

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구  
국제사무국

(43) 국제공개일  
2020년 3월 26일 (26.03.2020)



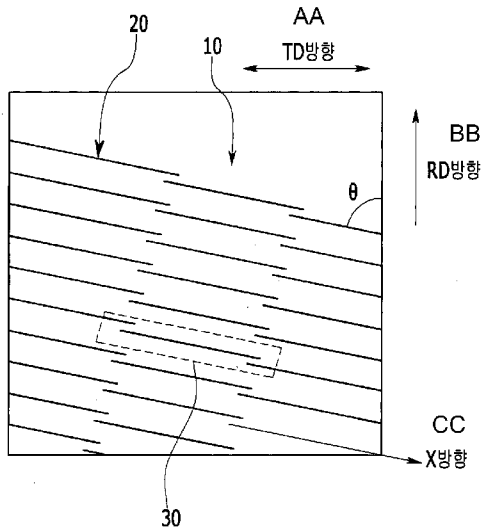
(10) 국제공개번호  
WO 2020/059999 A1

- (51) 국제특허분류: *H01F 41/02* (2006.01) *C21D 8/12* (2006.01)  
*B23K 26/352* (2014.01) *B23K 103/04* (2006.01)  
*H01F 1/14* (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2019/006220
- (22) 국제출원일: 2019년 5월 23일 (23.05.2019)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2018-0114110 2018년 9월 21일 (21.09.2018) KR
- (71) 출원인: 주식회사 포스코 (POSCO) [KR/KR]; 37859 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동), Gyeongsangbuk-do (KR).
- (72) 발명자: 박세민 (PARK, Se-Min); 37859 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동), Gyeongsangbuk-do (KR). 홍성철 (HONG, Seong-Cheol); 37859 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동), Gyeongsangbuk-do (KR). 박현철 (PARK, Hyun-Chul); 37859 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동), Gyeongsangbuk-do (KR). 강정문 (KANG, Jung-Moon); 37859 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동), 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

(54) Title: GRAIN-ORIENTED ELECTRICAL STEEL SHEET AND MAGNETIC DOMAIN REFINEMENT METHOD THEREOF

(54) 발명의 명칭: 방향성 전기강판 및 그 자구미세화 방법

【도 1】



AA ... TD direction  
BB ... RD direction  
CC ... X direction

(57) Abstract: A grain-oriented electrical steel sheet according to an embodiment of the present invention comprises a linear groove formed on one surface or both surfaces of an electrical steel sheet in the direction intersecting the rolling direction. The groove comprises a gradient section (GS) and a uniform section (US) on a cross section including the transverse direction of the groove and the rolling surface normal direction of a steel sheet, wherein the length of the gradient section (GS) and the length of the uniform section (US) satisfy the following equation 1, [Equation 1]  $0.1 \leq [GSL] / [USL] \leq 0.5$ . In equation 1, [GSL] denotes the length (mm) of the gradient section and [USL] denotes the length (mm) of the uniform section.

(57) 요약서: 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판은 전기강판의 일면 또는 양면에, 압연방향과 교차하는 방향으로 형성된 선상의 그루브를 포함하고, 그루브는 그루브의 길이 방향 및 강판의 압연면 법선 방향을 포함하는 단면에서, 경사부 및 평탄부를 포함하고, 경사부(GS)의 길이 및 평탄부(US)의 길이가 하기식 1을 만족한다. [식 1]  $0.1 \leq [GSL] / [USL] \leq 0.5$  식 1에서 [GSL]는 경사부의 길이(mm)를 나타내고, [USL]는 평탄부의 길이(mm)를 나타낸다.

WO 2020/059999 A1

럼 (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).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

【명세서】

【발명의 명칭】

방향성 전기강판 및 그 자구미세화 방법

【기술분야】

5           방향성 전기강판 및 그 자구미세화 방법에 관한 것이다. 더욱 구체적으로 강판에 형성되는 그루브의 형상을 조절한 방향성 전기강판 및 그 자구미세화 방법에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

          방향성전기강판은 변압기 등의 전자기제품의 철심재료로 사용되기 때문에  
10           기기의 전력손실을 줄임으로써 에너지 변환효율을 향상시키기 위해서는 철심소재의 철손이 우수하고 적층 및 권취시 점적율이 높은 강판이 요구된다.

          방향성 전기강판은 열연, 냉연 및 소둔공정을 통해 2차재결정된 결정립이 압연방향으로 {110}<001> 방향으로 배향된 집합조직(일명 "Goss Texture" 라고도 함)을 갖는 기능성 강판을 말한다.

15           방향성 전기강판의 철손을 낮추는 방법으로서, 자구미세화 방법이 알려져 있다. 즉 자구를 스크레치나 에너지적 충격을 주어서 방향성 전기강판이 가지고 있는 큰 자구의 크기를 미세화 시키는 것이다. 이 경우 자구가 자화되고 그 방향이 바뀔 때 에너지적 소모량을 자구의 크기가 컸을 때 보다 줄일 수 있게 된다. 자구미세화 방법으로는 열처리 후에도 개선효과 유지되는  
20           영구자구미세화와 그렇지 않은 일시자구미세화가 있다.

          회복 (Recovery)이 나타나는 열처리 온도 이상의 응력완화열처리 후에도 철손개선 효과를 나타내는 영구자구미세화 방법은 에칭법, 롤법 및 레이저법으로 구분할 수 있다. 에칭법은 용액 내 선택적인 전기화학반응으로 강판 표면에  
25           홈(그루브, groove)을 형성시키기 때문에 홈 형상을 제어하기 어렵고, 최종 제품의 철손특성을 폭 방향으로 균일하게 확보하는 것이 어렵다. 더불어, 용매로 사용하는 산용액으로 인해 환경친화적이지 못한 단점을 갖고 있다.

          롤에 의한 영구자구미세화방법은 롤에 돌기모양을 가공하여 롤이나 판을 가압함으로써 판 표면에 일정한 폭과 깊이를 갖는 홈을 형성한 후 소둔함으로써  
30           홈 하부의 재결정을 부분적으로 발생시키는 철손 개선효과를 나타내는 자구미세화기술이다. 롤법은 기계가공에 대한 안정성, 두께에 따른 안정적인

철손 확보를 얻기 힘든 신뢰성 및 프로세스가 복잡하며, 흠 형성 직후(응력완화소둔전) 철손과 자속밀도 특성이 열화되는 단점을 갖고 있다.

레이저에 의한 영구 자구미세화 방법은 고출력의 레이저를 고속으로 이동하는 전기강판 표면부에 조사하고 레이저 조사에 의해 기지부의 용융을 수반하는 그루브(groove)를 형성시키는 방법을 사용한다. 단점으로는 일정 깊이 이상의 그루브를 형성했을 경우 쇳가루가 다량 발생하여 일부 고착화되고 일부 분진으로 날아가며 일부는 가루로 철판에 떨어져 표면 결함을 유발한다는 점이다. 그루브 깊이가 증가할수록 철손이 감소하지만, 자유면이 그루브가 없을 때에 비해서 넓어지기 때문에 자속밀도 즉 단위 면적당 지나가는 자력선의 양이 줄어든다. 즉, 에너지 전달량이 기존에 비해서 줄어들게 된다. 철손 감소를 통한 에너지 효율이 늘어날지라도 일정 이상으로 자속밀도가 감소할 경우 변압기로서의 효율성을 잃게 되는 문제가 발생한다.

【발명의 내용】

15 【해결하고자 하는 과제】

방향성 전기강판 및 그 자구미세화 방법을 제공한다. 구체적으로, 강판에 형성되는 그루브의 형상을 조절하여 철손을 개선함과 동시에 자속밀도의 열화를 억제한 방향성 전기강판 및 그 자구미세화 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

【과제의 해결 수단】

20 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판은 전기강판의 일면 또는 양면에, 압연방향과 교차하는 방향으로 형성된 선상의 그루브를 포함하고, 그루브는 그루브의 길이 방향 및 강판의 압연면 법선 방향을 포함하는 단면에서, 경사부 및 평탄부를 포함하고, 경사부(GS)의 길이 및 평탄부(US)의 길이가 하기 식 1을 만족한다.

25 [식 1]

$$0.1 \leq [GSL]/[USL] \leq 0.5$$

식 1에서 [GSL]는 경사부의 길이(mm)를 나타내고, [USL]는 평탄부의 길이(mm)를 나타낸다.

경사부는 그루브의 길이 방향 및 강판의 압연면 법선 방향을 포함하는 단면에서, 그루브 및 강판의 경계 지점의 좌측 1mm 및 우측 1mm의 직선을 연결한 가상의 선과 강판 표면이 이루는 각도가 30 내지 90°인 부분을 의미하고,

평탄부는 가상의 선과 강판 표면이 이루는 각도가 0° 이상 및 30° 미만인 부분을 의미한다.

