(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2021 년 6 월 24 일 (24.06.2021)

WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2021/125857 A1

(51) 국제특허분류:
C22C 38/02 (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01)
C22C 38/14 (2006.01)
C22C 38/12 (2006.01)
C21D 8/12 (2006.01)
B21B 3/00 (2006.01)
B21B 1/24 (2006.01)
C21D 8/02 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2020/018611

(22) 국제출원일: 2020 년 12 월 17 일 (17.12.2020)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2019-0170756 2019 년 12 월 19 일 (19.12.2019) KR

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

(72) 발명자: 이세일 (**LEE, Se Il**); 37859 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동) 포스코, Gyeongsangbuk-do (KR). 문현우 (**MUN, Hyunwoo**); 37859 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동) 포스코, Gyeongsangbuk-do (KR).

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

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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).

공개:

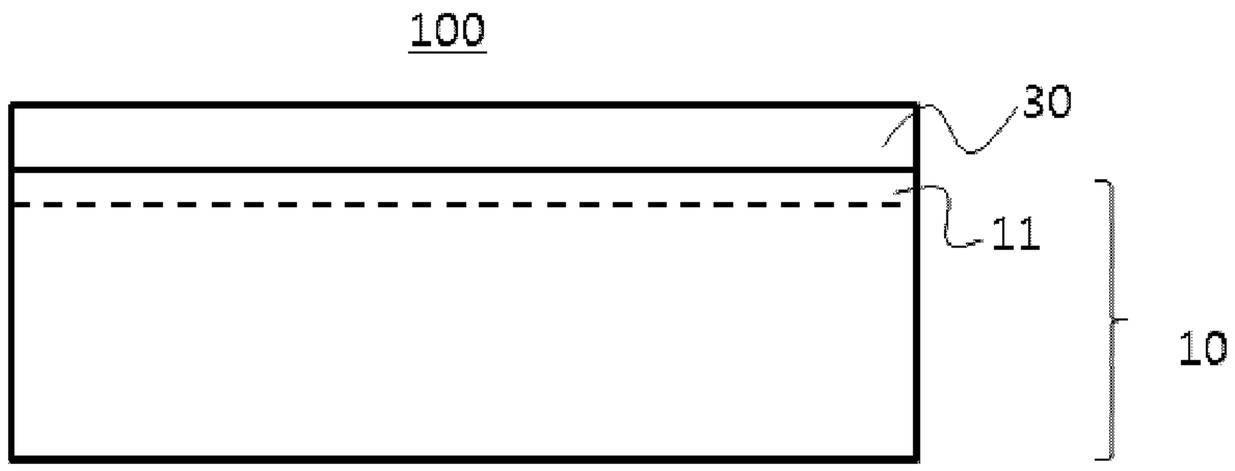
— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

— 청구범위 보정 기한 만료 전의 공개이며, 보정서를 접수하는 경우 그에 관하여 별도 공개함 (규칙 48.2(h))

(54) **Title:** DOUBLE-ORIENTED ELECTRICAL STEEL SHEET, AND METHOD FOR PRODUCING SAME

(54) 발명의 명칭: 이방향성 전기강판 및 그의 제조방법

[Fig. 1]



(57) **Abstract:** A double-oriented electrical steel sheet according to an example of the present invention comprises 2.0 to 4.0 wt% of Si, 0.01 to 0.04 wt% of Al, 0.0004 to 0.02 wt% of S, 0.05 to 0.3 wt% of Mn, at most 0.01 wt% (exclusive of 0 wt%) of N, at most 0.005 wt% (exclusive of 0 wt%) of C, 0.005 to 0.15 wt% of P, 0.001 to 0.005 wt% of Ti, and 0.0001 to 0.005 wt% of Mg, with the balance being Fe and other inevitable impurities, wherein the area fraction of crystal grains having an orientation within 15 ° from { 100 } <001> is 60 to 99%, and the area fraction of crystal grains having an orientation within 15° from {100}<025> is 1 to 30%.

(57) 요약서: 본 발명의 일 실시예에 의한 이방향성 전기강판은 중량% 로, Si: 2.0 내지 4.0%, Al: 0.01 내지 0.04%, S: 0.0004 내지 0.02%, Mn: 0.05 내지 0.3%, N: 0.01% 이하(0% 를 제외함) C: 0.005% 이하(0% 를 제외함), P: 0.005 내지 0.15%, Ti: 0.001 내지 0.005%, Ca: 0.0001 내지 0.005% 및 Mg:0.0001 내지 0.005% 를 포함하고, 잔부는 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, { 100 } <001> 로부터 15 ° 이내의 방위를 갖는 결정립의 면적 분율이 60 내지 99% 이고, {100}<025> 로부터 15° 이내의 방위를 갖는 결정립의 면적 분율이 1 내지 30% 이내이다.

WO 2021/125857 A1

명세서

발명의 명칭: 이방향성 전기강판 및 그의 제조방법

기술분야

[1] 본 발명의 일 실시예는 이방향성 전기강판 및 그의 제조방법에 관한 것이다. 구체적으로 본 발명의 일 실시예는 합금 조성 내에서 Ti, Mg, Ca의 함량을 적절히 제어하고, 압연 조건을 조절하여, {100}<001> 방위를 갖는 결정립의 분율을 높임으로써, 압연 방향 및 압연 수직 방향의 자성이 매우 우수한 이방향성 전기강판 및 그의 제조방법에 관한 것이다.

[2]

배경기술

[3] 전기강판의 자속밀도를 향상시키기 위해서는 강의 집합조직을 향상시켜서 자화방향으로 <100> 축을 평행으로 정렬시키는 방법이 가장 효과적으로 알려져 있으며, 추가로 강의 합금량을 줄여 Fe 원자가 강 중에 차지하는 분율을 향상시킴으로서 포화자속을 순철에 가깝게 함으로써, 자속밀도를 향상시키는 방법이 사용된다. 이중에 방향성 전기강판의 경우 Goss 방위라고 부르는 {110}<001> 방위를 이용하는 것으로 통상적으로 슬라브-열연-열연판 소둔-냉연-1차재결정 중 탈탄-질화-2차 고온소둔 과정을 통해서 얻을 수 있다. 하지만, 이는 압연 방향(Rd 방향)으로만 자성이 우수하고 압연 수직방향(TD 방향)에서는 자성이 극히 열위하여 자화의 방향이 압연방향으로 정해져 있는 변압기 외에는 사용하기 곤란하다. 이 때문에, 이와는 다른 집합조직으로 자화방향과 <100>축을 평행으로 하는 집합조직을 제어한 전기강판의 제조가 요구된다.

[4] 회전기기에서의 자화 방향은 통상적으로 판면 내에서 회전하기 때문에, <100>축은 판면에 평행하여야 되는데, 그런 조건하에서의 방위 중 철강재료에서 자주 관찰되는 방위는 {100}<011> 방위이다. 이것은 압연 방향으로부터 45도 압연수직방향(TD방향)으로 틀어진 방향으로 <100>축이 평행하기 때문에, 자화 방향이 판의 압연방향에서 45도일 때 가장 자성이 우수한 특징이 있다. 하지만 이 방위는 냉간압연 안정 방위로 재결정 소둔시에는 모두 사라지게 되는 특징이 있어 전기강판 소재에서 활용되지 않고 있다.

[5] 이와 유사하게 {100}<001> 방위가 있는데, 이는 Cube 방위로 하여 과거로부터 유용성을 인정받아 왔으나, 교차 압연을 하거나 진공소둔을 하는 등 실제의 대규모 공업생산이 불가능한 기구를 통해 제조하는 방법만이 알려져 있다.

[6] 특히 교차압연법은 소재의 연속생산이 불가능한 것에 의하여 활용될 수 없는데, 대형 발전기기의 경우 수m의 직경의 원통형태의 코어를 제조하여야 되기 때문에, 판면에서 코어를 수개 내지 수십개로 분할하여 이를 조립하는 형태로 만들게 되는 공정에 적용할 수 없고, 생산성 또한 극히 낮게 된다.

[7] 발전기의 경우, 일반 터빈 발전기는 각 국의 상용 전기 주파수인 50 Hz, 혹은 60 Hz에 맞추어서 전기를 생산하기 때문에 50 Hz 및 60 Hz 에서의 자기적 성질이 중요하나, 풍력발전기 등 회전속도가 느린 발전기에서는 이러한 DC 및 30Hz 이하에서의 자기적 특성이 중요하다.

[8] 따라서 상기의 기기에서는 교류자기에서 발생하는 철손보다도, 자화의 정도를 나타내는 자속밀도 특성이 보다 더 중요한 특성이 있는데, 일반적으로 B8 자속밀도로 이를 평가한다. B8 자속밀도는 자장의 강도가 800A/m에서의 강판의 자속밀도 값을 의미하는데, 이는 주로 50Hz의 교류자기에서 측정하지만, 경우에 따라서는 직류에서 측정하거나, 50Hz이하의 주파수에서 측정하기도 한다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[9] 본 발명의 일 실시예에서는 이방향성 전기강판 및 그의 제조방법을 제공하고자 한다. 구체적으로 본 발명의 일 실시예에서는 합금 조성 내에서 Ti, Mg, Ca의 함량을 적절히 제어하고, 압연 조건을 조절하여, { 100 } <001> 방위를 갖는 결정립의 분율을 높임으로써, 압연 방향 및 압연 수직 방향의 자성이 매우 우수한 이방향성 전기강판 및 그의 제조방법을 제공하고자 한다.

과제 해결 수단

[10] 본 발명의 일 실시예에 의한 이방향성 전기강판은 중량%로, Si: 2.0 내지 4.0%, Al: 0.01 내지 0.04%, S: 0.0004 내지 0.02%, Mn: 0.05 내지 0.3%, N: 0.01% 이하(0%를 제외함) C: 0.005%이하(0%를 제외함), P: 0.005 내지 0.15%, Ti: 0.001 내지 0.005%, Ca: 0.0001 내지 0.005% 및 Mg:0.0001 내지 0.005%를 포함하고, 잔부는 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, { 100 } <001>로부터 15° 이내의 방위를 갖는 결정립의 면적 분율이 60 내지 99%이고 {100}<025>로부터 15° 이내의 방위를 갖는 결정립의 면적 분율이 1 내지 30% 이다.

[11] 본 발명의 일 실시예에 의한 이방향성 전기강판은 하기 식 1을 만족할 수 있다.

[12] [식 1]

[13] $10 \times ([Ti]+[Ca]+[Mg]) \geq [Al]$

[14] (식 1에서, [Ti], [Ca], [Mg] 및 [Al] 는 각각 Ti, Ca, Mg 및 Al의 함량(중량%)을 나타낸다.)

[15] 본 발명의 일 실시예에 의한 이방향성 전기강판은 Sn: 0.1 중량% 이하, Sb: 0.001 내지 0.1 중량% 및 Mo: 0.01 내지 0.2 중량% 중 1종 이상을 더 포함할 수 있다.

[16] 본 발명의 일 실시예에 의한 이방향성 전기강판은 Bi: 0.01 중량% 이하, Pb: 0.01 중량% 이하, As: 0.01 중량% 이하, Be: 0.01 중량% 이하 및 Sr: 0.01 중량% 이하 중 1종 이상을 더 포함할 수 있다.

[17] 본 발명의 일 실시예에 의한 이방향성 전기강판은 평균 결정립경이 상기 강판의 두께의 20배 이상일 수 있다.

