

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구  
국제사무국

(43) 국제공개일

2019년 7월 4일 (04.07.2019)



(10) 국제공개번호

WO 2019/132361 A1

- (51) 국제특허분류:  
C22C 38/60 (2006.01) C22C 38/12 (2006.01)  
C22C 38/02 (2006.01) C22C 38/34 (2006.01)  
C22C 38/04 (2006.01) C21D 8/12 (2006.01)  
C22C 38/16 (2006.01) C21D 9/46 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2018/016038
- (22) 국제출원일: 2018년 12월 17일 (17.12.2018)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:  
10-2017-0179926 2017년 12월 26일 (26.12.2017) KR
- (71) 출원인: 주식회사 포스코 (POSCO) [KR/KR]: 37859  
경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동),  
Gyeongsangbuk-do (KR).
- (72) 발명자: 한규석 (HAN, Kyu-Seok); 37859 경상북도 포  
항시 남구 동해안로 6261 (괴동동) 포스코, Gyeongsang-  
buk-do (KR). 김재겸 (KIM, Jae Kyoum); 37859 경  
상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동) 포스코,  
Gyeongsangbuk-do (KR). 박창수 (PARK, Chang Soo);  
37859 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동) 포  
스코, Gyeongsangbuk-do (KR). 서진욱 (SEO, Jin-Wook);  
37859 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동)  
포스코, Gyeongsangbuk-do (KR). 박종태 (PARK, Jong-  
Tae); 37859 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동  
동) 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 국  
내 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 역  
내 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  
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).

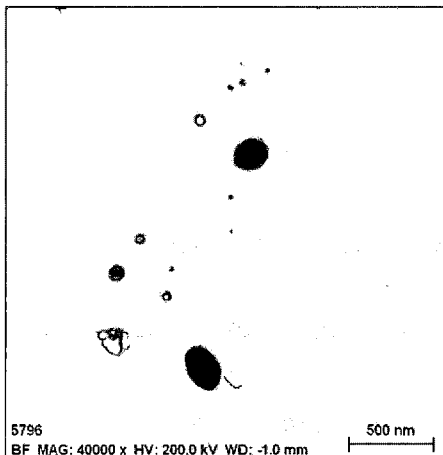
공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

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

(54) 발명의 명칭: 방향성 전기강판 및 그의 제조방법

[도 1]



(57) Abstract: A grain-oriented electrical steel sheet according to an embod-  
iment of the present invention comprises, by weight %, 2.0 to 4.5% of Si,  
0.005% or less (0% exclusive) of C, 0.001 to 0.08% of Mn, 0.001 to 0.1% of  
P, 0.001 to 0.1% of Cu, 0.0005 to 0.05% of S, 0.0005 to 0.05% of Se, 0.0001  
to 0.01% of B, 0.01 to 0.2% of Mo, and the balance of Fe and inevitable im-  
purities. A sum of S and Se amounts to 0.005 to 0.05 weight %.

(57) 요약서: 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판은 중량%  
로, Si: 2.0 내지 4.5%, C: 0.005% 이하 (0% 를 제외함), Mn: 0.001 내지  
0.08%, P: 0.001 내지 0.1%, Cu: 0.001 내지 0.1%, S: 0.0005 내지 0.05%, Se:  
0.0005 내지 0.05%, B: 0.0001 내지 0.01% 및 Mo: 0.01 내지 0.2% 를 포  
함하고, 잔부는 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함한다. S 및 Se 를  
그 합량으로 0.005 내지 0.05 중량% 포함한다.



WO 2019/132361 A1

【명세서】

【발명의 명칭】

방향성 전기강판 및 그의 제조방법

【기술분야】

5           방향성 전기강판 및 방향성 전기강판의 제조방법에 관한 것이다.  
구체적으로 S, Se계 석출물을 이용하여 2차재결정 고온소둔 시에 Goss  
방위로의 집적도가 매우 높은 결정립을 안정적으로 성장시켜 생산성 및  
자성이 우수한 방향성 전기강판 및 방향성 전기강판의 제조방법에 관한  
것이다. 더욱 구체적으로 합금 성분 내, Mn, S, Se, Cu, B, Mo 성분을 제어하여,  
10           생산성 및 자성이 우수한 방향성 전기강판 및 방향성 전기강판의  
제조방법에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

          방향성 전기강판은 2차재결정으로 불리는 비정상 결정립성장 현상을  
이용해 Goss 집합조직 ( $\{110\}\langle 001\rangle$  집합조직)을 강판 전체에 형성시켜  
15           압연방향의 자기적 특성이 뛰어나며 변압기 등의 우수한 일방향의 자기적  
특성이 요구되는 전자기기의 철심으로 사용되는 연자성 재료이다.

          일반적으로 자기적 특성은 자속밀도와 철손으로 표현될 수 있으며,  
높은 자속밀도는 결정립의 방위를  $\{110\}\langle 001\rangle$  방위에 정확하게 배열함으로써  
얻어질 수 있다. 자속밀도가 높은 전기강판은 전기기기의 철심재료의 크기를  
20           작게 할 수 있을 뿐만 아니라 이력손실이 낮아져서 전기기기의 소형화와  
동시에 고효율화를 얻을 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 강판중의  
25           불순물량이 낮을수록 철손이 낮아져 전기기기의 효율이 증가하게 된다.

          방향성 전기강판의 2차재결정은 통상적인 결정립성장과 다르게  
정상적인 결정립성장이 석출물, 개재물이나 혹은 고용되거나 입계에  
편석되는 원소들에 의하여 정상적으로 성장하는 결정립계의 이동이  
억제되었을 때 발생하게 된다. 또한, Goss 방위에 대한 집적도가 높은  
30           결정립을 성장시키기 위해서는 제강에서의 성분제어, 열간압연에서의 슬라브

재가열 및 열간압연 공정인자 제어, 열연판소둔 열처리, 1차재결정 소둔, 2차재결정 소둔 등의 복잡한 공정들이 요구되고, 이들 공정 또한 매우 정밀하고 엄격하게 관리되어야 한다. 이와 같이 결정립성장을 억제하는 석출물이나 개재물 등을 특별하게 결정립성장 억제제(inhibitor)라고 부르며, Goss 방위의 2차재결정에 의한 방향성 전기강판 제조기술에 대한 연구는 강력한 결정립성장 억제제를 사용하여 Goss 방위에 대한 집적도가 높은 2차재결정을 형성하여 우수한 자기특성을 확보하는데 주력하여 왔다.

초기에 개발된 방향성 전기강판은 MnS가 결정립성장 억제제로 사용되었으며, 2회 냉간압연법으로 제조되었다. 이에 의하여 2차재결정은 안정적으로 형성되었으나 자속밀도가 그다지 높지 않은 수준이었고 철손도 높은 편이었다.

이후 AlN, MnS 석출물을 복합으로 이용하고, 1회 강냉간압연하여 방향성 전기강판을 제조하는 방법이 제안되었다. 최근에는 MnS를 사용하지 않고 1회 강냉간압연 후 탈탄을 실시한 후에 암모니아 가스를 이용한 별도의 질화공정을 통하여 강판의 내부로 질소를 공급하여 강력한 결정립성장 억제효과를 발휘하는 Al계 질화물에 의해 2차재결정을 일으키는 방향성 전기강판 제조방법이 제안되었다.

이제까지 주로 AlN, MnS[Se] 등의 석출물을 결정립성장 억제제로 이용하여 2차재결정을 일으키는 제조방법을 사용하고 있다. 이러한 제조방법은 2차재결정을 안정적으로 일으킬 수 있는 장점은 있으나, 강력한 결정립성장 억제효과를 발휘하기 위해서는 석출물들을 매우 미세하고 균일하게 강판에 분포시켜야만 한다. 이와 같이 미세한 석출물을 균일하게 분포시키기 위해서는 열간압연 전에 슬라브를 고온으로 장시간 동안 가열하여 강중에 존재하던 조대한 석출물들을 고용시킨 후 매우 빠른 시간 내에 열간압연을 실시하여 석출이 일어나지 않은 상태에서 열간압연을 마쳐야 한다. 이를 위해서는 대단위의 슬라브 가열설비를 필요로 하며, 석출을 최대한 억제하기 위하여 열간압연과 권취공정을 매우 엄격하게 관리하고 열간압연 이후의 열연판 소둔공정에서 고용된 석출물이 미세하게 석출되도록 관리하여야 하는 제약이 따른다. 또한 고온으로 슬라브를 가열하게 되면 용점이 낮은  $Fe_2SiO_4$ 가 형성됨에 따라 슬라브 워싱(washing)

현상이 발생하여 실수율이 저하된다.