경사부(GS)의 길이는 15 내지 100mm일 수 있다.

평탄부(US)의 길이는 100 내지 250mm일 수 있다.

5 강판 표면과 경사부가 이루는 평균 각도( $\theta_{GA}$ )는 25 내지 50° 일 수 있다.

강판 표면과 평탄부가 이루는 평균 각도는 0 내지 10° 일 수 있다.

그루브의 깊이는 3 내지 30 $\mu$ m일 수 있다.

그루브의 길이 방향과 강판의 압연 방향은 75 내지 88° 의 각도를 이룰 수 있다.

10 그루브와 1mm 이하의 범위에서, 강판의 폭 방향에 대하여, 100 $\mu$ m당 힐업의 개수가 3 이상일 수 있다.

그루브의 하부에 형성된 응고합금층을 포함하고, 응고합금층은 평균 입경이 1 내지 10 $\mu$ m인 재결정을 포함할 수 있다.

15 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판은 전기강판의 일면 또는 양면에, 압연방향과 교차하는 방향으로 형성된 선상의 그루브를 포함하고, 그루브는 그루브의 길이 방향 및 강판의 압연면 법선 방향을 포함하는 단면에서, 경사부 및 평탄부를 포함하고, 경사부(GS)의 폭 및 평탄부(US)의 폭이 하기 식 2를 만족한다.

[식 2]

20  $1.5 \leq [GSW]/[USW] \leq 2.0$

식 2에서 [GSW]는 경사부의 폭( $\mu$ m)를 나타내고, [USW]는 평탄부의 폭( $\mu$ m)를 나타낸다.

25 경사부는 그루브의 길이 방향 및 강판의 압연면 법선 방향을 포함하는 단면에서, 그루브 및 강판의 경계 지점의 좌측 1mm 및 우측 1mm의 직선을 연결한 가상의 선과 강판 표면이 이루는 각도가 30 내지 90° 인 부분을 의미하고, 평탄부는 가상의 선과 강판 표면이 이루는 각도가 0° 이상 및 30° 미만인 부분을 의미한다.

평탄부(US)의 폭은 10 내지 100 $\mu$ m일 수 있다.

경사부(GS)의 폭은 50 내지 150 $\mu$ m일 수 있다.

30 그루브 길이 방향과 경사부가 이루는 평균 각도는 25 내지 50° 일 수 있다.

그루브 길이 방향과 평탄부가 이루는 평균 각도는 0 내지 5° 일 수 있다.

본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판의 자구 미세화 방법은 방향성 전기강판을 준비하는 단계; 및 방향성 전기강판의 일면에, 압연방향과 교차하는 방향으로 레이저를 조사하여, 그루브를 형성하는 단계를 포함하고, 그루브를 형성하는 단계는 경사부를 형성하는 단계 및 평탄부를 형성하는 단계를 포함하고, 경사부를 형성하는 단계는 평균 에너지 밀도가 0.05 내지 0.5J/mm<sup>2</sup>인 레이저를 조사하고, 평탄부를 형성하는 단계는 평균 에너지 밀도가 0.5J/mm<sup>2</sup> 초과 내지 5 J/mm<sup>2</sup>인 레이저를 조사한다.

경사부(GS)의 길이 및 평탄부(US)의 길이가 하기 식 1을 만족한다.

[식 1]

10  $0.1 \leq [GSL]/[USL] \leq 0.5$

식 1에서 [GSL]는 경사부의 길이(mm)를 나타내고, [USL]는 평탄부의 길이(mm)를 나타낸다.

경사부를 형성하는 단계에서 그루브의 단부로부터 경사부 및 평탄부의 경계부로 갈수록 레이저의 에너지 밀도가 증가할 수 있다.

15 경사부를 형성하는 단계에서 레이저의 에너지 밀도는 그루브의 단부로부터 경사부 및 평탄부의 경계부로 갈수록 1mm 당 0.01 내지 0.08 J/mm<sup>2</sup>의 범위로 증가할 수 있다.

레이저 빔의 형상은 폭 10 내지 200 $\mu$ m, 길이 300 내지 5000 $\mu$ m일 수 있다.

20 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판의 자구 미세화 방법은 방향성 전기강판을 준비하는 단계; 및 방향성 전기강판의 일면에, 압연방향과 교차하는 방향으로 레이저를 조사하여, 그루브를 형성하는 단계를 포함하고, 그루브를 형성하는 단계는 경사부를 형성하는 단계 및 평탄부를 형성하는 단계를 포함하고, 경사부를 형성하는 단계는 레이저의 평균 초점 깊이가 150 $\mu$ m 초과 내지 500 $\mu$ m이고, 평탄부를 형성하는 단계는 레이저의 평균 초점 깊이가 0 내지 25 150 $\mu$ m 이다.

경사부를 형성하는 단계에서 그루브의 단부로부터 경사부 및 평탄부의 경계부로 갈수록 레이저의 초점 깊이가 감소할 수 있다.

30 경사부를 형성하는 단계에서 레이저의 초점 깊이는 그루브의 단부로부터 경사부 및 평탄부의 경계부로 갈수록 1mm 당 1 내지 10 $\mu$ m의 범위로 감소할 수 있다.

【발명의 효과】

본 발명의 일 구현예에 따르면, 그루브의 형상을 적절히 제어함으로써, 철손을 개선함과 동시에 자속밀도의 열화를 억제할 수 있다.

【도면의 간단한 설명】

5        도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판의 압연면(ND면)의 모식도이다.

      도 2는 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판의 ND방향-X방향 면의 모식도이다.

      도 3은 도 2에서 경사부의 부분 확대도이다.

10        도 4는 도 2에서 평탄부의 부분 확대도이다.

      도 5는 강판 표면과 경사부가 이루는 평균 각도( $\theta_{GA}$ )를 나타낸 도면이다.

      도 6은 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판의 압연면(ND면)의 모식도이다.

15        도 7은 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판의 압연면(ND면)의 모식도이다.

      도 8은 조사 위치와 레이저 에너지 밀도의 관계를 나타낸 그래프이다.

      도 9은 조사 위치와 레이저 초점 깊이의 관계를 나타낸 그래프이다.

【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】

20        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 제1 부분, 성분, 영역, 층 또는 섹션은 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 범위 내에서 제2 부분, 성분, 영역, 층 또는 섹션으로 언급될 수 있다.

25        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  
30        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.

5 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.

10 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.

15 도 1에서는 본 발명의 일 실시예에 의해 자구미세화된 방향성 전기강판(10)의 모식도를 나타낸다.

도 1에서 나타나듯이, 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판(10)은 전기강판(10)의 일면 또는 양면에, 압연방향(RD방향)과 교차하는 방향으로 형성된 선상의 그루브(20)를 포함한다.

20 도 1에서 나타나듯이, 선상의 그루브는 압연 수직 방향(TD방향, 강판 폭 방향)을 따라 2 내지 10개 단속적으로 형성될 수 있다. 도 1은 선상의 그루브는 압연 수직 방향(TD방향, 강판 폭 방향)을 따라 3개 단속적으로 형성된 경우를 나타낸다.

25 도 1에 나타나듯이, 그루브의 길이 방향(X방향)과 강판의 압연 방향(RD방향)은 75 내지 88°의 각도( $\theta$ )를 이룰 수 있다. 전술한 각도를 형성할 시, 방향성 전기강판의 철손을 개선하는 데에 기여할 수 있다.

30 도 1에 도시되지는 아니하였으나, 그루브와 1mm 이하의 범위에서, 강판의 폭 방향에 대하여, 100 $\mu$ m당 힐업의 개수가 3 이상 형성될 수 있다. 이는 본 발명의 일 실시예에서 그루브가 레이저 조사를 통해 형성되는 것에 기인하는 것이다. 그루브와 1mm이하의 범위란 압연면(ND면)에 대하여, 압연

방향(RD방향)으로 상 및 하로 1mm 이하의 범위를 의미한다. 힐업의 개수는 힐업의 높이가 1 $\mu$ m 이상이고, 직경이 1 $\mu$ m 이상인 힐업을 그 대상으로 한다. 힐업의 개수가 적절히 형성되어 있을 시, 방향성 전기강판을 적층할 때에, 방향성 전기강판 간의 밀착성을 향상시키는 데에 기여할 수 있다.

5           도 1에 도시되지는 아니하였으나, 그루브의 하부에 형성된 응고합금층을 포함하고, 응고합금층은 평균 입경이 1 내지 10 $\mu$ m인 재결정을 포함할 수 있다. 이는 본 발명의 일 실시예에서 그루브가 레이저 조사를 통해 형성되는 것에 기인하는 것이다. 응고합금층 및 응고합금층 내의 재결정이 적절히 형성되어 있을 시, 방향성 전기강판의 철손을 개선하는 데에 기여할 수 있다.

