

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구

국제사무국

(43) 국제공개일

2018년 6월 28일 (28.06.2018)



(10) 국제공개번호

WO 2018/117600 A1

(51) 국제특허분류:

C22C 38/02 (2006.01)

C22C 38/00 (2006.01)

C22C 38/06 (2006.01)

C22C 38/04 (2006.01)

C22C 38/14 (2006.01)

C22C 38/12 (2006.01)

C21D 8/12 (2006.01)

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

(21) 국제출원번호: PCT/KR2017/015025

(22) 국제출원일: 2017년 12월 19일 (19.12.2017)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보: 10-2016-0173923 2016년 12월 19일 (19.12.2016) KR

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

(72) 발명자: 이현주 (LEE, Hun Ju); 37859 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동) 포스코, Gyeongsangbuk-do (KR). 김용수 (KIM, Yong Soo); 37859 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동) 포스코, Gyeongsangbuk-do (KR). 신수용 (SHIN, Su-Yong); 37859 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동) 포스코, Gyeongsangbuk-do (KR).

(74) 대리인: 유미 특허법인 (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 역내 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), 유럽 (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).

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

(54) 발명의 명칭: 무방향성 전기강판 및 그 제조방법

(57) Abstract: A non-oriented electrical steel sheet according to an embodiment of the present invention comprises, by weight %: 2.0 to 3.5% of Si, 0.05 to 2.0% of Al, 0.05 to 2.0% of Mn, 0.0002 to 0.003% of In, and a balance of Fe and inevitable impurities.

(57) 요약서: 본 발명의 일 실시예에 의한 무방향성 전기강판은 중량 %로 Si: 2.0 내지 3.5%, Al: 0.05 내지 2.0%, Mn: 0.05 내지 2.0% In: 0.0002 내지 0.003% 및 잔부는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함한다.



WO 2018/117600 A1

【명세서】

【발명의 명칭】

무방향성 전기강판 및 그 제조방법

【기술분야】

5 무방향성 전기강판 및 그 제조방법에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

무방향성 전기강판은 전기에너지를 기계적에너지로 변환시키는
 모터에 주로 사용되는데, 그 과정에서 높은 효율을 발휘하기 위해 무방향성
 전기강판의 우수한 자기적 특성을 요구한다. 특히 근래에는 친환경 기술이
 10 주목받게 되면서 전체 전기에너지 사용량의 과반을 차지하는 모터의 효율을
 증가시키는 것이 매우 중요하게 생각되고 있으며, 이를 위해 우수한 자기적
 특성을 갖는 무방향성 전기강판의 수요 또한 증가하고 있다.

무방향성 전기강판의 자기적 특성은 대표적으로 철손과 자속밀도를
 통해 평가하게 된다. 철손은 특정 자속밀도와 주파수에서 발생하는 에너지
 15 손실을 의미하며, 자속밀도는 특정 자장 하에서 얻어지는 자화의 정도를
 의미한다. 철손이 낮을수록 동일한 조건에서 에너지 효율이 높은 모터를
 제조할 수 있으며, 자속밀도가 높을수록 모터를 소형화시키거나 구리손을
 감소시킬 수 있으므로, 낮은 철손과 높은 자속밀도를 갖는 무방향성
 전기강판을 만드는 것이 중요하다.

20 철손과 자속밀도는 이방성을 갖기 때문에 측정방향에 따라 다른 값을
 나타낸다. 일반적으로 압연방향의 자기적 특성이 가장 우수하며
 압연방향에서 55 내지 90도 회전하면 자기적 특성이 현저히 열위해진다.
 무방향성 전기강판은 회전기기에 사용되므로 이방성이 낮을수록 안정적인
 작동에 유리한데, 강의 집합조직 개선을 통해 이방성을 저감시킬 수 있다.
 25 {011}<uvw> 방위나 {001}<uvw> 방위가 발달하면 평균 자성은 우수하지만
 이방성이 매우 크고, {111}<uvw> 방위가 발달하면 평균 자성이 낮고
 이방성은 작으며, {113}<uvw> 방위가 발달하면 평균 자성은 비교적
 우수하면서 이방성도 그리 크지 않다.

무방향성 전기강판의 자기적 특성을 증가시키기 위해 통상적으로
 30 사용되는 방법은 Si 등의 합금원소를 첨가하는 것이다. 이러한 합금원소의

첨가를 통해 강의 비저항을 증가시킬 수 있는데, 비저항이 높아질수록 와전류 손실이 감소하여 전체 철손을 낮출 수 있게 된다. 강의 비저항 증가를 위해 Si와 함께 Al, Mn 등의 원소를 첨가하여 자성이 우수한 무방향성 전기강판을 생산할 수 있다.