[18] 본 발명의 일 실시예에 의한 이방향성 전기강판은 강판의 기재 표면으로부터

기재 내부 방향으로 형성된 산화층 및 기재 표면 상에 형성된 절연층을 포함할 수 있다.

[19] 기재 표면과 상기 절연층이 맞닿을 수 있다.

[20] 기재 표면 및 절연층 사이에 개재된 포스테라이트 층을 더 포함할 수 있다.

[21] 본 발명의 일 실시예에 의한 이방향성 전기강판은 압연 방향과 압연 수직방향의 Br이 모두 1.65T 이상이고, 원주방향의 Br이 1.58 T이상일 수 있다. Br은 하기 식 2로 계산된다.

[22] [식 2]

[23] $Br = 7.87/(7.87-0.065\times[Si]-0.1105\times[Al]) \times B8$

[24] (식 2에서, [Si] 및 [Al]은 각각 Si 및 Al의 함량(중량%)을 나타낸다. B8은 800A/m로 유기하였을 때 유도되는 자기장의 강도(Tesla)를 나타낸다.)

[25] 본 발명의 일 실시예에 의한 이방향성 전기강판의 제조 방법은 중량%로, Si: 2.0 내지 4.0%, Al: 0.01 내지 0.04%, S: 0.0004 내지 0.02%, Mn: 0.05 내지 0.3%, N: 0.02% 이하(0%를 제외함) C: 0.05%이하(0%를 제외함), P: 0.005 내지 0.15%, Ti: 0.001 내지 0.005%, Ca: 0.0001 내지 0.005% 및 Mg:0.0001 내지 0.005%를 포함하고, 잔부는 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 슬라브를 제조하는 단계; 슬라브를 열간 압연하여 열연판을 제조하는 단계; 열연판을 압연하여 강판을 제조하는 단계; 강판을 1차 재결정 소둔하는 단계 및 1차 재결정 소둔된 강판을 2차 재결정 소둔하는 단계를 포함하고, 열연판을 제조하는 단계에서의 전체 압하율은 95% 이상이고, 열연판을 제조하는 단계는 복수의 패스를 포함하고, 각 패스에서의 압하율이 50% 이하이다.

[26] 슬라브는 하기 식 3을 만족할 수 있다.

[27] [식 3]

[28] $[C]/[Si] \geq 0.0067$

[29] (식 3에서, [C] 및 [Si]는 각각 슬라브 내의 C 및 Si의 함량(중량%)을 나타낸다.)

[30] 열연판을 제조하는 단계는 700℃ 이상의 온도에서 수행할 수 있다.

[31] 강판을 제조하는 단계는 열연판을 1차 압연하는 단계; 중간 소둔 하는 단계 및 중간 소둔된 강판을 2차 압연하는 단계를 포함할 수 있다.

[32] 1차 압연하는 단계 및 2차 압연하는 단계는 각각 압하율이 75% 이하일 수 있다.

[33] 1차 압연하는 단계 및 2차 압연하는 단계는 복수의 패스를 포함하고, 각 패스에서의 압하율이 45% 이하일 수 있다.

[34] 1차 압연하는 단계 및 2차 압연하는 50℃ 이상 및 700℃ 미만의 온도에서 수행할 수 있다.

[35] 1차 재결정 소둔하는 단계에서, 50 내지 70℃의 이슬점 온도에서 탈탄하는 단계를 포함할 수 있다.

[36] 1차 재결정 소둔하는 단계에서, 질화 단계를 포함하고, 질화량이 0.01 내지 0.03 중량%일 수 있다.

[37] 1차 재결정 소둔하는 단계 이후, 1차 재결정 소둔된 강판의 평균 결정립 입경이

30 내지 50㎛일 수 있다.

[38] 1차 재결정 소둔하는 단계 이후, 소둔 분리제를 도포하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[39] 2차 재결정 소둔하는 단계 이후, 강판 표면에 형성된 포스테라이트 층을 제거하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[40]

발명의 효과

[41] 본 발명의 일 실시예에 의한 이방향성 전기강판은 합금 조성 내에서 Ti, Mg, Ca의 함량을 적절히 제어하고, 압연 조건을 조절하여, 압연 방향 및 압연 수직 방향의 자성이 매우 우수하다.

[42] 특히, 풍력발전기 등 회전속도가 느린 발전기에 유용하게 사용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[43] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 이방향성 전기강판의 단면의 모식도이다.

[44] 도 2는 본 발명의 또 다른 일 실시예에 의한 이방향성 전기강판의 단면의 모식도이다.

발명의 실시를 위한 형태

[45] 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.

[46] 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.

[47] 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.

[48] 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.

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

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

[51] 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.

[52]

[53] 본 발명의 일 실시예에 의한 이방향성 전기강판은 본 발명의 일 실시예에 의한 이방향성 전기강판은 중량%로, Si: 2.0 내지 4.0%, Al: 0.01 내지 0.04%, S: 0.0004 내지 0.02%, Mn: 0.05 내지 0.3%, N: 0.01% 이하(0%를 제외함) C: 0.005%이하(0%를 제외함), P: 0.005 내지 0.15%, Ti: 0.001 내지 0.005%, Ca: 0.0001 내지 0.005% 및 Mg:0.0001 내지 0.005%를 포함하고, 잔부는 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함한다.

[54] 먼저 이방향성 전기강판의 성분 한정의 이유부터 설명한다.

[55]

[56] Si: 2.00 내지 4.00 중량%

[57] 실리콘(Si)는, 열간압연에서는 오스테나이트를 형성하는 원소로, 슬라브 가열 온도 부근과 열연판 소둔 온도 부근에서 10% 내외의 오스테나이트 분율을 갖게 하기 위하여 첨가량을 제한할 필요가 있다. 또한 2차 재결정 소둔에서는 페라이트 단상이어야 소둔시 2차재결정 미세조직의 형성이 원활하게 일어날 수 있기 때문에 페라이트 단상이 되는 성분으로 제한할 필요가 있다. 순철에서는 2.0 중량% 이상 첨가시 페라이트 단상이 형성되고 이에 C의 첨가를 통하여 오스테나이트 분율을 조절할 수 있기 때문에, Si 함량의 하한을 2.0 중량%로 한정할 수 있다. 또한 4 중량% 초과시 냉간압연이 어렵고, 포화자속이 떨어지기 때문에 이를 제한한다. 보다 구체적으로 Si는 2.2 내지 3.3 중량% 포함될 수 있다. 더욱 구체적으로 자속밀도가 높은 강판을 얻기 위해서는 Si는 2.4 내지 2.9 중량% 포함될 수 있다.

[58] Al: 0.010 내지 0.040 중량%

[59] 알루미늄(Al)은 AlN을 형성하여 2차 재결정의 인히비터로 사용된다. 본 발명의 일 실시예에서는 통상의 방향성 전기강판의 질화 공정 이외의 인히비터 사용시에도 Cube 집합조직을 얻을 수 있기 때문에 Al의 첨가량은 통상의 방향성 전기강판보다 넓은 범위에서 제어될 수 있다. 단, 0.01 중량% 미만 첨가시에는 강중의 산화물이 크게 증가하여 자성을 열위하게 만들고 또한 2차재결정 온도를 변화시켜 Cube 방위의 형성을 방해하기 때문에 그 하한을 0.01 중량%로 한다. 0.04 중량%를 초과하면 2차재결정 온도가 크게 증가하여 공업적 생산이 어렵다.

더욱 구체적으로 Al은 0.015 내지 0.035 중량% 포함될 수 있다.

[60] S: 0.0004 내지 0.0200 중량%

[61] 황(S)는 강중 Cu나 Mn과 결합하여 MnS를 미세하게 형성하고, 미세하게 형성된 석출물은 2차 재결정을 돕기 때문에 그 첨가량을 0.0004 내지 0.02 중량%로 할 수 있다. S는 과량으로 첨가시에는 S의 편석에 의하여 2차 재결정 시에 강중 Goss 의 분율이 증가할 수 있고, 열연판에서의 석출물의 제어가 되지 않아 2차재결정 시의 원하는 집합조직을 얻을 수 없게 될 수 있다. 더욱 구체적으로 S는 0.0005 내지 0.006 중량% 포함될 수 있다.

[62] Mn: 0.05 내지 0.30 중량%

[63] 망간(Mn)은 불가피하게 용강에 존재하는 것이지만, 소량 들어가면 석출물로 사용될 수 있고, FeS의 형성 이후에 MnS로 변화하는 원소로 강중 첨가할 수 있다. 단, 너무 많이 첨가시에는 고온 소둔에도 Mn은 S와의 결합이 강하게 유지되어 미세한 석출물을 형성하는 Mg, Ca와 S의 결합을 방해한다. 반대로 너무 적게 포함되면, 2차 재결정 시의 집합조직 제어가 어려워질 수 있다. 따라서, Mn은 0.05 내지 0.3 중량% 포함될 수 있다. 더욱 구체적으로 Mn은 0.08 내지 0.2 중량% 포함될 수 있다.

[64] N: 0.0100 중량% 이하

[65] 질소(N)는 AlN을 형성하는 원소로 AlN을 인히비터로 사용하므로, 적절한 함량을 확보할 필요가 있다. N을 너무 적게 포함할 시, 냉간압연시에 조직 불균일 변형도를 충분히 증가시켜서 1차재결정 시에 Cube의 성장을 촉진하고 Goss의 성장을 억제할 수 없게 된다. N을 과량으로 포함시, 열연이후의 공정에서 질소확산 에 의한 블리스터(blister)와 같은 표면결함을 유발하게 될 뿐만 아니라, 열연강판 상태에서 과잉의 질화물이 형성되기 때문에 압연이 용이하지 못해, 제조단가가 상승하는 원인이 된다.

[66] 슬라브 내에서 N은 0.02 중량% 이하가 포함될 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서 1차 재결정 소둔 시, 질화하는 과정이 포함되어 있으나 열연강판에서 0.01 중량% 내지 0.02 중량% 첨가 될 때에는 이 질화의 과정을 생략하여도 충분한 인히비터를 만들 수 있다, 2차 재결정 소둔 시 일부 N이 제거되므로, 슬라브에서와 최종 제조된 전기강판의 N 함량은 다를 수 있다.

[67] C: 0.0050 중량% 이하

[68] 탄소(C)는, 2차 재결정 소둔 후에도 다량 포함되면, 자기 시효를 일으켜 철손이 크게 증가하기 때문에, 상한은 0.005 중량%로 한다. 보다 구체적으로 C를 0.0001 내지 0.005 중량% 포함할 수 있다.

[69] 슬라브 내에서 C는 0.05 중량% 이하로 포함될 수 있다. 이를 통하여, 열연판내의 응력 집중과 Goss 형성을 억제할 수 있고 석출물을 미세화할 수 있다. 또한 C는 냉간압연시에 조직 불균일 변형도를 증가시켜서 1차 재결정 시에 Cube의 성장을 촉진하고 Goss의 성장을 억제할 수 있다. 단 과량으로 첨가되면 열연판 내의 응력 집중은 해소할 수 있으나 Goss 형성을 억제할 수 없고

석출물의 미 세화도 어렵다. 냉간압연시에도 냉간압연성을 크게 열위하게 만들기 때문에, 그 첨 가량은 한계를 갖는다. 본 발명의 일 실시예에서 1차 재결정 소둔 시, 탈탄하는 과 정이 포함되므로, 슬라브와 최종 제조된 전기강판의 C 함량은 다를 수 있다.

