

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2020년 6월 4일 (04.06.2020)



(10) 국제공개번호
WO 2020/111640 A1

(51) 국제특허분류:

C22C 38/02 (2006.01) C22C 38/12 (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01) C21D 8/12 (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01) C21D 9/00 (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01) H01F 1/147 (2006.01)
C22C 38/14 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2019/015937

(22) 국제출원일: 2019년 11월 20일 (20.11.2019)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2018-0150708 2018년 11월 29일 (29.11.2018) KR

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

(72) 발명자: 공종판 (KONG, Jong-Pan): 57807 전라남도
광양시 폭포사랑길 20-26 광양제철소내, Jeollanam-do
(KR). 차경세 (CHA, Kyung-Se): 57807 전라남도 광양시
폭포사랑길 20-26 광양제철소내, Jeollanam-do (KR). 이
세일 (LEE, Se-Il): 37877 경상북도 포항시 남구 동해안
로 6262 포항제철소내, Gyeongsangbuk-do (KR).

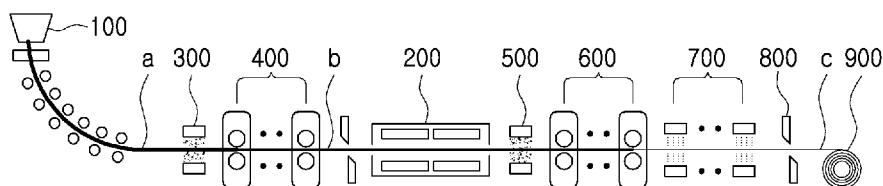
(74) 대리인: 특허법인 씨엔에스 (C&S PATENT AND LAW
OFFICE): 06292 서울시 강남구 연주로30길 13, 대림아
크로텔 7층, Seoul (KR).

(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).

(54) Title: NON-ORIENTED ELECTRICAL STEEL SHEET HAVING LOW IRON LOSS AND EXCELLENT SURFACE QUALITY, AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(54) 발명의 명칭: 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 전기강판 및 그 제조방법



(57) Abstract: One embodiment of the present invention provides a non-oriented electrical steel sheet having low iron loss and excellent surface quality, the non-oriented electrical steel sheet comprising, by wt%, 0.0005-0.0060% of C, 2.6-3.8% of Si, 0.05-2.0% of Mn, 0.05-2.0% of Al, 0.005-0.20% of Sn, 0.002-0.30% of P, 0.0002-0.005% of S, 0.0002-0.01% of Ti, 0.0002-0.01% of Nb, 0.0002-0.01% of V, 0.0005-0.006% of N, and the balance of Fe and the other inevitable impurities, meeting the following relations 1-5, and having 30-80 area% of an un-recrystallized region structure. [Relation 1] $3.5 \leq [\text{Si} + \text{Al} + (\text{Mn} + \text{Sn})/2 + 5\text{P}] \leq 6.0$ [Relation 2] $1.0 \leq [(\text{Ti}/48 + \text{Nb}/93 + \text{V}/51)(\text{C}/12 + \text{N}/14)] \times 10^8 \leq 5.0$ [Relation 3] $0.85 \leq [\text{Si} + \text{Al} + (\text{Mn} + \text{Sn})/2 + 5\text{P}] / [(\text{Ti}/48 + \text{Nb}/93 + \text{V}/51)(\text{C}/12 + \text{N}/14)] \times 10^8 \leq 4.5$ [Relation 4] $3.8 \leq [\text{Si} + 100\text{P}] \leq 8.0$ [Relation 5] $0.55 \leq [\text{Si} + \text{Al} + (\text{Mn} + \text{Sn})/2 + 5\text{P}] / [\text{Si} + 100\text{P}] \leq 1.35$ (In relations 1-5, the amount of Si, Al, Mn, Sn, P, Ti, Nb, V, C and N is in wt%.)

(57) 요약서: 본 발명의 일 실시형태는 중량% 로, C: 0.0005~0.0060%, Si: 2.6 ~3.8%, Mn: 0.05~2.0%, Al: 0.05~2.0%, Sn: 0.005~0.20%, P: 0.002~0.30%, S: 0.0002~0.005%, Ti: 0.0002~0.01%, Nb: 0.0002~0.01%, V: 0.0002~0.01%, N: 0.0005~0.006%, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, 하기 관계식 1 내지 5를 만족하며, 미세결정 조직이 30~80면적%인 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 열연 전기강판을 제공한다. [관계식 1] $3.5 \leq [\text{Si} + \text{Al} + (\text{Mn} + \text{Sn})/2 + 5\text{P}] \leq 6.0$ [관계식 2] $1.0 \leq [(\text{Ti}/48 + \text{Nb}/93 + \text{V}/51)(\text{C}/12 + \text{N}/14)] \times 10^8 \leq 5.0$ [관계식 3] $0.85 \leq [\text{Si} + \text{Al} + (\text{Mn} + \text{Sn})/2 + 5\text{P}] / [(\text{Ti}/48 + \text{Nb}/93 + \text{V}/51)(\text{C}/12 + \text{N}/14)] \times 10^8 \leq 4.5$ [관계식 4] $3.8 \leq [\text{Si} + 100\text{P}] \leq 8.0$ [관계식 5] $0.55 \leq [\text{Si} + \text{Al} + (\text{Mn} + \text{Sn})/2 + 5\text{P}] / [\text{Si} + 100\text{P}] \leq 1.35$ (상기 관계식 1 내지 5에서 Si, Al, Mn, Sn, P, Ti, Nb, V, C 및 N의 함량은 중량%임.)

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

명세서

발명의 명칭: 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 전기강판 및 그 제조방법

기술분야

- [1] 본 발명은 철손 및 표면품질이 우수한 무방향성 전기강판 및 그 제조방법에 관한 것이다.

[2]

배경기술

- [3] 최근 지구온난화로 인한 세계 각국 환경규제 더욱 강화됨에 따라 하이브리드 자동차나, 전기 자동차 등의 보급이 증가로 인해 자동차 구동모터나 발전기 모터용으로 사용되는 무방향성 전기강판에 대한 수요가 급격히 증가하고 있다. 구동용 모터나 발전기용 모터는 차량 내의 한정된 공간에 설치할 필요가 있고, 차량 중량을 경감하기 위해 소형화가 강하게 요구되고 있다. 특히 자동차용 모터 중 구동모터는 일반 모터와는 다르게 저속에서부터 고속에 이르는 모든 영역에서 우수한 전기적 특성을 가져야 하기 때문에 저속이나 가속시에서는 큰 토크를 내어야 하고, 정속 및 고속주행시에는 속실이 적어야 하는 등 각 영역에서 적합한 특성이 필요하다.

[4]

- [5] 이러한 특성을 만족하기 위해서는, 저속회전시에는 큰 자속밀도 특성을 가져야 하며, 고속회전영역에서는 고주파 철손이 적어야 하며, 아울러 고속회전시에 발생하는 원심력을 견뎌야 하기 때문에 높은 강도를 갖는 무방향성 전기강판의 개발이 요구된다.

[6]

- [7] 한편, 자기적 특성을 향상시키는 무방향성 전기강판으로는 여러 특허문헌들이 있으며, 예를 들면, 특허문헌 1에는 Si가 4% 이하인 강에, Co를 0.1~5% 첨가한 무방향성 전자 강판이 개시되어 있다. 또한, 특허문헌 2에는 P의 함유량을 0.07~0.20%, Si의 함유량을 0.17~3.0%로 하고, 열연판 어닐링을 냉각 속도가 느린 상자 어닐링(box annealing)으로 행하고, 마무리 어닐링시에 집합 조직을 제어함으로써, 고자속 밀도화를 도모하는 기술이 제안되고 있다. 또한, 특허문헌 3에는 Al의 함유량을 0.017% 이하로 하여 고자속 밀도화를 도모하는 방법이 제안되고 있다. 특허문헌 4에는 전술한 것 이외의 원소로서, Sb나 Sn을 첨가하여, 고자속 밀도화하는 기술이 제안되고 있다. 또한, 특허문헌 5에는 Ti, Nb, V 및 B를 정밀 제어함으로써, 자기적 특성을 향상시키는 기술이 제안되고 있다. 이와 같이 무방향성 전기강판의 경우 합금성분을 정밀 제어하여 자기적 특성을 향상시키는 기술들이 대부분이고, 박물 열연재의 미세조직(미세결정 조직 분율 등) 및 스케일 품질 제어와 관련된 연구는 아주 작다.

[8]

[9] 통상적으로 기존 열연밀 공정에서는 저속 주조를 통해 두께 200mm 이상의 슬라브(Slab)를 생산하고, 이렇게 생산된 슬라브는 가열로에서 재가열하여 1매 단위로 배치(batch) 형태로 열간 압연되어 두께가 감소된 열연강판으로 제조된다. 이러한 배치 압연의 경우 슬라브 매 장마다 압연기에 탑(Top)부가 치입되고 테일(Tail)부가 압연기를 빠져나 와야 하기 때문에 하나의 스트립내에서 압연 속도차가 심하고, 이로 인해 압연부하가 불균일하여, 균일한 미세조직을 갖는 두께 1.6mm 이하의 박물 열연 전기강판을 제조함에 있어 한계가 많다.

[10]

[11] 한편, 최근 주목을 받고 있는 새로운 철강 제조공정인 소위 박 슬라브를 이용한 제조공정(미니밀 공정), 특히 연주~압연 직결공정은 등속등온의 공정 특성상 스트립(Strip)의 폭 및 길이방향으로의 온도편차가 작기 때문에 재질편차가 우수하고, 박물 열연 전기강판을 제조할 수 있는 잠재 능력을 지닌 공정으로 주목받고 있다. 이 이유는 매 코일마다 배치형태로 압연되는 기존의 공정과는 달리 연주~압연 직결 공정의 경우 최초 코일만 탑부가 발생하여 치입을 하고 최종 코일만 테일부가 발생하여 압연기를 빠져나가므로 이러한 조업 사고를 획기적으로 줄일 수 있으며, 등속등온 압연을 통해 제품을 생산하므로 기존 배치재 대비 두께, 폭 치수가 우수하며, 판 크라운(Crown) 편차가 작고, 두께 1.6mm 이하의 박물 열연재를 제조함에 있어 장점을 갖는다.

[12]

[13] 따라서, 연주~압연 직결공정에서 고속 주조 및 연연속 압연을 이용하여 균일한 미세조직을 가지면서 스케일 품질이 우수한 박물 열연 전기강판을 제조한 후 냉간압연/소둔을 거쳐 철손 및 표면품질이 우수한 고Si 무방향성 전기강판을 제조할 수 있는 제조방법에 관련된 연구가 필요하다.