- 5 고속회전용 모터에 사용되는 무방향성 전기강판의 경우에는 우수한 기계적 특성이 동시에 요구된다. 회전자가 고속으로 회전하면서 발생하는 원심력을 견디지 못하면 모터가 파손될 수 있으므로, 다양한 작동 환경에서 높은 항복강도가 요구된다. 그러나 일반적으로 우수한 기계적 특성을 얻기 위한 결정립 미세화, 석출, 상변태 등의 방법은 무방향성 전기강판의 자기적 특성을 크게 저하시키게 되므로 자기적 특성과 기계적 특성을 동시에 충족시키기에는 큰 어려움이 따른다. 모터가 작동하면서 온도가 상승하게 되면 무방향성 전기강판의 항복강도가 저하되는데, 고온에서도 우수한 기계적 성질을 유지하는 것 또한 무방향성 전기강판이 가져야 할 특성이다.

15 **【발명의 내용】**

【해결하고자 하는 과제】

본 발명의 일 실시예는 무방향성 전기강판 및 그 제조방법을 제공한다. 구체적으로 자기적 특성과 기계적 특성이 동시에 우수한 무방향성 전기강판을 제공한다.

20 **【과제의 해결 수단】**

본 발명의 일 실시예에 의한 무방향성 전기강판은 중량%로 Si: 2.0 내지 3.5%, Al: 0.05 내지 2.0%, Mn: 0.05 내지 2.0%, In: 0.0002 내지 0.003% 및 잔부는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함한다.

Bi를 0.0005 내지 0.05 중량% 더 포함할 수 있다.

- 25 C : 0.005 중량% 이하, S : 0.005 중량% 이하, N : 0.004 중량% 이하, Ti : 0.004 중량% 이하, Nb : 0.004 중량% 이하 및 V : 0.004 중량% 이하 중 1종 이상을 더 포함할 수 있다.

B : 0.001 중량% 이하, Mg : 0.005 중량% 이하, Zr : 0.005 중량% 이하 및 Cu : 0.025 중량% 이하 중 1종 이상을 더 포함할 수 있다.

- 30 강판의 압연방향에 수직인 단면에 대하여 결정방위가

{111}<uvw>로부터 15도 이내의 방위를 갖는 결정립을 20% 이하 포함할 수 있다.

120℃에서 인장시험하였을 때 얻어지는 $Y_{P0.2}$ 가 20℃에서 인장시험하였을 때 얻어지는 $Y_{P0.2}$ 의 0.7배 이상이 될 수 있다.

5 (상기 $Y_{P0.2}$ 는 인장시험을 통해 얻어진 응력-변형률 그래프에서 0.2% 오프셋 항복강도를 의미한다.)

철손($W_{15/50}$)이 2.30W/kg 이하 이고, 자속밀도(B_{50})이 1.67T 이상일 수 있다.

본 발명의 일 실시예에 의한 무방향성 전기강판의 제조방법은
 10 중량 %로 Si: 2.0 내지 3.5%, Al: 0.05 내지 2.0%, Mn: 0.05 내지 2.0%, In:0.0002 내지 0.003% 및 잔부는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하는 슬라브를 가열하는 단계; 슬라브를 열간 압연하여 열연판을 제조하는 단계; 열연판을 냉간압연하여 냉연판을 제조하는 단계 및 냉연판을 최종 소둔하는 단계를 포함한다.

15 슬라브는 Bi를 0.0005 내지 0.05 중량% 더 포함할 수 있다.

슬라브는 C : 0.005 중량% 이하, S : 0.005 중량% 이하, N : 0.004 중량% 이하, Ti : 0.004 중량% 이하, Nb : 0.004 중량% 이하 및 V : 0.004 중량% 이하 중 1종 이상을 더 포함할 수 있다.

20 B : 0.001 중량% 이하, Mg : 0.005 중량% 이하, Zr : 0.005 중량% 이하 및 Cu : 0.025 중량% 이하 중 1종 이상을 더 포함할 수 있다.

열연판을 제조하는 단계 이후, 열연판을 열연판 소둔하는 단계를 더 포함할 수 있다.

【발명의 효과】

본 발명의 일 실시예에 의한 무방향성 전기강판 및 제조 방법은
 25 자기적 특성과 기계적 특성이 동시에 우수하다.