[70] 슬라브 내의 C와 Si 함량은 식 3을 만족할 수 있다.

[71] [식 3]

[72] $[C]/[Si] \geq 0.0067$

[73] (식 3에서, [C] 및 [Si]는 각각 슬라브 내의 C 및 Si의 함량(중량%)을 나타낸다.)

[74] C가 너무 적게 포함되거나, Si가 너무 과량 포함될 경우, Cube의 성 장을 촉진하고 Goss의 성장을 억제하는 것이 어려워 질 수 있다. 더욱 구체적으로 식 3의 좌변은 0.0083 이상일 수 있다.

[75] P: 0.005 내지 0.150 중량%

[76] 인(P)는 강의 비저항을 향상시키고 2차 재결정 시에 Cube의 분율을 향상시키는 역할을 하며 냉간압연시에 불균일 변형량도 증가시키기 때문에 적어도 0.005 중량% 이상은 첨가하는 것이 바람직하다. 단, 0.15 중량% 초과하여 첨가시에 냉간압연성이 극히 취약해 지기 때문에 그 첨가량을 제한한다. 더욱 구체적으로 P 를 0.01 내지 0.08 중량% 포함될 수 있다.

[77] Ca: 0.0001 내지 0.0050 중량% 및 Mg: 0.0001 내지 0.0050 중량%

[78] 칼슘(Ca) 및 마그네슘(Mg)은 모두 강중에서 반응성이 매우 뛰어난 합금 원소로, 미량 첨가시에도 강의 성질에 큰 영향을 미친다. 적정량의 S가 첨가되어 있는 강에서는 Ca 및 Mg가 S와 결합하여 고온에서 미세한 황화물을 형성한다. 이는 낮은 온도에서도 안정하기 때문에 이러한 미세한 석출물이 열연판에서 형성되면, 2차재결정 시에 집합조직 제어를 위한 인히비터 역할을 한다. 다만, Ca 및 Mg를 과량으로 첨가시에는 강중의 산소와도 결합하여 산화물을 형성하게 되고, 이러한 산화물을 표면 결함, 자성불량의 원인이 될 수 있다. 따라서, Ca: 0.0001 내지 0.005 중량% 및 Mg: 0.0001 내지 0.005 중량% 포함한다. 더욱 구체적으로 Ca: 0.001 내지 0.003 중량% 및 Mg: 0.0005 내지 0.0025 중량% 포함한다.

[79] Ti: 0.0010 내지 0.0050 중량%

[80] 타이타늄(Ti)는 강중에서 반응성이 매우 뛰어난 합금 원소로, 강중의 C, N, O등과 반응하여, 연주에서부터 빠르게 개재물 및 석출물을 형성한다. Ti의 첨가에 따라서 먼저 강중의 고용산소가 제거되고, 이어 C, N 등의 고용도가 감소한다. Cube의 성장을 위해서 강중의 고용 산소량을 제어할 필요가 있기 때문에 이의 첨가량은 0.001 중량% 이상이 바람직하다. 반면 강중의 압연중 변형에 영향을 미치는 C, N의 고용도를 줄이는 역할을 하지 않기 위해서는 0.005 중량% 이하로 첨가하는 것이 바람직하다. 더욱 구체적으로 Ti는 0.002 내지 0.004 중량% 포함할 수 있다.

[81] 본 발명의 일 실시예에 의한 이방향성 전기강판은 하기 식 1을 만족할 수 있다.

[82] [식 1]

[83] $10 \times ([Ti]+[Ca]+[Mg]) \geq [Al]$

[84] (식 1에서, [Ti], [Ca], [Mg] 및 [Al] 는 각각 Ti, Ca, Mg 및 Al의 함량(중량%)을 나타낸다.)

[85] Ca와 Mg는 S와 결합하여 미세한 황화물이 되었을 때 인히비터로서의 2차재결정에 역할을 할 수 있다. 또한 Ti 역시 O 혹은 C, N, S 등 강중의 많은 불순물과 결합이 매우 용이하여 인히비터로 역할을 하게 된다. 이러한 인히비터의 역할을 위해서는 충분한 양이 적당한 크기로, 분포의 편차가 적게 위치하여야 한다. 또다른 인히비터인 Al은 주로 질소와 결합하여 AlN을 형성하여 재결정 성장을 억제하는 역할을 한다. AlN은 2차 재결정을 원할하게 일어나게 하나, Goss 방위가 아닌 Cube 방위로 2차재결정이 일어나게 하기 위해서는 인히비터의 분해에 따른 결정 성장 속도를 늦출 필요가 있다. 2차 재결정 시의 비정상 결정립성장은 폭발적인 결정립 성장이기 때문에, 이를 억제하는 것이 매우 어렵고, 이는 AlN 이외의 인히비터의 사용이 많이 필요하다. 따라서 Ti, Ca, Mg에 의한 인히비터의 양이 전술한 식 1을 만족하도록 충분히 강중에 존재할 필요가 있다. 보다 구체적으로 Ca와 Mg, Ti의 합의 5배가 강중 Al의 양 이상인 것이 바람직하다. 즉, $5 \times ([Ti]+[Ca]+[Mg]) \geq [Al]$ 것이 바람직하다.

[86]

[87] 본 발명의 일 실시예에 의한 이방향성 전기강판은 Sn: 0.1 중량% 이하, Sb: 0.001 내지 0.1 중량% 및 Mo: 0.01 내지 0.2 중량% 중 1종 이상을 더 포함할 수 있다.

[88] Sn : 0.10 중량% 이하

[89] 주석(Sn)은 압연 중의 Goss 방위의 안정도가 낮아져서 Goss의 압연 후 분율이 감소하고, Cube 방위 분율이 증가하는 역할을 한다. 또한, 재결정 시에는 Sn이 Goss를 증가시키는 역할을 한다. 따라서, 적절한 압하율에서 Goss 방위를 제거하고, 재결정 후에도 Goss 분율을 낮추기 위해서는 Sn의 첨가량을 0.1 중량% 이하로 할 필요가 있다.

[90] Sn은 재결정 속도를 늦추고 재결정 시의 결정성장을 억제하는 효과가 있고, 결정립계에서 빠르게 성장하는 결정립계들의 성장속도를 결정립내에서 재결정하여 성장하는 결정립들의 성장속도와 일치하게 하는 것에 효과적이기 때문에 그 첨가량의 조절할 수 있다. 더욱 구체적으로 Sn을 0.001 내지 0.1 중량% 포함할 수 있다. 더욱 구체적으로 Sn을 0.01 내지 0.05 중량% 포함할 수 있다.

[91] Sb : 0.0010 내지 0.1000 중량%, Mo : 0.0100 내지 0.2000 중량%

[92] 안티몬(Sb)은 1차 재결정 집합조직 제어를 위하여 첨가 하는 것이 가능한 원소이다. 또한 0.001 중량% 이상 첨가하면 산화층의 형성 두께를 변화하여 압연 수직방향과 압연 방향의 자성 차이를 줄이는 원소이나 0.1 중량% 초과하여 첨가시에는 냉간압연시에 롤에서의 슬립이 크게 증가하므로 이를 제한한다. 더욱 구체적으로 Sb : 0.005 내지 0.05 중량%이 적합하다. Mo 는 첨가시에

강중의 탄화물 및 질화물의 고온 상 안정성에 도움을 주는 원소로 2차재결정 온도를 상승시키고, 연주 및 열연판 소둔에서 석출물을 보다 미세하게 하는 것에 도움을 줄 수 있다. 따라서 그 첨가량을 0.01 내지 0.2 중량%로 한정한다. 더욱 구체적으로 Mo를 0.02 내지 0.05 중량% 포함할 수 있다.

[93] 전술하였듯이, 추가 원소를 포함하는 경우, 잔부인 Fe를 대체하여 포함하게 된다. 예컨데, Sb를 0.001 내지 0.1 중량% 더 포함하는 이방향성 전기강판의 조성은 중량%로, Si: 2.0 내지 4.0%, Al: 0.01 내지 0.04%, S: 0.0004 내지 0.002%, Mn: 0.05 내지 0.3%, N: 0. 005% 이하(0%를 제외함), C: 0.005%이하(0%를 제외함), P: 0.005 내지 0.15%, Ca: 0.0001 내지 0.005%, Mg:0.0001 내지 0.005% 및 Sb:0.001 내지 0.1%를 포함하고, 잔부는 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함한다.

[94] 본 발명의 일 실시예에 의한 이방향성 전기강판은 Bi: 0.0100 중량% 이하, Pb: 0.0100 중량% 이하, As: 0.0100 중량% 이하, Be: 0.0100 중량% 이하 및 Sr: 0.0100 중량% 이하 중 1종 이상을 더 포함할 수 있다.

[95] 비스무스(Bi), 납(Pb), 비소(As), 베릴륨(Be) 및 스트론튬(Sr)은 강중에 산화물, 질화물, 탄화물이 미세하게 형성되는 원소로 2차 재결정에 도움을 주는 원소이며, 추가 첨가할 수 있다. 다만 0.01 중량% 초과하여 첨가 시에는 2차 재결정 형성이 불안정해지는 문제를 야기 하기 때문에 그 첨가량을 제한할 필요가 있다.

[96] 또한, 본 발명의 이방향성 전기강판은, 전술한 성분 이외의 잔부는, Fe 및 불가피적 불순물이다. 단, 본 발명의 작용 효과를 저해하지 않는 범위 내이면, 다른 원소의 함유를 배제하는 것은 아니다.

[97] 이처럼 본 발명의 일 실시예에 의한 이방향성 전기강판은 합금 조성을 정밀히 제어하여, 큐브 집합 조직을 다수 형성시킨다. 구체적으로 {100}<001>로부터 15° 이내의 방위를 갖는 결정립의 면적 분율이 60 내지 99%일 수 있다. 이때 99%를 초과하는 것은 2차 재결정중 불가피하게 형성되는 Island grain의 형성을 억제하고, 또한 석출물을 완전히 제거하는 것을 의미하는데, 이를 위하여서는 고온에서의 소둔시간이 크게 증가하기 때문에 이를 60 내지 99%로 한정한다. 더욱 구체적으로 70 내지 97%일 수 있다. 더욱 구체적으로 80 내지 95% 일 수 있다.

[98] 또한 {100}<025> 방위를 갖는 결정립의 경우 {100}<001>로부터 약 22.5°회전한 방위로써, 이 방위가 증가함에 따라서 강판은 이방향성 특성이 줄어들고 원주방향의 특성이 균일화 되기 때문에, 이방향성 특성의 확보를 위해서는 상기 방위를 갖는 결정립의 면적 분율이 30% 이내일 수 있다. 한편 상기 방위는 강판 면에 {100}면이 평행하여 자성에 미치는 악영향이 적고, {100}<001>로부터 22.5° 회전하여 있기 때문에 일부 {100}<001>로부터 15° 이내의 방위를 갖는 결정립이 {100}<025>의 15° 이내의 결정립으로 간주될 수 있어, 면적 분율이 0%가 될 수 없다. 15°의 가우시안 분포를 가정할 때 최소한의 값이 1% 이상을 포함할 수 있다. 더욱 구체적으로 3 내지 20% 일 수 있다. 더욱

구체적으로 5 내지 15%일 수 있다. { 100 } <001> 및 {100}<025>가 아닌 결정립은 10% 이하로 포함할 수 있다.