10           도 2는 도 1의 30으로 표시한 부분을 확대한 도면으로서, 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판의 ND방향-X방향 면의 모식도를 나타낸다.

          도 2에서 나타나듯이, 그루브는 그루브의 길이 방향 및 강판의 압연면 법선 방향을 포함하는 단면에서, 경사부(GS) 및 평탄부(US)를 포함한다.

15           경사부(GS)는 그루브의 길이 방향(X방향) 및 강판의 압연면 법선 방향(ND방향)을 포함하는 단면에서, 그루브 및 강판의 경계 지점의 좌측 1mm 및 우측 1mm의 직선을 연결한 가상의 선과 강판 표면이 이루는 각도( $\theta_G$ )가 30 내지 90° 인 부분을 의미하고, 평탄부는 가상의 선과 강판 표면이 이루는 각도( $\theta_U$ )가 0° 이상 및 30° 미만인 부분을 의미한다.

20           도 3에서는 경사부(GS)의 부분 확대도를 나타낸다. 도 3에서 나타나듯이, 그루브 및 강판의 경계 지점의 좌측 1mm 및 우측 1mm의 직선을 연결한 가상의 선과 강판 표면이 이루는 각도( $\theta_G$ )가 30 내지 90° 가 된다. 그루브의 양 단부에서 1mm 미만으로 떨어진 부분의 경우, 전술한 경사부(GS) 및 평탄부(US)의 정의에 의해 구분이 불가능하며, 경사부(GS)에 해당하는 것으로 본다.

25           도 4에서는 평탄부(US)의 부분 확대도를 나타낸다. 도 4에서 나타나듯이, 그루브 및 강판의 경계 지점의 좌측 1mm 및 우측 1mm의 직선을 연결한 가상의 선과 강판 표면이 이루는 각도( $\theta_U$ )가 0° 이상 및 30° 미만이 된다. 평탄부(US)의 양 단부는 경사부(GS)와 맞닿아 있으며, 평탄부(US) 및 경사부(GS)가 맞닿는 부분을 경계부라 한다.

30           본 발명의 일 실시예에서는 평탄부(US)의 길이 및 경사부(GS)의 길이간의 관계를 제어함으로써, 철손을 개선함과 동시에 자속밀도의 열화를 억제할 수 있다. 레이저를 여러 대 사용하여 그루브를 형성할 경우, “U” 자 형과 같이,

경사부(GS)가 거의 형성되지 않고, 평탄부(US)만이 형성되게 된다. 그러나, 이와 같이 경사부(GS) 없이 평탄부(US)만을 형성할 경우, 그루브 깊이에 의해 자속밀도가 열화되는 문제가 발생한다. 본 발명의 일 실시예에서는 경사부의 길이 및 평탄부의 길이가 하기 식 1을 만족하게 형성함으로써, 철손을 개선함과 동시에 자속밀도의 열화를 억제할 수 있다.

[식 1]

$$0.1 \leq [GSL]/[USL] \leq 0.5$$

(식 1에서 [GSL]는 경사부의 길이(mm)를 나타내고, [USL]는 평탄부의 길이(mm)를 나타낸다.)

식 1의 값이 너무 작은 경우, 즉, 경사부를 상대적으로 적절히 확보하지 못한 경우, 전술하였듯이, 그루브 깊이에 의해 자속밀도가 열화되는 문제가 발생할 수 있다. 식 1의 값이 너무 클 경우, 즉, 경사부가 상대적으로 너무 길게 형성된 경우, 전체적인 그루브 깊이를 확보할 수 없어, 철손 개선이 부족해 질 수 있다. 더욱 구체적으로 식 1 값이 0.2 내지 0.4가 될 수 있다.

도 2에서 나타나듯이, 경사부 또는 평탄부가 연속적으로 이어지지 않고, 단절되는 것도 가능하며, 이 경우, 경사부의 길이 또는 평탄부의 길이는 그루브 내의 모든 경사부 또는 평탄부 길이의 합을 의미한다.

경사부(GS)의 길이는 15 내지 100mm일 수 있다. 경사부(GS)의 길이가 너무 짧을 경우, 그루브 깊이에 의해 자속밀도가 열화되는 문제가 발생할 수 있다. 경사부(GS)의 길이가 너무 길 경우, 전체적인 그루브 깊이를 확보할 수 없어, 철손 개선이 부족해 질 수 있다. 더욱 구체적으로 경사부(GS)의 길이는 30 내지 75mm일 수 있다.

평탄부(US)의 길이는 100 내지 250mm일 수 있다. 평탄부(US)의 길이가 너무 짧을 경우, 전체적인 그루브 깊이를 확보할 수 없어, 철손 개선이 부족해 질 수 있다. 평탄부(US)의 길이가 너무 길 경우, 그루브 깊이에 의해 자속밀도가 열화되는 문제가 발생할 수 있다. 더욱 구체적으로 경사부(GS)의 길이는 150 내지 200mm일 수 있다.

강판 표면과 경사부가 이루는 평균 각도( $\theta_{GA}$ )는 25 내지 50° 일 수 있다. 이 때, 강판 표면과 경사부가 이루는 평균 각도( $\theta_{GA}$ )란 경사부의 양 단부를 통과하는 가상의 선과 강판 표면이 이루는 각도( $\theta_{GA}$ )를 의미한다. 더욱 구체적으로 그루브 단부 및 경사부 및 평탄부의 경계부를 통과하는 가상의 선과

강판 표면이 이루는 각도( $\theta_{GA}$ )를 의미한다. 도 5에서는 이에 대해 설명되어 있다. 경사부가 복수개 형성된 경우, 복수개의 경사부 각각에 대한 평균 각도( $\theta_{GA}$ )가 25 내지 50° 일 수 있다.

5 강판 표면과 평탄부가 이루는 평균 각도는 0 내지 10° 일 수 있다. 이 때, 강판 표면과 평탄부가 이루는 평균 각도란 평탄부의 양 단부를 통과하는 가상의 선과 강판 표면이 이루는 각도를 의미한다. 더욱 구체적으로 경사부 및 평탄부의 양 경계부를 통과하는 가상의 선과 강판 표면이 이루는 각도를 의미한다. 평탄부가 복수개 형성된 경우, 복수개의 평탄부 각각에 대한 평균 각도가 0 내지 10° 일 수 있다.

10 그루브의 깊이( $G_D$ )는 3 내지 30 $\mu$ m일 수 있다. 그루브의 깊이( $G_D$ )에 대해서는 도 2에 설명되어 있다, 그루브 내에서, 강판의 표면과 ND 방향으로 가장 먼 길이를 의미한다. 그루브의 깊이( $G_D$ )가 너무 얇으면, 철손 개선 효율이 떨어질 수 있다. 반대로 그루브의 깊이( $G_D$ )가 너무 깊으면, 자속밀도가 크게 열화될 수 있다.

15 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판은 전기강판의 일면 또는 양면에, 압연방향과 교차하는 방향으로 형성된 선상의 그루브를 포함하고, 그루브는 그루브의 길이 방향 및 강판의 압연면 법선 방향을 포함하는 단면에서, 경사부 및 평탄부를 포함하고, 경사부(GS)의 폭 및 평탄부(US)의 폭이 하기 식 2를 만족한다.

[식 2]

$$1.5 \leq [GSW] / [USW] \leq 2.0$$

식 2에서 [GSW]는 경사부의 폭( $\mu$ m)를 나타내고, [USW]는 평탄부의 폭( $\mu$ m)를 나타낸다.

25 이처럼 경사부의 폭을 평탄부의 폭에 비해 길게 함으로써, 철손을 개선함과 동시에 자속밀도의 열화를 억제할 수 있다. 경사부의 폭이란, 압연면(ND면)에 대하여, 경사부 중 그루브를 형성하는 선의 간격이 가장 먼 부분의 길이를 의미한다.

30 도 6에서는 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판의 압연면(ND면)의 모식도를 나타내었다. 도 6에서 경사부(GS)의 폭 및 평탄부(US)의 폭이 표시되어 있다. 도 6에서는 경사부(GS)의 폭이 그루브

단부에서의 그루브 폭으로 표시되어 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

식 2 값이 너무 적거나, 너무 큰 경우, 철손 및 자속밀도 면에서 열화될 수 있다. 더욱 구체적으로 식 2 값은 1.65 내지 1.85가 될 수 있다.

5 평탄부(US)의 폭은 10 내지 100 $\mu\text{m}$ 일 수 있다. 평탄부의 폭이 너무 작거나 큰 경우, 전술한 식 2 값을 만족하기 어렵고, 철손 및 자속밀도 면에서 열화될 수 있다. 더욱 구체적으로 평탄부(US)의 폭은 30 내지 70 $\mu\text{m}$ 일 수 있다.