【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,
 30 층 또는 섹션과 구별하기 위해서만 사용된다. 따라서, 이하에서 서술하는

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, 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.

본 발명의 일 실시예에서는 무방향성 전기강판 내의 조성, 특히 주요 첨가성분인 Si, Al, Mn의 범위를 최적화할 뿐 아니라, In을 적정량 첨가하여 산화층을 억제하고 고온강도를 개선하여 자기적 특성과 기계적

특성이 동시에 우수한 무방향성 전기강판을 제공할 수 있다.

본 발명의 일 실시예에 의한 무방향성 전기강판은 Si: 2.0 내지 3.5%, Al: 0.05 내지 2.0%, Mn: 0.05 내지 2.0%, In: 0.0002 내지 0.003% 및 잔부는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함한다

5 먼저 무방향성 전기강판의 성분 한정 이유부터 설명한다.

 Si: 2.0 내지 3.5 중량%

 규소(Si)는 재료의 비저항을 높여 철손을 낮추어주는 역할을 하며, 너무 적게 첨가될 경우, 고주파 철손 개선 효과가 부족할 수 있다. 반대로 너무 많이 첨가될 경우 재료의 경도가 상승하여 냉간압연성이 극도로
10 약화되어 생산성 및 타발성이 열위해질 수 있다. 따라서 전술한 범위에서 Si을 첨가할 수 있다.

 Al: 0.05 내지 2.0 중량%

 알루미늄(Al)은 재료의 비저항을 높여 철손을 낮추는 역할을 하며, 너무 적게 첨가되면, 미만으로 첨가되면 철손 저감에 효과가 없다. 반대로
15 너무 많이 첨가되면 질화물이 과량 형성되어 자성을 열화시킬 수 있고, 제강과 연속주조 등의 모든 공정상에 문제를 발생시켜 생산성을 크게 저하시킬 수 있다. 따라서 전술한 범위에서 Al을 첨가할 수 있다.

 Mn: 0.05 내지 2.0 중량%

 망간(Mn)은 재료의 비저항을 높여 철손을 개선하고 황화물을
20 형성시키는 역할을 하며, 너무 적게 첨가되면 첨가되면 MnS가 미세하게 석출되어 자성을 열화시킨다. 반대로 너무 많이 첨가되면 자성에 불리한 {111}집합조직의 형성을 조장하여 자속밀도가 감소할 수 있다. 따라서 전술한 범위에서 Mn을 첨가할 수 있다.

 In: 0.0002 내지 0.003 중량%

 인듐(In)은 강판의 표면 및 결정립계에 편석하여 산화층 억제 및
25 고온강도 개선 역할을 한다. In이 적정량 포함되면 결정립계 강도가 증가하여 온도가 100℃ 근처까지 상승하여도 항복강도의 저하를 억제할 수 있다. In이 너무 적게 포함되면, 그 효과가 미미하고, 너무 많이 포함되면 결정립계 강도를 저하시키는 문제가 발생할 수 있다. 따라서 전술한
30 범위에서 In을 첨가할 수 있다.

Bi: 0.0005 내지 0.05 중량%

비스무트(Bi)는 강판의 표면 및 결정립계에 편석하여 산화층 억제 및
 집합조직 개선 역할을 한다. Bi가 적정량 포함되면 결정립계 에너지를
 낮추는 효과가 높기 때문에, 입계 재결정이 억제되어 {111}<uvw> 방위를
 5 갖는 재결정립 분율이 낮아진다. Bi가 너무 적게 포함되면, 그 효과가
 미미하며, 너무 많이 포함되면 결정립 성장 억제, 표면 특성 열화 및
 취성이 증가하여 자기적, 기계적 특성이 동시에 저하되는 문제가 발행할 수
 있다. 따라서 전술한 범위에서 Bi을 첨가할 수 있다.

C: 0.005 중량% 이하

10 탄소(C)는 자기시효를 일으키고 기타 불순물 원소와 결합하여
 탄화물을 생성하여 자기적 특성을 저하시키므로 낮게 함유할수록
 바람직하다. C를 포함하는 경우 0.005 중량% 이하로 포함할 수 있다. 보다
 바람직하게는 0.003 중량% 이하로 포함할 수 있다.

S: 0.005 중량% 이하

15 황(S)는 강내에 불가피하게 존재하는 원소로 미세한 석출물인 MnS,
 CuS 등을 형성하여 자기적 특성을 악화시킨다. S를 포함하는 경우 0.005
 중량% 이하로 포함할 수 있다. 보다 바람직하게는 0.003 중량% 이하로
 포함할 수 있다.