[99] 본 발명의 일 실시예에 의한 이방향성 전기강판은 평균 결정립경이 상기 강판의 두께의 20배 이상일 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서는 2차 재결정을 이용하는데, 2차 재결정의 결정립경은 판의 두께에 비하여 20배를 초과하는 것이 원하는 방위를 얻는 것에 유리하다. 결정립경은 강판의 압연면(ND면)과 평행한 면을 기준으로 측정할 수 있다. 입경은 결정립과 동일한 면적을 갖는 가상의 원을 가정하여, 그 원의 직경을 의미한다.

[100] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 이방향성 전기강판(100)의 단면의 모식도이다.

[101] 도 1에 나타나듯이, 강판의 기재(10) 표면으로부터 기재(10) 내부 방향으로 형성된 산화층(11) 및 강판 표면 상에 형성된 절연층(30)을 포함할 수 있다. 이 때, 강판의 기재(10) 표면이라 함은 강판의 일면 또는 양면(상면 및 하면)을 의미할 수 있다.

[102] 산화층(11)은 기재 내부로 산소가 침투하여 형성된다. 구체적으로 전술한 강판 조성에 더하여 산소(O)를 10 중량% 이상 포함할 수 있다. 산소 함량 면에서 기재(10)와 산화층(11)은 구별 가능하다. 산화층(11)은 5 ㎛ 이하의 두께로 존재할 수 있다. 산화층(11)이 너무 두껍게 존재할 경우, 강중 산소분율에 의하여 Cube 결정립의 성장이 억제되어, Cube 분율이 낮아지고, 궁극적으로 자성이 열화된다. 더욱 구체적으로 산화층(11)의 두께는 0.01 내지 2.5㎛ 일 수 있다.

[103] 기재(10) 표면 상에는 절연층(30)이 형성될 수 있다. 절연층(30)은 절연성 확보에 도움을 준다. 절연층(30)은 유기 또는 무기 코팅 조성물로부터 형성될 수 있고, 경우에 따라서는 유무기 복합 코팅 조성물로부터 형성될 수 있다. 절연층(30)의 두께는 0.2 내지 8㎛일 수 있다. 두께가 너무 얇은 경우, 요구되는 절연 특성을 충족시키기 어렵다. 두께가 너무 두꺼운 경우, 표면 자화시에 자구의 이동이 어려워 지는 이유로 자화가 쉽게 되지 않기 때문에, 궁극적으로 자성이 열화될 수 있다. 절연층(30)이 기재(10) 양면에 형성되는 경우, 양면에 형성된 절연층(30) 각각이 전술한 두께 범위를 만족할 수 있다. 더욱 구체적으로 절연층(30)의 두께는 0.4 내지 5㎛일 수 있다.

[104] 도 2에서는 본 발명의 또 다른 일 실시예에 의한 이방향성 전기강판(100)의 단면의 모식도를 나타낸다. 도 2에서 나타나듯이, 본 발명의 일 실시예에서 기재(10) 표면 및 절연층(30) 사이에 개재된 포스테라이트 층(20)을 더 포함할 수 있다. 방향성 전기강판은 압연방향으로 장력을 부여하기 위하여 포스테라이트(Mg_2SiO_4)를 포함하는 산화층을 표면에서부터 2 내지 3㎛ 두께로 형성하고 이것과 모재의 열팽창계수 차이를 이용하여 장력을 부여한다. 그러나, 본 발명의 일 실시예의 경우 압연 방향으로의 장력은 곧 압연수직방향으로의 압축을 의미하므로 이를 극히 줄이는 것이 바람직하다. 2.0 ㎛ 이내의 얇은 포스테라이트 층(20)은 장력 부여 효과가 극히 떨어지므로 이러한 얇은

포스테라이트 층(20)을 형성하여 판 전체에 걸리는 장력을 제거할 수 있다. 포스테라이트 층(20)은 2차 재결정 소둔 전에 도포한 소둔 분리제로부터 형성된다. 소둔 분리제는 MgO를 주성분으로 포함하며, 이에 대해서는 널리 알려진 것과 같으므로, 자세한 설명은 생략한다.

[105] 2차 재결정 소둔 이후, 포스테라이트 층(20)이 제거될 수 있으며, 이 경우 도 1에서 나타난 것과 같이, 기재(10) 표면 상에 절연층(30)이 맞닿아 형성될 수 있다.

[106]

[107] 본 발명의 일 실시예에 의한 이방향성 전기강판은 압연 방향과 압연 수직 방향의 자성이 모두 우수하다. 구체적으로 압연 방향과 압연 수직방향의 Br이 모두 1.65T 이상이고, 원주방향의 Br이 1.58 T이상이고, Br은 하기 식 2로 계산된다.

[108] [식 2]

[109] $Br = 7.87/(7.87-0.065\times[Si]-0.1105\times[Al]) \times B8$

[110] (식 2에서, [Si] 및 [Al]은 각각 Si 및 Al의 함량(중량%)을 나타낸다. B8은 800A/m로 유기하였을 때 유도되는 자기장의 강도(Tesla)를 나타낸다.)

[111] 대형 발전기의 경우 환형 프레임의 지름이 수 미터이고, T자형의 치(Teeth)로 전기강판을 절단하여 환형 프레임을 형성한다. 이때 T자형의 Teeth 부위를 압연 수직방향으로 하고, 환형의 프레임에 압연방향을 두거나, 반대로 T자형의 Teeth 부위를 압연방향으로 두고, 환형의 프레임에 압연수직 방향을 둘 수 있다. 이러한 설계의 변경은 Teeth의 길이와 환형 프레임의 지름의 길이, 또한 환형 프레임의 폭에 의하여 결정이 된다. 통상 Teeth 부위는 발전기 가동시에 큰 자속이 흐르는 부위이며, 이러한 자속이 환형 부위로 빠져나가게 된다. 이때의 발생하는 에너지를 고려하여, 압연방향과 압연 수직방향을 Teeth 부로 할지 환형부위로 할지를 결정하게 되는데, Br이 모두 1.63T 이상으로 매우 높은 자속밀도를 갖는 재료의 경우, 이러한 압연 방향과 압연 수직방향이 어느 부위에 사용되는 지의 구분이 필요없이, 어느 쪽으로 하더라도 매우 높은 에너지 효율을 갖게 된다. 또한 원주 방향의 Br 자속밀도가 1.56T 이상으로 높게 되면 T자의 Teeth 부위와 환형 프레임의 연결 부위에서의 자속에 의한 에너지 손실이 크게 감소한다. 이를 통하여, 발전기의 효율을 향상시키거나, 환형 프레임의 폭과 Teeth 부위의 크기를 감소시켜 작은 사이즈의 코어로도 높은 효율의 발전기를 만들 수 있다.

[112]

[113] 본 발명의 일 실시예에 의한 이방향성 전기강판의 제조 방법은 중량%로, Si: 2.0 내지 4.0%, Al: 0.01 내지 0.04%, S: 0.0004 내지 0.02%, Mn: 0.05 내지 0.3%, N: 0.02% 이하(0%를 제외함) C: 0.05%이하(0%를 제외함), P: 0.005 내지 0.15%, Ti: 0.001 내지 0.005%, Ca: 0.0001 내지 0.005% 및 Mg:0.0001 내지 0.005%를 포함하고, 잔부는 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 슬라브를 제조하는

단계; 슬라브를 열간 압연하여 열연판을 제조하는 단계; 열연판을 압연하여 강판을 제조하는 단계; 강판을 1차 재결정 소둔하는 단계 및 1차 재결정 소둔된 강판을 2차 재결정 소둔하는 단계를 포함한다.

[114] 이하 각 단계별로 구체적으로 설명한다.

[115] 먼저 슬라브를 제조한다. 슬라브 내의 각 조성의 첨가 비율을 한정한 이유는 전술한 이방향성 전기강판의 조성 한정 이유와 동일하므로, 반복되는 설명을 생략한다. 후술할 열간압연, 열연판 소둔, 냉간압연, 1차 재결정 소둔 2차 재결정 소둔 등의 제조 과정에서 C, N 외의 슬라브의 조성은 실질적으로 변동되지 아니하므로, C, N 외의 슬라브의 조성과 이방향성 전기강판의 조성이 실질적으로 동일하다.

[116] 슬라브는 박물 슬라브법 또는 스트립 캐스팅법을 이용하여 제조할 수 있다. 슬라브의 두께는 200 내지 300 mm가 될 수 있다. 슬라브는 필요에 따라 가열할 수 있다.

[117] 다음으로, 슬라브를 열간 압연하여 열연판을 제조한다.

[118] 열연판을 제조하는 단계에서의 전체 압하율은 95% 이상이고, 열연판을 제조하는 단계는 복수의 패스를 포함하고, 각 패스에서의 압하율이 50% 이하이다.

[119] 전술하듯이, 압하율을 제어하여야 미세조직의 크기 분포와 석출물 분포를 제어할 수 있고, 적절한 크기 분포에서 각 결정립의 인접 결정립관의 관계에서 압연 후에 재결정이 될 시에 목표하는 집합조직을 얻을 수 있도록 제어할 수 있다.

[120] 압하율은 ([압하 전 강판 두께] - [압하 후 강판 두께]) / [압하 전 강판 두께]로 계산될 수 있다. 예컨데 열연판을 제조하는 단계에서의 전체 압하율은 ([슬라브 두께] - [열연판 두께]) / [열연판 두께]로 계산될 수 있다.

[121] 열연판을 제조하는 단계는 복수의 패스를 포함하고, 각 패스에서의 압하율이 50% 이하일 수 있다. 이 때 패스란 한 대의 압연기에서 압연하는 것을 의미한다. 구체적으로 열연판을 제조하는 단계는 3 내지 12 패스를 포함할 수 있다. 전술하였듯이, 열연판을 제조하는 단계에서의 모든 패스에서의 압하율이 50% 이하일 수 있다.

[122] 더욱 구체적으로 열연판을 제조하는 단계에서의 전체 압하율은 97.0% 내지 99.9%이고, 각 패스에서의 압하율이 30 내지 50%일 수 있다.

[123] 열연판을 제조하는 단계에서, 슬라브를 조압연하는 단계, 조압연된 바를 가열하는 단계 및 가열된 바를 사상압연하는 단계를 포함하고, 가열하는 단계에서 1050℃ 이상의 온도에서 10분 내지 300분 동안 유지할 수 있다. 유지 시간이 너무 짧으면 슬라브의 석출물이 적절히 배치되어 열연판에서의 필요한 수준의 석출물의 분포를 이룰 수 없기 때문에 후속 공정을 위하여 균일한 미세조직을 얻을 수 없다. 반면에 유지 시간이 너무 길면, 석출물이 매우 조대화 될 수 있고, 슬라브 중의 C가 슬라브 재가열 중에 산소등과 반응하여 C의 량이

감소할 수 있다.

[124] 열간 압연 종료 온도는 1050℃ 이하가 될 수 있다. 열간 압연 종료온도가 높을 때는 보다 많은 Shear 변형이 열연시에 가해지게 되는 반면, 재결정 및 결정 성장 속도가 빠르기 때문에 재결정 된 Cube 방위를 갖는 결정립을 보다 많이 확보 할 수 있다. 이에 따라 열연판 소둔시에 Cube의 분율이 증가될 수 있다.