경사부(GS)의 폭은 50 내지 150 $\mu\text{m}$ 일 수 있다. 평탄부의 폭이 너무 작거나 큰 경우, 전술한 식 2 값을 만족하기 어렵고, 철손 및 자속밀도 면에서 열화될 수 있다. 더욱 구체적으로 경사부(GS)의 폭은 80 내지 100 $\mu\text{m}$ 일 수 있다.

10 그루브 길이 방향(X방향)과 경사부가 이루는 평균 각도( $\theta_{GB}$ )는 25 내지 50° 일 수 있다. 그루브 길이 방향과 경사부가 이루는 평균 각도( $\theta_{GB}$ )란 경사부의 양 단부를 통과하는 가상의 선과 그루브 길이 방향이 이루는 각도( $\theta_{GB}$ )를 의미한다. 더욱 구체적으로 그루브 단부 및 경사부 및 평탄부의 경계부를 통과하는 가상의 선과 그루브 길이 방향이 이루는 각도( $\theta_{GB}$ )를  
15 의미한다. 도 7에서는 이에 대해 설명되어 있다. 경사부가 복수개 형성된 경우, 복수개의 경사부 각각에 대한 평균 각도( $\theta_{GB}$ )가 25 내지 50° 일 수 있다.

그루브 길이 방향(X방향)과 평탄부가 이루는 평균 각도는 0 내지 5° 일 수 있다. 이 때, 그루브 길이 방향과 평탄부가 이루는 평균 각도란 평탄부의 양 단부를 통과하는 가상의 선과 강판 표면이 이루는 각도를 의미한다. 더욱  
20 구체적으로 경사부 및 평탄부의 양 경계부를 통과하는 가상의 선과 그루브 길이 방향이 이루는 각도를 의미한다. 평탄부가 복수개 형성된 경우, 복수개의 평탄부 각각에 대한 평균 각각이 0 내지 5° 일 수 있다.

본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판의 자구 미세화 방법은  
25 방향성 전기강판(10)을 준비하는 단계; 및 방향성 전기강판의 일면에, 압연방향과 교차하는 방향으로 레이저를 조사하여, 그루브를 형성하는 단계를 포함한다.

먼저 방향성 전기강판(10)을 준비한다. 본 발명의 일 실시예에서는 자구미세화 방법 및 형성되는 그루브(20)의 형상에 그 특징이 있는 것으로서,  
30 자구미세화의 대상이 되는 방향성 전기강판은 제한 없이 사용할 수 있다. 특히, 방향성 전기강판의 합금 조성과는 관계 없이 본 발명의 효과가 발현된다. 따라서,

방향성 전기강판의 합금 조성에 대한 구체적인 설명은 생략하기로 한다.

본 발명의 일 실시예에서 방향성 전기강판은 슬라브로부터 열간 압연 및 냉간 압연을 통해 소정의 두께로 압연된 방향성 전기강판을 사용할 수 있다. 또는 냉간 압연 후, 최종 소둔 과정에서 베이스 코팅층이 형성된 방향성 전기강판, 베이스 코팅층 상에 절연 피막층이 더 형성된 방향성 전기강판을 사용하는 것도 가능하다.

전술하였듯이, 본 발명의 일 실시예에서는 그루브의 형상을 제어함으로써, 철손을 개선함과 동시에 자속밀도의 열화를 억제하고자 한다. 그 구체적인 방법으로서, 방향성 전기강판의 일면에, 압연방향과 교차하는 방향으로 레이저를 조사하여, 그루브를 형성하는 단계를 포함하고, 그루브를 형성하는 단계는 경사부를 형성하는 단계 및 평탄부를 형성하는 단계를 포함한다. 경사부 및 평탄부를 형성할 시, 레이저의 에너지 밀도를 다르게 조절함으로써, 경사부 및 평탄부를 전술한 형상으로 형성할 수 있다. 경사부 및 평탄부의 형상에 대해서는 전술한 설명과 동일하므로, 중복되는 설명은 생략한다.

구체적으로 경사부를 형성하는 단계는 평균 에너지 밀도가 0.05 내지 0.5J/mm<sup>2</sup>인 레이저를 조사하고, 평탄부를 형성하는 단계는 평균 에너지 밀도가 0.5J/mm<sup>2</sup> 초과 내지 5J/mm<sup>2</sup>인 레이저를 조사한다. 도 2에서 예시되어 있듯이, 경사부를 형성하는 단계 또는 평탄부를 형성하는 단계는 2회 이상 복수회 포함할 수 있다. 도 2에서는 경사부를 형성하는 단계, 평탄부를 형성하는 단계, 및 경사부를 형성하는 단계로 진행된 경우이다.

경사부를 형성하는 단계는 평균 에너지 밀도가 0.05 내지 0.5J/mm<sup>2</sup>인 레이저를 조사할 수 있다. 에너지 밀도가 너무 낮거나 높은 경우, 적절한 경사부가 형성되지 않게 된다. 더욱 구체적으로 경사부를 형성하는 단계는 평균 에너지 밀도가 0.1 내지 0.3J/mm<sup>2</sup>인 레이저를 조사할 수 있다.

평탄부를 형성하는 단계는 평균 에너지 밀도가 0.5J/mm<sup>2</sup> 초과 내지 5J/mm<sup>2</sup>인 레이저를 조사할 수 있다. 에너지 밀도가 너무 낮거나 높은 경우, 적절한 평탄부가 형성되지 않게 된다. 더욱 구체적으로 평탄부를 형성하는 단계는 평균 에너지 밀도가 1 내지 3J/mm<sup>2</sup>인 레이저를 조사할 수 있다.

도 8에서는 조사 위치와 레이저 에너지 밀도의 관계를 나타낸 그래프를 도시하였다. 도 8에 나타나듯이, 경사부를 형성하는 단계에서 그루브의 단부로부터 경사부 및 평탄부의 경계부로 갈수록 레이저의 에너지 밀도가 증가할

수 있다. 더욱 구체적으로 경사부를 형성하는 단계에서 레이저의 에너지 밀도는 그루브의 단부로부터 경사부 및 평탄부의 경계부로 갈수록 1mm 당(GSL) 0.01 내지 0.08 J/mm<sup>2</sup>의 범위로 증가할 수 있다.

- 5            증가도가 너무 작을 경우, 경사부의 길이가 상대적으로 길어지는 문제가 발생할 수 있다. 증가도가 너무 클 경우, 경사부의 길이가 상대적으로 짧아지는 문제가 발생할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서 평균 에너지 밀도란 경사부 또는 평탄부의 길이에 대한 에너지 밀도의 평균을 의미한다.

10           레이저 빔의 형상은 폭 10 내지 200 $\mu$ m, 길이 300 내지 5000 $\mu$ m일 수 있다. 레이저 빔의 폭 및 길이를 적절히 제어함으로써, 적절한 형상의 그루브를 형성할 수 있다. 레이저 빔의 형상은 타원형이며, 길이는 그루브 길이 방향으로의 타원의 장축, 폭은 길이 방향과 수직한 방향의 타원의 단축을 의미한다.

15           전술하였듯이, 본 발명의 일 실시예에서는 그루브의 형상을 제어함으로써, 철손을 개선함과 동시에 자속밀도의 열화를 억제하고자 한다. 그 구체적인 방법으로서, 방향성 전기강판의 일면에, 압연방향과 교차하는 방향으로 레이저를 조사하여, 그루브를 형성하는 단계를 포함하고, 그루브를 형성하는 단계는 경사부를 형성하는 단계 및 평탄부를 형성하는 단계를 포함한다. 경사부 및 평탄부를 형성할 시, 레이저의 초점 깊이를 다르게 조절함으로써, 경사부 및  
20           평탄부를 전술한 형상으로 형성할 수 있다. 경사부 및 평탄부의 형상에 대해서는 전술한 설명과 동일하므로, 중복되는 설명은 생략한다.

25           구체적으로 경사부를 형성하는 단계는 평균 초점 깊이가 150 $\mu$ m 초과 내지 500 $\mu$ m인 레이저를 조사하고, 평탄부를 형성하는 단계는 평균 초점 깊이가 0 내지 150 $\mu$ m인 레이저를 조사한다. 도 2에서 예시되어 있듯이, 경사부를 형성하는 단계 또는 평탄부를 형성하는 단계는 2회 이상 복수회 포함할 수 있다. 도 2에서는 경사부를 형성하는 단계, 평탄부를 형성하는 단계, 및 경사부를 형성하는 단계로 진행된 경우이다.

30           초점 깊이란 레이저의 초점과 방향성 전기강판 표면과의 거리를 의미한다. 초점 깊이가 0에 가까울수록 초점이 방향성 전기강판 표면에 정확히 맺히는 것을 의미한다. 레이저 초점은 방향성 전기강판 내부에 형성될 수 있고 또는 방향성 전기강판 외부에 형성되는 것도 가능하다.