N: 0.004 중량% 이하

20 질소(N)은 모재 내부에 미세하고 긴 AlN 석출물을 형성할 뿐 아니라,
 기타 불순물과 결합하여 미세한 질화물을 형성하여 결정립 성장을 억제하여
 철손을 악화시키므로 낮게 함유할수록 바람직하다. N를 포함하는 경우
 0.004 중량% 이하로 포함할 수 있다. 보다 바람직하게는 0.003 중량%
 이하로 포함할 수 있다.

Ti, Nb, V: 각각 0.004 중량% 이하

25 티타늄(Ti), 니오븀(Nb) 바나듐(V)는 탄화물 또는 질화물을 형성하여
 철손을 악화시키고 자성에 바람직하지 않은 {111} 집합조직 발달을
 촉진하므로 0.004 중량%이하로 포함될 수 있다. 보다 바람직하게는 0.003
 중량% 이하로 포함될 수 있다.

30 기타 원소

전술한 원소 외에도 B, Mg, Zr, Cu 등의 불가피하게 혼입되는 불순물이 포함될 수 있다. 이들 원소는 미량이지만 강내 개재물 형성 등을 통한 자성 악화를 야기할 수 있으므로 B : 0.001 중량% 이하, Mg : 0.005 중량% 이하, Zr : 0.005 중량% 이하, Cu : 0.025 중량% 이하로 관리되어야 한다.

본 발명의 일 실시예에 의한 무방향성 전기강판은 전술한 것과 같이, 성분을 정밀하게 제어함으로써, 자성에 악영향을 미치는 결정 조직을 최소한으로 형성할 수 있다. 구체적으로 강판의 압연방향에 수직인 단면에 대하여 결정방위가 $\{111\}\langle uvw \rangle$ 로부터 15도 이내의 방위를 갖는 결정립을 20% 이하로 포함할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서 결정립의 함량은 강판의 단면을 EBSD로 측정할 시, 전체 면적에 대한 결정립의 면적 분율을 의미한다. EBSD는 전체 두께층이 포함되는 강판의 단면을 15mm^2 이상의 면적만큼 측정하여 방위분율을 계산하는 방법이다.

전술하였듯이, 성분을 정밀하게 제어함으로써, 자성이 우수하며 동시에 기계적 특성이 우수한 무방향성 전기강판을 얻을 수 있다.

먼저, 기계적 특성은 120°C 에서 인장시험하였을 때 얻어지는 $\text{YP}_{0.2}$ 가 20°C 에서 인장시험하였을 때 얻어지는 $\text{YP}_{0.2}$ 의 0.7배 이상이 될 수 있다. 이때, $\text{YP}_{0.2}$ 는 인장시험을 통해 얻어진 응력-변형률 그래프에서 0.2% 오프셋 항복강도를 의미한다. 120°C 에서 인장시험하였을 때 얻어지는 $\text{YP}_{0.2}$ 가 20°C 에서 인장시험하였을 때 얻어지는 $\text{YP}_{0.2}$ 의 0.7배 이상이 된다는 의미는 본 발명의 일 실시예의 무방향성 전기강판을 소재로 제작된 모터가 실제 작동하면서 120°C 까지 온도가 상승하여도 기존 대비 항복강도 저하율이 30% 미만으로 낮기 때문에, 실제 모터 작동 시에도 기계적 물성이 매우 우수함을 의미한다. 구체적으로 120°C 에서 인장시험하였을 때 얻어지는 $\text{YP}_{0.2}$ 가 250 내지 350MPa가 될 수 있고, 20°C 에서 인장시험하였을 때 얻어지는 $\text{YP}_{0.2}$ 가 330 내지 450 MPa가 될 수 있다.

다음으로 자성은 철손($W_{15/50}$)이 2.30W/kg 이하 이고, 자속밀도(B_{50})이 1.67T 이상일 수 있다. 더욱 구체적으로 철손($W_{15/50}$)은 2.0 내지 2.30W/kg이고, 자속밀도(B_{50})은 1.67 내지 1.70T가 될 수 있다.

본 발명의 일 실시예에 의한 무방향성 전기강판의 제조방법은
 중량 %로 Si: 2.0 내지 3.5%, Al: 0.05 내지 2.0%, Mn: 0.05 내지 2.0%,
 In: 0.0002 내지 0.003% 및 잔부는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하는
 슬라브를 가열하는 단계; 슬라브를 열간 압연하여 열연판을 제조하는 단계;
 5 열연판을 냉간압연하여 냉연판을 제조하는 단계 및 냉연판을 최종 소둔하는
 단계를 포함한다. 이하에서는 각 단계별로 구체적으로 설명한다.