또한, 석출물을 이용하지 아니하고, 강판내에 불순물 함량을 최소화하여 결정방위에 따른 결정립계의 입계이동도의 차이를 극대화함으로써 2차 재결정을 형성시키는 방향성 전기강판 제조방법이 제안되었다. 이 기술에서는 Al함유량을 저감하고, B, V, Nb, Se, S, P, N의 함유량을 미량으로 제어할 것을 제안하였으나, 소량의 Al이 석출물이나 개재물을 형성해야만 2차재결정을 형성하여 자성을 확보할수 있는 것으로 나타나 있다.

이외에도 TiN, VN, NbN, BN등과 같은 다양한 석출물들을 결정립성장 억제제로 활용하고자 시도되었으나, 열적 불안정과 지나치게 높은 석출물 분해온도로 인하여 안정된 2차재결정을 형성하는데에는 실패하였다.

**【발명의 내용】**

**【해결하고자 하는 과제】**

방향성 전기강판 및 방향성 전기강판의 제조방법을 제공하고자 한다. 구체적으로 S, Se계 석출물을 이용하여 2차재결정 고온소둔 시에 Goss 방위로의 집적도가 매우 높은 결정립을 안정적으로 성장시켜 생산성 및 자성이 우수한 방향성 전기강판 및 방향성 전기강판의 제조 방법을 제공하고자 한다. 더욱 구체적으로 합금 성분 내, Mn, S, Se, Cu, B, Mo 성분을 제어하여, 생산성 및 자성이 우수한 방향성 전기강판 및 방향성 전기강판의 제조 방법을 제공하고자 한다.

**【과제의 해결 수단】**

본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판은 중량%로, Si: 2.0 내지 4.5%, C: 0.005% 이하(0%를 제외함), Mn: 0.001 내지 0.08%, P: 0.001 내지 0.1%, Cu: 0.001 내지 0.1%, S:0.0005 내지 0.05%, Se: 0.0005 내지 0.05%, B: 0.0001 내지 0.01% 및 Mo: 0.01 내지 0.2%를 포함하고, 잔부는 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함한다. S 및 Se를 그 함량으로 0.005 내지 0.05 중량% 포함한다.

본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판은 B: 0.0011 내지 0.01 중량% 포함할 수 있다.

본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판은 Al: 0.0001 내지 0.01 중량% 및 N: 0.0005 내지 0.005 중량% 더 포함할 수 있다.

본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판은 Cr: 0.001 내지 0.1 중량%, Sn: 0.005 내지 0.2 중량%, 및 Sb: 0.005 내지 0.2 중량% 중 1종 이상을 더 포함할 수 있다.

본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판의 제조 방법은 중량%로,  
 5 Si: 2.0 내지 4.5%, C: 0.001 내지 0.1 중량%, Mn: 0.001 내지 0.08%, P: 0.001 내지 0.1%, Cu: 0.001 내지 0.1%, S: 0.0005 내지 0.05%, Se: 0.0005 내지 0.05%, B: 0.0001 내지 0.01% 및 Mo: 0.01 내지 0.2%를 포함하고, 잔부는 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, S 및 Se를 그 합량으로 0.005 내지 0.05 중량% 포함하는 슬라브를 제조하는 단계; 슬라브를 가열하는 단계; 슬라브를  
 10 열간압연하여 열연판을 제조하는 단계; 열연판을 냉간압연하여 냉연판을 제조하는 단계; 냉연판을 1차 재결정 소둔하는 단계; 및 1차 재결정 소둔이 완료된 냉연판을 2차 재결정 소둔하는 단계를 포함한다.

열연판을 제조하는 단계 이후, 상기 열연판은 엿지크랙 최대 깊이가 20mm 이하일 수 있다.

15 1차 재결정 소둔이 완료된 냉연판은 (Fe,Mn,Cu)S 및 (Fe,Mn,Cu)Se 중 1종 이상의 석출물을 포함할 수 있다.

1차 재결정 소둔하는 단계는 50°C 내지 70°C의 이슬점 온도 및 수소 및 질소 혼합 분위기에서 수행될 수 있다.

**【발명의 효과】**

20 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판은 합금 성분 내, Mn, S, Se, Cu, B, Mo 성분을 제어하고, 석출물 제어가 용이한 S, Se계 석출물을 이용하여 2차재결정 고온소둔 시에 Goss 방위로의 집적도가 매우 높은 결정립을 안정적으로 성장시켜 자성이 우수하다.

**【도면의 간단한 설명】**

25 도 1은 발명재5의 제조 과정에서 2차 재결정 직전의 TEM 석출물 사진이다.

도 2는 석출물의 성분 분석 그래프이다.

도 3 내지 도 7은 석출물을 Fe, Mn, Cu, S, Se 성분 별로 맵핑한 결과이다.

30 도 8은 석출물에 대한 격자회절패턴을 찍은 사진이다.

【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 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 실시예에 의한 방향성 전기강판은 중량%로, Si: 2.0 내지 4.5%, C: 0.005% 이하(0%를 제외함), Mn: 0.001 내지 0.08%, P: 0.001 내지 0.1%,  
5 Cu: 0.001 내지 0.1%, S:0.0005 내지 0.05%, Se: 0.0005 내지 0.05%, B: 0.0001 내지 0.01% 및 Mo: 0.01 내지 0.2%를 포함하고, 잔부는 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함한다.

이하, 방향성 전기강판의 성분 한정의 이유를 설명한다.

Si : 2.0 내지 4.5 중량%

10 실리콘(Si)은 방향성 전기강판 소재의 비저항을 증가시켜 철심손실(core loss) 즉, 철손을 낮추는 역할을 한다. Si 함량이 너무 적으면, 비저항이 감소하여, 와전류손이 증가하고, 철손이 열화될 수 있다. 또한, 1차 재결정 소둔 시, 페라이트와 오스테나이트간 상변태가 발생하게 되어, 1차 재결정 집합 조직이 심하게 훼손될 수 있다. 또한, 2차 재결정 소둔시  
15 페라이트와 오스테나이트간 상변태가 발생하게 되어 2차 재결정이 불안정해질 뿐만 아니라 Goss 집합조직이 심하게 훼손될 수 있다. Si 함량이 너무 많으면, 1차 재결정 소둔에서의 탈탄시 SiO<sub>2</sub> 및 Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> 산화층이 과하고 치밀하게 형성되어 탈탄 거동을 지연시킬 수 있다. 또한 강의 취성이 증가하고, 인성이 감소하여 압연 과정중 판파단 발생율이 심화될 수 있다. 따라서 Si은  
20 2.0 내지 4.5 중량% 포함할 수 있다. 더욱 구체적으로 2.5 내지 4.0 중량% 포함할 수 있다.

C: 0.005 중량% 이하

탄소(C)은 오스테나이트 안정화 원소로서, 연주과정에 발생하는 조대한 주상정 조직을 미세화하는 효과와 더불어 S의 슬라브 중심편석을  
25 억제한다. 또한 냉간압연 중에 강판의 가공경화를 촉진하여 강판내에 {110}<001>방위의 2차재결정 핵 생성을 촉진하기도 한다. 그러나, 최종제품에 잔존하게 될 경우 자기적 시효효과로 인해 형성되는 탄화물을 제품판 내에 석출시켜 자기적 특성을 악화시키는 원소이기 때문에 적절한 함량으로 제어되어야 한다. 본 발명의 일 실시예에서는 제조 과정에서 1차  
30 재결정 소둔 시 탈탄 과정을 거치게 되며, 탈탄 소둔 후 제조된 최종

전기강판 내의 C 함량은 0.005 중량% 이하일 수 있다. 보다 구체적으로는 0.003 중량% 이하일 수 있다.

슬라브 내에서 C는 0.001 내지 0.1 중량% 포함될 수 있다. 슬라브 내에 C를 너무 적게 함유되게 되면, 오스테나이트간 상변태가 충분히 일어나지  
 5 않아 슬라브 및 열간압연 미세조직의 불균일화를 야기하게 된다. 이로 인해 냉간압연성까지 해치게 된다. C를 너무 많이 함유하게 되면, 탈탄 공정에서 충분한 탈탄을 얻을 수 없다. 이로 인해 야기되는 상변태 현상으로 인해 2차 재결정 집합조직이 심하게 훼손되게 된다. 또한, 열연판의 엿지크랙이 발생할 수 있다. 더욱 구체적으로 슬라브 내에서 C는 0.01 내지 0.1 중량%  
 10 포함될 수 있다.