경사부를 형성하는 단계는 평균 초점 깊이가 150 $\mu$ m 초과 내지 500 $\mu$ m인 레이저를 조사할 수 있다. 평균 초점 깊이가 너무 낮거나 높은 경우, 적절한 경사부가 형성되지 않게 된다. 더욱 구체적으로 경사부를 형성하는 단계는 초점 깊이가 200 내지 500 $\mu$ m 인 레이저를 조사할 수 있다.

5            평탄부를 형성하는 단계는 초점 깊이가 0 내지 150 $\mu$ m 인 레이저를 조사할 수 있다. 초점 깊이가 너무 높은 경우, 적절한 평탄부가 형성되지 않게 된다. 더욱 구체적으로 평탄부를 형성하는 단계는 초점 깊이가 50 내지 130 $\mu$ m 인 레이저를 조사할 수 있다.

          도 9에서는 조사 위치와 초점 깊이의 관계를 나타낸 그래프를 도시하였다.  
 10            도 9에 나타나듯이, 경사부를 형성하는 단계에서 그루브의 단부로부터 경사부 및 평탄부의 경계부로 갈수록 레이저의 초점 깊이가 감소할 수 있다. 더욱 구체적으로 경사부를 형성하는 단계에서 레이저의 초점 깊이는 그루브의 단부로부터 경사부 및 평탄부의 경계부로 갈수록 1mm 당(GSL) 1 내지 10 $\mu$ m의 범위로 감소할 수 있다.

15            감소 폭이 너무 작거나 클 경우, 적절한 형상의 경사부가 형성되지 못하는 문제가 발생할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서 평균 초점 깊이란 경사부 또는 평탄부의 길이에 대한 초점 깊이의 평균을 의미한다.

          레이저 빔의 형상은 폭 10 내지 200 $\mu$ m, 길이 300 내지 5000 $\mu$ m일 수 있다. 레이저 빔의 폭 및 길이를 적절히 제어함으로써, 적절한 형상의 그루브를 형성할  
 20            수 있다. 레이저 빔의 형상은 타원형이며, 길이는 그루브 길이 방향으로의 타원의 장축, 폭은 길이 방향과 수직한 방향의 타원의 단축을 의미한다.

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

**실험예 1 : 경사부 및 평탄부의 길이 제어**

          냉간압연한 두께 0.20mm의 방향성 전기강판을 준비하였다. 이 전기강판의 일면에 Fiber 연속화 레이저를 사용, copper 미러를 이용해서 레이저를 조사하여,  
 30            그루브를 형성하였다. 이 때, 레이저 빔의 폭(W)는 25 $\mu$ m이고, 레이저 빔의 길이(L)는 400 $\mu$ m이다. 그루브의 깊이(D<sub>G</sub>)는 10 $\mu$ m였다.

레이저의 에너지 밀도를 경사부의 평균 에너지 밀도를 0.107J/mm<sup>2</sup> 평탄부의 평균 에너지 밀도를 1.07J/mm<sup>2</sup>으로 조절하여 경사부 및 평탄부를 형성하였으며, 경사부 형성 시에는 평균 에너지 밀도를 점점 증가시켜 형성하였다. 또한, 경사부 및 평탄부의 길이를 각각 다르게 제어하였다. 표 1에 이를 정리하였다.

하기 표 1에 철손 개선율 및 자속밀도 열화율을 표시하였다. 철손 개선율은 레이저를 조사하여 그루브를 형성하기 전의 전기강판의 철손(W<sub>1</sub>)과 레이저를 조사하여 그루브를 형성한 후 철손(W<sub>2</sub>)을 측정하여 (W<sub>1</sub> - W<sub>2</sub>)/W<sub>1</sub>으로 계산하였다. 철손은 자속밀도의 값이 1.7 Telsa 일 때 주파수가 50Hz인 경우의 철손 값(W<sub>17/50</sub>)으로 측정하였다. 자속밀도 감소율은 레이저를 조사하여 그루브를 형성하기 전의 전기강판의 자속밀도(B<sub>1</sub>)과 레이저를 조사하여 그루브를 형성한 후 자속밀도(B<sub>2</sub>)을 측정하여 (B<sub>1</sub> - B<sub>2</sub>)/B<sub>1</sub>으로 계산하였다. 자속밀도는 800A/m에서의 자속밀도(B<sub>8</sub>)을 측정하였다.

【표 1】

	경사부 에너지 밀도 증가도(J/mm <sup>2</sup> / 1mm당)	USL (mm)	GSL (mm)	[GSL]/[USL]	철손 개선율 (%)	자속밀도 감소율(%)
실시예1	0.0594	180	18	0.1	10.1	4.23
실시예2	0.0297	180	36	0.2	10.2	3.42
실시예3	0.0198	180	54	0.3	10.4	2.23
실시예4	0.0149	180	72	0.4	10.2	2.64
실시예5	0.0119	180	90	0.5	8.6	2.28
비교예1	0.0099	180	108	0.6	5.2	2.32
비교예2	0.0085	180	126	0.7	5.4	2.43
비교예3	0.0074	180	144	0.8	3.3	2.24
비교예4	0.0973	180	11	0.06	10.5	5.63
비교예5	0.2675	180	4	0.02	10.3	5.44

표 1에서 나타나듯이, 경사부 및 평탄부의 길이를 제어함으로써, 철손 및 자속밀도를 최적화할 수 있음을 확인할 수 있다.

반면, 경사부 및 평탄부의 길이를 적절히 제어하지 못한 경우, 철손 개선을 또는 자속밀도 감소율 면에서 본 발명의 일 실시예에 비해, 열위함을 5 확인할 수 있다.

**실험예 2 : 경사부 및 평탄부의 폭 제어**

냉간압연한 두께 0.20mm의 방향성 전기강판을 준비하였다. 이 전기강판의 일면에 Fiber 연속화 레이저를 사용, copper 미러를 이용해서 레이저를 조사하여, 10 그루브를 형성하였다. 이 때, 레이저 빔의 폭(W)는 25 $\mu$ m이고, 레이저 빔의 길이(L)는 400 $\mu$ m이다. 그루브의 깊이(D<sub>G</sub>)는 10 $\mu$ m였다.

레이저의 에너지 밀도를 상기 실시예 5와 동일하게 조절하여 경사부 및 평탄부를 형성하였으며, 경사부의 길이를 90mm 및 평탄부의 길이를 180mm로 제어하였다. 동시에 레이저의 초점 깊이를 평탄부 형성시에는 125 $\mu$ m로 15 고정하였고, 경사부 형성시에는 하기 표 2와 같이 평균 초점 깊이를 조절하고, 감소 폭을 조절하여, 경사부 및 평탄부의 폭을 각각 다르게 제어하였다. 표 2에 이를 정리하였다.

전술한 것과 동일한 방법으로 철손 및 자속밀도를 측정하여 하기 표 2에 정리하였다.

20 **【표 2】**

	경사부 평균 초점 깊이( $\mu$ m)	경사부 초점 깊이 감소 폭( $\mu$ m/ 1mm당)	USW ( $\mu$ m)	GSW ( $\mu$ m)	[GSW]/[USW]	철손 개선을 (%)	자속밀도 감소율(%)
실시예 5	125	0	50	50	1	8.6	2.28
실시예 6	250	2.78	50	75	1.5	9.2	2.38
실시예 7	300	3.89	50	87.5	1.75	10.4	2.36
실시예 8	400	6.11	50	100	2	10.3	2.42
실시예 9	75	-1.11	50	25	0.5	8.4	3.56
실시예 10	100	-0.56	50	37.5	0.75	8.3	4.45

실시예 12	600	10.56	50	125	2.5	8.5	3.83
실시예 13	750	13.89	50	150	3	8.3	4.32

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.

#### 【부호의 설명】

- 10: 방향성 전기강판  
 20 : 그루브  
 30 : 그루브 확대 부분

**【특허청구범위】**

**【청구항 1】**

전기강판의 일면 또는 양면에, 압연방향과 교차하는 방향으로 형성된 선상의 그루브를 포함하고, 상기 그루브는 그루브의 길이 방향 및 강판의 압연면  
5 법선 방향을 포함하는 단면에서, 경사부(GS) 및 평탄부(US)를 포함하고, 경사부의 길이 및 평탄부의 길이가 하기 식 1을 만족하는 방향성 전기강판.

[식 1]

$$0.1 \leq [GSL] / [USL] \leq 0.5$$

(식 1에서 [GSL]는 경사부의 길이(mm)를 나타내고, [USL]는 평탄부의  
10 길이(mm)를 나타낸다.

경사부는 그루브의 길이 방향 및 강판의 압연면 법선 방향을 포함하는 단면에서, 그루브 및 강판의 경계 지점의 좌측 1mm 및 우측 1mm의 직선을 연결한 가상의 선과 강판 표면이 이루는 각도가 30 내지 90° 인 부분을 의미하고, 평탄부는 가상의 선과 강판 표면이 이루는 각도가 0° 이상 및 30° 미만인 부분을  
15 의미한다.)