먼저 슬라브를 가열한다. 슬라브 내의 각 조성의 첨가 비율을 한정하
 이유는 전술한 무방향성 전기강판의 조성 한정 이유와 동일하므로,
 반복되는 설명을 생략한다. 후술할 열간압연, 열연판 소둔, 냉간압연,
 10 최종소둔 등의 제조 과정에서 슬라브의 조성은 실질적으로 변동되지
 아니하므로, 슬라브의 조성과 무방향성 전기강판의 조성이 실질적으로
 동일하다.

슬라브를 가열로에 장입하여 1100 내지 1250℃로 가열 한다.
 1250℃를 초과하는 온도에서 가열시 석출물이 채용해되어 열간압연 이후
 15 미세하게 석출될 수 있다.

가열된 슬라브는 2 내지 2.3mm로 열간 압연하여 열연판으로 제조된다.
 열연판을 제조하는 단계에서 마무리온도는 800 내지 1000℃ 일 수 있다.

열연판을 제조하는 단계 이후, 열연판을 열연판 소둔하는 단계를 더
 포함할 수 있다. 이 때 열연판 소둔 온도는 850 내지 1150℃일 수 있다.
 20 열연판소둔 온도가 850℃ 미만이면 조직이 성장하지 않거나 미세하게
 성장하여 자속밀도의 상승 효과가 적으며, 소둔온도가 1150℃를 초과하면
 자기특성이 오히려 열화되고, 판형상의 변형으로 인해 압연작업성이 나빠질
 수 있다. 더욱 구체적으로 온도범위는 950 내지 1125℃일 수 있다. 더욱
 구체적으로 열연판의 소둔온도는 900 내지 1100℃이다. 열연판 소둔은
 25 필요에 따라 자성에 유리한 방위를 증가시키기 위하여 수행되는 것이며,
 생략도 가능하다.

다음으로, 열연판을 산세하고 소정의 판두께가 되도록 냉간 압연한다.
 열연판 두께에 따라 다르게 적용될 수 있으나, 70 내지 95%의 압하율을
 적용하여 최종두께가 0.2 내지 0.65mm가 되도록 냉간 압연하여 냉연판을
 30 제조 할 수 있다.

최종 냉간압연된 냉연판은 최종 소둔을 실시한다. 최종 소둔 온도는 750 내지 1050°C가 될 수 있다. 최종 소둔 온도가 너무 낮으면 재결정이 충분히 발생하지 못하고, 최종 소둔 온도가 너무 높으면 결정립의 급격한 성장이 발생하여 자속밀도와 고주파 철손이 열위해 질 수 있다. 더욱 구체적으로 900 내지 1000°C의 온도에서 최종 소둔할 수 있다. 최종 소둔 과정에서 전 단계인 냉간압연 단계에서 형성된 가공 조직이 모두(즉, 99% 이상) 재결정될 수 있다. 최종 소둔된 강판의 결정립은 평균 결정립경이 50 내지 150 μm 이 될 수 있다.

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

실시예

하기 표 1과 같이 조성되고, 잔부 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하는 슬라브를 제조하였다. 슬라브를 1140°C로 가열하고, 880°C의 마무리온도로 열간압연하여, 판두께 2.3mm의 열연판을 제조하였다. 열간압연된 열연판은 1030°C에서 100초간 열연판 소둔 후, 산세 및 냉간압연하여 두께를 0.35mm로 만들고 1000°C에서 110초간 최종 소둔을 시행하였다.

각 시편에 대한 자속밀도(B_{50}), 철손($W_{15/50}$), {111} 방위 분율(%)을 하기 표 2에 나타내었다. 자속밀도, 철손 등의 자기적 특성은 각각의 시편에 대해 너비 30mm \times 길이 305mm \times 매수 20매의 시편을 절단하여 Epstein tester로 측정된 값을 나타내었다. 이 때, B_{50} 은 5000A/m의 자기장에서 유도되는 자속밀도이고, $W_{15/50}$ 은 50Hz의 주파수로 1.5T의 자속밀도를 유지하였을 때의 철손을 의미한다.

{111} 방위분율은 시편의 전 두께층이 포함되는 압연수직방향 단면을 EBSD로 350 μm \times 5000 μm 의 면적과 2 μm 스텝간격을 적용하여 중첩되지 않도록 10회 측정하고 그 데이터들을 병합하여 오차범위 15도 이내의 {111}<uvw> 방위 분율을 계산한 결과이다.