[14]

[15] (특허문헌 1) 일본 공개특허공보 제2000-129410호

[16] (특허문헌 2) 일본 등록특허공보 제3870893호

[17] (특허문헌 3) 일본 등록특허공보 제4126479호

[18] (특허문헌 4) 일본 등록특허공보 제2500033호

[19] (특허문헌 5) 한국 공개특허공보 제10-2016-0078183호

[20]

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[21] 본 발명의 일측면은 연주~압연 직결공정에서 고속주조 및 연연속압연 제조 공정을 이용하여 철손 및 표면품질이 우수한 무방향성 전기강판 및 그 제조방법을 제공하고자 하는 것이다.

[22] 한편, 본 발명의 과제는 상술한 내용에 한정하지 않는다. 본 발명의 과제는 본 명세서의 내용 전반으로부터 이해될 수 있을 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가지는 자라면 본 발명의 부가적인 과제를 이해하는데 아무런 어려움이 없을 것이다.

[23]

과제 해결 수단

[24] 본 발명의 일 실시형태는 중량%로, C: 0.0005~0.0060%, Si: 2.6~3.8%, Mn: 0.05~2.0%, Al: 0.05~2.0%, Sn: 0.005~0.20%, P: 0.002~0.30%, S: 0.0002~0.005%, Ti: 0.0002~0.01%, Nb: 0.0002~0.01%, V: 0.0002~0.01%, N: 0.0005~0.006%, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, 하기 관계식 1 내지 5를 만족하며, 미세결정 조직이 30~80면적%인 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 열연 전기강판을 제공한다.

[25] [관계식 1] $3.5 \leq [\text{Si} + \text{Al} + (\text{Mn} + \text{Sn})/2 + 5\text{P}] \leq 6.0$

[26] [관계식 2] $1.0 \leq [(\text{Ti}/48 + \text{Nb}/93 + \text{V}/51)(\text{C}/12 + \text{N}/14)] \times 10^8 \leq 5.0$

[27] [관계식 3] $0.85 \leq [\text{Si} + \text{Al} + (\text{Mn} + \text{Sn})/2 + 5\text{P}] / [(\text{Ti}/48 + \text{Nb}/93 + \text{V}/51)(\text{C}/12 + \text{N}/14) \times 10^8] \leq 4.5$

[28] [관계식 4] $3.8 \leq [\text{Si} + 100\text{P}] \leq 8.0$

[29] [관계식 5] $0.55 \leq [\text{Si} + \text{Al} + (\text{Mn} + \text{Sn})/2 + 5\text{P}] / [\text{Si} + 100\text{P}] \leq 1.35$

[30] (상기 관계식 1 내지 5에서 Si, Al, Mn, Sn, P, Ti, Nb, V, C 및 N의 함량은 중량%임.)

[31]

[32] 본 발명의 다른 실시형태는 중량%로, C: 0.0005~0.0060%, Si: 2.6~3.8%, Mn: 0.05~2.0%, Al: 0.05~2.0%, Sn: 0.005~0.20%, P: 0.002~0.30%, S: 0.0002~0.005%, Ti: 0.0002~0.01%, Nb: 0.0002~0.01%, V: 0.0002~0.01%, N: 0.0005~0.006%, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, 하기 관계식 1 내지 5를 만족하며, 페라이트 결정립 평균 크기가 70~100 μm 인 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 냉연 전기강판을 제공한다.

[33] [관계식 1] $3.5 \leq [\text{Si} + \text{Al} + (\text{Mn} + \text{Sn})/2 + 5\text{P}] \leq 6.0$

[34]

[35] [관계식 2] $1.0 \leq [(\text{Ti}/48 + \text{Nb}/93 + \text{V}/51)(\text{C}/12 + \text{N}/14)] \times 10^8 \leq 5.0$

[36] [관계식 3] $0.85 \leq [\text{Si} + \text{Al} + (\text{Mn} + \text{Sn})/2 + 5\text{P}] / [(\text{Ti}/48 + \text{Nb}/93 + \text{V}/51)(\text{C}/12 + \text{N}/14) \times 10^8] \leq 4.5$

[37] [관계식 4] $3.8 \leq [\text{Si} + 100\text{P}] \leq 8.0$

[38] [관계식 5] $0.55 \leq [\text{Si} + \text{Al} + (\text{Mn} + \text{Sn})/2 + 5\text{P}] / [\text{Si} + 100\text{P}] \leq 1.35$

[39] (상기 관계식 1 내지 5에서 Si, Al, Mn, Sn, P, Ti, Nb, V, C 및 N의 함량은 중량%임.)

[40]

[41] 본 발명의 또 다른 실시형태는 중량%로, C: 0.0005~0.0060%, Si: 2.6~3.8%, Mn: 0.05~2.0%, Al: 0.05~2.0%, Sn: 0.005~0.20%, P: 0.002~0.30%, S: 0.0002~0.005%, Ti: 0.0002~0.01%, Nb: 0.0002~0.01%, V: 0.0002~0.01%, N: 0.0005~0.006%, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, 하기 관계식 1 내지 5를 만족하는 용강을 연속 주조하여 박 슬라브를 얻는 단계; 상기 박 슬라브에 냉각수를 분사하여 스케일을 제거하는 단계; 상기 스케일이 제거된 박 슬라브를 조압연하여 바(Bar)를 얻는 단계; 상기 바를 가열하는 단계; 상기 가열된 바에 냉각수를 분사하여 스케일을 제거하는 단계; 상기 스케일이 제거된 바의 표면에 1m²당 10~60ℓ/min의 윤활유를 분사하는 단계; 상기 윤활유가 분사된 바를 마무리 압연하되, 첫번째 압연기의 입측온도가 900~1200°C가 되도록 하고, 마지막 압연기의 입측온도가 700~900°C가 되도록 하여 열연강판을 얻는 단계; 및 상기 열연강판을 권취하는 단계를 포함하며, 상기 각 단계는 연속주조-압연 직결공정을 통해 연속적으로 행해지는 것을 특징으로 하는 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 열연 전기강판의 제조방법을 제공한다.

[42] [관계식 1] $3.5 \leq [\text{Si} + \text{Al} + (\text{Mn} + \text{Sn})/2 + 5\text{P}] \leq 6.0$

[43] [관계식 2] $1.0 \leq [(\text{Ti}/48 + \text{Nb}/93 + \text{V}/51)(\text{C}/12 + \text{N}/14)] \times 10^8 \leq 5.0$

[44] [관계식 3] $0.85 \leq [\text{Si} + \text{Al} + (\text{Mn} + \text{Sn})/2 + 5\text{P}] / [(\text{Ti}/48 + \text{Nb}/93 + \text{V}/51)(\text{C}/12 + \text{N}/14) \times 10^8] \leq 4.5$

[45] [관계식 4] $3.8 \leq [\text{Si} + 100\text{P}] \leq 8.0$

[46] [관계식 5] $0.55 \leq [\text{Si} + \text{Al} + (\text{Mn} + \text{Sn})/2 + 5\text{P}] / [\text{Si} + 100\text{P}] \leq 1.35$

[47] (상기 관계식 1 내지 5에서 Si, Al, Mn, Sn, P, Ti, Nb, V, C 및 N의 함량은 중량%임.)

[48]

[49] 본 발명의 또 다른 실시형태는 중량%로, C: 0.0005~0.0060%, Si: 2.6~3.8%, Mn: 0.05~2.0%, Al: 0.05~2.0%, Sn: 0.005~0.20%, P: 0.002~0.30%, S: 0.0002~0.005%, Ti: 0.0002~0.01%, Nb: 0.0002~0.01%, V: 0.0002~0.01%, N: 0.0005~0.006%, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, 하기 관계식 1 내지 5를 만족하는 용강을 연속 주조하여 박 슬라브를 얻는 단계; 상기 박 슬라브에 냉각수를 분사하여 스케일을 제거하는 단계; 상기 스케일이 제거된 박 슬라브를 조압연하여 바(Bar)를 얻는 단계; 상기 바를 가열하는 단계; 상기 가열된 바에 냉각수를 분사하여 스케일을 제거하는 단계; 상기 스케일이 제거된 바의 표면에 1m²당 10~60ℓ/min의 윤활유를 분사하는 단계; 상기 윤활유가 분사된 바를 마무리 압연하되, 첫번째 압연기의 입측온도가 900~1200°C가 되도록 하고, 마지막 압연기의 입측온도가 700~900°C가 되도록 하여 열연강판을 얻는 단계; 상기 열연강판을 권취하는 단계; 상기 권취된 열연강판을 냉간압연하여 냉연강판을 얻는 단계; 및 상기 냉연강판을 하기 [관계식 6]+30°C 이상 1160°C이하에서 소둔 균열하는 단계를 포함하며, 상기 각 단계는 연속주조-압연 직결공정을 통해 연속적으로 행해지는 것을 특징으로 하는 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는

무방향성 열연 전기강판의 제조방법을 제공한다.

- [50] [관계식 1] $3.5 \leq [\text{Si}+\text{Al}+(\text{Mn}+\text{Sn})/2+5\text{P}] \leq 6.0$
- [51] [관계식 2] $1.0 \leq [(\text{Ti}/48+\text{Nb}/93+\text{V}/51)(\text{C}/12+\text{N}/14)] \times 10^{-8} \leq 5.0$
- [52] [관계식 3] $0.85 \leq [\text{Si}+\text{Al}+(\text{Mn}+\text{Sn})/2+5\text{P}]/[(\text{Ti}/48+\text{Nb}/93+\text{V}/51)(\text{C}/12+\text{N}/14) \times 10^{-8}] \leq 4.5$
- [53] [관계식 4] $3.8 \leq [\text{Si}+100\text{P}] \leq 8.0$
- [54] [관계식 5] $0.55 \leq [\text{Si}+\text{Al}+(\text{Mn}+\text{Sn})/2+5\text{P}]/[\text{Si}+100\text{P}] \leq 1.35$
- [55] [관계식 6] $12[(\text{Ti}/48+\text{Nb}/93+\text{V}/51)(\text{C}/12+\text{N}/14) \times 10^{-8}]+861$
- [56] (상기 관계식 1 내지 6에서 Si, Al, Mn, Sn, P, Ti, Nb, V, C 및 N의 함량은 중량%임.)
- [57]

발명의 효과

- [58] 본 발명의 일측면에 따르면, 연주~압연 직결공정에서 고속주조 및 연연속 압연 공정을 통하여 균일한 미세조직을 갖고, 스케일 품질이 우수한 박물 전기강판의 생산이 가능하다. 본 발명의 연연속압연 공정을 통해 제조된 전기강판은 배치 공정을 통해 제조된 기존 열연밀의 전기강판 대비 1.6mm이하의 박물 열연재 제조가 가능하여 최종 냉간압연시 압하율을 감소시킬 수 있어 고주파 철손 저감 성능이 우수하다. 또한, 박 슬라브 연주법을 통해 전기로에서 고철 등의 스크랩을 용해한 강을 사용할 수 있어 자원의 재활용성을 높일 수 있다.
- [59]

도면의 간단한 설명

- [60] 도 1은 본 발명의 열연강판 제조에 적용 가능한 연속주조-압연 직결공정을 위한 설비의 모식도이다.
- [61] 도 2는 본 발명의 열연강판 제조에 적용 가능한 연속주조-압연 직결공정을 위한 설비의 또 다른 모식도이다.
- [62] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 발명에 1(냉연 전기강판)에 대한 복합 석출물의 투과현미경(레프리카 시편) 조직사진이다.
- [63] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 비교예 10(냉연 전기강판)에 대한 복합 석출물의 투과현미경(레프리카 시편) 조직사진이다.
- [64] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 발명에 9(열연 전기강판)에 대한 광학현미경 조직사진이다.
- [65] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 비교예 16(열연 전기강판)에 대한 광학현미경 조직사진이다.
- [66] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 발명에 10(열연 전기강판)에 대한 스케일 단면의 전자현미경(SEM) 조직사진이다.
- [67] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 비교예 20(열연 전기강판)에 대한 스케일 단면의 전자현미경(SEM) 조직사진이다.