**【청구항 2】**

제1항에 있어서,  
상기 경사부(GS)의 길이는 15 내지 100mm인 방향성 전기강판.

**【청구항 3】**

20 제1항에 있어서,  
상기 평탄부(US)의 길이는 100 내지 250mm인 방향성 전기강판.

**【청구항 4】**

제1항에 있어서,  
상기 강판 표면과 상기 경사부가 이루는 평균 각도( $\theta_{GA}$ )는 25 내지 50° 인  
25 방향성 전기강판.

**【청구항 5】**

제1항에 있어서,  
상기 강판 표면과 상기 평탄부가 이루는 평균 각도는 0 내지 15° 인  
방향성 전기강판.

30 **【청구항 6】**

제1항에 있어서,

상기 그루브의 깊이는 3 내지 30 $\mu$ m인 방향성 전기강판.

【청구항 7】

제1항에 있어서,

5       상기 그루브의 길이 방향과 상기 강판의 압연 방향은 75 내지 88°의  
각도를 이루는 방향성 전기강판.

【청구항 8】

제1항에 있어서,

10       그루브와 1mm 이하의 범위에서, 강판의 폭 방향에 대하여, 100 $\mu$ m당  
회절의 개수가 3 이상인 방향성 전기강판.

10   【청구항 9】

제1항에 있어서,

      상기 그루브의 하부에 형성된 응고합금층을 포함하고, 상기 응고합금층은  
평균 입경이 1 내지 10 $\mu$ m인 재결정을 포함하는 방향성 전기강판.

【청구항 10】

15   제1항에 있어서,

      상기 경사부(GS)의 폭 및 평탄부(US)의 폭이 하기 식 2를 만족하는 방향성  
전기강판.

[식 2]

$$1.5 \leq [GSW]/[USW] \leq 2.0$$

20   (식 2에서 [GSW]는 경사부의 폭( $\mu$ m)를 나타내고, [USW]는 평탄부의  
폭( $\mu$ m)를 나타낸다.)

【청구항 11】

제1항에 있어서,

      상기 평탄부(US)의 폭은 10 내지 100 $\mu$ m인 방향성 전기강판.

25   【청구항 12】

제1항에 있어서,

      상기 경사부(GS)의 폭은 50 내지 150 $\mu$ m인 방향성 전기강판.

【청구항 13】

제1항에 있어서,

30   상기 그루브 길이 방향과 경사부가 이루는 평균 각도는 25 내지 50°인  
방향성 전기강판.

【청구항 14】

제1항에 있어서,  
 상기 그루브 길이 방향과 평탄부가 이루는 평균 각도는 0 내지 5° 인  
 방향성 전기강판.

5. 【청구항 15】

방향성 전기강판을 준비하는 단계; 및  
 상기 방향성 전기강판의 일면에, 압연방향과 교차하는 방향으로 레이저를  
 조사하여, 그루브를 형성하는 단계를 포함하고,

상기 그루브를 형성하는 단계는 경사부를 형성하는 단계 및 평탄부를  
 10 형성하는 단계를 포함하고,

상기 경사부를 형성하는 단계는 평균 에너지 밀도가 0.05 내지 0.5J/mm<sup>2</sup>인  
 레이저를 조사하고, 상기 평탄부를 형성하는 단계는 평균 에너지 밀도가  
 0.5J/mm<sup>2</sup> 초과 내지 5J/mm<sup>2</sup>인 레이저를 조사하고,

상기 경사부 및 상기 평탄부의 길이는 하기 식 1을 만족하는 방향성  
 15 전기강판의 자구 미세화 방법.

[식 1]

$$0.1 \leq [GSL]/[USL] \leq 0.5$$

(식 1에서 [GSL]는 경사부의 길이(mm)를 나타내고, [USL]는 평탄부의  
 길이(mm)를 나타낸다.)

20 【청구항 16】

제15항에 있어서,  
 상기 경사부를 형성하는 단계에서 그루브의 단부로부터 경사부 및  
 평탄부의 경계부로 갈수록 레이저의 에너지 밀도가 증가하는 방향성 전기강판의  
 자구미세화 방법.

25 【청구항 17】

제16항에 있어서,  
 상기 경사부를 형성하는 단계에서 레이저의 에너지 밀도는 그루브의  
 단부로부터 경사부 및 평탄부의 경계부로 갈수록 1mm 당 0.01 내지 0.08 J/mm<sup>2</sup>의  
 범위로 증가하는 방향성 전기강판의 자구미세화 방법.

30 【청구항 18】

제15항에 있어서,

상기 레이저 빔의 형상은 폭 10 내지 200 $\mu\text{m}$ , 길이 300 내지 5000 $\mu\text{m}$ 인 방향성 전기강판의 자구미세화 방법.

【청구항 19】

제15항에 있어서,

- 5           상기 경사부를 형성하는 단계는 레이저의 초점 깊이가 150 $\mu\text{m}$  초과 내지 500 $\mu\text{m}$ 이고, 상기 평탄부를 형성하는 단계는 레이저의 초점 깊이가 0 내지 150 $\mu\text{m}$ 인 방향성 전기강판의 자구 미세화 방법.

【청구항 20】

제19항에 있어서,

- 10          상기 경사부를 형성하는 단계에서 그루브의 단부로부터 경사부 및 평탄부의 경계부로 갈수록 레이저의 초점 깊이가 감소하는 방향성 전기강판의 자구미세화 방법.

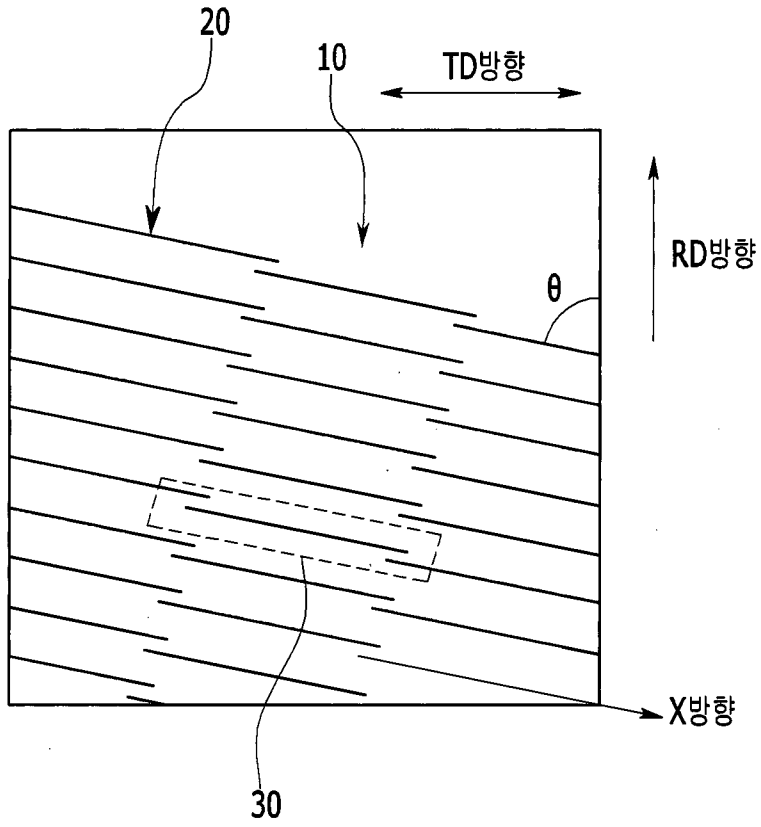
【청구항 21】

제20항에 있어서,

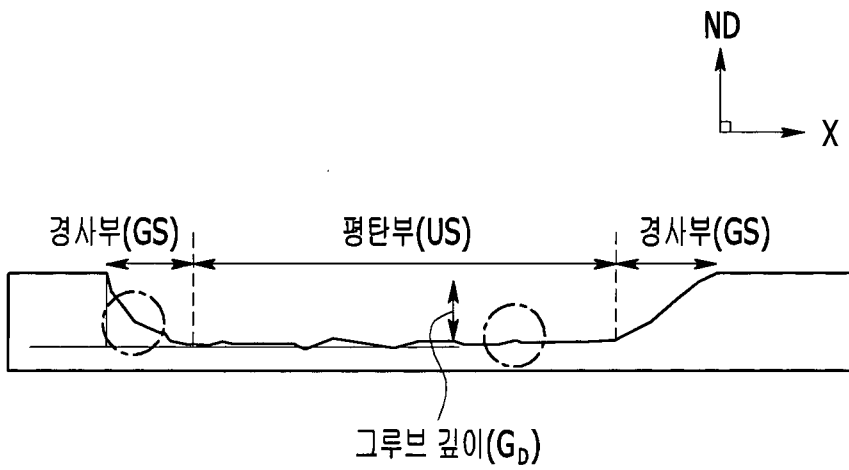
- 15          상기 경사부를 형성하는 단계에서 레이저의 초점 깊이는 그루브의 단부로부터 경사부 및 평탄부의 경계부로 갈수록 1mm 당 1 내지 10 $\mu\text{m}$ 의 범위로 감소하는 방향성 전기강판의 자구미세화 방법.