[125] 열연판의 두께는 1 내지 3.5mm가 될 수 있다. 열연판을 제조하는 단계는 700℃ 이상의 온도에서 수행할 수 있다.

[126] 열연판을 제조하는 단계 이후, 열연판을 소둔하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[127] 열연판을 소둔하는 단계의 소둔 온도는 1000 내지 1200℃일 수 있다.

[128] 다음으로, 열연판을 압연하여 강판을 제조한다.

[129] 강판을 제조하는 단계는 열연판을 1차 압연하는 단계; 중간 소둔 하는 단계 및 중간 소둔된 강판을 2차 압연하는 단계를 포함할 수 있다.

[130] 1차 압연하는 단계는 열연판을 냉간 또는 온간 압연하여 그 두께를 0.5 내지 1.8mm로 압연할 수 있다.

[131] 1차 압연하는 단계에서 압하율이 75% 이하일 수 있다. 또한 1차 압연하는 단계는 복수의 패스를 포함하며, 각 패스에서의 압하율이 45% 이하일 수 있다. 압하율이 너무 크게 되면, 재결정 후에 Goss 분율이 증가하게 된다. 구체적으로 1차 압연하는 단계는 2 내지 8 패스를 포함할 수 있다.

[132] 더욱 구체적으로 1차 압연하는 단계에서 압하율이 60 내지 75%이고, 각 패스에서의 압하율이 35 내지 45%일 수 있다.

[133] 중간 소둔하는 단계는 1000 내지 1200℃에서 소둔할 수 있다.

[134] 2차 압연하는 단계는 1차 압연된 강판을 냉간 또는 온간 압연하여 그 두께를 0.15 내지 0.65 mm로 압연할 수 있다.

[135] 2차 압연하는 단계에서 압하율이 75% 이하일 수 있다. 또한 2차 압연하는 단계는 복수의 패스를 포함하며, 각 패스에서의 압하율이 45% 이하일 수 있다. 압하율이 너무 크게 되면, 재결정 후에 Goss 분율이 증가하게 된다. 구체적으로 2차 압연하는 단계는 1 내지 6 패스를 포함할 수 있다.

[136] 더욱 구체적으로 2차 압연하는 단계에서 압하율이 60 내지 75%이고, 각 패스에서의 압하율이 35 내지 45%일 수 있다.

[137] 1차 압연하는 단계 및 2차 압연하는 단계는 50℃ 이상 및 700℃ 미만의 온도에서 수행할 수 있다.

[138] 1차 재결정 소둔하는 단계에서, 50 내지 70℃의 이슬점 온도에서 탈탄하는 단계를 포함할 수 있다. 탄소는 2차 재결정 소둔 후에도 다량 포함되면, 자기 시효를 일으켜 철손이 크게 증가할 수 있기 때문에, 1차 재결정 소둔 하는 단계에서 탈탄을 거쳐 탄소를 일부 제거할 수 있다. 50℃ 내지 70℃의 이슬점 온도 및 수소 및 질소 혼합 분위기에서 수행될 수 있다.

[139] 1차 재결정 소둔하는 단계에서 질화량이 0.01 내지 0.03 중량%일 수 있다. 질화량이 적절히 확보되지 않는 경우, 2차 재결정이 원활히 형성되지 않아,

자성이 열화되는 문제가 발생할 수 있다.

[140] 탈탄 및 질화는 동시에 또는 순차적으로 진행될 수 있다. 순차적으로 진행되는 경우, 탈탄 이후, 질화 되거나, 질화 이후 탈탄할 수 있다.

[141] 1차 재결정 소둔하는 단계 이후, 1차 재결정 소둔된 강판의 평균 결정립 입경이 30 내지 50㎛일 수 있다. 1차 재결정 소둔된 강판의 평균 결정립 입경을 적절히 확보하지 못하는 경우, 2차 재결정이 원활히 형성되지 않아, 자성이 열화되는 문제가 발생할 수 있다.

[142] 1차 재결정 소둔은 800 내지 900℃의 온도 범위에서 실시될 수 있다.

[143] 1차 재결정 소둔하는 단계 이후, MgO를 포함하는 소둔 분리제를 도포하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[144] 소둔 분리제 도포에 의해 형성되는 포스테라이트 층에 대해서는 전술한 것과 동일하므로, 중복되는 설명은 생략한다.

[145] 2차 재결정 소둔은 적정한 승온율로 승온하여 {100}<001> Cube 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 제거한다. 2차 재결정 소둔의 온도는 1000 내지 1300℃가 될 수 있으며, 시간은 10 내지 25시간이 될 수 있다.

[146] 본 발명의 일 실시예에서 포스테라이트 층은 전술하였듯이, 얇거나, 제거되는 것이 유리할 수 있다. 따라서, 2차 재결정 소둔 후, 강판 표면에 형성된 포스테라이트 층을 제거하는 단계를 더 포함할 수 있다. 제거 방법은 물리적 또는 화학적 방법을 사용할 수 있다.

[147]

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

[149]

[150] **실험예 1**

[151] 표 1 및 표 2에서 나타내는 성분 및 잔부 Fe 및 불가피한 불순물로 이루어진 슬라브를 제조하고, 1200 ℃에서 가열 후 8 패스로 열간압연하여 2.3 mm의 두께의 열연코일을 제조하였다. 열연판은 1050℃ 내지 1140℃에서 30초간 소둔하고 930℃에서 90초간 소둔 후에 급냉한 열연소둔판을 200℃에서 3 패스로 1.3mm 두께로 1차 압연하였다. 이 때의 압하율은 40% 이다. 이를 다시 1050℃ 내지 1140℃에서 30초간 소둔하고 930℃에서 90초간 소둔 후에 급냉한 소둔판을 200℃ 에서 4 패스로 표 4에 표시된 두께로 2차 압연하였다.

[152] 압연한 판은 표 3에 중량%로 나타내어 표시된 질량만큼 질화하고 동시에 이슬점은 표 3에 표시된 분위기를 수소 75부피% 분위기로 하여 탈탄하는 1차 재결정 소둔공정을 거쳤다. 그 후 결정립경을 측정하여 표 3에 나타내었다. 이후,

MgO 성분을 포함하는 소둔분리제를 도포하거나 하지 않도록 하고, 시간당 20℃의 승온속도로 1200℃까지 승온 한 후 20시간 동안 2차 재결정 소둔을 실시하였다. 냉각된 판은 MgO 소둔분리제를 제거한 후에, 포스테라이트 층을 제거하거나 제거하지 않고 자성을 측정하여 표 3에 정리 하였다. 표 3에 열간압연(700℃ 이상 압연) 및 1차/2차 냉간/온간 압연(700℃ 미만 압연)에서의 압하율 및 압하율이 최대인 패스의 압하율을 정리하였다. 1차/2차 냉간/온간 압연(700℃ 미만 압연)에서의 압하율은 중간 소둔을 기준으로 나뉜 1차 압연 및 2차 압연 각각에서 압하율이 큰 경우를 표시한 것이다.

[153] 표 4에 Cube 분율(100 } <001> 방위를 갖는 결정립의 면적 분율) 및 Br 값을 측정하여 정리하였다.

[154] [Table 1]

시편명	비고	Si	Al	S	Mn	N	C-slab	C-sheet	P	Ti	Ca	Mg
DR1	비교예	2.9	0.022	0.0031	0.26	0.006	0.041	0.0028	0.017	0.0036	0.002	0.001
DR2	비교예	2.51	0.021	0.0043	0.26	0.0066	0.03	0.0009	0.074	0.0042	0.001	0.0011
DR3	발명예	3.07	0.035	0.0048	0.06	0.0077	0.021	0.0043	0.086	0.0042	0.0032	0.0008
DR4	발명예	2.96	0.035	0.0063	0.12	0.0025	0.025	0.0002	0.039	0.003	0.002	0.0004
DR5	비교예	2.74	0.065	0.0031	0.12	0.0109	0.038	0.0009	0.102	0.0033	0.0006	0.0002
DR6	발명예	3.02	0.025	0.0045	0.08	0.003	0.023	0.0023	0.089	0.0033	0.0021	0.0008
DR7	비교예	3.16	0.095	0.0031	0.1	0.0071	0.03	0.0001	0.0813	0.0042	0.0026	0.0024
DR8	발명예	2.86	0.04	0.0062	0.1	0.0079	0.03	<0.00001	0.086	0.0021	0.0022	0.0002
DR9	비교예	2.78	0.02	0.0041	0.48	0.0071	0.033	0.003	0.082	0.0024	0.0012	0.0004
DR10	발명예	3.07	0.035	0.0048	0.11	0.0077	0.024	0.0043	0.086	0.0042	0.0032	0.0008
DR11	비교예	2.84	0.023	0.0083	0.17	0.0065	0.043	0.006	0.015	0.002	0.003	0.0004
DR12	비교예	3.1	0.012	0.0091	0.15	0.0041	0.026	0.0042	0.053	0.0044	0.0044	0.0065
DR13	비교예	2.69	0.027	0.0005	0.06	0.0019	0.032	0.0016	0.077	0.0032	0.002	0.0002
DR14	발명예	3.08	0.013	0.0013	0.21	0.0031	0.03	0.0001	0.011	0.002	0.0005	0.0007
DR15	비교예	2.8	0.016	0.0014	0.15	0.006	0.05	0.0016	0.096	0.001	0.003	0.0008
DR1	비교	2.92	0.023	0.000	0.08	0.012	0.034	0.003	0.041	0.001	0.004	0.000

6	예			5				2			7	6
DR17	비교예	2.94	0.015	0.0006	0.18	0.0089	0.021	0.0028	0.049	0.0013	0.0007	0.0007
DR18	비교예	3.16	0.62	0.0031	0.07	0.0026	0.023	0.0016	0.0306	0.0024	0.0012	0.0009
DR19	비교예	2.38	0.023	0.0066	0.06	0.0081	0.026	0.0004	0.032	0.0037	0.0011	0.0011
DR20	비교예	2.8	0.024	0.0021	0.15	0.003	0.02	0.0002	0.03	0.0053	0.001	0.0001
DR21	발명예	3.08	0.013	0.0013	0.1	0.0031	0.025	0.0001	0.011	0.002	0.0005	0.0007
DR22	비교예	2.6	0.036	0.0087	0.24	0.0014	0.025	0.0004	0.024	0.0034	0.001	0.0001
DR23	비교예	3.16	0.012	0.0016	0.28	0.0061	0.024	0.0008	0.066	0.001	0.0009	0.0006
DR24	발명예	3.19	0.017	0.0038	0.16	0.0045	0.031	0.0016	0.037	0.0046	0.002	0.0004
DR25	비교예	3.03	0.031	0.002	0.06	0.0005	0.021	0.0001	0.07	0.0019	0.0001	0.002
DR26	비교예	2.44	0.021	0.0036	0.11	0.0072	0.035	0.0017	0.052	0.0038	0.001	0.0009
DR27	비교예	3.21	1.2	0.0031	0.17	0.0046	0.031	0.0023	0.1	0.0046	0.001	0.0001
DR28	비교예	2.91	0.026	0.0015	0.21	0.0096	0.006	0.0003	0.046	0.0048	0.0027	0.0001
DR29	비교예	2.35	0.012	0.0015	0.14	0.0064	0.026	0.0016	0.002	0.001	0.0048	0.0001
DR30	비교예	2.56	0.047	0.0042	0.15	0.0026	0.02	0.0027	0.034	0.0025	0.0014	0.0004
DR31	비교예	2.86	0.026	0.0084	0.45	0.0005	0.03	<0.0001	0.094	0.0042	0.001	0.0002
DR32	발명예	2.87	0.031	0.0028	0.13	0.0081	0.031	0.001	0.081	0.0032	0.002	0.001
DR3	발명	2.68	0.035	0.003	0.12	0.009	0.038	0.003	0.083	0.003	0.000	0.000