[68]

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[69]

이하, 본 발명의 일 실시형태에 따른 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 전기강판에 대하여 설명한다. 먼저, 본 발명의 합금조성을 설명한다. 하기 설명되는 합금조성의 함량은 별도의 언급이 없는 한 중량%를 의미한다.

[70]

[71]

C: 0.0005~0.0060%

[72]

탄소(C)는 철손을 열화시키기 때문에 적으면 적을수록 좋다. C가 0.0060%를 초과하면 탄화물이 과다 석출되고, 펄라이트 조직이 만들어져 철손 증가가 특히 현저해지므로, 상기 0.006%이하인 것이 바람직하다. 상기 C는 적으면 적을수록 바람직하기 때문에, 특별히 한정은 하지 않지만, 탈탄 비용을 고려하면 그 하한이 0.0005%인 것이 바람직하다. 따라서, C 함량은 0.0005~0.0060%인 것이 바람직하다. 상기 C 함량의 하한은 0.0010%인 것이 보다 바람직하고, 0.0015%인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 C 함량의 상한은 0.0050%인 것이 보다 바람직하고, 0.0035%인 것이 보다 더 바람직하다.

[73]

[74]

Si: 2.6~3.8%

[75]

규소(Si)는 강의 탈산제로서 일반적으로 첨가되지만, 전기 강판에 있어서는 전기 저항을 높여 고주파수에서의 철손을 저감하는 효과를 갖기 때문에 중요한 원소이며, 이러한 효과를 얻기 위해서는 2.6%이상의 첨가를 필요로 한다. 그러나, 3.8%를 초과하면 강판의 강도가 너무 높아져 냉간압연시 압연 부하 증가에 따라 형상 불량이 발생할 수 있으므로, 그 상한은 3.8%인 것이 바람직하다. 따라서, 상기 Si의 함량은 2.6~3.8%인 것이 바람직하다. 상기 Si 함량의 하한은 2.9%인 것이 보다 바람직하고, 3.1%인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 Si 함량의 상한은 3.7%인 것이 보다 바람직하고, 3.5%인 것이 보다 더 바람직하다.

[76]

[77]

Mn: 0.05~2.0%

[78]

망간(Mn)은 강중 비저항을 높여 철손을 낮출 수 원소이기 때문에 0.05%이상 첨가하는 것이 바람직하다. 그러나, 2.0%를 초과하면, 강중 S 등과 결합하여 조대한 MnS 석출물을 형성하여 결정립 성장을 방해하기 때문에 철손 감소 효과가 줄어들게 된다. 따라서, 상기 Mn의 함량은 0.05~2.0%의 범위를 갖는 것이 바람직하다. 상기 Mn 함량의 하한은 0.1%인 것이 보다 바람직하고, 0.3%인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 Mn 함량의 상한은 1.6%인 것이 보다 바람직하고, 1.2%인 것이 보다 더 바람직하다.

[79]

[80]

Al: 0.05~2.0%

[81] 알루미늄(Al)은 Si와 동일하게 강의 탈산제로서 일반적으로 이용되고 있고, 전기강판에서는 전기 저항을 증가하여 철손을 저감하는 효과가 큰 원소이기 때문에 0.05%이상 첨가하는 것이 바람직하다. 그러나, 2.0%를 초과하면, 연속 주조 중에 몰드 플럭스에 픽업(pick-up)되어 몰드 플럭스의 물성을 달라지게 하여 윤활성을 떨어뜨리게 되고, 이로 인해 주조 중단이 발생할 수 있다. 또한, 강판의 강도가 너무 높아져 냉간압연시 압연 부하 증가에 따라 형상 불량이 발생할 수 있다. 따라서, 상기 Al의 함량은 0.05~2.0%의 범위를 갖는 것이 바람직하다. 상기 Al 함량의 하한은 0.1%인 것이 보다 바람직하고, 0.3%인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 Al 함량의 상한은 1.6%인 것이 보다 바람직하고, 1.2%인 것이 보다 더 바람직하다.

[82]

[83] Sn: 0.005~0.20%

[84] 주석(Sn)은 결정립계 편석원소로서 결정립계를 통한 질소의 확산을 억제하며, 자성에 해로운 {111}, {112} 집합조직의 형성을 억제하고, 자성에 유리한 {100} 및 {110} 집합조직을 증가시켜 자기적 특성을 향상시킨다. 상기 효과를 확보하기 위해서는 0.005% 이상 첨가하는 것이 바람직하다. 다만, 0.20%를 초과하여 첨가하면 결정립 성장을 억제하여 자성을 떨어뜨리며 압연성을 열위시키는 단점이 있다. 따라서, 상기 Sn의 첨가량은 0.005~0.20%의 범위를 갖는 것이 바람직하다. 상기 Sn 함량의 하한은 0.02%인 것이 보다 바람직하고, 0.03%인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 Sn 함량의 상한은 0.15%인 것이 보다 바람직하고, 0.10%인 것이 보다 더 바람직하다.

[85]

[86] P: 0.002~0.30%

[87] 인(P)는 강중 비저항을 높여 철손을 낮출 수 원소이며, 자성체로 첨가 시에 자속밀도를 향상시킬 수 있는 원소로서, 상기 효과를 위해서는 0.002% 이상 첨가하는 것이 바람직하다. 단, 상기 P는 상온 압연시에 페라이트에서 압연 판파단을 유인하는 편석원소로서 강내 결정립계에 편석하여 결정립계간의 결합력을 크게 약화시키기 때문에 0.30%를 초과하는 것은 바람직하지 않다. 따라서, 상기 P는 0.002~0.30%의 범위를 갖는 것이 바람직하다. 상기 P 함량의 하한은 0.005%인 것이 보다 바람직하고, 0.006%인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 P 함량의 상한은 0.10%인 것이 보다 바람직하고, 0.05%인 것이 보다 더 바람직하다.

[88]

[89] S: 0.0002~0.005%

[90] 황(S)는 복합 석출물을 형성하는 원소이다. 0.005%를 초과하는 경우에는 강 중 Mn 등과 결합하여 조대한 MnS 석출물을 형성하여 결정립 성장을 방해하기 때문에 철손 감소 효과가 줄어들게 된다. 상기 S는 적으면 적을수록 바람직하기 때문에, 특별히 한정하지 않지만, 탈황 비용을 고려하면 그 하한은 0.0002%인

것이 바람직하다. 따라서, 상기 S의 함량은 0.0002~0.005%의 범위를 갖는 것이 바람직하다. 상기 S 함량의 하한은 0.0004%인 것이 보다 바람직하고, 0.0005%인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 S 함량의 상한은 0.004%인 것이 보다 바람직하고, 0.003%인 것이 보다 더 바람직하다.

[91]

[92] Ti: 0.0002~0.01%

[93] 티타늄(Ti)은 탄화물 또는 질화물을 형성하여 결정립 성장을 방해함으로써 철손을 악화시키고, 자성에 바람직하지 않은 {111} 집합조직 발달을 촉진하므로 0.01%이하로 첨가하는 것이 바람직하다. 상기 Ti은 적으면 적을수록 바람직하기 때문에, 특별히 한정은 하지 않지만, 용강 슬래그 내의 Ti 픽업(Pick-up) 및 합금철로부터 픽업되는 것을 고려하여 그 하한을 0.0002%로 한정하는 것이 바람직하다. 따라서, 상기 Ti의 함량은 0.0002~0.01%인 것이 바람직하다. 상기 Ti 함량의 하한은 0.0004%인 것이 보다 바람직하고, 0.0005%인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 Ti 함량의 상한은 0.005%인 것이 보다 바람직하고, 0.0035%인 것이 보다 더 바람직하다.

[94]

[95] Nb: 0.0002~0.01%

[96] 니오븀(Nb)은 탄화물 또는 질화물을 형성하여 결정립 성장을 방해함으로써 철손을 악화시키고, 자성에 바람직하지 않은 {111} 집합조직 발달을 촉진하므로 0.01%이하로 첨가하는 것이 바람직하다. 상기 Nb는 적으면 적을수록 바람직하기 때문에, 특별히 한정은 하지 않지만, 합금철로부터 픽업되는 것을 고려하여 그 하한을 0.0002%로 한정하는 것이 바람직하다. 따라서, 상기 Nb의 함량은 0.0002~0.01%인 것이 바람직하다. 상기 Nb 함량의 하한은 0.0004%인 것이 보다 바람직하고, 0.0005%인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 Nb 함량의 상한은 0.005%인 것이 보다 바람직하고, 0.0035%인 것이 보다 더 바람직하다.

[97]

[98] V: 0.0002~0.01%

[99] 바나듐(Nb)은 탄화물 또는 질화물을 형성하여 결정립 성장을 방해함으로써 철손을 악화시키고, 자성에 바람직하지 않은 {111} 집합조직 발달을 촉진하므로 0.01%이하로 첨가하는 것이 바람직하다. 상기 V은 적으면 적을수록 바람직하기 때문에, 특별히 한정은 하지 않지만, 합금철로부터 픽업되는 것을 고려하여 그 하한을 0.002%로 한정하는 것이 바람직하다. 따라서, 상기 V의 함량은 0.0002~0.01%인 것이 바람직하다. 상기 V 함량의 하한은 0.0004%인 것이 보다 바람직하고, 0.0005%인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 V 함량의 상한은 0.005%인 것이 보다 바람직하고, 0.0035%인 것이 보다 더 바람직하다.