【도면】

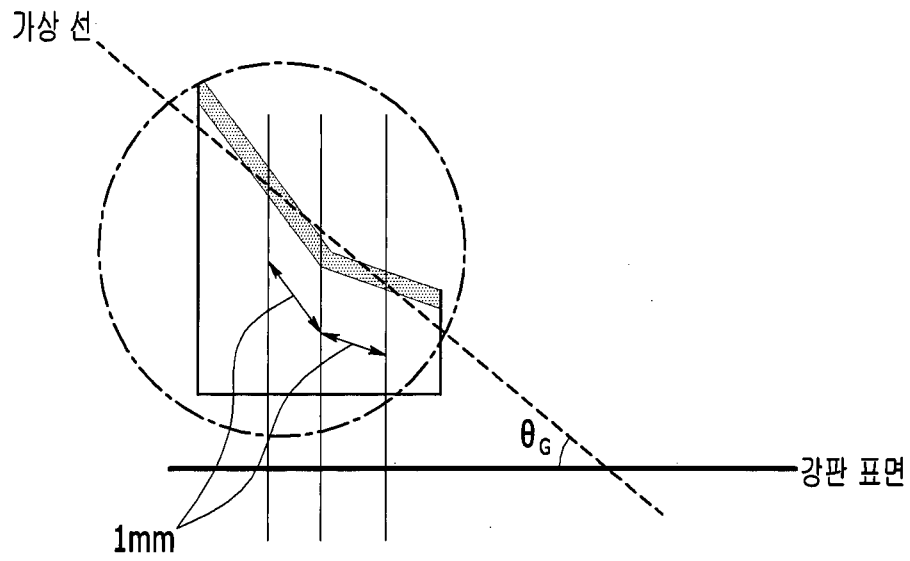
【도 1】



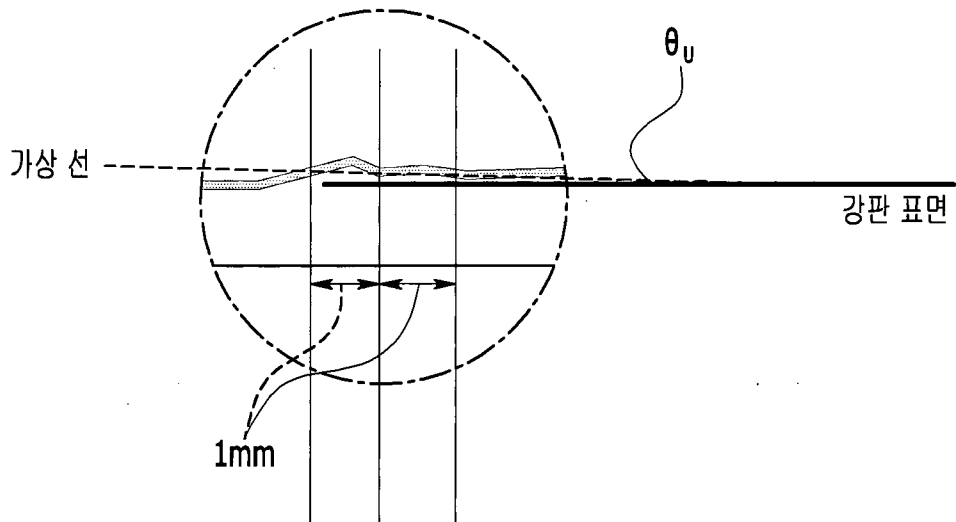
【도 2】



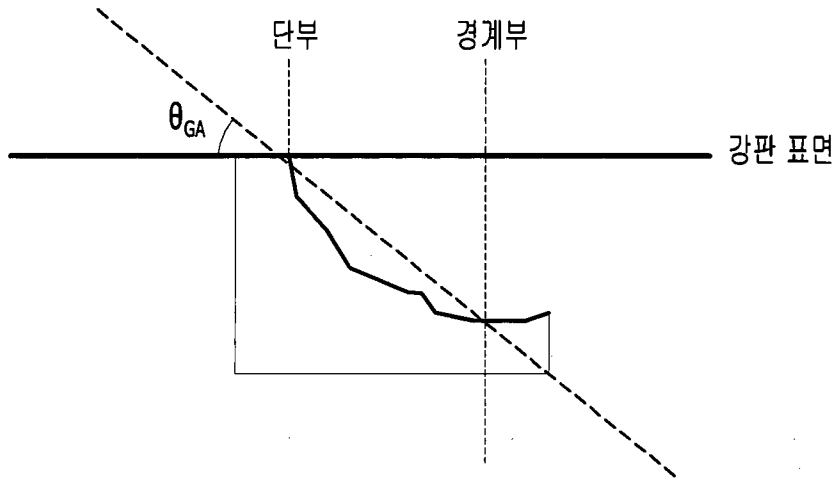
【도 3】



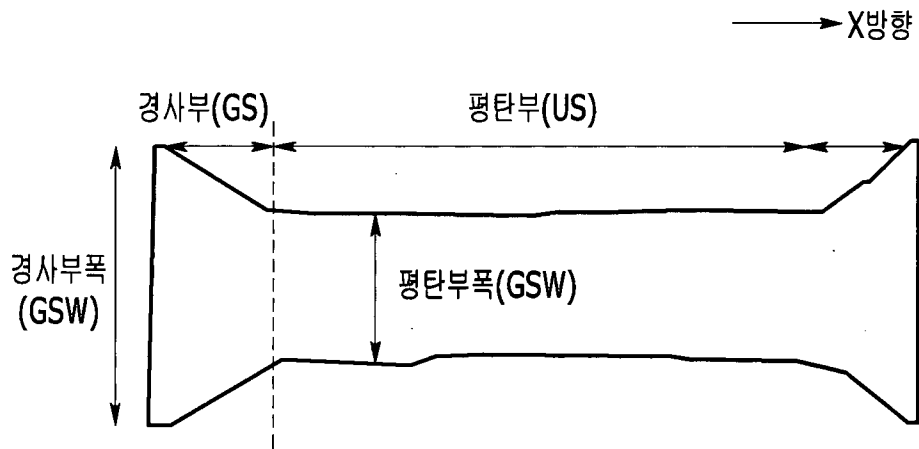
【도 4】



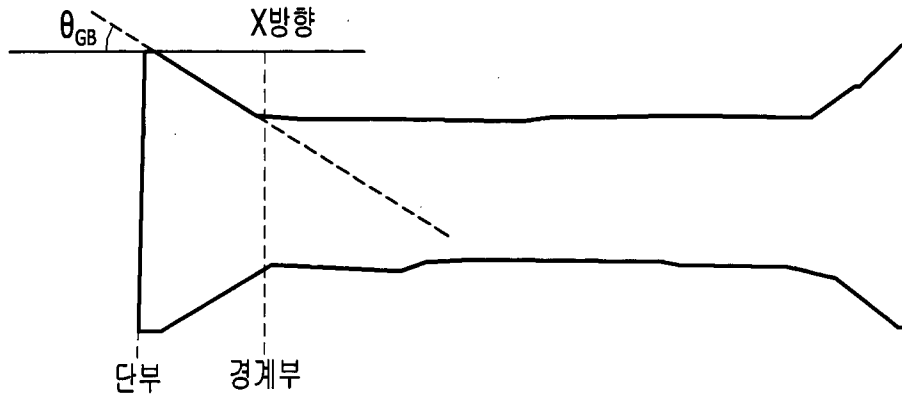
【도 5】



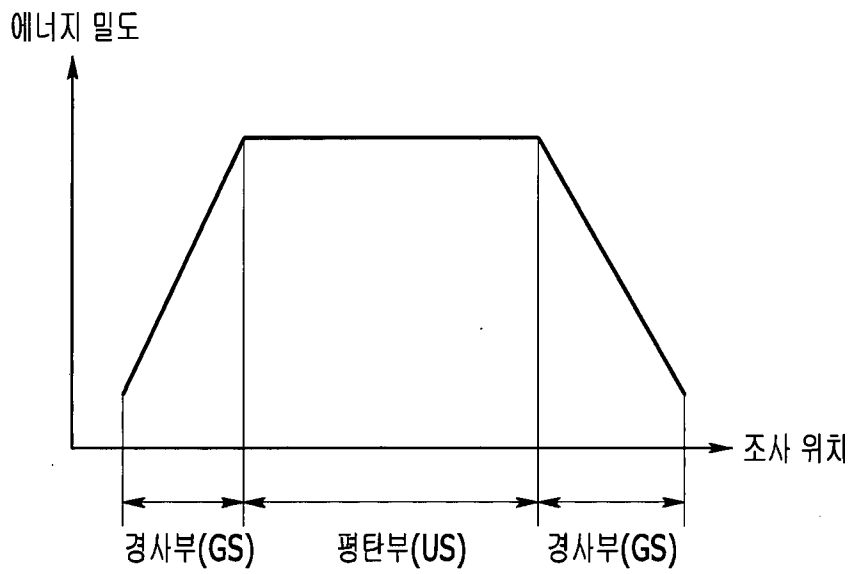
【도 6】



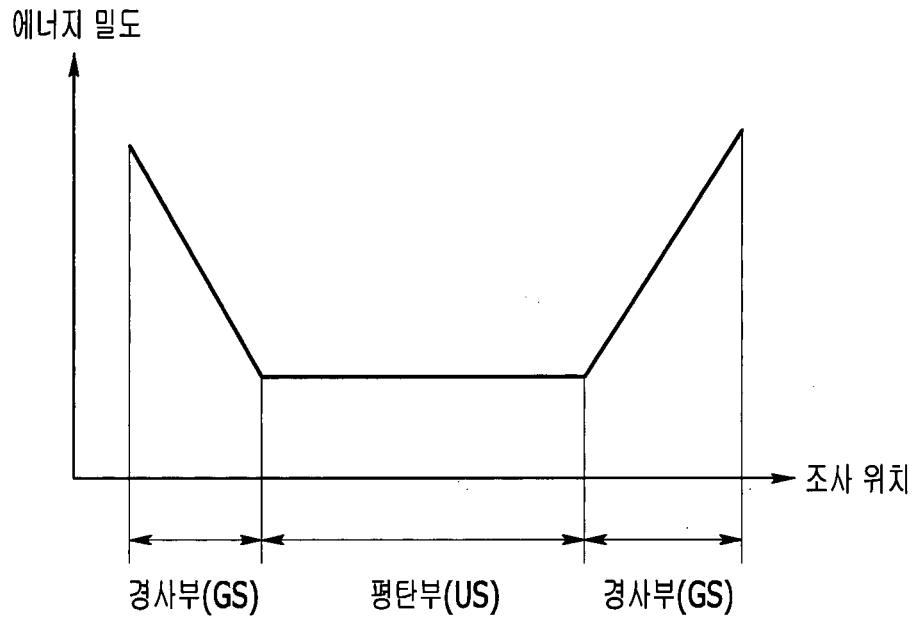
【도 7】



【도 8】



【도 9】



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2019/006220

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

*H01F 41/02(2006.01)i, B23K 26/352(2014.01)i, H01F 1/14(2006.01)i, C21D 8/12(2006.01)i, B23K 103/04(2006.01)n*

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)

H01F 41/02; B23K 26/00; C21D 10/00; C21D 7/02; C21D 8/12; C22C 38/02; H01F 1/147; B23K 26/352; B23K 103/04

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) &amp; Keywords: steel sheet, width, length, refining

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KR 10-2017-0100006 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) 01 September 2017 See paragraphs [0038]-[0106], claim 1 and figures 1-13.	1-7,11,13-18
Y		8-9,19-21
A		10,12
Y	KR 10-2018-0073306 A (POSCO) 02 July 2018 See paragraph [0052], claim 1 and figures 1-2.	8-9
Y	KR 10-2013-0128214 A (POSCO) 26 November 2013 See paragraphs [0050]-[0059] and figure 3.	19-21
A	KR 10-2009-0093487 A (JC VIGTOOLS CO., LTD. et al.) 02 September 2009 See paragraphs [0039]-[0090] and figures 2-8.	1-21
A	US 2014-0360629 A1 (JFE STEEL CORPORATION) 11 December 2014 See paragraphs [0054]-[0068] and figures 1-6.	1-21

 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

"&amp;" document member of the same patent family


Date of the actual completion of the international search

29 AUGUST 2019 (29.08.2019)

Date of mailing of the international search report

29 AUGUST 2019 (29.08.2019)

Name and mailing address of the ISA/KR


 Korean Intellectual Property Office  
 Government Complex Daejeon Building 4, 189, Cheongsa-ro, Seo-gu,  
 Daejeon, 35208, 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/KR2019/006220**

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2017-0100006 A	01/09/2017	BR 112017016967 A2	03/04/2018
		CN 107208223 A	26/09/2017
		CN 107208223 B	01/01/2019
		EP 3287537 A1	28/02/2018
		EP 3287537 A4	03/10/2018
		JP 6418322 B2	07/11/2018
		KR 10-1962055 B1	25/03/2019
		RU 2682267 C1	18/03/2019
		US 2018-0043474 A1	15/02/2018
		WO 2016-171117 A1	27/10/2016
		KR 10-2018-0073306 A	02/07/2018
WO 2018-117641 A1	28/06/2018		
KR 10-2013-0128214 A	26/11/2013	KR 10-1440597 B1	17/09/2014
KR 10-2009-0093487 A	02/09/2009	None	
US 2014-0360629 A1	11/12/2014	CN 104024457 A	03/09/2014