3	예			5		5				3	9	2
DR34	비교예	2.41	0.023	0.0038	0.16	0.006	0.031	0.0036	0.09	0.0041	0.0013	0.0003
DR35	비교예	2.51	0.028	0.002	0.15	0.0112	0.04	0.003	0.088	0.001	0.001	0.0002
DR36	비교예	2.75	0.036	0.0002	0.28	0.0036	0.034	0.0021	0.006	0.0038	0.0036	0.0005
DR37	비교예	3.31	0.043	0.0031	0.21	0.0018	0.03	0.0018	0.0067	0.0007	0.0022	0.0003
DR38	비교예	3.05	0.502	0.0031	0.11	0.006	0.031	0.0013	0.0116	0.0022	0.0011	0.003
DR39	발명예	2.68	0.035	0.0035	0.12	0.0095	0.038	0.002	0.083	0.0033	0.0009	0.0002
DR40	비교예	3.19	0.03	0.002	0.1	0.004	0.027	0.0021	0.18	0.0048	0.001	0.0007
DR41	비교예	2.96	0.001	0.0024	0.11	0.0094	0.02	0.0011	0.023	0.0016	0.003	0.0009
DR42	비교예	3.06	0.011	0.0054	0.13	0.0028	0.009	0.0004	0.092	0.0012	0.0087	0.0011
DR43	비교예	2.84	0.029	0.0205	0.11	0.0076	0.04	0.003	0.07	0.0043	0.0001	0.0008
DR44	비교예	2.62	0.024	0.0038	0.07	0.005	0.021	<0.0001	0.057	0.0004	0.001	0.0008
DR45	비교예	3	0.035	0.0082	0.13	0.0039	0.018	0.0023	0.015	0.0039	0.001	0.0006

[155] [Table 2]

시편명	Sn	Sb	Mo	Bi	Pb	As	Be	Sr	식 1	식 3
DR1	0.03	0.003	0.25	0.0004	0.0003	0.0076	0.0005	0.0008	O	O
DR2	0.05	0.001	0.006	0.0005	0.0001	0.0048	0.0001	0.0012	O	O
DR3	0.05	0.0049	0.015	0.0003	0.0001	0.0083	0.0008	0.0006	O	O
DR4	0.02	0.0012	0.03	0.0004	0.0002	0.0019	0.0002	0.0003	O	O
DR5	0.09	0.0046	0.0045	0.0001	0.0002	0.0065	0.0006	0.0003	X	O
DR6	0.05	0.0047	0.0467	0.0005	0.0001	0.0028	0.0008	0.0019	O	O
DR7	0.01	0.0012	0.0481	0.001	0.0001	0.0006	<0.0001	0.0025	X	O
DR8	0.03	0.0035	0.0412	0.0005	0.0004	0.0012	0.0006	0.0016	O	O
DR9	0.01	0.0023	0.0463	<0.0001	0.0006	0.0028	0.0004	0.0019	O	O
DR10	0.05	0.0049	0.015	0.0003	0.0001	0.0083	0.0008	0.0006	O	O
DR11	0.08	0.0039	0.0263	0.0001	0.0005	0.0056	0.0006	0.0011	O	O
DR12	0.01	0.0034	0.0287	0.0003	0.0004	0.0083	0.0005	0.0011	O	O
DR13	0.02	0.0019	0.0457	0.0002	0.02	0.0091	0.0003	0.0018	O	O
DR14	0.07	0.004	0.0274	0.0002	0.0002	0.0031	0.0006	0.0011	O	O
DR15	0.12	0.0033	0.0102	0.0003	0.0004	0.002	0.0005	0.0004	O	O
DR16	0.02	0.001	0.0347	0.0002	0.0004	0.0084	0.0001	0.0014	O	O

DR17	0.06	0.001	0.0228	0.0004	0.0001	0.012	0.0001	0.0009	O	O
DR18	0.05	0.0047	0.0261	0.001	0.0019	0.0028	0.0013	0.0025	X	O
DR19	<0.0001	0.0003	0.023	0.0004	0.0001	0.0025	0.0002	0.0003	O	O
DR20	<0.0001	0.0014	0.0134	0.0004	0.0004	0.0084	0.0002	0.0005	O	O
DR21	0.07	0.004	0.0274	0.0002	0.0002	0.003	0.0006	0.0011	O	O
DR22	0.01	0.0022	0.0404	0.03	0.0002	0.0077	0.0004	0.0016	O	O
DR23	0.04	0.0016	0.0182	0.0001	0.0003	0.002	0.02	0.0007	O	O
DR24	<0.0001	0.0022	0.0159	<0.0001	<0.0001	0.0072	0.0004	0.0006	O	O
DR25	0.1	0.0017	0.0265	0.0004	0.0001	0.0084	0.0003	0.0011	O	O
DR26	0.03	0.17	0.031	0.0003	0.0002	0.007	0.0001	0.0001	O	O
DR27	0.01	0.0048	0.0087	0.0004	0.0005	0.0076	<0.0001	0.0013	X	O
DR28	0.03	0.001	0.04	<0.0001	0.0004	0.0089	0.0002	0.0004	O	X
DR29	0.03	0.0022	0.0176	0.0004	0.0003	0.0009	0.0004	0.0007	O	O
DR30	0.01	0.005	0.0261	0.0006	0.0003	0.008	0.0008	0.001	X	O
DR31	0.03	0.001	0.036	0.0001	0.0001	0.0017	0.0001	0.0014	O	O
DR32	0.03	0.0016	0.02	0.0001	0.0004	0.0015	0.0003	0.0004	O	O
DR33	0.1	0.0038	0.01	0.0005	0.0004	0.0064	0.0006	0.0002	O	O

DR34	0.02	0.001	0.0382	0.0005	0.0001	0.003	0.0002	0.02	O	O
DR35	0.01	0.0041	0.0481	0.0002	0.0002	0.0042	0.0007	0.0019	X	O
DR36	0.09	0.0017	0.0384	0.0003	0.0006	0.0014	0.0003	0.0015	O	O
DR37	0.06	0.0004	0.0093	0.0002	0.0004	0.0029	0.0002	0.0007	O	O
DR38	0.03	0.0021	0.0428	0.0002	0.0017	0.0026	0.0002	0.0011	X	O
DR39	0.1	0.0038	0.13	0.0005	0.0004	0.0064	0.0006	0.0002	O	O
DR40	0.03	0.0011	0.026	0.0005	0.0005	0.0086	0.0002	0.001	O	O
DR41	0.06	0.0029	0.0462	0.0002	0.0005	0.0066	0.0005	0.0018	O	O
DR42	0.06	0.0031	0.0453	0.0004	0.0005	0.0014	0.0005	0.0018	O	X
DR43	0.07	0.001	0.0152	0.0001	0.0006	0.0016	0.0001	0.0006	O	O
DR44	0.03	0.0034	0.0345	0.0006	<0.0001	0.0044	0.0005	0.0014	X	O
DR45	0.07	0.001	0.0333	0.0001	0.0001	0.0097	0.0001	0.0013	O	X

[156] [Table 3]

시편명	700℃ 이상 압연 압하율	700℃ 이상 1패스 최대 압하율	700℃ 미만 압연 압하율	700℃ 미만 1패스 최대 압하율	탈탄 이슬점 (℃)	질화량 (중량 %)	1차재결정 소둔결정립 립경(㎛)	소둔분리제 도포여부	포스테라이트층 제거여부
DR1	85.90%	57%	79%	48%	48	0.025	29.8	O	X
DR2	84.30%	56%	81%	47%	43	0.009	25.2	X	X
DR3	99.90%	43%	61%	35%	62.2	0.02	37.7	O	X
DR4	99.10%	36%	70%	36%	61.3	0.021	38.8	O	X
DR5	90.90%	53%	79%	43%	49	0.026	28.5	O	X
DR6	98.60%	47%	63%	37%	63.9	0.021	49.9	O	X
DR7	90.80%	58%	84%	48%	76	0.001	25.1	O	X
DR8	98.70%	38%	72%	39%	61.3	0.018	33.8	O	
DR9	85.50%	52%	78%	46%	55	0.026	29.1	O	O
DR10	97.50%	47%	71%	42%	56.5	0.024	34.6	O	
DR11	89.70%	53%	75%	46%	47.1	0.021	24.6	O	X
DR12	85.50%	55%	83%	48%	65.2	0.021	27.4	O	X
DR13	90.00%	57%	78%	46%	46.4	0.024	25.1	O	O
DR14	97.60%	32%	71%	36%	63.6	0.017	44.3	O	X

DR15	88.40%	51%	83%	49%	40.2	0.006	27.9	O	O
DR16	91.30%	54%	83%	50%	48	0.017	26.3	O	O
DR17	86.80%	56%	80%	48%	57.3	0.008	25.3	O	O
DR18	86.20%	52%	83%	47%	58.9	0.021	27.4	O	O
DR19	89.00%	53%	74%	42%	33.6	0.007	28.2	O	X
DR20	88.70%	60%	83%	46%	48	0.025	29.5	X	X
DR21	98.50%	36%	63%	35%	56.2	0.02	46	O	X
DR22	91.50%	53%	84%	48%	72	0.006	28.2	O	X
DR23	89.20%	56%	76%	42%	53	0.035	28.6	O	X
DR24	99.60%	48%	63%	36%	62.4	0.022	40.2	X	X
DR25	86.40%	52%	81%	47%	42.3	0.024	27.1	O	X
DR26	91.50%	59%	83%	44%	55.2	0.011	24.4	O	X
DR27	83.90%	58%	75%	44%	49	0.007	26.6	X	X
DR28	87.70%	51%	76%	44%	34.5	0.023	24.9	O	O
DR29	86.10%	53%	79%	41%	64.4	0.016	50	O	O
DR30	85.10%	61%	84%	52%	48	0.008	24.6	X	X
DR31	90.00%	62%	83%	44%	48	0.024	29	O	O

DR32	99.20%	34%	66%	36%	64.6	0.022	49.9	O	O
DR33	97.90%	39%	71%	43%	60.4	0.019	35.5	X	X
DR34	86.80%	55%	80%	43%	53.8	0.033	24.3	O	O
DR35	91.00%	53%	82%	50%	40.8	0.004	28.2	O	X
DR36	86.10%	51%	81%	49%	47	0.003	29.8	X	O
DR37	86.50%	51%	81%	48%	48.2	0.01	27.9	X	X
DR38	89.10%	54%	78%	43%	76	0.006	29.3	O	X
DR39	98.40%	35%	71%	42%	63.6	0.022	44.7	O	X
DR40	91.10%	50%	79%	40%	60.6	0.023	25.6	X	X
DR41	88.30%	55%	77%	46%	48	0.002	28.5	X	X
DR42	89.80%	60%	83%	49%	51	0.022	27	O	X
DR43	91.00%	53%	80%	48%	53	0.015	25	X	X
DR44	85.10%	53%	83%	51%	76	0.015	24.1	X	X
DR45	89.50%	53%	80%	46%	48	0.007	24.9	X	X