[100]

[101] N: 0.0005~0.006%

[102] 질소(N)은 전술한 C와 동일하게 자기 특성을 열화시키기 때문에 0.006%

이하로 첨가되는 것이 바람직하다. 상기 N은 적으면 적을수록 바람직하기 때문에, 특별히 한정은 하지 않지만, 탈질 비용을 고려하면 그 하한이 0.0005%인 것이 바람직하다. 따라서, N 함량은 0.0005~0.006%인 것이 바람직하다. 상기 N 함량의 하한은 0.0008%인 것이 보다 바람직하고, 0.0010%인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 N 함량의 상한은 0.004%인 것이 보다 바람직하고, 0.003%인 것이 보다 더 바람직하다.

[103]

[104] 본 발명의 나머지 성분은 철(Fe)이다. 다만, 통상의 제조과정에서는 원료 또는 주위 환경으로부터 의도되지 않는 불순물들이 불가피하게 혼입될 수 있으므로, 이를 배제할 수는 없다. 이들 불순물들은 통상의 제조과정의 기술자라면 누구라도 알 수 있는 것이기 때문에 그 모든 내용을 특별히 본 명세서에서 언급하지는 않는다.

[105]

[106] 한편, 본 발명의 전기강판은 전술한 합금성분 중 Si, Al, Mn, Sn, P, Ti, Nb, V, C 및 N이 하기 관계식 1 내지 5를 각각 만족하는 것이 바람직하다. 한편, 하기 관계식 1 내지 3에 기재된 Si, Al, Mn, Sn, P, Ti, Nb, V, C 및 N의 함량은 중량%이다.

[107]

[108] [관계식 1] $3.5 \leq [\text{Si}+\text{Al}+(\text{Mn}+\text{Sn})/2+5\text{P}] \leq 6.0$

[109] 상기 관계식 1에서 $\text{Si}+\text{Al}+(\text{Mn}+\text{Sn})/2+5\text{P}$ 의 값이 6.0를 초과할 경우 열연재의 항복강도가 너무 높아져 압연부하 증가에 따른 통관성 불량으로 인해 관파단이 발생하거나 최종제품의 외관 형상품질이 열위해될 수 있다. 반면, 관계식 1에서 $\text{Si}+\text{Al}+(\text{Mn}+\text{Sn})/2+5\text{P}$ 값이 3.5 미만인 경우 목표로 하는 전기적 특성을 만족하지 않을 수 있다. 따라서, 상기 관계식 1의 값은 3.5~6.0의 범위를 갖는 것이 바람직하다. 상기 관계식 1의 값의 하한은 3.7인 것이 보다 바람직하고, 3.8인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 관계식 1의 값의 상한은 5.8인 것이 보다 바람직하고, 5.6인 것이 보다 더 바람직하다.

[110]

[111] [관계식 2] $1.0 \leq [(\text{Ti}/48+\text{Nb}/93+\text{V}/51)(\text{C}/12+\text{N}/14)] \times 10^8 \leq 5.0$

[112] 상기 관계식 2에서 $[(\text{Ti}/48+\text{Nb}/93+\text{V}/51)(\text{C}/12+\text{N}/14)] \times 10^8$ 의 값이 5.0를 초과할 경우 석출물이 과다 석출되어 결정립 성장이 충분히 이루어지지 않아 철손이 열위할 수 있다. 상기 관계식 2의 값은 낮으면 낮을수록 좋지만, 슬래그 및 합금철로부터 픽업되는 것을 고려하여 1.0 이상이 되는 것이 바람직하다. 따라서, 상기 관계식 2의 값은 1.0~5.0의 범위를 갖는 것이 바람직하다. 상기 관계식 2의 값의 하한은 1.1인 것이 보다 바람직하고, 1.2인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 관계식 2의 값의 상한은 4.9인 것이 보다 바람직하고, 4.8인 것이 보다 더 바람직하다.

[113]

[114] [관계식 3] $0.85 \leq [\text{Si}+\text{Al}+(\text{Mn}+\text{Sn})/2+5\text{P}]/[(\text{Ti}/48+\text{Nb}/93+\text{V}/51)(\text{C}/12+\text{N}/14) \times 10^8] \leq 4.5$

[115] 상기 관계식 3에서 $[\text{Si}+\text{Al}+(\text{Mn}+\text{Sn})/2+5\text{P}]/[(\text{Ti}/48+\text{Nb}/93+\text{V}/51)(\text{C}/12+\text{N}/14) \times 10^8]$ 의 값이 4.5를 초과할 경우 열연재의 항복강도가 너무 높아져 냉간압연시 압연부하 증가에 따른 통관성 불량으로 인해 최종제품의 외관 형상품질이 열위할 수 있다. 반면, 상기 관계식 3의 값이 0.85 미만인 경우 석출물이 과다 석출되어 결정립 성장이 충분히 이루어지지 않아 철손이 열위할 수 있다. 따라서, 상기 관계식 3의 값은 0.85~4.5의 범위를 갖는 것이 바람직하다. 상기 관계식 3의 값의 하한은 0.90인 것이 보다 바람직하고, 0.95인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 관계식 3의 값의 상한은 4.0인 것이 보다 바람직하고, 3.5인 것이 보다 더 바람직하다.

[116]

[117] [관계식 4] $3.8 \leq [\text{Si}+100\text{P}] \leq 8.0$

[118] 상기 관계식 4는 자성 및 냉간 압연성과 관련된 식으로서 상기 관계식 4의 값이 8.0을 초과할 경우 열연재의 항복강도가 너무 높아져 냉간압연 시 압연부하 증가에 따른 통관성 불량으로 판파단이 발생할 수 있고, 상기 관계식 4의 값이 3.8 미만일 경우 목표로 하는 철손을 얻지 못할 수 있다. 따라서, 상기 관계식 4의 값은 3.8~8.0의 범위를 갖는 것이 바람직하다. 상기 관계식 4의 값의 하한은 4.0인 것이 보다 바람직하고, 4.2인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 관계식 4의 값의 상한은 7.8인 것이 보다 바람직하고, 7.6인 것이 보다 더 바람직하다.

[119]

[120] [관계식 5] $0.55 \leq [\text{Si}+\text{Al}+(\text{Mn}+\text{Sn})/2+5\text{P}]/[\text{Si}+100\text{P}] \leq 1.35$

[121] 상기 관계식 5는 철손이 낮고 냉간 압연성이 우수한 소재를 제조하기 위한 성분관계식이다. 상기 관계식 5의 값이 1.35를 초과할 경우 Mn, Al 등의 성분 함량이 높아 연주성 및 압연성이 열위할 수 있으며, 0.55 미만인 경우 P 함량이 높은 경우로서 냉간압연 시 압연부하 증가에 따른 통관성 불량으로 판파단이 발생할 수 있다.

[122]

[123] 한편, 본 발명의 전기강판은 상술한 합금조성 외에 트랩프 원소로서 Mo, Cu, Cr, Ni, Zn, Se, Sb, Zr, W, Ga, Ge, Ca 및 Mg 등으로 이루어지는 그룹으로부터 선택된 1종 이상을 그 합계가 0.2% 이하가 되도록 포함할 수 있다. 상기 트랩프 원소는 제강공정에서 원료로 사용하는 스크랩, 래들(Ladle) 및 턴디쉬(Tundish) 내화물 등에서 비롯된 불순물 원소로서, 그 합계가 0.2%를 초과하는 경우에는 고온에서 액화되어 연주성을 악화시키거나, 석출물을 형성하여 철손을 악화시킬 수 있다.

[124]

[125] 한편, 본 발명의 열연 전기강판은 미재결정 조직이 30~80면적%인 것이 바람직하다. 상기 미재결정 조직의 분율이 80면적%를 초과할 경우

냉간압연/소둔시 충분한 재결정 조직을 얻기가 어렵고, 결정립 성장이 원활하지 않아 목표로 하는 철손 저감 효과를 얻기 어려울 수 있다. 상기 미세결정 조직의 분율은 낮으면 낮을수록 상대적으로 재결정 조직의 분율이 높아져 냉간압연 및 소둔 후 결정립 성장이 원활하게 되어 철손 저감 효과가 우수할 수 있지만, 30% 미만으로 제어하기 위해서는 추가적인 압연이 필요하여 제조원가가 상승할 수 있다. 따라서, 상기 열연 전기강판의 미세조직에서 미세결정 조직의 분율은 30~80면적%인 것이 바람직하다. 상기 미세결정 조직의 분율의 하한은 35면적%인 것이 보다 바람직하고, 40면적%인 것이 보다 바람직하다. 상기 미세결정 조직의 분율의 상한은 75면적%인 것이 보다 바람직하고, 70면적%인 것이 보다 더 바람직하다. 한편, 상기 언급된 미세결정 조직이란 압연 방향으로 연신된 조직을 의미하며, 예를 들어, 장축과 단축의 비가 5 이상인 조직일 수 있다.

[126]

[127] 본 발명의 열연 전기강판은 스케일 두께가 $7\mu\text{m}$ 이하일 수 있다. 이와 같이, 스케일 두께를 얇게 함으로써 양호한 산세성을 확보하여 최종적으로 얻어지는 제품의 표면 품질을 향상시킬 수 있다. 상기 열연 전기강판의 스케일 두께는 $6\mu\text{m}$ 이하인 것이 보다 바람직하고, $5\mu\text{m}$ 이하인 것이 보다 더 바람직하다.

[128]

[129] 본 발명의 열연 전기강판은 스케일과 소지철 사이의 Si 농화층 두께가 $1.4\mu\text{m}$ 이하일 수 있다. 이와 같이, 상기 Si 농화층 두께를 제어함으로써 양호한 산세성을 확보하여 최종적으로 얻어지는 제품의 표면 품질을 향상시킬 수 있다. 상기 Si 농화층 두께는 $1.2\mu\text{m}$ 이하인 것이 보다 바람직하고, $1.0\mu\text{m}$ 이하인 것이 보다 더 바람직하다.

[130]

[131] 본 발명의 열연 전기강판은 스케일 중 Fe_2O_3 가 75면적% 이하일 수 있다. 상기 Fe_2O_3 는 일반적으로 산세성이 열위한 것으로 알려져 있다. 본 발명에서는 상기 Fe_2O_3 의 분율을 75면적% 이하로 제어함으로써 보다 우수한 산세성을 확보하여 양호한 표면 품질을 확보할 수 있다. 상기 스케일 중 Fe_2O_3 의 분율은 70면적% 이하인 것이 보다 바람직하고, 65면적% 이하인 것이 보다 더 바람직하다.