항복강도는 인장시험을 통해 측정되었으며, 최종 시편을 JIS5호 규격에 맞추어 인장시험편을 제조하고 분당 20mm의 속도로 시편을 인장변형시키면서 값을 측정하였다. 120°C 인장시험은 시험기에 시편 장착

후 시편 주위에 가열챔버를 장착하여 120℃까지 도달하면 5분 대기 후에 분당 20mm의 동일한 변형 속도로 인장시험을 진행하였다.

【표 1】

시편번호	Si (%)	Al (%)	Mn (%)	In (%)	Bi (%)	C (%)	S (%)	N (%)	Ti (%)	Nb (%)	V (%)
A1	2.50	0.75	1.80	0	0	0.0024	0.0011	0.0013	0.0009	0.0016	0.0016
A2	2.50	0.75	1.80	0.0051	0.0720	0.0021	0.0012	0.0019	0.0010	0.0014	0.0014
A3	2.50	0.75	1.80	0.0005	0.0010	0.0023	0.0009	0.0012	0.0014	0.0011	0.0011
A4	2.50	0.75	1.80	0.0027	0.0410	0.0029	0.0013	0.0009	0.0013	0.0012	0.0012
B1	2.60	1.50	0.30	0	0	0.0023	0.0012	0.0015	0.0017	0.0014	0.0011
B2	2.60	1.50	0.30	0.0062	0.0560	0.0021	0.0011	0.0021	0.0017	0.0011	0.0011
B3	2.60	1.50	0.30	0.0019	0.0370	0.0024	0.0013	0.0017	0.0012	0.0013	0.0013
B4	2.60	1.50	0.30	0.0015	0.0079	0.0021	0.0019	0.0017	0.0014	0.0019	0.0009
C1	3.00	1.20	0.05	0.0021	0.0870	0.0021	0.0012	0.0019	0.0012	0.0014	0.0013
C2	3.00	1.20	0.05	0.0035	0.0340	0.0023	0.0014	0.0021	0.0017	0.0012	0.0012
C3	3.00	1.20	0.05	0.0008	0.0135	0.0024	0.0012	0.0022	0.0014	0.0011	0.0011
C4	3.00	1.20	0.05	0.0023	0.0290	0.0021	0.0010	0.0018	0.0014	0.0017	0.0007
D1	3.50	0.05	1.20	0	0.0310	0.0021	0.0014	0.0014	0.0014	0.0019	0.0009
D2	3.50	0.05	1.20	0.0017	0	0.0023	0.0011	0.0011	0.0013	0.0014	0.0014
D3	3.50	0.05	1.20	0.0012	0.0247	0.0024	0.0007	0.0018	0.0014	0.0019	0.0009
D4	3.50	0.05	1.20	0.0024	0.0036	0.0021	0.0009	0.0011	0.0013	0.0014	0.0014

5 【표 2】

시편번호	B ₅₀ (T)	W _{15/50} (W/kg)	{111} 방위 분율 (%)	YPO.2 at 20℃ [A] (MPa)	YPO.2 at 120℃ [B] (MPa)	B/A	비고
A1	1.64	2.43	23	340	230	0.68	비교예
A2	1.64	2.48	24	340	220	0.65	비교예
A3	1.67	2.17	17	340	270	0.79	발명예

A4	1.67	2.17	18	345	260	0.75	발명예
B1	1.66	2.41	23	350	225	0.64	비교예
B2	1.66	2.44	25	360	230	0.64	비교예
B3	1.68	2.15	16	355	260	0.73	발명예
B4	1.68	2.16	17	350	280	0.80	발명예
C1	1.66	2.42	25	395	270	0.68	비교예
C2	1.66	2.46	24	400	260	0.65	비교예
C3	1.68	2.17	18	400	310	0.78	발명예
C4	1.68	2.16	18	400	320	0.80	발명예
D1	1.65	2.45	26	430	280	0.65	비교예
D2	1.65	2.46	25	425	285	0.67	비교예
D3	1.68	2.16	18	425	340	0.80	발명예
D4	1.68	2.17	17	420	320	0.76	발명예

표 1 및 표 2에서 나타나듯이, 본 발명의 범위에 해당하는 A3, A4, B3, B4, C3, C4, D3, D4는 자기적 특성이 우수하고, {111} 방위 분율이 20% 이하였으며, B/A가 모두 0.7 이상을 만족하였다. 반면 In과 Bi의 함량이 본 발명의 범위를 벗어난 A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1, D2는 모두 자성이 불량하고, {111} 방위 분율이 20%를 초과하였으며, B/A가 0.7 미만으로 고온에서의 기계적 물성이 급격히 저하되는 것을 확인하였다.