[157] [Table 4]

시편명	{100}<001> 분율(%)	{100}<025> 분율(%)	두께(mm)	평균 결정립경 (mm)	압연방향 Br	수직방향 Br	원주 Br
DR1	41.9	2.7	0.37	18.06	1.587	1.528	1.505
DR2	6.7	0.5	0.27	2.91	1.57	1.526	1.505
DR3	87.2	8.1	0.51	42.86	1.818	1.801	1.633
DR4	87.3	7.7	0.43	33.66	1.815	1.782	1.655
DR5	31.5	1.2	0.39	13.61	1.568	1.52	1.513
DR6	88.7	9.3	0.41	33.82	1.842	1.83	1.668
DR7	40.9	2.6	0.36	17.48	1.591	1.528	1.538
DR8	87.2	10.8	0.56	24.3	1.839	1.792	1.624
DR9	11.7	0.6	0.71	4.9	1.612	1.576	1.566
DR10	87.6	6.4	0.41	38.6	1.828	1.811	1.639
DR11	11.4	0.5	0.73	4.87	1.604	1.548	1.533
DR12	26.6	0.7	0.31	11.63	1.558	1.499	1.504
DR13	4.5	0.5	0.73	1.92	1.601	1.544	1.523
DR14	86.3	13.0	0.53	26.9	1.787	1.77	1.636
DR15	20.9	2.5	0.33	9	1.589	1.53	1.503
DR16	21.3	0.9	0.31	9	1.6	1.548	1.552
DR17	15.7	1.4	0.49	6.61	1.6	1.557	1.556
DR18	44.7	0.8	0.39	18.96	1.608	1.555	1.538
DR19	40.9	2.6	0.34	17.63	1.569	1.511	1.53
DR20	33.4	0.6	0.34	14.29	1.582	1.529	1.534
DR21	88.2	10.3	0.57	56.97	1.828	1.818	1.663
DR22	18.4	1.4	0.38	7.78	1.6	1.568	1.544
DR23	35.3	0.8	0.75	14.77	1.615	1.577	1.561
DR24	85	11.2	0.62	47.35	1.795	1.741	1.586
DR25	46.8	2.0	0.71	19.66	1.612	1.566	1.564
DR26	33.6	2.5	0.3	14.37	1.594	1.538	1.522
DR27	39.9	2.6	0.32	17.01	1.591	1.542	1.539

DR28	30.2	0.0	0.42	12.69	1.602	1.561	1.573
DR29	29.7	0.3	0.75	12.63	1.603	1.563	1.523
DR30	0.1	1.7	0.69	0.05	1.61	1.558	1.528
DR31	30.2	1.7	0.36	12.84	1.596	1.55	1.535
DR32	87.6	7.2	0.55	37.08	1.85	1.777	1.649
DR33	85.4	11.4	0.6	38.97	1.786	1.75	1.604
DR34	39.7	1.0	0.74	16.88	1.588	1.532	1.552
DR35	24.4	2.4	0.69	10.13	1.613	1.577	1.591
DR36	2.3	1.7	0.81	0.96	1.607	1.561	1.553
DR37	33.3	2.6	0.38	13.98	1.61	1.574	1.552
DR38	18.7	1.6	0.68	7.96	1.598	1.548	1.532
DR39	89	9.3	0.52	22.31	1.846	1.83	1.681
DR40	40.3	2.9	0.33	16.99	1.614	1.569	1.546
DR41	4.7	0.6	0.34	1.99	1.613	1.568	1.532
DR42	2.4	0.5	0.68	1.01	1.612	1.564	1.533
DR43	13.9	1.9	0.36	5.82	1.613	1.559	1.579
DR44	3.5	0.1	0.27	1.45	1.61	1.568	1.579
DR45	8.4	2.0	0.69	3.56	1.608	1.558	1.555

[158] 표 1 내지 표 4에 나타난 것과 같이, 본 발명의 합금 조성을 만족하고, 압하율을 적절히 조절한 발명예는 평균 결정립경이 크고, Cube 분율이 높아, 자성이 우수함을 확인할 수 있다. 반면, 본 발명의 합금 조성을 만족하지 못하거나, 압하율을 적절히 조절하지 못한 비교예는 평균 결정립이 작고, Cube 분율이 낮으며, 자성이 열위함을 확인할 수 있다.

[159] 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.

[160] 부호의 설명

[161] 100 : 이방향성 전기강판, 10: 강판 기재,

[162] 11: 산화층, 20: 포스테라이트 층

[163] 30: 절연층

청구범위

[청구항 1] Si: 2.0 내지 4.0%, Al: 0.01 내지 0.04%, S: 0.0004 내지 0.02%, Mn: 0.05 내지 0.3%, N: 0.01% 이하(0%를 제외함) C: 0.005%이하(0%를 제외함), P: 0.005 내지 0.15%, Ti: 0.001 내지 0.005%, Ca: 0.0001 내지 0.005% 및 Mg:0.0001 내지 0.005%를 포함하고, 잔부는 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, { 100 } <001>로부터 15° 이내의 방위를 갖는 결정립의 면적 분율이 60 내지 99%이고 {100}<025>로부터 15° 이내의 방위를 갖는 결정립의 면적 분율이 1 내지 30% 이내인 이방향성 전기강판.

[청구항 2] 제1항에 있어서,
하기 식 1을 만족하는 이방향성 전기강판.
[식 1]
$10 \times ([Ti]+[Ca]+[Mg]) \geq [Al]$
(식 1에서, [Ti], [Ca], [Mg] 및 [Al] 는 각각 Ti, Ca, Mg 및 Al의 함량(중량%)을 나타낸다.)

[청구항 3] 제1항에 있어서,
Sn: 0.1 중량% 이하, Sb: 0.001 내지 0.1 중량% 및 Mo: 0.01 내지 0.2 중량% 중 1종 이상을 더 포함하는 이방향성 전기강판.

[청구항 4] 제1항에 있어서,
Bi: 0.01 중량% 이하, Pb: 0.01 중량% 이하, As: 0.01 중량% 이하, Be: 0.01 중량% 이하 및 Sr: 0.01 중량% 이하 중 1종 이상을 더 포함하는 이방향성 전기강판.

[청구항 5] 제1항에 있어서,
평균 결정립경이 상기 강판의 두께의 20배 이상인 이방향성 전기강판.

[청구항 6] 제1항에 있어서,
강판의 기재 표면으로부터 기재 내부 방향으로 형성된 산화층 및 상기 기재 표면 상에 형성된 절연층을 포함하는 이방향성 전기강판.

[청구항 7] 제6항에 있어서,
상기 기재 표면과 상기 절연층이 맞닿은 이방향성 전기강판.

[청구항 8] 제6항에 있어서,
상기 기재 표면 및 절연층 사이에 개재된 포스테라이트 층을 더 포함하는 이방향성 전기강판.

[청구항 9] 제1항에 있어서,
압연 방향과 압연 수직방향의 Br이 모두 1.65T 이상이고,
원주방향의 Br이 1.58 T이상이고, Br은 하기 식 2로 계산되는

이방향성 전기강판.

[식 2]

$$Br = 7.87/(7.87-0.065\times[Si]-0.1105\times[Al]) \times B8$$

(식 2에서, [Si] 및 [Al]은 각각 Si 및 Al의 함량(중량%)을 나타낸다. B8은 800A/m로 유기하였을 때 유도되는 자기장의 강도(Tesla)를 나타낸다.)

[청구항 10] 중량%로, Si: 2.0 내지 4.0%, Al: 0.01 내지 0.04%, S: 0.0004 내지 0.02%, Mn: 0.05 내지 0.3%, N: 0.02% 이하(0%를 제외함) C: 0.05%이하(0%를 제외함), P: 0.005 내지 0.15%, Ti: 0.001 내지 0.005%, Ca: 0.0001 내지 0.005% 및 Mg:0.0001 내지 0.005%를 포함하고, 잔부는 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 슬라브를 제조하는 단계;

상기 슬라브를 열간 압연하여 열연판을 제조하는 단계;

상기 열연판을 압연하여 강판을 제조하는 단계;

상기 강판을 1차 재결정 소둔하는 단계 및

1차 재결정 소둔된 강판을 2차 재결정 소둔하는 단계를 포함하고,

상기 열연판을 제조하는 단계에서의 전체 압하율은 95% 이상이고,

상기 열연판을 제조하는 단계는 복수의 패스를 포함하고, 각 패스에서의 압하율이 50% 이하인 이방향성 전기강판의 제조 방법.

[청구항 11] 제10항에 있어서,

슬라브는 하기 식 3을 만족하는 이방향성 전기강판의 제조 방법.

[식 3]

$$[C]/[Si] \geq 0.0067$$

(식 3에서, [C] 및 [Si]는 각각 슬라브 내의 C 및 Si의 함량(중량%)을 나타낸다.)

[청구항 12] 제10항에 있어서,

상기 열연판을 제조하는 단계는 700℃ 이상의 온도에서 수행하는 이방향성 전기강판의 제조 방법.

[청구항 13] 제10항에 있어서,

상기 강판을 제조하는 단계는 열연판을 1차 압연하는 단계; 중간 소둔 하는 단계 및 중간 소둔된 강판을 2차 압연하는 단계를 포함하는 이방향성 전기강판의 제조 방법.

[청구항 14] 제13항에 있어서,

상기 1차 압연하는 단계 및 2차 압연하는 단계는 각각 압하율이 75% 이하인 이방향성 전기강판의 제조 방법.

[청구항 15] 제13항에 있어서,

상기 1차 압연하는 단계 및 2차 압연하는 단계는 복수의 패스를 포함하고, 각 패스에서의 압하율이 45% 이하인 이방향성 전기강판의 제조 방법.

[청구항 16] 제13항에 있어서,
상기 1차 압연하는 단계 및 2차 압연하는 50℃ 이상 및 700℃ 미만의 온도에서 수행하는 이방향성 전기강판의 제조 방법.

[청구항 17] 제10항에 있어서,
상기 1차 재결정 소둔하는 단계에서, 50 내지 70℃의 이슬점 온도에서 탈탄하는 단계를 포함하는 이방향성 전기강판의 제조 방법.