Mn : 0.001 내지 0.08 중량%

망간(Mn)은 Si과 동일하게 비저항을 증가시켜 철손을 감소시키는 효과가 있다. 기존에는 강중에서 S와 반응하여 MnS 석출물을 형성하여 결정립 성장을 억제하는 역할이 알려져 있었다. 그러나, 단독의 MnS가  
 15 형성되는 경우에는 석출물이 매우 크게 석출되어 결정립 성장 억제제로서 충분한 역할을 수행하지 못하였다. 그러한 이유로 원하는 억제력을 확보하기 위해서 많은 MnS 석출물 형성원소를 첨가하고 그로 인하여 슬라브를 고온으로 가열하는 문제가 발생하였다. 본 발명의 일 실시예에서는 Fe, Mn 및 Cu를 포함하는 황화물(Sulfide) 혹은 셀렌화물(Selenide)을 석출물로  
 20 형성하기 때문에 Mn 함량을 다량 첨가할 필요가 없다. 오히려 Mn의 함량을 다량 첨가할 경우, MnS 혹은 MnSe 석출물들이 조대하게 석출되어 결정성장 억제력이 떨어지게 된다. Mn을 너무 적게 포함할 경우, FeS와 FeSe 석출들의 형성이 촉진되는데 이러한 석출물들은 결정성장억제력은 크지만 열간압연시에 계면에서 액상으로 상변화하면서 엿지크랙을 증가시키게 되어  
 25 열연 생산성이 떨어지는 문제가 발생할 수 있다. 따라서, Mn은 0.001 내지 0.08 중량% 포함할 수 있다. 더욱 구체적으로 0.005 내지 0.08 중량% 포함할 수 있다.

P: 0.001 내지 0.1 중량%

인(P)는 결정립계에 편석하여 결정립 성장을 억제하는 효과가 있고  
 30 1차 재결정시 {111}<112>방위 결정립의 재결정을 촉진하여, Goss 방위

결정립의 2차 재결정 형성에 유리한 미세조직을 형성한다. P를 너무 적게 포함할 경우, 전술한 효과가 적절히 발휘되지 않을 수 있다. P를 너무 많이 포함할 경우, 냉간압연시 판파단 발생이 증가하여 냉간압연 실수율이 떨어질 수 있다. 따라서, P는 0.001 내지 0.1 중량% 포함할 수 있다. 더욱 구체적으로

5 0.005 내지 0.05 중량% 포함할 수 있다.

Cu: 0.001 내지 0.1 중량%

구리(Cu)는 Mn과 동일하게 S 및 Se와 반응하여 CuS 혹은 CuSe 석출물을 형성하여 결정성장을 억제한다. 단독으로 존재하는 경우 보다는 Mn과 함께 복합하여 석출물을 형성하기 쉬우며, 석출물 크기를 감소시키는 효과가 있다.

10 따라서, (Fe,Mn,Cu)S 석출물과 (Fe,Mn,Cu)Se 석출물들을 형성하기 위해서는 필수적인 합금원소로서 석출물을 미세하게 만들어서 결정립성장을 억제하는 효과가 매우 크며, MnS와 FeS보다 고온에서도 비교적 안정적으로 존재하기 때문에 결정성장 억제력이 높은 온도까지 유지되어 2차 재결정이 안정적으로 형성된다. Cu의 첨가량이 너무 적은 경우, 전술한 효과가 충분히

15 발현되지 않을 수 있다. Cu가 너무 다량 첨가되는 경우, 조대한 CuS 혹은 CuSe 석출물 형성하기 때문에 결정성장 억제효과가 떨어지게 된다. 따라서, Cu는 0.001 내지 0.1 중량% 포함할 수 있다. 더욱 구체적으로 0.005 내지 0.09 중량% 포함할 수 있다.

S : 0.0005 내지 0.05 중량%

황(S)는 결정립계에 단독으로 편석하거나, 강중에 Fe, Mn, Cu 등과 반응하여 FeS, MnS, CuS를 형성함으로써 결정립성장 억제 효과를 갖는 원소로 알려져 있다. 기존에는 MnS 단독으로 사용하거나, CuS를 함께 사용하는 방법 혹은 FeS석출물을 결정립성장 억제제로 사용하였으나, 본 발명의 일 실시예에서는 이러한 합금원소들이 복합적으로 반응하여 석출된

25 (Fe,Mn,Cu)S 복합 석출물을 결정립 성장 억제제로 사용한다. 이러한 (Fe,Mn,Cu)S 복합 석출물을 형성하기 위해서는 Mn 및 Cu함량이 과하지 않게 적정하게 첨가되는 것과 동시에 S가 충분하게 첨가되는 것이 중요하다. S가 너무 적게 첨가되는 경우, (Fe,Mn,Cu)S 석출물들이 충분하게 형성되지 않아 원하는 결정성장억제력을 확보하기 어렵다. S가 너무 많이 첨가되는 경우,

30 열연판의 엿지크랙이 발생할 수 있다. 따라서, S는 0.0005 내지 0.05 중량%

포함할 수 있다. 더욱 구체적으로 0.001 내지 0.03 중량% 포함할 수 있다.

Se : 0.0005 내지 0.05 중량%

셀레늄(Se)은 S와 유사하게 결정립계에 편석하거나 MnSe와 같은  
 5 석출물을 형성하여 결정립계의 이동을 억제한다. 본 발명의 일 실시예에서는  
 이와 같은 성질을 이용하여 Fe, Mn 및 Cu와 반응하여 (Fe,Mn,Cu)Se 복합  
 석출물을 형성함으로써 1차 재결정립의 성장을 강력히 억제하여 안정적인  
 2차 재결정을 형성하는데 중요한 합금원소이다. 본 발명의 일 실시예에서는  
 S 뿐만 아니라 Se도 함께 복합 첨가하여 (Fe,Mn,Cu)S 뿐만 아니라  
 (Fe,Mn,Cu)Se 석출물도 함께 형성함으로써 강력한 결정립성장 억제력을  
 10 확보할 수 있다. 특히 Se은 S보다 원자량이 무겁기 때문에, (Fe,Mn,Cu)Se  
 석출물이 (Fe,Mn,Cu)S 석출물 보다 훨씬 안정하고, 2차 재결정이 안정적으로  
 형성된다. Se가 너무 적게 첨가되는 경우, (Fe,Mn,Cu)Se 석출물들이 충분하게  
 형성되지 않아 원하는 결정성장억제력을 확보하기 어렵다. Se가 너무 많이  
 첨가되는 경우, 열연판의 엿지크랙이 발생할 수 있다. 따라서, Se는 0.0005  
 15 내지 0.05 중량% 포함할 수 있다. 더욱 구체적으로 0.001 내지 0.03 중량%  
 포함할 수 있다.

본 발명의 일 실시예에서 S 및 Se는 그 합량으로 0.005 내지 0.05  
 중량% 포함된다. S 및 Se 합량이 너무 적은 경우, (Fe,Mn,Cu)Se 석출물 및  
 (Fe,Mn,Cu)S 석출물이 적절히 형성되지 아니하며, 결정립 성장 억제력을  
 20 확보하기 어려워, 2차 재결정이 적절히 형성되지 않는다. S 및 Se 합량이  
 너무 많은 경우, 열연판의 엿지크랙이 발생할 수 있다. 더욱 구체적으로 S 및  
 Se는 그 합량으로 0.01 내지 0.05 중량% 포함될 수 있다.

B: 0.0001 내지 0.01 중량%

붕소(B)은 강중에 N과 반응하여 BN 석출물을 형성하여 결정립성장을  
 25 억제하기도 하지만 결정립계에 편석하여 결정립계의 결합력을  
 강화시킴으로써 결함이나, 크랙의 입계 전파를 억제하여 열연중 엿지크랙  
 발생을 저감하는데 효과적인 원소이다. 본 발명과 같이 S와 Se를 복합으로  
 첨가하는 경우에 예상되는 엿지크랙 발생 가능성을 최소화하기 위해서 B의  
 함량을 적절히 첨가하는 것이 중요하다. B를 너무 적게 포함할 경우, 전술한  
 30 효과가 충분히 발현되지 않을 수 있다. B가 너무 다량 첨가되는 경우,

금속간화합물 형성에 의한 고온 취성을 증가시킬 수 있다. 따라서, B는 0.0001 내지 0.01 중량% 포함할 수 있다. 더욱 구체적으로 0.0005 내지 0.01 중량% 포함할 수 있다. 더욱 구체적으로 B는 0.0011 내지 0.01 중량% 포함할 수 있다. 더욱 구체적으로 B는 0.0015 내지 0.01 중량% 포함할 수 있다.