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: 2.0 내지 3.5%, Al: 0.05 내지 2.0%, Mn: 0.05 내지 2.0%, In: 0.0002 내지 0.003% 및 잔부는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하는
5 무방향성 전기강판.

【청구항 2】

제1항에 있어서,
Bi를 0.0005 내지 0.05 중량% 더 포함하는 무방향성 전기강판.

【청구항 3】

10 제1항에 있어서,
C : 0.005 중량% 이하, S : 0.005 중량% 이하, N : 0.004 중량% 이하,
Ti : 0.004 중량% 이하, Nb : 0.004 중량% 이하 및 V : 0.004 중량% 이하
중 1종 이상을 더 포함하는 무방향성 전기강판.

【청구항 4】

15 제1항에 있어서,
B : 0.001 중량% 이하, Mg : 0.005 중량% 이하, Zr : 0.005 중량%
이하 및 Cu : 0.025 중량% 이하 중 1종 이상을 더 포함하는 무방향성
전기강판.

【청구항 5】

20 제1항에 있어서,
강판의 압연방향에 수직인 단면에 대하여 결정방위가
{111}<uvw>로부터 15도 이내의 방위를 갖는 결정립을 20% 이하 포함하는
무방향성 전기강판.

【청구항 6】

25 제1항에 있어서,
120℃에서 인장시험하였을 때 얻어지는 $Y_{P_{0.2}}$ 가 20℃에서
인장시험하였을 때 얻어지는 $Y_{P_{0.2}}$ 의 0.7배 이상인 무방향성 전기강판.

(상기 $Y_{P_{0.2}}$ 는 인장시험을 통해 얻어진 응력-변형률 그래프에서 0.2%
오프셋 항복강도를 의미한다.)

30 【청구항 7】

제1항에 있어서,
 철손($W_{15/50}$)이 2.30W/kg 이하 이고, 자속밀도(B_{50})이 1.67T 이상인
 무방향성 전기강판.

【청구항 8】

5 중량%로 Si: 2.0 내지 3.5%, Al: 0.05 내지 2.0%, Mn: 0.05 내지
 2.0%, In: 0.0002 내지 0.003% 및 잔부는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하는
 슬라브를 가열하는 단계;
 슬라브를 열간 압연하여 열연판을 제조하는 단계;
 상기 열연판을 냉간압연하여 냉연판을 제조하는 단계 및
 10 상기 냉연판을 최종 소둔하는 단계를 포함하는 무방향성 전기강판의
 제조방법.

【청구항 9】

 제8항에 있어서,
 상기 슬라브는 Bi를 0.0005 내지 0.05 중량% 더 포함하는 무방향성
 15 전기강판의 제조방법.

【청구항 10】

 제8항에 있어서,
 상기 슬라브는 C : 0.005 중량% 이하, S : 0.005 중량% 이하, N :
 0.004 중량% 이하, Ti : 0.004 중량% 이하, Nb : 0.004 중량% 이하 및 V :
 20 0.004 중량% 이하 중 1종 이상을 더 포함하는 무방향성 전기강판의
 제조방법.

【청구항 11】

 제8항에 있어서,
 B : 0.001 중량% 이하, Mg : 0.005 중량% 이하, Zr : 0.005 중량%
 25 이하 및 Cu : 0.025 중량% 이하 중 1종 이상을 더 포함하는 무방향성
 전기강판의 제조방법.

【청구항 12】

 제8항에 있어서,
 상기 열연판을 제조하는 단계 이후,
 30 상기 열연판을 열연판 소둔하는 단계를 더 포함하는 무방향성

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2017/015025

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C 38/02(2006.01)i, C22C 38/00(2006.01)i, C22C 38/06(2006.01)i, C22C 38/04(2006.01)i, C22C 38/14(2006.01)i, C22C 38/12(2006.01)i, C21D 8/12(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; C22C 38/34; C22C 38/00; C21D 8/12; C22C 38/16; C22C 38/06; C22C 38/04; C22C 38/14; C22C 38/12

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: non-oriented electrical steel sheet, Si, Al, Mn, In, Bi, C, S, N, Ti, Nb, V, B, Mg, Zr, Cu