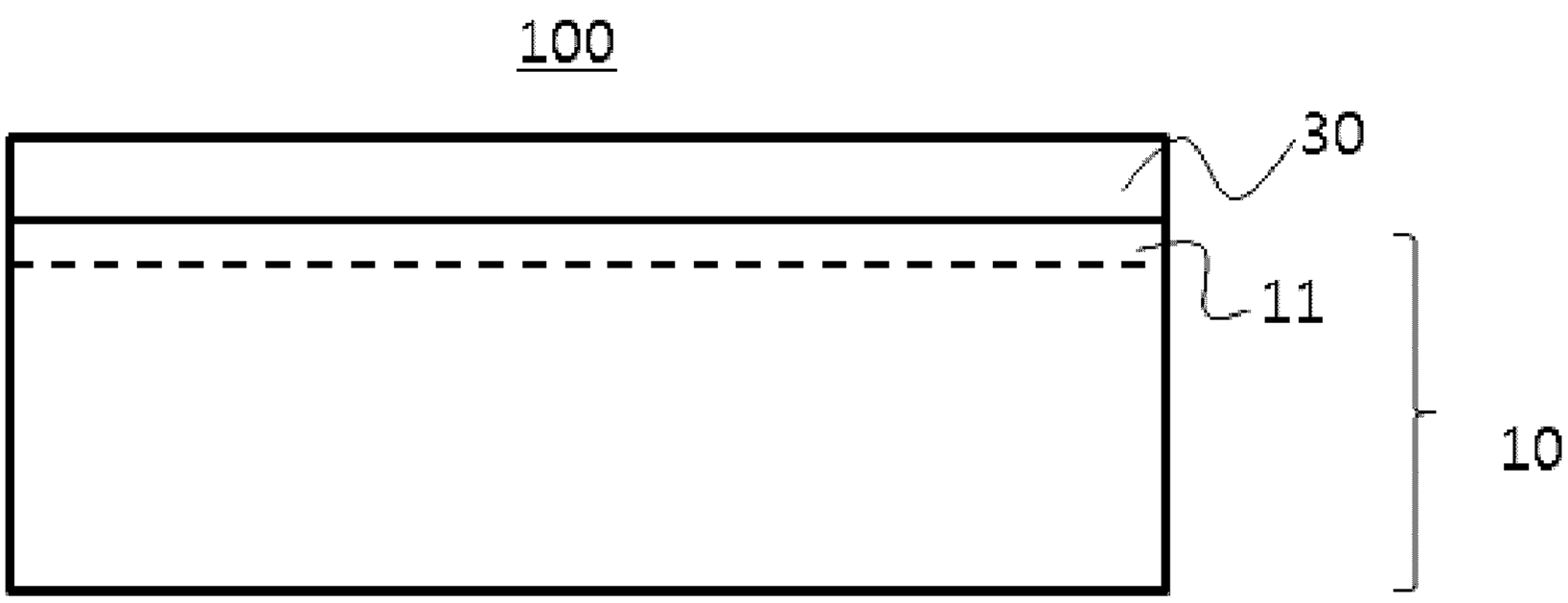
[청구항 18] 제10항에 있어서,
상기 1차 재결정 소둔하는 단계에서, 질화 단계를 포함하고, 질화량이 0.01 내지 0.03 중량%인 이방향성 전기강판의 제조 방법.

[청구항 19] 제10항에 있어서,
상기 1차 재결정 소둔하는 단계 이후, 1차 재결정 소둔된 강판의 평균 결정립 입경이 30 내지 50㎛인 이방향성 전기강판의 제조 방법.

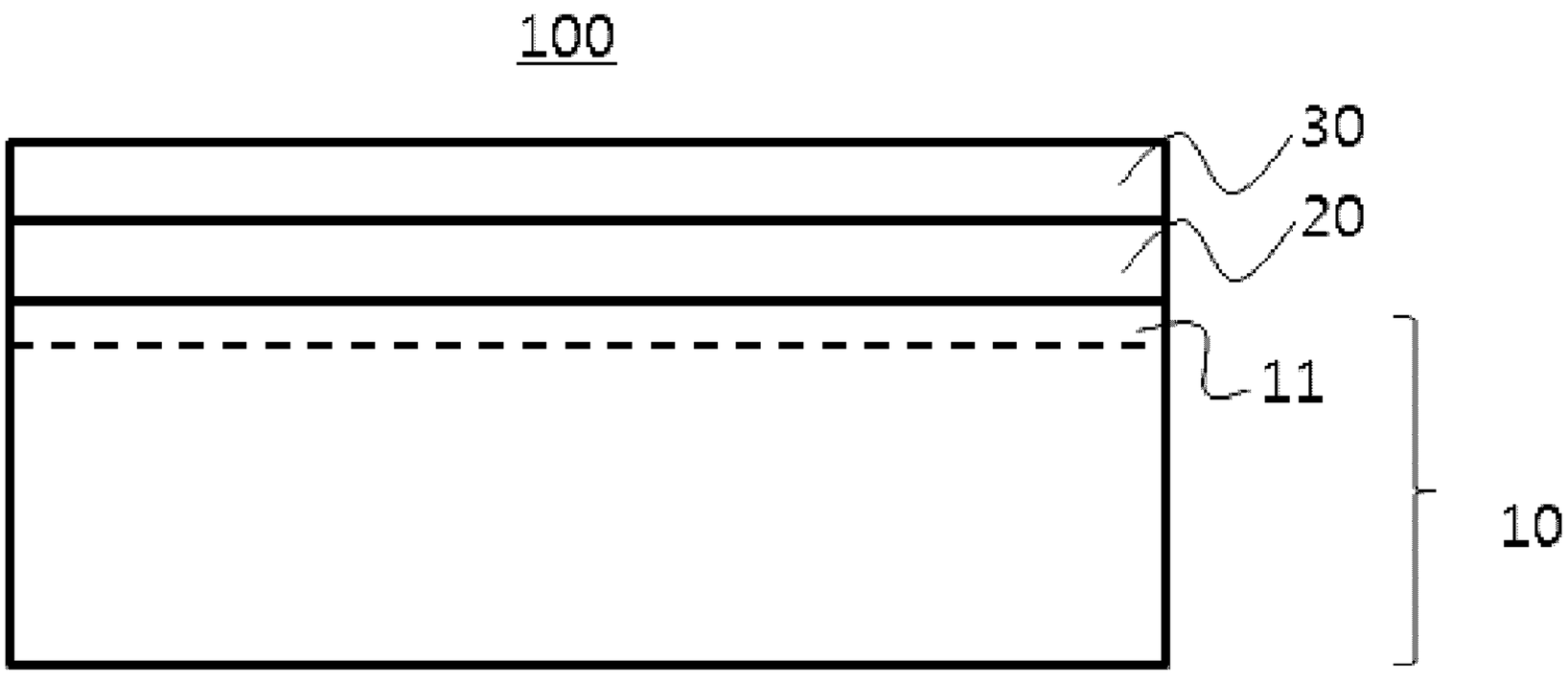
[청구항 20] 제10항에 있어서,
상기 1차 재결정 소둔하는 단계 이후, 소둔 분리제를 도포하는 단계를 더 포함하는 이방향성 전기강판의 제조 방법.

[청구항 21] 제20항에 있어서,
상기 2차 재결정 소둔하는 단계 이후, 강판 표면에 형성된 포스테라이트 층을 제거하는 단계를 더 포함하는 이방향성 전기강판의 제조 방법.

[Fig. 1]



[Fig. 2]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2020/018611

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C 38/02(2006.01)i; **C22C 38/04**(2006.01)i; **C22C 38/06**(2006.01)i; **C22C 38/14**(2006.01)i; **C22C 38/12**(2006.01)i; **C21D 8/12**(2006.01)i; **B21B 3/00**(2006.01)i; **B21B 1/24**(2006.01)i; **C21D 8/02**(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(2006.01); C21D 8/12(2006.01); C21D 9/04(2006.01); C21D 9/46(2006.01); C22C 38/00(2006.01)

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: 전기강판(electric steel sheet), 이방향성(anisotropic), 결정립(crystal grain), 압연(rolling), 자성(magnetism)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-2009834 B1 (POSCO) 12 August 2019 (2019-08-12) See paragraphs [0153]-[0159] and claims 1-12.	1-21
A	JP 2014-196559 A (JFE STEEL CORP.) 16 October 2014 (2014-10-16) See paragraphs [0051]-[0059] and claims 1-6.	1-21
A	KR 10-1719232 B1 (POSCO) 23 March 2017 (2017-03-23) See paragraphs [0053]-[0069] and claims 1-16.	1-21
A	KR 10-2018-0073323 A (POSCO) 02 July 2018 (2018-07-02) See paragraphs [0081]-[0096] and claims 1-7.	1-21
A	JP 2006-241503 A (NIPPON STEEL CORP.) 14 September 2006 (2006-09-14) See paragraphs [0090]-[0099] and claims 1-8.	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
"D" document cited by the applicant in the international application
"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	Date of mailing of the international search report
27 April 2021	**27 April 2021**
Name and mailing address of the ISA/KR **Korean Intellectual Property Office** **Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon 35208** Facsimile No. **+82-42-481-8578**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/KR2020/018611

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
KR	10-2009834	B1	12 August 2019	CN	111566245	A	21 August 2020
				EP	3733900	A1	04 November 2020
				JP	2021-509441	A	25 March 2021
				KR	10-2019-0078166	A	04 July 2019
				US	2021-0054474	A1	25 February 2021
				WO	2019-132363	A1	04 July 2019
JP	2014-196559	A	16 October 2014	JP	5954347	B2	20 July 2016
KR	10-1719232	B1	23 March 2017		None		
KR	10-2018-0073323	A	02 July 2018	CN	110100024	A	06 August 2019
				EP	3561103	A1	30 October 2019
				JP	2020-508391	A	19 March 2020
				KR	10-1947026	B1	12 February 2019
				WO	2018-117643	A1	28 June 2018
JP	2006-241503	A	14 September 2006	JP	4593317	B2	08 December 2010

국 제 조 사 보 고 서

국제출원번호

PCT/KR2020/018611

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

C22C 38/02(2006.01)i; **C22C 38/04**(2006.01)i; **C22C 38/06**(2006.01)i; **C22C 38/14**(2006.01)i; **C22C 38/12**(2006.01)i; **C21D 8/12**(2006.01)i; **B21B 3/00**(2006.01)i; **B21B 1/24**(2006.01)i; **C21D 8/02**(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

C22C 38/02(2006.01); C21D 8/12(2006.01); C21D 9/04(2006.01); C21D 9/46(2006.01); C22C 38/00(2006.01)

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: 전기강판(electric steel sheet), 이방향성(anisotropic), 결정립(crystal grain), 압연(rolling), 자성(magnetism)

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	KR 10-2009834 B1 (주식회사 포스코) 2019.08.12 단락 [0153]-[0159] 및 청구항 1-12	1-21
A	JP 2014-196559 A (JFE STEEL CORP.) 2014.10.16 단락 [0051]-[0059] 및 청구항 1-6	1-21
A	KR 10-1719232 B1 (주식회사 포스코) 2017.03.23 단락 [0053]-[0069] 및 청구항 1-16	1-21
A	KR 10-2018-0073323 A (주식회사 포스코) 2018.07.02 단락 [0081]-[0096] 및 청구항 1-7	1-21
A	JP 2006-241503 A (NIPPON STEEL CORP.) 2006.09.14 단락 [0090]-[0099] 및 청구항 1-8	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
"D" 본 국제출원에서 출원인이 인용한 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	국제조사보고서 발송일
2021년04월27일(27.04.2021)	**2021년04월27일(27.04.2021)**

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 **+82-42-481-8578**

심사관

방승훈

전화번호 **+82-42-481-5560**

국 제 조 사 보 고 서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호
PCT/KR2020/018611

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2009834 B1	2019/08/12	CN 111566245 A	2020/08/21
		EP 3733900 A1	2020/11/04
		JP 2021-509441 A	2021/03/25
		KR 10-2019-0078166 A	2019/07/04
		US 2021-0054474 A1	2021/02/25
		WO 2019-132363 A1	2019/07/04
JP 2014-196559 A	2014/10/16	JP 5954347 B2	2016/07/20
KR 10-1719232 B1	2017/03/23	없음	
KR 10-2018-0073323 A	2018/07/02	CN 110100024 A	2019/08/06
		EP 3561103 A1	2019/10/30
		JP 2020-508391 A	2020/03/19
		KR 10-1947026 B1	2019/02/12
		WO 2018-117643 A1	2018/06/28
JP 2006-241503 A	2006/09/14	JP 4593317 B2	2010/12/08