5 Mo: 0.01 내지 0.2 중량%

몰리브덴(Mo)는 고온입계산화를 억제하는 합금원소로서 슬라브 연주 및 열연공정에서 고온 크랙 및 엠티크랙을 저감하는데 효과가 있다. 아울러, 열연과정에서 {110}<001> 방위의 Goss 집합조직을 증가시켜서 자속밀도를 높이는 효과가 있다. Mo를 너무 적게 포함할 경우, S 및 Se의 첨가로 인한 엠티크랙이 발생하거나, 2차 재결정이 적절히 형성되지 않을 수 있다. Mo를  
10 너무 많이 포함할 경우, 자성이 열화된다. 따라서, Mo는 0.01 내지 0.2 중량% 포함할 수 있다. 더욱 구체적으로 0.02 내지 0.2 중량% 포함할 수 있다.

본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판은 Al: 0.0001 내지 0.01 중량% 및 N: 0.0005 내지 0.005 중량% 더 포함할 수 있다.

15 알루미늄(Al)은 강중에 질소와 결합하여 AlN 석출물을 형성하므로, 본 발명의 일 실시예에서는 Al 함량을 적극 억제하여 Al계 질화물이나 산화물 형성을 피한다. Al이 너무 많이 포함되면, AlN 및 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 형성이 촉진되어, 이를 제거하기 위한 순화소둔시간이 증가하게 되며, 미처 제거되지 않은 AlN 석출물과 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 같은 개재물들이 최종제품에 잔류하여 보자력을  
20 증가시켜서 최종적으로 철손이 증가 할 가능성이 있다. 다만, Al 함량을 완전히 배제하는 것이 가장 이상적이지만, 제강능력을 고려하여 불가피하게 들어가는 것을 고려할 때, Al 함량은 0.0001 내지 0.01 중량% 포함될 수 있다.

질소(N)은 Al 및 Si과 반응하여 AlN과 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 석출물을 형성하는 원소이다. 아울러, B과 반응하여 BN를 형성하기도 한다. 본 발명의 일  
25 실시예에서는 결정립 성장억제제로서 AlN을 이용하지 않기 때문에 제강단계에서 Al 첨가를 하지 않으므로, N를 특별하게 임의적으로 첨가하지는 않는다. 결정립계 결합력을 증가시키기 위하여 B를 첨가하는데, N과 반응하여 형성되는 BN 석출물이 결정성장을 억제하는 효과도 기대할 수 있다. 그러한 이유로 N의 상한은 최대 0.005 중량%로 제한하여 BN 석출에  
30 따른 결정성장 억제 및 B 자체의 결정립계 결합력 강화 효과를 확보한다.

아울러, N를 최소로 첨가하는 것이 바람직하지만, 제강단계에서 N를 0.0005 중량% 미만으로 관리하기에는 제강공정의 탈질부하가 크게 증가하기 때문에 N은 0.0005 내지 0.005 중량%로 포함될 수 있다.

본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판은 Cr: 0.001 내지 0.1 중량%, Sn: 0.005 내지 0.2 중량%, 및 Sb: 0.005 내지 0.2 중량% 중 1종 이상을 더 포함할 수 있다.

크롬(Cr)은 다른 합금원소보다 산소와 친화력이 높은 합금원소로서 탈탄과정에서 산소와 반응하여 강판 표면에  $Cr_2O_3$ 를 형성하는 원소이다. 이러한 산화층은 강중에 탄소가 표면으로 확산하는 통로 역할을 하여 탈탄이 보다 용이하게 해주고, 표면 산화층이 소둔분리제인 MgO와 반응하여 베이스코팅을 형성할 때 강판의 밀착성을 높이는 효과가 있다. 이러한 Cr을 너무 적게 첨가하게 되면 첨가효과가 없다. Cr을 너무 많이 첨가하면, 강중 탄소와 반응하여 크롬탄화물을 형성하여 오히려 탈탄성능이 떨어질 수 있다. 따라서, 크롬을 더 첨가하는 경우, 0.001 내지 0.1 중량% 첨가할 수 있다.

주석(Sn) 및 안티몬(Sb)은 P와 함께 대표적인 결정립계 편석원소로서, 열연과정에서  $\{110\}<001>$  Goss 방위의 핵생성을 촉진하여 자속밀도를 증가시키는 효과가 있다. 이러한 Sn, Sb를 너무 많이 첨가할 경우, 결정립계 과편석으로 인하여 냉간압연 판파단 발생 및 탈탄을 지연시켜서 불균일한 1차재결정 미세조직을 형성하게되어 자성을 떨어뜨리게 된다. 아울러, Sn, Sb를 너무 적게 첨가할 경우, Goss 방위 재결정립 형성에 효과가 약해질 수 있다. 따라서, Sn 및 Sb는 각각 0.005 내지 0.2 중량% 더 첨가될 수 있다.

#### 불순물 원소

상기의 원소 외에도 Ti, Mn, Ca등의 불가피하게 혼입되는 불순물이 포함될 수 있다. 이들은 산소 또는 질소와 반응하여, 미세한 산화물 및 질화물을 형성하여 자성에 유해한 영향을 미치므로 이들 함유량을 각각 0.003 중량% 이하로 제한한다.

본 발명의 일 실시예에서 합금 성분 내, Mn, S, Se, Cu, B, Mo 성분을 제어하여, 생산성 및 자성을 더욱 향상시킬 수 있다. 구체적으로 방향성 전기강판의 1.7Tesla, 50Hz 조건에서 철손은 0.95W/kg 이하일 수 있다. 방향성 전기강판의 1000A/m의 자기장 하에서 유도되는 자속밀도(B10) 1.9 T

이상일 수 있다. 더욱 구체적으로 1.91 내지 1.95T일 수 있다.

본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판의 제조방법은 슬라브를 제조하는 단계; 슬라브를 가열하는 단계; 슬라브를 열간압연하여 열연판을 제조하는 단계; 열연판을 냉간압연하여 냉연판을 제조하는 단계; 냉연판을 5 1차 재결정 소둔하는 단계; 및 1차 재결정 소둔이 완료된 냉연판을 2차 재결정 소둔하는 단계를 포함한다.

이하에서는 각 단계별로 상세히 설명한다.

먼저, 슬라브를 제조한다.

제강단계에서는 Si, C, Mn, S, Se, Cu, B, Mo를 적정 함량으로 제어하고 10 필요에 따라 Goss 집합조직 형성에 유리한 합금원소를 첨가하더라도 무방하다. 제강단계에서 성분이 조정된 용강은 연속주조를 통하여 슬라브로 제조된다.

슬라브의 각 조성에 대해서는 전술한 방향성 전기강판에서 자세히 설명하였으므로, 중복되는 설명을 생략한다. 전술한 식 1 내지 식 3도 15 슬라브의 합금 성분 내에서 동일하게 만족할 수 있다.

다음으로, 슬라브를 가열한다. 슬라브의 가열은 1050 내지 1300℃의 온도에서 수행할 수 있다.

다음으로, 슬라브를 열간압연하여 열연판을 제조한다. 열간압연에 의하여 두께 1.5 내지 4.0mm의 열연판을 제조할 수 있다. 전술하였듯이, 20 본 발명의 일 실시예에서, Mn, S, Se, Cu, B, Mo의 함량을 제어하여, 열연판의 엿지크랙을 저감할 수 있다. 구체적으로 열연판에 형성된 엿지크랙은 최대 깊이가 20mm이하일 수 있다. 엿지크랙의 최대 깊이는 열연판 전 길이에 걸쳐 형성된 엿지크랙 중, 가장 깊이 형성된 것을 의미한다. 엿지크랙의 깊이란 25 강판의 압연 수직 방향(TD방향) 단부로부터 강판 중심으로 측정된 엿지크랙의 길이를 의미한다. 본 발명의 일 실시예에서 엿지크랙이 저감됨에 따라, 강판의 실수율이 상승한다.

열간 압연된 열연판은 필요에 따라 열연판 소둔을 실시하거나, 열연판 소둔을 실시하지 않고 냉간압연을 수행할 수 있다. 열연판 소둔을 실시하는 경우 열연조직을 균일하게 만들기 위해서 900℃ 이상의 온도로 가열하고 30 균열한 다음 냉각할 수 있다.

다음으로, 열연판을 냉간압연하여 냉연판을 제조한다. 냉간압연은 리버스(Reverse) 압연기 혹은 탠덤(Tandem) 압연기를 이용하여 1회의 냉간압연 혹은 중간소둔을 포함하는 2회 이상의 냉간압연법으로 하여 최종제품 두께의 냉연판이 제조되도록 실시한다. 냉간압연 중에 강판의 온도를 100℃ 이상으로 유지하는 온간압연을 실시하는 것은 자성을 향상시키는데 유리하다.