[132]

[133] 본 발명의 열연 전기강판은 두께가 0.6~1.6mm인 것이 바람직하다. 강판의 두께가 줄어들수록 재결정 집합조직이 증가하여 소둔 이후의 균일한 조직을 확보할 수 있고, 또한, 냉간압하율을 감소시킬 수 있어 γ -fiber의 결정방위가 감소되어 자기적 특성을 향상시킬 수 있으며, 두께 편차도 감소할 수 있다. 다만, 상기 열연 전기강판은 두께가 1.6mm를 초과할 경우 상기 효과가 충분하지 않을 수 있다. 반면, 상기 열연 전기강판의 두께가 0.6mm 미만인 경우 적용 가능한 냉간압하율이 너무 낮아 재결정 조직을 충분히 얻기가 어려워질 수 있다. 따라서, 상기 열연 전기강판의 두께는 0.6~1.6mm인 것이 바람직하다. 상기 열연

전기강판의 두께의 하한은 0.7mm인 것이 보다 바람직하고, 0.8mm인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 열연 전기강판의 두께의 상한은 1.5mm인 것이 보다 바람직하고, 1.4mm인 것이 보다 더 바람직하다.

[134]

[135] 한편, 전술한 열연 전기강판은 냉연 및 소둔 공정을 통해 냉연 전기강판으로 제조될 수 있다. 본 발명의 냉연 전기강판은 페라이트 결정립 평균 크기가 70~100 μm 인 것이 바람직하다. 상기 페라이트 결정립 평균 크기(FGS, Ferrite Grain Size)가 70 μm 미만인 경우 결정립이 충분히 성장하지 못하여 철손이 열위하며, 100 μm 초과일 경우 자속밀도가 낮아질 수 있으므로, 상기 페라이트 결정립 평균 크기는 70~100 μm 의 범위를 갖는 것이 바람직하다. 상기 페라이트 결정립 평균 크기의 하한은 72 μm 인 것이 보다 바람직하고, 74 μm 인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 페라이트 결정립 평균 크기의 상한은 98 μm 인 것이 보다 바람직하고, 96 μm 인 것이 보다 더 바람직하다.

[136]

[137] 상기 냉연 전기강판은 두께가 0.10~0.32mm인 것이 바람직하다. 상기 냉연 전기강판은 두께가 0.10mm 미만인 경우에는 생산성이 저하되고, 0.32mm를 초과하는 경우에는 철손의 저감 효과가 작을 수 있고, 폭 방향 두께 편차가 열위할 수 있다. 따라서, 상기 냉연 전기강판은 두께가 0.10~0.32mm인 것이 바람직하다. 상기 냉연 전기강판은 두께의 하한은 0.15mm인 것이 보다 바람직하고, 0.20mm인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 냉연 전기강판은 두께의 상한은 0.30mm인 것이 보다 바람직하고, 0.28mm인 것이 보다 더 바람직하다.

[138]

[139] 본 발명이 제공하는 냉연 전기강판은 고주파 철손(W10/400)이 10.5~13.5 W/kg일 수 있고, 보다 바람직하게는 10.7~13.4W/kg일 수 있으며, 보다 더 바람직하게는 10.9~13.3W/kg일 수 있다. 이때, 상기 고주파 철손(W10/400)은 400Hz 주파수에서 1.0Tesla의 자속밀도가 유지되었을 때의 압연방향과 압연방향 직각방향의 평균 철손을 의미한다. 또한, 본 발명의 냉연 전기강판은 폭 방향 광택도 편차가 8 이하일 수 있으며, 보다 바람직하게는 7이하일 수 있고, 보다 더 바람직하게는 6이하일 수 있다. 상기 광택도 편차는 폭 방향으로 광택도 최대값과 최소값의 차이를 의미한다.

[140]

[141] 이하, 본 발명의 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 전기강판의 제조방법의 일 실시형태에 대하여 설명한다.

[142]

[143] 도 1은 본 발명의 박물 전기강판 제조에 적용 가능한 연속주조-압연 직결공정을 위한 설비의 모식도이다. 본 발명의 일 실시형태에 따른 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 전기강판은 도 1과 같은 연속주조-압연 직결 설비를 적용하여 생산될 수 있다. 연속주조-압연 직결 설비는 크게

연속주조기(100), 조압연기(400), 마무리 압연기(600)로 구성된다. 상기 연속주조-압연 직결 설비는 제1두께를 갖는 박 슬라브(Slab)(a)를 생산하는 고속 연속주조기(100)와, 상기 박 슬라브를 상기 제1두께보다 얇은 제2두께를 갖는 바(Bar)(b)로 압연시키는 조압연기(400), 상기 제2두께를 갖는 바를 제3두께를 갖는 스트립(c)으로 압연시키는 마무리 압연기(600), 상기 스트립을 권취하는 권취기(900)를 포함할 수 있다. 추가로, 상기 조압연기(400) 앞에 조압연 스케일 브레이커(300)(Roughing Mill Scale Breaker, 이하 'RSB')와 마무리 압연기(600) 앞에 마무리 압연 스케일 브레이커(500)(Fishing Mill Scale Breaker, 이하 'FSB')를 추가로 포함할 수 있으며, 표면 스케일 제거가 용이하여 후공정에서 열연강판을 산세기 표면품질이 우수한 무방향성 전기강판의 생산이 가능하다. 또한, 연속주조-압연 직결공정으로 등온등속압연이 가능하여 강판 폭, 길이 방향 온도 편차가 현저히 낮아 ROT[Run Out Table(700)](이하 "런아웃 테이블")에서 정밀 냉각제어가 가능하여 조직이 균일한 무방향성 전기강판의 생산이 가능하다. 이렇게 압연 및 냉각이 완료된 스트립은 고속전단기(800)에 의해 절단되고, 권취기(900)에 의해 권취되어 제품으로 생산될 수 있다. 한편, 마무리 압연 스케일 브레이커(500) 앞에는 바를 추가로 가열하는 가열기(200)가 구비될 수 있다.

[144]

[145] 도 2는 본 발명의 박물 전기강판 제조에 적용 가능한 연속주조-압연 직결공정을 위한 설비의 또 다른 모식도이다. 도 2에 개시된 연속주조-압연 직결 설비는 도 1에 개시된 설비와 구성이 대부분 동일하나, 조압연기(400) 및 조압연 스케일 브레이커(300) 앞에 슬라브를 추가로 가열하는 가열기(200')가 구비되어, 슬라브 에지 온도 확보가 용이하여 에지 결함 발생을 낮게 되어 표면 품질 확보에 유리하다. 또한 조압연기 이전에 슬라브 1매 이상의 길이만큼의 공간을 확보하고 있어, 배치(Batch)식 압연도 가능하다.

[146]

[147] 이하, 본 발명의 전기강판 제조방법의 일 실시형태에 대하여 상세히 설명한다.

[148]

[149] 우선, 전술한 합금조성을 갖는 용강을 연속주조하여 박 슬라브를 얻는다. 이때, 상기 연속주조는 4.0~7.5mpm(m/min)이하의 주조속도로 행하는 것이 바람직하다. 주조속도를 4.0mpm 이상으로 하는 이유는 고속주조와 압연과정이 연결되어 이루어져, 목표 압연 온도를 확보하기 위해서는 일정 이상의 주조 속도가 요구되기 때문이다. 다만, 주조속도가 느릴 경우 Al이 몰드 플럭스에 픽업(Pick-up)되는 양이 증가함에 따라 몰드 플럭스의 물성을 변화시켜 윤활작용이 감소되어 주조중단이 발생할 수 있다. 반면 7.5mpm을 초과하는 경우에는 용강 탕면 불안정에 의해 조업 성공율이 저감될 수 있으므로, 상기 주조속도는 4.0~7.5mpm의 범위를 갖는 것이 바람직하다. 상기 주조속도의 하한은 4.5mpm인 것이 보다 바람직하고, 5.0mpm인 것이 보다 더 바람직하다.

상기 주조속도의 상한은 7.0mpm인 것이 보다 바람직하고, 6.5mpm인 것이 보다 더 바람직하다.

[150]

[151] 한편, 상기 박 슬라브는 두께는 75~125mm인 것이 바람직하다. 상기 박 슬라브의 두께가 125mm를 초과하는 경우에는 고속주조가 어려울 뿐만 아니라, 조압연 시 압연 부하가 증가하게 되고, 75mm미만인 경우에는 주편의 온도 하락이 급격하게 일어나 균일한 조직을 형성하기 어렵다. 이를 해결하기 위해서는 부가적으로 가열 설비를 설치할 수 있으나, 이는 생산 원가를 향상시키는 요인이 되므로, 가능한 배제하는 것이 바람직하다. 따라서, 박 슬라브의 두께는 75~125mm로 제어하는 것이 바람직하다. 상기 박 슬라브의 두께의 하한은 80mm인 것이 보다 바람직하고, 85mm인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 박 슬라브의 두께의 상한은 120mm인 것이 보다 바람직하고, 115mm인 것이 보다 더 바람직하다.

[152]

[153] 이후, 상기 박 슬라브에 냉각수를 분사하여 스케일을 제거한다. 예를 들어, 조압연 스케일 브레이커(Roughing Mill Scale Breaker, 이하 'RSB'라 함)에서 50°C 이하의 냉각수를 50~350bar 압력으로 분사하여 박 슬라브의 표면 스케일을 200 μ m 이하의 두께로 제거할 수 있다. 상기 압력이 50bar 미만인 경우에는 박 슬라브 표면에 산수형 스케일 등이 다량 잔존하여 산세 후 표면 품질이 열위해질 수 있다. 반면 350bar를 초과할 경우 박 슬라브 에지 온도가 급격히 하락하여 에지 크랙이 발생할 수 있다. 따라서, 상기 박 슬라브에 냉각수 분사시, 냉각수 분사 압력은 50~350bar인 것이 바람직하다. 상기 냉각수 분사 압력의 하한은 100bar인 것이 보다 바람직하고, 150bar인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 냉각수 분사 압력의 상한은 300bar인 것이 보다 바람직하고, 250bar인 것이 보다 더 바람직하다.

