 KR 10-1647655 B1 US 2017-0335425 A1 WO 2016-098917 A1	2017/08/01 2017/10/25 2016/08/11 2017/11/23 2016/06/23
JP 2002-275534 A	2002/09/25	없음	
KR 10-2013-0140208 A	2013/12/23	CN 103582716 A CN 103582716 B EP 2708615 A1 EP 2708615 B1 JP 05360336 B1 KR 10-1457839 B1 US 2014-0072471 A1 US 8840734 B2 WO 2013-121924 A1	2014/02/12 2015/05/13 2014/03/19 2016/05/04 2013/09/13 2014/11/04 2014/03/13 2014/09/23 2013/08/22