다음으로, 냉간압연 된 냉연판을 1차 재결정 소둔한다. 1차 재결정 소둔 단계에서 고스 결정립의 핵이 생성되는 1차 재결정이 일어난다. 1차 재결정 소둔 과정에서 강판의 탈탄이 이루어질 수 있다. 탈탄을 위하여 50℃ 내지 70℃의 이슬점 온도 및 수소 및 질소 혼합 분위기에서 수행될 수 있다. 1차 재결정 소둔 온도는 750℃ 이상이 될 수 있다. 소둔 온도가 낮으면, 탈탄 시간이 오래걸릴 수 있다. 소둔 온도가 높으면, 1차 재결정립들이 조대하게 성장하여, 결정성장 구동력이 떨어져서 안정된 2차 재결정이 형성되지 않는다. 그리고 소둔시간은 본 발명의 효과를 발휘하는데 크게 문제가 되지 않지만 30초 이상 처리할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서는 탈탄만이 수행되고, 침질은 수행되지 않을 수 있다. 즉, 1차 재결정 소둔에서 50℃ 내지 70℃의 이슬점 온도 및 수소 및 질소 혼합 분위기에서만 수행될 수 있다. 1차 재결정 소둔에 의해 1차 재결정의 평균 입경은 5 $\mu$ m 이상이 될 수 있다.

이렇게 1차 재결정 소둔된 냉연판은 S, Se계 석출물을 포함하여, 2차 재결정 소둔 시, 결정립 성장 억제제로서 사용된다. 구체적으로 S, Se계 석출물은 (Fe,Mn,Cu)S 및 (Fe,Mn,Cu)Se 중 1종 이상의 석출물을 포함할 수 있다. (Fe,Mn,Cu)S란 S와 Fe, Mn 및 Cu가 결합한 복합 석출물을 의미한다.

다음으로, 1차 재결정 소둔이 완료된 냉연판을 2차 재결정 소둔한다. 이 과정에서 {110}면이 압연면에 평행하고, <001>방향이 압연방향에 평행한 Goss {110}<001> 집합조직이 형성된다. 이 때, 1차 재결정 소둔이 완료된 냉연판에 소둔 분리제를 도포한 후, 2차 재결정 소둔할 수 있다. 이 때, 소둔 분리제는 특별히 제한하지 아니하며, MgO를 주 성분으로 포함하는 소둔 분리제를 사용할 수 있다.

2차 재결정 소둔은 적절한 승온율로 승온하여 {110}<001> Goss 방위의

2차 재결정을 일으키고 이후 불순물 제거과정인 순화소둔을 거친 다음  
 냉각한다. 그 과정에서 소둔분위기 가스는 통상의 경우와 같이  
 승온과정에서는 수소와 질소의 혼합가스를 사용하여 열처리하고,  
 순화소둔에서는 100% 수소가스를 사용하여 장시간 유지하여 불순물을  
 5 제거한다. 본 발명의 일 실시예에서와 같이 AlN 석출물을 주된 결정립성장  
 억제제로 이용하지 않고 (Fe,Mn,Cu)S 및 (Fe,Mn,Cu)Se 석출물을 결정립성장  
 억제제로서 이용하는 경우에는 2차 재결정 형성온도가 AlN 석출물을 사용한  
 경우보다 높지 않기 때문에 950℃ 이상의 온도로만 승온하여 균열하는  
 고온소둔을 실시하여도 자성이 우수한 방향성 전기강판을 제조할 수 있다.

10 이하 본 발명의 바람직한 실시예 및 비교예를 기재한다. 그러나 하기  
 실시예는 본 발명의 바람직한 일 실시예일뿐 본 발명이 하기 실시예에  
 한정되는 것은 아니다.

#### 실시예 1

중량%로 C:0.055%, Si:3.2%, P:0.03%, Cu:0.05%, Sn:0.04%, B:0.005%,  
 15 Mo:0.1%, Cr:0.05%, N:0.003%를 기본 조성으로 하여 Mn, S 및 Se의 함량을  
 하기 표 1과 같이 첨가하고, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 함유하는  
 슬라브를 준비하였다. 이어서 슬라브를 1250℃로 가열한 후 열간압연하여  
 2.3mm 두께의 열연판을 제조하였다. 열연판은 1085℃의 온도로 가열한 후  
 950℃에서 120초간 균열하여 열연판 소둔 하였다. 그 다음, 소둔된 열연판을  
 20 산세 한 후 0.30mm 두께로 냉간압연하고, 냉간압연된 강판은 이슬점 60℃,  
 수소와 질소의 혼합가스 분위기 속에서 830℃의 온도로 180초간 유지하여  
 탈탄과 함께 1차 재결정 소둔하였다. 이 강판에 소둔분리제인 MgO를 도포한  
 후 2차 재결정 소둔하였고, 2차 재결정 소둔은 1200℃까지는 25 v% 질소 +  
 75 v%수소의 혼합가스 분위기로 하였고, 1200℃ 도달후에는 100v% 수소가스  
 25 분위기에서 20시간 동안 유지 후 냉각하였다. 각각의 성분 에 따른 방향성  
 전기강판의 자기적 특성은 표 1과 같다.

Single sheet 측정법을 이용하여 1.7Tesla, 50Hz 조건에서 철손을  
 측정하였고, 800A/m의 자기장 하에서 유도되는 자속밀도의 크기(Tesla)를  
 측정하였다. 각 철손값은 조건별 평균을 나타낸 것이다.

30 발명재5의 제조 과정에서 2차 재결정 직전의 TEM 석출물 사진을 도

1에 나타내었다. 도 1에서 석출물의 성분 분석 그래프를 도 2에 나타내었다. 도 2에 나타나듯이, Fe, Mn, Cu의 합금원소들이 S 및 Se와 반응한 것을 알 수 있다. 보다 자세한 분석을 위해, Fe, Mn, Cu, S, Se 성분 별로 맵핑한 결과를 도 3 내지 도 7에 나타내었다. 도면에 나타나듯이, 모든 석출물에 Fe, Mn, Cu 합금원소들과 S 및 Se가 동시에 관찰되어, 첨가된 모든 합금성분들이 단독의 Sulfide 혹은 Selenide를 형성하는 것이 아니고 (Fe, Mn, Cu)S 석출물 혹은 (Fe, Mn, Cu)Se 석출물로 존재하는 것으로 확인되었다. 도 8에는 이 석출물에 대한 격자회절패턴을 찍은 사진으로 MnS와 같은 Cubic의 결정구조를 갖는 것으로 파악되었다. 이와 같은 분석을 종합하여 볼 때, 첨가된 Mn 및 Cu 합금원소들은 독립적인 MnS, CuS 혹은 MnSe, CuSe를 형성하는 것이 아니고 Fe, Mn, Cu를 모두 함유하는 (Fe, Mn, Cu)S 석출물 또는 (Fe, Mn, Cu)Se 석출물들이 형성된 것으로 확인된다.

【표 1】

구분 (wt%)	Mn	S	Se	S+Se	자속밀도 (B10, Tesla)	철손 (W17/50, W/kg)	엣지크랙
비교재 1	0.0008	0.005	0.005	0.01	1.855	1.31	≤ 20mm
비교재 2	0.005	0.005	0.0003	0.0053	1.849	1.37	≤ 20mm
비교재 3	0.005	0.0003	0.006	0.0063	1.864	1.3	≤ 20mm
비교재 4	0.01	0.002	0.002	0.004	1.809	1.42	≤ 20mm
발명재 1	0.01	0.005	0.005	0.01	1.911	0.99	≤ 20mm
발명재 2	0.02	0.01	0.005	0.015	1.925	0.97	≤ 20mm
발명재 3	0.03	0.01	0.015	0.025	1.933	0.95	≤ 20mm
발명재 4	0.04	0.015	0.015	0.03	1.929	0.96	≤ 20mm
발명재 5	0.05	0.015	0.02	0.035	1.932	0.95	≤ 20mm
발명재 6	0.06	0.02	0.02	0.04	1.935	0.94	≤ 20mm
발명재 7	0.07	0.025	0.02	0.045	1.928	0.96	≤ 20mm
발명재 8	0.08	0.03	0.02	0.05	1.917	0.98	≤ 20mm
비교재 5	0.08	0.055	0.005	0.06	1.853	1.07	> 20mm
비교재 6	0.08	0.005	0.053	0.058	1.828	1.19	> 20mm

비교재 7	0.09	0.025	0.025	0.05	1.785	1.53	≤ 20mm
-------	------	-------	-------	------	-------	------	--------

표 1에서 확인할 수 있는 바와 같이, S와 Se를 적정량 포함한 경우, 자속밀도와 철손이 모두 우수하였다. 아울러 열연판의 엿지크랙 발생이 20mm이하로 양호하였다. 그러나, S 및 Se의 총 함량이 0.05 중량%를 초과하는 비교재5와 6의 경우에는 엿지크랙이 20mm를 초과하였고, 자성 또한 열위해지는 경향을 보였다. Mn의 함량이 0.08 중량%를 초과하는 경우에는 (Fe,Mn,Cu)S 및 (Fe,Mn,Cu)Se 석출보다는 조대한 MnS와 MnSe 석출에 의하여 결정립 성장 억제효과가 떨어져 안정적인 2차 재결정이 일어나지 못하여 자성이 열위한 것을 확인할 수 있다.