[154]

[155] 이후, 상기 스케일이 제거된 박 슬라브를 조압연하여 바(Bar)를 얻는다. 상기 조압연시 조압연 입측 온도는 1000~1200°C일 수 있으며, 상기 조압연을 통해 10~30mm 두께의 바를 얻을 수 있다. 상기 조압연 입측 온도가 1000°C미만인 경우에는 조압연 하중이 증가할 수 있고, 박 슬라브의 에지부에 크랙이 발생할 수 있다. 반면 1200°C초과인 경우에는 열연 스케일(scale)이 잔존하여 열연 전기강판의 표면 품질이 저하될 수 있다. 한편, 상기 조압연시 조압연 출측 온도는 900°C이상일 수 있다. 상기 조압연시 조압연 출측 온도가 900°C미만인 경우에는 마무리 압연온도를 확보하기 어려울 수 있다. 상기 조압연시 조압연 출측 온도의 상한은 1000°C 미만일 수 있으며, 1000°C 이상일 경우에는 열연 스케일(scale)이 잔존하여 열연 전기강판의 표면 품질이 저하될 수 있다.

[156]

[157] 이후, 상기 바(bar)를 가열한다. 상기 바의 가열은 예를 들어 1000~1200°C의

범위로 0.1~1.2초 동안 행할 수 있다. 상기 바의 가열 온도를 제어하는 이유는 박물 열연 전기강판을 안정적으로 생산하기 위함과 표면 품질을 확보하기 위한 것이다. 또한, 상기 가열은 마무리 압연시 충분한 온도를 확보하기 위한 것이며, 이 때 바의 가열 시간은 스케일 성장 및 Si 농화층의 확산과 관련이 있다. 상기 바의 가열 온도가 1000°C 미만일 경우에는 마무리 압연 출측 온도가 낮게 되어 압연부하가 급격히 증가하여 통판성 불량으로 판파단이 발생할 수 있다. 반면, 1200°C를 초과할 경우 스케일이 과다 생성되어 표면 품질이 열위할 수 있다. 따라서, 상기 바의 가열 온도는 1000~1200°C인 것이 바람직하다. 상기 바의 가열 온도 하한은 1020°C인 것이 보다 바람직하고, 1040°C인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 바의 가열 온도 상한은 1160°C인 것이 보다 바람직하고, 1120°C인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 바의 가열 시간이 1.2초를 초과할 경우 스케일이 과다 성장할 수 있고, 스케일과 소지철 사이에 Si 농화층이 두껍게 생성되어 산세 후에도 불균일하게 잔류하여 표면 품질이 열위할 수 있으며, 0.1초 미만으로 가열하는 경우에는 바를 충분히 가열하지 못해 마무리 압연시 압연부하가 급격히 상승하여 통판성이 열위할 수 있다. 따라서, 상기 바의 가열 시간은 0.1~1.2초인 것이 바람직하다. 상기 바의 가열 시간의 하한은 0.2초인 것이 보다 바람직하고, 0.3초인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 바의 가열 시간의 상한은 1.0초인 것이 보다 바람직하고, 0.8초인 것이 보다 더 바람직하다.

[158]

[159] 이후, 상기 가열된 바에 냉각수를 분사하여 스케일을 제거한다. 예를 들어, 마무리 압연 스케일 브레이커(Finishing Mill Scale Breaker, 이하 'FSB'라 함)에서 50°C 이하의 냉각수를 50~250bar 압력으로 분사하여 표면 스케일을 7 μ m 이하의 두께로 제거할 수 있다. 상기 냉각수 분사 압력이 50bar 미만인 경우에는 스케일이 제거가 불충분하여 마무리 압연 후 강판 표면에 방추형, 비늘형 스케일이 다량 생성되어 산세 후 표면 품질이 열위하게 된다. 반면에 상기 냉각수 분사 압력이 250bar를 초과하는 경우에는 목표로 하는 마무리 압연 온도를 확보하기 어려워 압연 하중이 증가함에 따라 통판성이 저하되어 조업 중단이 발생할 수 있다. 따라서, 상기 바에 냉각수 분사시, 냉각수 분사 압력은 50~250bar인 것이 바람직하다. 상기 냉각수 분사 압력의 하한은 60bar인 것이 보다 바람직하고, 70bar인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 냉각수 분사 압력의 상한은 230bar인 것이 보다 바람직하고, 210bar인 것이 보다 더 바람직하다.

[160]

[161] 이후, 상기 스케일이 제거된 바의 표면에 1m²당 10~60ℓ/min의 윤활유를 분사한다. 상기 윤활유 분사는 상기 바와 마무리 압연기 중 압연하중이 아주 큰 첫 번째 압연기의 롤 간의 마찰계수를 감소시켜 스트립(Strip)의 표층뿐만 아니라 중심부까지 스트레인(Strain)을 가하여 미세결정 조직의 분율을 감소시켜 냉간압연/소둔 후 결정립 성장을 촉진시키기 위함이다. 상기 윤활유 분사량이 바의 표면 1m²당 10ℓ/min 미만일 경우에는 상기 효과가 미미하다. 반면, 상기

윤활유 분사량이 바의 표면 1m²당 60ℓ/min를 초과하는 경우에는 윤활유 사용이 많아 제조원가가 상승할 수 있고, 통관성이 불안정하여 형상이 열위할 수 있다. 따라서, 상기 윤활유 분사량은 1m²당 10~60ℓ/min인 것이 바람직하다. 상기 윤활유 분사량의 하한은 바의 표면 1m²당 15ℓ/min인 것이 보다 바람직하고, 바의 표면 1m²당 20ℓ/min인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 윤활유 분사량의 상한은 바의 표면 1m²당 55ℓ/min인 것이 보다 바람직하고, 바의 표면 1m²당 50ℓ/min인 것이 보다 더 바람직하다. 한편, 상기 윤활유는 마무리 압연 전 첫번째 압연기의 입측에서 분사될 수 있다.

[162]

[163] 이후, 상기 윤활유가 분사된 바를 마무리 압연(Finish rolling Mill, FM)하여 열연강판을 얻는다. 상기 마무리 압연은 조압연기에서 만들어진 바를 3~6개의 스탠드로 이루어진 마무리 압연기에서 행할 수 있다.

[164]

[165] 상기 마무리 압연시, 첫번째 압연기의 입측온도는 900~1200°C인 것이 바람직하다. 상기 첫번째 압연기 입측온도가 1200°C를 초과할 경우 스케일이 과다 생성되어 표면품질이 열위할 수 있으며, 900°C 미만일 경우 마무리 압연시 온도가 너무 낮아 재결정이 충분이 일어나지 못해 스트립에 미세결정 분율이 높아 냉간압연/소둔 시 결정립 성장이 충분히 일어나지 못할 수 있다. 따라서, 상기 첫번째 압연기의 입측온도는 900~1200°C인 것이 바람직하다. 상기 첫번째 압연기의 입측온도 하한은 940°C인 것이 보다 바람직하고, 980°C인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 첫번째 압연기의 입측온도 상한은 1160°C인 것이 보다 바람직하고, 1120°C인 것이 보다 더 바람직하다.

[166]

[167] 상기 첫번째 압연기에서의 압하율은 35~70%일 수 있다. 상기 첫번째 압연기에서의 압하율이 70%를 초과할 경우 압연하중 증가에 따라 통관성이 불안정 할 수 있으며, 35% 미만일 경우 스트레인이 낮아 재결정이 잘 일어나지 않을 수 있다. 상기 첫번째 압연기에서의 압하율의 하한은 40%인 것이 보다 바람직하고, 45%인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 첫번째 압연기에서의 압하율의 상한은 65%인 것이 보다 바람직하고, 60%인 것이 보다 더 바람직하다.

[168]

[169] 또한, 상기 마무리 압연시, 마지막 압연기의 입측온도는 700~900°C인 것이 바람직하다. 상기 마지막 압연기의 입측온도가 900°C를 초과할 경우 마무리 압연 후 스케일이 성장하여 표면품질이 열위할 수 있으며, 700°C 미만일 경우 압연하중 증가에 따라 통관성이 불안정할 수 있고, 재결정이 충분이 일어나지 않을 수 있다. 따라서, 상기 마지막 압연기의 입측온도는 700~900°C인 것이 바람직하다. 상기 마지막 압연기의 입측온도 하한은 720°C인 것이 보다 바람직하고, 740°C인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 마지막 압연기의 입측온도 상한은 880°C인 것이 보다 바람직하고, 860°C인 것이 보다 더 바람직하다.

[170]

[171] 상기 마지막 압연기에서의 압하율은 8~24%일 수 있다. 상기 마지막 압연기에서의 압하율이 24%를 초과할 경우 압연하중이 증가하여 통관성이 열위할 수 있고, 12%미만일 경우 스트레인이 낮아 충분한 재결정이 일어나지 않을 수 있다. 상기 마지막 압연기에서의 압하율의 하한은 10%인 것이 보다 바람직하고, 12%인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 마지막 압연기에서의 압하율의 상한은 22%인 것이 보다 바람직하고, 20%인 것이 보다 더 바람직하다.

[172]

[173] 아울러, 상기 마지막 압연기에서의 평균 통관속도는 250~750mpm(m/min)일 수 있다. 상기 마무리 압연시, 마지막 압연기에서의 통관속도는 주조속도와 최종 열연 제품의 두께와 직결될 수 있다. 상기 마지막 압연기에서의 평균 통관속도가 750mpm 초과인 경우에는 판파단과 같은 조업 사고가 일어날 수 있으며, 동온동속 압연이 어려워 균일한 온도가 확보되지 않아 재질 및 두께 편차가 발생될 수 있다. 반면에, 250mpm 미만인 경우에는 압연 속도가 너무 느려 물질 밸런스(Mass balance)와 열 밸런스(Heat balance)에 문제가 생겨 연연속압연을 행하기가 어려울 수 있다.

[174]

[175] 이후, 상기 열연강판을 권취한다. 상기 권취는 500~660°C에서 행하여질 수 있다. 상기 권취온도가 500°C미만인 경우에는 항복강도가 너무 높아 냉간압연 시 압연부하가 증가하여 통관성 불량으로 폭 방향 두께 편차가 열위할 수 있고, 660°C초과인 경우에는 항복강도는 낮아 냉간압연시 형상 제어에는 유리하지만, 2차 스케일이 발생하여 조도 및 표면 광택도 등의 표면품질이 열위할 수 있다. 따라서, 상기 권취온도는 500~660°C인 것이 바람직하다. 상기 권취온도의 하한은 520°C인 것이 보다 바람직하고, 540°C인 것이 보다 더 바람직하다. 상기 권취온도의 상한은 640°C인 것이 보다 바람직하고, 620°C인 것이 보다 더 바람직하다.

[176]

[177] 이후, 상기와 같이 얻어지는 열연 전기강판을 산세/냉간압연/소둔하여 냉연 전기강판을 제조할 수 있다.