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2014-168136 A1 (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) 16 October 2014 See paragraphs [0012], [0031], [0035].	1-12
A	KR 10-2009-0066288 A (NIPPON STEEL CORPORATION) 23 June 2009 See paragraphs [0005]-[0013].	1-12
A	JP 2010-174376 A (NIPPON STEEL CORP.) 12 August 2010 See paragraphs [0001]-[0011].	1-12
A	JP 2010-024509 A (NIPPON STEEL CORP.) 04 February 2010 See paragraphs [0009]-[0017].	1-12
A	JP 2005-344179 A (JFE STEEL K.K.) 15 December 2005 See paragraphs [0001]-[0015].	1-12



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/KR2017/015025

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date		
WO 2014-168136 A1	16/10/2014	CN 105121683 A	02/12/2015		
		CN 105121683 B	28/12/2016		
		EP 2985360 A1	17/02/2016		
		JP 05930120 B2	08/06/2016		
		KR 10-1719445 B1	23/03/2017		
		KR 10-2015-0119433 A	23/10/2015		
		TW 201446977 A	16/12/2014		
		TW 1531663 B	01/05/2016		
		US 2016-0273064 A1	22/09/2016		
		KR 10-2009-0066288 A	23/06/2009	BR P10717341 A2	14/01/2014
BR P10717341 B1	16/02/2016				
CN 101528385 A	09/09/2009				
CN 101528385 B	08/02/2012				
EP 2078572 A1	15/07/2009				
JP 04648910 B2	09/03/2011				
JP 2008-132534 A	12/06/2008				
RU 2400325 C1	27/09/2010				
US 2009-0250145 A1	08/10/2009				
US 8052811 B2	08/11/2011				
WO 2008-050597 A1	02/05/2008				
JP 2010-174376 A	12/08/2010			JP 04542306 B2	15/09/2010
				JP 05375678 B2	25/12/2013
		JP 2004-002954 A	08/01/2004		
JP 2010-024509 A	04/02/2010	JP 05146169 B2	20/02/2013		
JP 2005-344179 A	15/12/2005	JP 04341476 B2	07/10/2009		

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 38/04(2006.01)i, C22C 38/14(2006.01)i, C22C 38/12(2006.01)i, C21D 8/12(2006.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) C22C 38/02; C22C 38/34; C22C 38/00; C21D 8/12; C22C 38/16; C22C 38/06; C22C 38/04; C22C 38/14; C22C 38/12 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: 무방향성 전기장판, Si, Al, Mn, In, Bi, C, S, N, Ti, Nb, V, B, Mg, Zr, Cu		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	WO 2014-168136 A1 (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) 2014.10.16 단락 [0012], [0031], [0035] 참조.	1-12
A	KR 10-2009-0066288 A (신닛뽀세이테쯔 카부시키카이샤) 2009.06.23 단락 [0005]-[0013] 참조.	1-12
A	JP 2010-174376 A (NIPPON STEEL CORP.) 2010.08.12 단락 [0001]-[0011] 참조.	1-12
A	JP 2010-024509 A (NIPPON STEEL CORP.) 2010.02.04 단락 [0009]-[0017] 참조.	1-12
A	JP 2005-344179 A (JFE STEEL K.K.) 2005.12.15 단락 [0001]-[0015] 참조.	1-12
<input type="checkbox"/> 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. <input checked="" type="checkbox"/> 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 노지명 전화번호 +82-42-481-8528	

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
WO 2014-168136 A1	2014/10/16	CN 105121683 A CN 105121683 B EP 2985360 A1 JP 05930120 B2 KR 10-1719445 B1 KR 10-2015-0119433 A TW 201446977 A TW I531663 B US 2016-0273064 A1	2015/12/02 2016/12/28 2016/02/17 2016/06/08 2017/03/23 2015/10/23 2014/12/16 2016/05/01 2016/09/22
KR 10-2009-0066288 A	2009/06/23	BR PI0717341 A2 BR PI0717341 B1 CN 101528385 A CN 101528385 B EP 2078572 A1 JP 04648910 B2 JP 2008-132534 A RU 2400325 C1 US 2009-0250145 A1 US 8052811 B2 WO 2008-050597 A1	2014/01/14 2016/02/16 2009/09/09 2012/02/08 2009/07/15 2011/03/09 2008/06/12 2010/09/27 2009/10/08 2011/11/08 2008/05/02
JP 2010-174376 A	2010/08/12	JP 04542306 B2 JP 05375678 B2 JP 2004-002954 A	2010/09/15 2013/12/25 2004/01/08
JP 2010-024509 A	2010/02/04	JP 05146169 B2	2013/02/20
JP 2005-344179 A	2005/12/15	JP 04341476 B2	2009/10/07