**실시예 2**

10        중량%로 C:0.050%, Si:3.2%, P:0.02%, Mn:0.05%, Sn:0.04%, B:0.003%, Mo:0.05%, Cr:0.04%, N:0.003%, S: 0.020%, Se: 0.025%를 기본 조성으로 하여 Cu의 함량을 하기 표 2와 같이 첨가하고, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 함유하는 슬라브를 준비하였다. 이어서 슬라브를 1230℃로 가열한 후 열간압연하여 2.0mm 두께의 열연판을 제조하였다. 열연판은 1000℃의  
 15        온도로 가열한 후 120초간 균열하여 열연판 소둔 하였다. 그 다음, 소둔된 열연판을 산세 한 후 0.23mm 두께로 냉간압연하고, 냉간압연된 강판은 이슬점 60℃, 수소와 질소의 혼합가스 분위기 속에서 820℃의 온도로 180초간 유지하여 탈탄과 함께 1차 재결정 소둔하였다. 이 강판에 소둔분리제인 MgO를 도포한 후 2차 재결정 소둔하였고, 2차 재결정 소둔은  
 20        1150℃까지는 50 v% 질소 + 50 v%수소의 혼합가스 분위기로 하였고, 1150℃ 도달 후에는 100v% 수소가스 분위기에서 20시간 동안 유지 후 노냉하였다. 각각의 성분에 따른 방향성 전기강판의 자기적 특성은 하기 표 2와 같다.

**【표 2】**

구분	Cu(wt%)	자속밀도 (B10, Tesla)	철손 (W17/50, W/kg)	엿지크랙
비교재8	0.0005	1.873	1.07	≤ 20mm
발명재9	0.005	1.915	0.88	≤ 20mm
발명재10	0.01	1.932	0.83	≤ 20mm
발명재11	0.02	1.938	0.82	≤ 20mm

발명재12	0.03	1.936	0.81	≤ 20mm
발명재13	0.05	1.941	0.8	≤ 20mm
발명재14	0.07	1.918	0.86	≤ 20mm
발명재15	0.09	1.912	0.88	≤ 20mm
비교재9	0.11	1.898	0.96	≤ 20mm

표 2에서 확인 할 수 있는 바와 같이 Cu 함량이 너무 적게 첨가된 비교재 8의 경우에는 자성이 열위한 것을 알수 있는데 이와 같은 원인은 결국 Cu가 적게 첨가됨에 따라서 (Fe,Mn,Cu)S 및 (Fe,Mn,Cu)Se 석출물들이 미세하게 석출되지 못한 원인으로 판단된다. 반대로 Cu 함량이 과량 첨가된 5 비교재 9의 경우에는 (Fe,Mn,Cu)S 및 (Fe,Mn,Cu)Se 석출물 보다는 Cu가 대부분인 CuS 및 CuSe 석출물들이 주로 조대하게 형성되면서 자성이 열위해진 것을 확인할 수 있다.

**실시예 3**

중량%로 C:0.06%, Si:3.3%, Mn:0.05%, S:0.015%, Se:0.035%, P:0.02%,  
 10 Cu:0.03%, Sn:0.06%, Cr:0.08% N:0.004%를 기본 조성으로 하고 B와 Mo의 함량을 하기 표 3과 같이 첨가하고, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 함유하는 슬라브를 준비하였다. 이어서 슬라브를 1280℃로 가열한 후 열간압연하여 2.0mm 두께의 열연판을 제조하였다. 이 때, 열연판의 양측면에서 관찰되는 엿지크랙 중에서 최대 깊이를 측정함 다음, 소둔하기 15 적절한 크기로 절단하였다. 열연판은 1100℃의 온도로 가열한 후 120초간 균열하여 열연판 소둔 하였다. 그 다음, 소둔된 열연판을 산세 한 후 0.23mm 두께로 냉간압연하고, 냉간압연된 강판은 이슬점 60℃, 수소와 질소의 혼합가스 분위기 속에서 850℃의 온도로 180초간 유지하여 탈탄과 함께 1차 재결정 소둔하였다. 이 강판에 소둔분리제인 MgO를 도포한 후 2차 재결정 20 소둔하였고, 2차 재결정 소둔은 1200℃까지는 25 v% 질소 + 75 v%수소의 혼합가스 분위기로 하였고, 1200℃ 도달후에는 100v% 수소가스 분위기에서 15 시간 동안 유지 후 냉각하였다. 각각의 성분에 따른 방향성 전기강판의 자기적 특성은 하기 표 3과 같다.

**【표 3】**

구분	B(wt%)	Mo(wt%)	엣지크랙 (mm)	자속밀도 (B10, Tesla)	철손 (W17/50, W/kg)
비교재 10	<0.0001	0.05	29	1.901	0.91
비교재 11	<0.0001	0.2	23	1.875	0.96
발명재 16	0.0005	0.02	20	1.912	0.87
발명재 17	0.0005	0.1	15	1.922	0.85
발명재 18	0.0011	0.03	16	1.927	0.83
발명재 19	0.0015	0.1	12	1.928	0.84
발명재 20	0.0035	0.15	9	1.933	0.81
발명재 21	0.007	0.2	5	1.941	0.8
비교재 12	0.009	0.25	2	1.906	0.9
발명재 21	0.01	0.15	4	1.939	0.81
비교재 13	0.01	0.005	25	1.899	0.92
비교재 14	0.011	0.15	2	1.853	0.98

표 3에 표시된 것처럼 B 또는 Mo를 적정량 포함하지 못한 비교재 10 내지 14는 열연판 엣지크랙 발생 깊이가 최대 28mm로서 엣지크랙에 의한 열연판 엣지 절사량이 증가하여 생산성이 떨어진다. 특히, B함량이 과량으로 첨가된 비교재 14는 조대한 BN 석출물을 형성하여 Goss방위 결정립의 2차 재결정 형성에 방해되어 자기특성이 열위하게 된다. Mo의 경우에도 과량으로 첨가된 비교재 12는 자성이 열위하게 나타났는데 이는 열연중에 전단집합조직이 과하게 발달함에 따라 Goss 방위의 2차재결정이 불안정해진 것으로 확인된다.

본 발명은 상기 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 4.5%, C: 0.005% 이하(0%를 제외함), Mn: 0.001 내지 0.08%, P: 0.001 내지 0.1%, Cu: 0.001 내지 0.1%, S:0.0005 내지 0.05%,  
5 Se: 0.0005 내지 0.05%, B: 0.0001 내지 0.01% 및 Mo: 0.01 내지 0.2%를 포함하고, 잔부는 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고,

S 및 Se를 그 합량으로 0.005 내지 0.05 중량% 포함하는 방향성 전기강판.

【청구항 2】

10 제1항에 있어서,

B: 0.0011 내지 0.01 중량% 포함하는 방향성 전기강판.

【청구항 3】

제1항에 있어서,

15 Al: 0.0001 내지 0.01 중량% 및 N: 0.0005 내지 0.005 중량% 더 포함하는 방향성 전기강판.

【청구항 4】

제1항에 있어서,

Cr: 0.001 내지 0.1 중량%, Sn: 0.005 내지 0.2 중량%, 및 Sb: 0.005 내지 0.2 중량% 중 1종 이상을 더 포함하는 방향성 전기강판.

20 【청구항 5】

중량%로, Si: 2.0 내지 4.5%, C: 0.001 내지 0.1 중량%, Mn: 0.001 내지 0.08%, P: 0.001 내지 0.1%, Cu: 0.001 내지 0.1%, S:0.0005 내지 0.05%, Se: 0.0005 내지 0.05%, B: 0.0001 내지 0.01% 및 Mo: 0.01 내지 0.2%를 포함하고, 잔부는 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, S 및 Se를 그 합량으로  
25 0.005 내지 0.05 중량% 포함하는 슬라브를 제조하는 단계;

상기 슬라브를 가열하는 단계;

상기 슬라브를 열간압연하여 열연판을 제조하는 단계;

상기 열연판을 냉간압연하여 냉연판을 제조하는 단계;

상기 냉연판을 1차 재결정 소둔하는 단계; 및

30 1차 재결정 소둔이 완료된 냉연판을 2차 재결정 소둔하는 단계를

포함하는 방향성 전기강판의 제조 방법.

【청구항 6】

제5항에 있어서,

상기 열연판을 제조하는 단계 이후, 상기 열연판은 엷지크랙 최대  
5 깊이가 20mm 이하인 방향성 전기강판의 제조 방법.