		CN 104024457 B	07/11/2017
		CN 107012303 A	04/08/2017
		EP 2799579 A1	05/11/2014
		EP 2799579 A4	12/08/2015
		EP 2799579 B1	20/06/2018
		EP 3037568 A1	29/06/2016
		EP 3037568 B1	27/03/2019
		JP 6157360 B2	05/07/2017
		KR 10-1570017 B1	17/11/2015
		KR 10-2014-0111276 A	18/09/2014
		RU 2014-131030 A	20/02/2016
		RU 2576282 C2	27/02/2016
		WO 2013-099272 A1	04/07/2013
WO 2013-099272 A8	30/05/2014		

**A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))**  
**H01F 41/02(2006.01)i, B23K 26/352(2014.01)i, H01F 1/14(2006.01)i, C21D 8/12(2006.01)i, B23K 103/04(2006.01)n**

**B. 조사된 분야**

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)  
 H01F 41/02; B23K 26/00; C21D 10/00; C21D 7/02; C21D 8/12; C22C 38/02; H01F 1/147; B23K 26/352; B23K 103/04

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: 강판(steel sheet), 폭(width), 길이(length), 미세화(refining)

**C. 관련 문헌**

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	KR 10-2017-0100006 A (신닛테츠스미킨 카부시키카이사) 2017.09.01 단락 [0038]-[0106], 청구항 1 및 도면 1-13 참조.	1-7, 11, 13-18
Y		8-9, 19-21
A		10, 12
Y	KR 10-2018-0073306 A (주식회사 포스코) 2018.07.02 단락 [0052], 청구항 1 및 도면 1-2 참조.	8-9
Y	KR 10-2013-0128214 A (주식회사 포스코) 2013.11.26 단락 [0050]-[0059] 및 도면 3 참조.	19-21
A	KR 10-2009-0093487 A ((주)제이씨빅툴즈 등) 2009.09.02 단락 [0039]-[0090] 및 도면 2-8 참조.	1-21
A	US 2014-0360629 A1 (JFE STEEL CORPORATION) 2014.12.11 단락 [0054]-[0068] 및 도면 1-6 참조.	1-21

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 2019년 08월 29일 (29.08.2019)	국제조사보고서 발송일 2019년 08월 29일 (29.08.2019)
--	---

ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578	심사관 장기정 전화번호 +82-42-481-8364
---	------------------------------------



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2017-0100006 A	2017/09/01	BR 112017016967 A2 CN 107208223 A CN 107208223 B EP 3287537 A1 EP 3287537 A4 JP 6418322 B2 KR 10-1962055 B1 RU 2682267 C1 US 2018-0043474 A1 WO 2016-171117 A1	2018/04/03 2017/09/26 2019/01/01 2018/02/28 2018/10/03 2018/11/07 2019/03/25 2019/03/18 2018/02/15 2016/10/27
KR 10-2018-0073306 A	2018/07/02	KR 10-1884429 B1 WO 2018-117641 A1	2018/08/01 2018/06/28
KR 10-2013-0128214 A	2013/11/26	KR 10-1440597 B1	2014/09/17
KR 10-2009-0093487 A	2009/09/02	없음	
US 2014-0360629 A1	2014/12/11	CN 104024457 A CN 104024457 B CN 107012303 A EP 2799579 A1 EP 2799579 A4 EP 2799579 B1 EP 3037568 A1 EP 3037568 B1 JP 6157360 B2 KR 10-1570017 B1 KR 10-2014-0111276 A RU 2014-131030 A RU 2576282 C2 WO 2013-099272 A1 WO 2013-099272 A8	2014/09/03 2017/11/07 2017/08/04 2014/11/05 2015/08/12 2018/06/20 2016/06/29 2019/03/27 2017/07/05 2015/11/17 2014/09/18 2016/02/20 2016/02/27 2013/07/04 2014/05/30