[178]

[179] 이 때, 상기 산세는 당해 기술분야에서 통상적으로 이용되는 모든 방법을 이용할 수 있으며, 본 발명에서는 상기 산세 방법에 대해서 특별히 한정하지 않는다. 아울러, 상기 산세된 열연강판을 냉간압연함에 있어, 상기 냉간압연 방법에 대해서도 특별히 한정하지 않는다.

[180]

[181] 이후, 상기 소둔된 냉연강판을 하기 [관계식 6]+30°C 이상 1160°C이하에서 소둔 균열한다. 하기 관계식 6은 (Ti,Nb,V)(C) 석출온도 예측식이다. 상기 소둔 균열 온도가 (Ti,Nb,V)(C) 석출온도+30°C 미만인 경우에는 석출물이 고용되지 않고

과다 석출되어 결정립 성장을 방해하여 철손이 열위할 수 있으며, 1160°C를 초과하는 경우에는 결정립 사이즈가 너무 조대화되어 자속밀도가 열위할 수 있다. 따라서, 상기 소둔 균열대 온도는 [관계식 6]+30°C 이상 1160°C이하의 범위를 갖는 것이 바람직하다. 상기 소둔 균열대 온도의 하한은 [관계식 6]+35°C인 것이 보다 바람직하고, [관계식 6]+40°C인 것이 보다 바람직하다. 상기 소둔 균열대 온도의 상한은 1140°C인 것이 보다 바람직하고, 1100°C인 것이 보다 바람직하다. 한편, 상기 소둔 균열시 라인 스피드(Line Speed)는 약 120mpm으로 할 수 있다.

[182]

[183] [관계식 6] $12[(\text{Ti}/48+\text{Nb}/93+\text{V}/51)(\text{C}/12+\text{N}/14)\times 10^8]+861$

[184] (단, 상기 관계식 6에서 Ti, Nb, V, C 및 N의 함량은 중량%임.)

[185]

발명의 실시를 위한 형태

[186] 이하, 실시예를 통해 본 발명을 보다 상세히 설명한다. 다만, 하기의 실시예는 본 발명을 예시하여 보다 상세하게 설명하기 위한 것일 뿐, 본 발명의 권리범위를 한정하기 위한 것이 아니라는 점에 유의할 필요가 있다. 본 발명의 권리범위는 특허청구범위에 기재된 사항과 이로부터 합리적으로 유추되는 사항에 의해 결정되는 것이기 때문이다.

[187]

[188] (실시예 1)

[189] 하기 표 1 및 2의 합금조성을 갖는 용강을 준비한 뒤, 연주-압연 직결 공정을 적용하여 하기 표 3 및 4에 기재된 제조조건으로 1.3mm 두께의 열연 전기강판으로 제조하고, 하기 표 4에 기재된 제조조건으로 냉간압연 및 소둔을 행하여 0.27mm 두께의 냉연 전기강판을 제조하였다. 이와 같이 제조된 냉연 전기강판에 대하여 미세조직, 스케일, 철손 및 광택도 편차를 측정한 후, 그 결과를 하기 표 5에 나타내었다.

[190]

[191] 미세조직은 광학현미경을 이용하여 관찰하였으며, 미재결정 조직의 면적 비율은 스트립의 단면에서 미재결정 조직이 차지하는 비율을 의미한다.

[192]

[193] 스케일 두께는 GDS(glow discharge spectrometer)를 이용하여 측정하였으며, Si 농화층의 깊이는 집속 이온 빔 가공관찰장비(FIB)를 이용하여 스케일 단면을 가공하고, 주사전자현미경(SEM)으로 조직을 촬영하여 확인하였다. 그리고 스케일에서 Fe_2O_3 분율은 X-ray 회절분석법(XRD)을 이용하여 측정하였다.

[194]

[195] 페라이트의 평균 결정립 사이즈(Ferrite Grain Size, FGS)는 광학현미경을 이용하여 25배의 배율로 10군데를 랜덤(Random)으로 촬영한 후, Line-intercept

방법으로 측정한 평균값을 기재하였다.

[196]

[197] 고주파 철손은 시편에 대해 305mm×30mm 크기로 압연방향 3매, 압연수직방향 3매의 시편을 절단하여 Epstein tester로 측정한 후 평균값으로 구하였다. 고주파 철손(W10/400)은 400Hz 주파수에서 1.0 Tesla의 자속밀도가 유지되었을 때의 압연방향과 압연방향 직각방향의 평균 손실(W/kg)을 나타낸다.

[198]

[199] 광택도란 강판 표면의 광택 정도를 수치적으로 나타낸 것으로, Rhopoint IQ™ 장치를 이용하여 측정한 것이고, 광택도 편차는 폭 방향으로 광택도 최소값과 최대값의 차이를 의미한다.

[200]

[표 1]

구분	강종	합금조성 (중량%)							
		C	Si	Mn	Al	Sn	P	S	Ti
발명강	1	0.0020	3.45	0.35	0.87	0.051	0.010	0.0005	0.0012
발명강	2	0.0024	3.40	0.45	0.74	0.056	0.009	0.0020	0.0010
발명강	3	0.0032	3.25	0.52	0.85	0.058	0.020	0.0015	0.0020
발명강	4	0.0016	3.15	1.01	1.25	0.074	0.018	0.0010	0.0015
발명강	5	0.0032	3.25	0.52	0.85	0.065	0.020	0.0015	0.0020
발명강	6	0.0025	3.16	0.85	0.81	0.056	0.021	0.0014	0.0025
발명강	7	0.0028	3.35	0.38	0.45	0.069	0.020	0.0015	0.0021
발명강	8	0.0026	3.40	0.56	1.10	0.045	0.035	0.0014	0.0025
비교강	9	0.0020	2.80	0.31	0.32	0.045	0.010	0.0018	0.0011
비교강	10	0.0026	3.15	0.10	0.12	0.050	0.010	0.0014	0.0016
비교강	11	0.0031	3.45	2.50	2.35	0.048	0.018	0.0012	0.0020
비교강	12	0.0024	2.95	0.31	0.30	0.015	0.013	0.0011	0.0018
비교강	13	0.0028	3.35	0.82	0.58	0.048	0.058	0.0015	0.0016
비교강	14	0.0030	3.65	0.36	0.72	0.052	0.045	0.0011	0.0010
비교강	15	0.0025	3.58	0.52	0.85	0.057	0.065	0.0012	0.0015
비교강	16	0.0025	3.42	0.38	0.81	0.049	0.016	0.0015	0.0051
비교강	17	0.0031	3.39	0.41	0.79	0.051	0.010	0.0010	0.0036
비교강	18	0.0025	3.41	0.38	0.58	0.061	0.015	0.0011	0.0040
비교강	19	0.0044	3.38	0.45	0.81	0.056	0.017	0.0019	0.0015
비교강	20	0.0056	3.25	0.36	0.74	0.045	0.011	0.0015	0.0012

[201]

[표2]

구분	강종	합금조성 (중량%)			관계식				
		Nb	V	N	1	2	3	4	5
발명강	1	0.0015	0.0010	0.0014	4.57	1.62	2.82	4.45	1.03
발명강	2	0.0012	0.0011	0.0018	4.44	1.82	2.44	4.30	1.03
발명강	3	0.0021	0.0020	0.0020	4.49	4.24	1.06	5.25	0.86
발명강	4	0.0010	0.0015	0.0025	5.03	2.23	2.26	4.95	1.02
발명강	5	0.0021	0.0020	0.0020	4.49	4.24	1.06	5.25	0.86
발명강	6	0.0019	0.0026	0.0021	4.53	4.43	1.02	5.26	0.86
발명강	7	0.0020	0.0015	0.0025	4.12	3.90	1.06	5.35	0.77
발명강	8	0.0021	0.0019	0.0024	4.98	4.34	1.15	6.90	0.72
비교강	9	0.0018	0.0016	0.0028	3.35	2.70	1.24	3.80	0.88
비교강	10	0.0021	0.0018	0.0021	3.40	3.34	1.02	4.15	0.82
비교강	11	0.0028	0.0015	0.0025	7.16	4.42	1.62	5.25	1.36
비교강	12	0.0014	0.0017	0.0020	3.48	2.94	1.18	4.25	0.82
비교강	13	0.0014	0.0016	0.0025	4.65	3.29	1.42	9.15	0.51
비교강	14	0.0012	0.0016	0.0020	4.80	2.56	1.88	8.15	0.59
비교강	15	0.0017	0.0020	0.0025	5.04	3.43	1.47	10.08	0.50
비교강	16	0.0021	0.0020	0.0020	4.52	5.90	0.77	5.02	0.90
비교강	17	0.0059	0.0036	0.0020	4.46	8.39	0.53	4.39	1.02
비교강	18	0.0048	0.0053	0.0021	4.29	8.56	0.50	4.91	0.87
비교강	19	0.0020	0.0017	0.0045	4.53	5.92	0.76	5.08	0.89
비교강	20	0.0014	0.0020	0.0028	4.25	5.28	0.80	4.35	0.98
[관계식 1] $[\text{Si}+\text{Al}+(\text{Mn}+\text{Sn})/2+5\text{P}]$ [관계식 3] $[\text{Si}+\text{Al}+(\text{Mn}+\text{Sn})/2+5\text{P}]/[(\text{Ti}/48+\text{Nb}/93+\text{V}/51)(\text{C}/12+\text{N}/14)\times 10^8]$ [관계식 4] $[\text{Si}+100\text{P}]$ [관계식 5] $[\text{Si}+\text{Al}+(\text{Mn}+\text{Sn})/2+5\text{P}]/[\text{Si}+100\text{P}]$									

[202]

[표3]