【청구항 7】

제5항에 있어서,

상기 1차 재결정 소둔이 완료된 냉연판은 (Fe,Mn,Cu)S 및  
10 (Fe,Mn,Cu)Se 중 1종 이상의 석출물을 포함하는 방향성 전기강판의 제조  
방법.

【청구항 8】

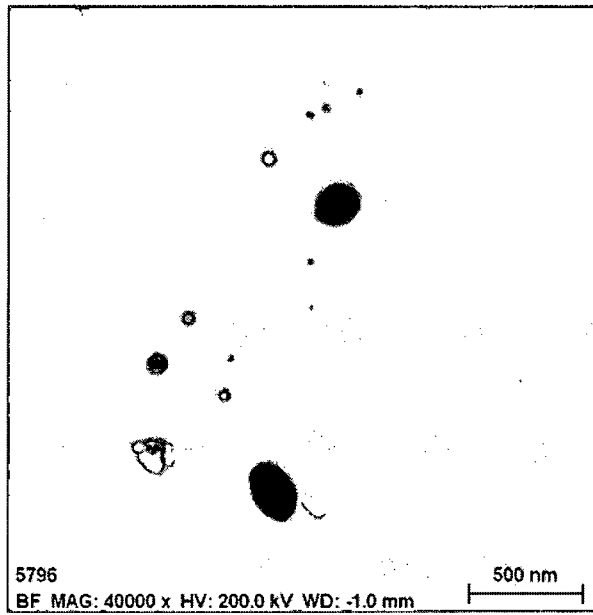
제5항에 있어서,

상기 1차 재결정 소둔하는 단계는 50℃ 내지 70℃의 이슬점 온도 및  
수소 및 질소 혼합 분위기 에서 수행되는 방향성 전기강판의 제조 방법.

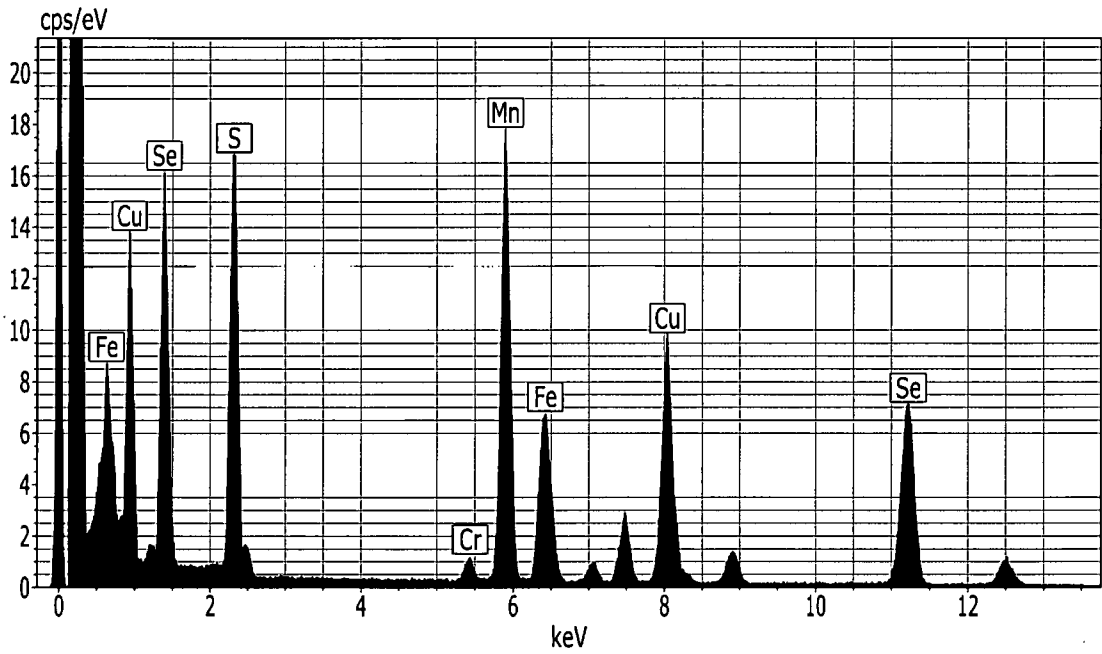
15

【도면】

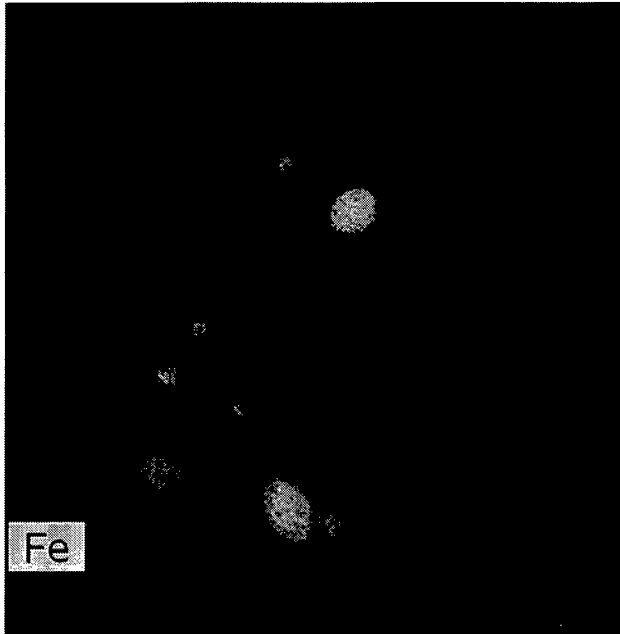
【도 1】



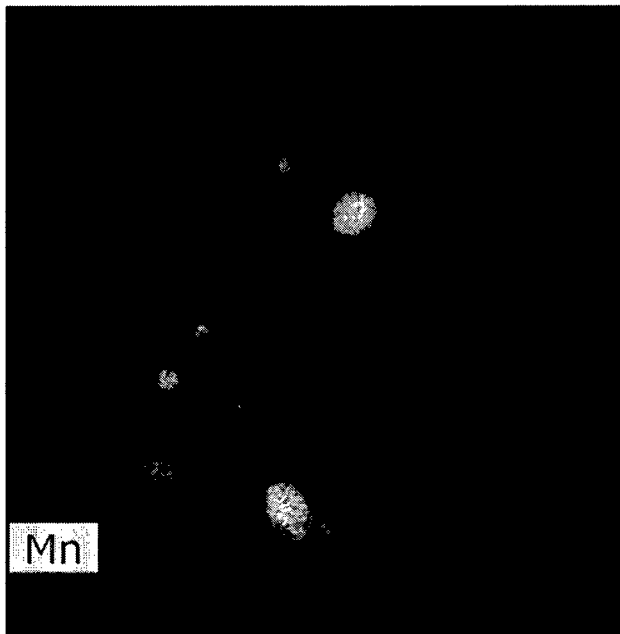
【도 2】



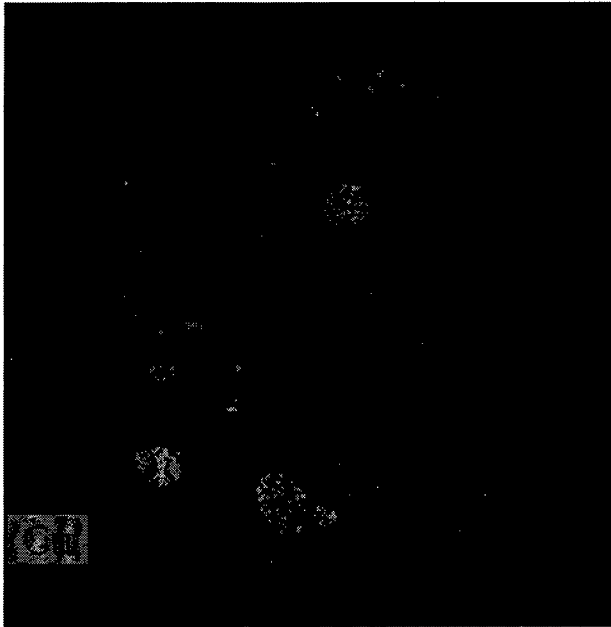
【도 3】



【도 4】



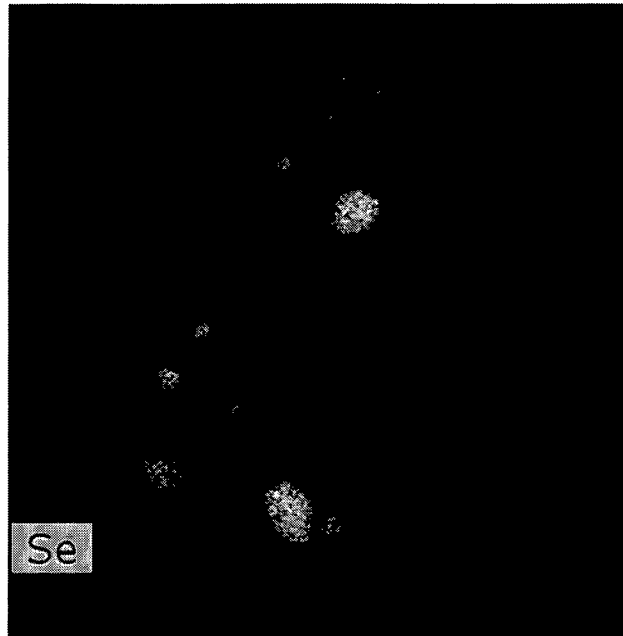
【도 5】



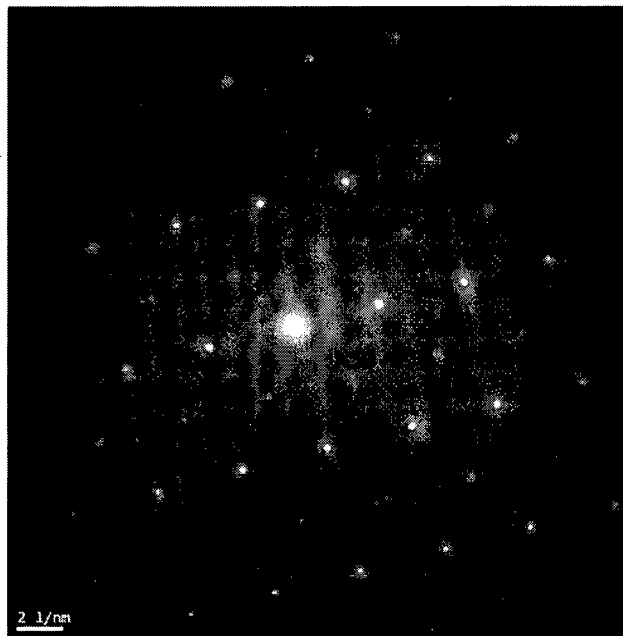
【도 6】



【도 7】



【도 8】



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2018/016038

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

*C22C 38/60(2006.01)i, C22C 38/02(2006.01)i, C22C 38/04(2006.01)i, C22C 38/16(2006.01)i, C22C 38/12(2006.01)i, C22C 38/34(2006.01)i, C21D 8/12(2006.01)i, C21D 9/46(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 38/60; C21D 8/12; C22C 38/00; C22C 38/02; C22C 38/04; C22C 38/16; C22C 38/12; C22C 38/34; C21D 9/46

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: electrical steel sheet, sulfur, selenium, copper, boron, molybdenum

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2017-101311 A (JFE STEEL CORP.) 08 June 2017 See paragraphs [0036], [0056], [0069] and claims 1, 3.	1-8
X	KR 10-2008-0042860 A (THYSSENKRUPP STEEL AG.) 15 May 2008 See paragraph [0076] and claim 1.	1-8
X	JP 2017-106111 A (JFE STEEL CORP.) 15 June 2017 See paragraphs [0022], [0060] and claims 1-3.	1-8
A	JP 10-140297 A (KAWASAKI STEEL CORP.) 26 May 1998 See paragraph [0011] and claims 1, 2.	1-8
A	KR 10-1633255 B1 (POSCO) 08 July 2016 See paragraphs [0085]-[0089] and claims 1, 14.	1-8



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

27 MARCH 2019 (27.03.2019)

Date of mailing of the international search report

01 APRIL 2019 (01.04.2019)

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/KR2018/016038**

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
JP 2017-101311 A	08/06/2017	JP 6439665 B2	19/12/2018
KR 10-2008-0042860 A	15/05/2008	AU 2006-274900 A1	08/02/2007
		AU 2006-274900 B2	28/07/2011
		BR P10614374 A2	22/03/2011
		BR P10614374 B1	29/04/2014
		CA 2616088 A1	08/02/2007
		CA 2616088 C	05/05/2015
		CN 101238226 A	06/08/2008
		CN 101238226 B	13/07/2011
		EP 1752548 A1	14/02/2007
		EP 1752548 B1	03/02/2016
		HU E027079 T2	28/10/2016
		JP 2009-503264 A	29/01/2009
		KR 10-1365652 B1	19/02/2014
		MX 2008001413 A	16/04/2008
		PL 1752548 T3	31/08/2017
		RU 2008107949 A	10/09/2009
		RU 2383634 C2	10/03/2010
		SI EP1752548 T1	30/09/2016
		TW 200710225 A	16/03/2007
		TW 1402352 B	21/07/2013
		US 2009-0139609 A1	04/06/2009
		US 8038806 B2	18/10/2011
		WO 2007-014867 A1	08/02/2007
ZA 200800662 B	29/07/2009		
JP 2017-106111 A	15/06/2017	JP 6418226 B2	07/11/2018
JP 10-140297A	26/05/1998	JP 4075083 B2	16/04/2008
KR 10-1633255 B1	08/07/2016	CN 107109508 A	29/08/2017
		EP 3235914 A1	25/10/2017
		JP 2018-505962 A	01/03/2018
		US 2018-0002772 A1	04/01/2018
		WO 2016-099191 A1	23/06/2016

<b>A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))</b> C22C 38/60(2006.01)i, C22C 38/02(2006.01)i, C22C 38/04(2006.01)i, C22C 38/16(2006.01)i, C22C 38/12(2006.01)i, C22C 38/34(2006.01)i, C21D 8/12(2006.01)i, C21D 9/46(2006.01)i		
<b>B. 조사된 분야</b> 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) C22C 38/60; C21D 8/12; C22C 38/00; C22C 38/02; C22C 38/04; C22C 38/16; C22C 38/12; C22C 38/34; C21D 9/46 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: 전기강관, 황, 셀레늄, 구리, 보론, 몰리브덴		
<b>C. 관련 문헌</b>		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	JP 2017-101311 A (JFE STEEL CORP.) 2017.06.08 단락 [0036], [0056], [0069] 및 청구항 1, 3 참조.	1-8
X	KR 10-2008-0042860 A (티센크루프 스틸 악티엔게젤샤프트) 2008.05.15 단락 [0076] 및 청구항 1 참조.	1-8
X	JP 2017-106111 A (JFE STEEL CORP.) 2017.06.15 단락 [0022], [0060] 및 청구항 1-3 참조.	1-8
A	JP 10-140297 A (KAWASAKI STEEL CORP.) 1998.05.26 단락 [0011] 및 청구항 1, 2 참조.	1-8
A	KR 10-1633255 B1 (주식회사 포스코) 2016.07.08 단락 [0085]-[0089] 및 청구항 1, 14 참조.	1-8
<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 2019년 03월 27일 (27.03.2019)	국제조사보고서 발송일 2019년 04월 01일 (01.04.2019)	
ISA/KR의 명칭 및 우편주소  대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578	심사관 이현길 전화번호 +82-42-481-8525	

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 2017-101311 A	2017/06/08	JP 6439665 B2	2018/12/19
KR 10-2008-0042860 A	2008/05/15	AU 2006-274900 A1	2007/02/08
		AU 2006-274900 B2	2011/07/28
		BR PI0614374 A2	2011/03/22
		BR PI0614374 B1	2014/04/29
		CA 2616088 A1	2007/02/08
		CA 2616088 C	2015/05/05
		CN 101238226 A	2008/08/06
		CN 101238226 B	2011/07/13
		EP 1752548 A1	2007/02/14
		EP 1752548 B1	2016/02/03
		HU E027079 T2	2016/10/28
		JP 2009-503264 A	2009/01/29
		KR 10-1365652 B1	2014/02/19
		MX 2008001413 A	2008/04/16
		PL 1752548 T3	2017/08/31
		RU 2008107949 A	2009/09/10
		RU 2383634 C2	2010/03/10
		SI EP1752548 T1	2016/09/30
		TW 200710225 A	2007/03/16
		TW I402352 B	2013/07/21
		US 2009-0139609 A1	2009/06/04
		US 8038806 B2	2011/10/18
		WO 2007-014867 A1	2007/02/08
		ZA 200800662 B	2009/07/29
JP 2017-106111 A	2017/06/15	JP 6418226 B2	2018/11/07
JP 10-140297A	1998/05/26	JP 4075083 B2	2008/04/16
KR 10-1633255 B1	2016/07/08	CN 107109508 A	2017/08/29
		EP 3235914 A1	2017/10/25
		JP 2018-505962 A	2018/03/01
		US 2018-0002772 A1	2018/01/04
		WO 2016-099191 A1	2016/06/23