구분	강종	박슬라브 두께 (mm)	주조 속도 (mpm)	바 두께 (mm)	RSB 압력 (bar)	바 가열		FSB 압력 (bar)	마무리 압연				
						온도 (°C)	시간 (초)		첫번째 압연기 입측 유회유량 ($\ell/\text{min}\cdot\text{m}^2$)	첫번째 압연기 입측 온도 (°C)	첫번째 압연기 압하율 (%)	마지막 압연기 입측 온도 (°C)	마지막 압연기 압하율 (%)
발명예1	1	90	6.0	16	210	1050	0.53	105	30	1010	55	815	15
발명예2	2	90	6.0	16	215	1055	0.55	95	30	1012	55	820	15
발명예3	3	90	6.0	16	215	1045	0.53	102	30	1020	55	821	15
발명예4	4	90	6.0	16	210	1032	0.49	100	30	1021	55	810	15
발명예5	5	90	6.0	16	213	1055	0.46	106	30	1032	55	790	15
발명예6	6	90	6.0	16	220	1061	0.50	110	30	1035	55	795	15
발명예7	7	90	6.0	16	210	1052	0.51	105	30	1012	55	798	15
발명예8	8	90	6.0	16	215	1049	0.51	104	30	1015	55	810	15
비교예1	9	90	6.0	16	216	1061	0.52	106	30	1021	55	815	15
비교예2	10	90	6.0	16	220	1051	0.49	100	30	1031	55	821	15
비교예3	11	90	6.0	16	215	1050	0.50	99	30	1025	55	815	15
비교예4	12	90	6.0	16	195	1048	0.52	102	30	1012	55	811	15
비교예5	13	90	6.0	16	190	1041	0.50	107	30	1015	55	801	15
비교예6	14	90	6.0	16	201	1040	0.49	110	30	1028	55	799	15
비교예7	15	90	6.0	16	206	1043	0.53	109	30	1026	55	795	15
비교예8	16	90	6.0	16	210	1049	0.52	105	30	1011	55	800	15
비교예9	17	90	6.0	16	209	1052	0.51	107	30	1010	55	801	15
비교예 10	18	90	6.0	16	185	1061	0.50	112	30	1018	55	805	15
비교예 11	19	90	6.0	16	210	1039	0.50	109	30	1009	55	799	15
비교예 12	20	90	6.0	16	225	1045	0.52	113	30	1006	55	801	15

[203]

[표4]

구분	강종	권취온도 (°C)	열연 전기강판 두께(mm)	실제 석출물 석출온도(°C)	관계식 6	소둔 균열대 온도(°C)	냉간 압하율(%)	냉연 전기강판 두께(mm)
발명예1	1	595	1.3	890	879	960	79	0.27
발명예2	2	605	1.3	880	882	960	79	0.27
발명예3	3	591	1.3	919	911	960	79	0.27
발명예4	4	582	1.3	867	887	960	79	0.27
발명예5	5	586	1.3	918	911	960	79	0.27
발명예6	6	589	1.3	925	913	960	79	0.27
발명예7	7	585	1.3	910	907	960	79	0.27
발명예8	8	591	1.3	909	912	960	79	0.27
비교예1	9	581	1.3	888	892	960	79	0.27
비교예2	10	592	1.3	906	900	960	79	0.27
비교예3	11	588	1.3	925	913	960	79	0.27
비교예4	12	596	1.3	886	895	960	79	0.27
비교예5	13	585	1.3	901	899	960	79	0.27
비교예6	14	596	1.3	898	891	960	79	0.27
비교예7	15	590	1.3	906	901	960	79	0.27
비교예8	16	586	1.3	931	931	960	79	0.27
비교예9	17	589	1.3	972	961	960	79	0.27
비교예10	18	581	1.3	949	963	960	79	0.27
비교예11	19	589	1.3	937	931	960	79	0.27
비교예12	20	593	1.3	932	923	960	79	0.27
[관계식 6] $12[(\text{Ti}/48+\text{Nb}/93+\text{V}/51)(\text{C}/12+\text{N}/14) \times 10^8]+861$								

[204]

[표5]

구분	강종	열연 전기강판				냉연 전기강판		
		미재결정 조직 분율 (면적%)	스케일			FGS (μm)	고주파철손 (W10/400, W/kg)	광택도 편차
			두께 (μm)	Si 농화층 두께(μm)	Fe ₂ O ₃ 분율 (면적%)			
발명예1	1	60	2.9	0.82	55	85	12.3	3
발명예2	2	58	3.0	0.85	53	84	12.2	3
발명예3	3	62	2.9	0.84	52	86	12.3	4
발명예4	4	56	2.6	0.75	54	84	11.8	3
발명예5	5	60	2.7	0.81	56	86	12.5	4
발명예6	6	59	2.6	0.73	52	82	12.3	3
발명예7	7	56	2.8	0.83	50	84	12.4	3
발명예8	8	55	2.9	0.80	56	83	11.7	3
비교예1	9	60	2.4	0.56	49	68	13.7	3
비교예2	10	62	2.7	0.79	52	69	13.6	3
비교예3	11	×	×	×	×	×	×	×
비교예4	12	63	2.3	0.65	50	68	13.7	3
비교예5	13	61	4.2	1.33	63	×	×	×
비교예6	14	64	4.0	1.22	60	×	×	×
비교예7	15	62	2.9	0.81	56	×	×	×
비교예8	16	63	3.0	0.79	54	67	13.7	3
비교예9	17	61	2.8	0.82	56	69	13.8	3

[205]

[206] 상기 표 1 내지 5에서 알 수 있듯이, 본 발명이 제안하는 합금조성, 관계식 1 내지 5 및 제조조건을 만족하는 발명예 1 내지 8의 경우에는 본 발명의 미재결정 조직 분율, 스케일 조건 및 페라이트 결정립 평균 크기를 만족할 뿐만 아니라, 철손 특성 및 광택도 편차가 우수한 수준임을 알 수 있다.

[207]

[208] 반면, 합금조성이나 관계식 1 내지 5 또는 제조조건 중 소둔조건을 만족하지 않는 비교예 1, 2, 4, 8 내지 12의 경우에는 고주파 철손 특성이 열위함을 알 수

있다.

[209]

[210] 한편, 비교예 3의 경우에는 본 발명이 제안하는 관계식 1의 범위를 초과함에 따라 통판성 불량으로 인해 판파단이 발생하여 강판을 제조하지 못하였다. 비교예 5 내지 7의 경우에는 본 발명이 제안하는 관계식 4 및 5의 조건을 만족하지 못함에 따라 통판성 불량으로 인해 판파단이 발생하여 냉연 전기강판을 제조하지 못하였다.

[211]

[212] 도 3은 발명에 1(냉연 전기강판)에 대한 복합 석출물의 투과현미경(레프리카 시편) 조직사진이고, 도 4는 비교예 10(냉연 전기강판)에 대한 복합 석출물의 투과현미경(레프리카 시편) 조직사진이다. 도 3 및 4를 통해 알 수 있듯이, 본 발명에서 제시한 Ti, Nb 및 V의 조성범위와 관련된 관계식 2 및 3을 만족하는 발명에 1의 경우에는 결정립계에 (Ti,Nb,V)C 석출물이 적은 수로 존재하나, 비교예 10은 관계식 2 및 3을 만족하지 않아 결정립계에 (Ti,Nb,V)C 석출물이 다량 존재하는 것을 확인할 수 있으며, 이는 결정립계 성장에 악영향을 미침을 예측할 수 있다.

[213]

[214] (실시예 2)

[215] 상기 표 1 및 2에 기재된 강종 1의 합금조성을 갖는 용강을 준비한 뒤, 연주-압연 직결 공정을 적용하여 하기 표 6 및 7에 기재된 제조조건으로 1.3mm 및 1.8mm 두께의 열연 전기강판으로 제조하고, 하기 표 7에 기재된 제조조건으로 냉간압연 및 소둔을 행하여 0.27mm 두께의 냉연 전기강판을 제조하였다. 이와 같이 제조된 냉연 전기강판에 대하여 실시예 1과 같이 미세조직 및 철손을 측정한 후, 그 결과를 하기 표 8에 나타내었다.

[216]

[표6]

구분	장 종	박 슬라 브 두께 (mm)	주조 속도 (mpm)	바 두 께 (mm)	RSB 압력 (bar)	바 가열		FSB 압력 (bar)	마무리 압연				
						온도 (°C)	시 간 (초)		첫번째 압연기 입측 윤활유량 (ℓ/min·m ²)	첫번째 압연기 입측 온도 (°C)	첫번째 압연기 압하율 (%)	마지막 압연기 입측 온도 (°C)	마지막 압연기 압하율 (%)
발명예9	1	90	6.0	16	215	1055	0.5	95	30	1012	55	820	15
비교예13		90	6.0	16	205	1042	0	100	0	1020	55	825	15
비교예14		90	6.0	16	210	1051	2	98	7	1031	55	831	15
비교예15		90	6.0	16	218	1061	7	101	30	895	55	688	15
비교예16		90	6.0	16	206	1057	1	99	35	1039	30	825	23
비교예17		90	6.0	16	201	1055	0	102	30	1025	55	815	30

[217] [표7]

구분	장 종	권취온도 (℃)	열연 전기강판 두께(mm)	실제 석출물 석출온도(℃)	관계식 6	소둔 균열대 온도(℃)	냉간 압하율(%)	냉연 전기강판 두께(mm)
발명예9	1	605	1.3	880	876	960	79	0.27
비교예13		589	1.3	880	876	960	79	0.27
비교예14		612	1.3	880	876	960	79	0.27
비교예15		605	1.3	880	876	960	79	0.27
비교예16		621	1.8	880	876	960	85	0.27
비교예17		605	1.3	880	876	960	79	0.27
[관계식 6] $12[(Ti/48+Nb/93+V/51)(C/12+N/14) \times 10^8]+861$								

[218]

[표8]

구분	열연 전기강판 미재결정 조직 분율(면적%)	냉연 전기강판 FGS(μm)	고주파철손 (W10/400, W/kg)
발명에9	58	84	12.2
비교예13	79	67	13.9
비교예14	77	68	13.8
비교예15	76	65	14.0
비교예16	77	66	13.9
비교예17	78	68	13.8

[219]

[220] 상기 표 6 내지 8에서 알 수 있듯이, 본 발명이 제안하는 합금조성, 관계식 1 내지 5 및 제조조건을 만족하는 발명에 9의 경우에는 본 발명의 미재결정 조직 분율 및 페라이트 결정립 평균 크기를 만족할 뿐만 아니라, 철손 특성이 우수한 수준임을 알 수 있다.

[221]

[222] 반면, 본 발명이 제안하는 합금조성과 관계식 1 내지 5는 만족하나, 제조조건 중 윤활유 분사량이나 마무리 압연 조건을 만족하지 않는 비교예 13 내지 17의 경우에는 미재결정 조직 분율 및 페라이트 결정립 평균 크기를 만족하지 않을 뿐만 아니라, 고주파 철손 특성 또한 열위함을 알 수 있다.

[223]

[224] 도 5는 발명에 9(열연 전기강판)에 대한 광학현미경 조직사진이고, 도 6은 비교예 16(열연 전기강판)에 대한 광학현미경 조직사진이다. 도 5 및 6을 통해 알 수 있듯이, 발명에 9의 경우에는 비교예 16에 비하여 미재결정 조직이 적게 형성되어 있음을 확인할 수 있고, 이를 통해, 발명에 9는 비교예 16에 비하여 결정립 성장이 원활하여 상대적으로 높은 철손 저감 효과를 가질 것임을 예측할 수 있다.

[225]

[226] (실시예 3)

[227] 상기 표 1 및 2에 기재된 강종 2의 합금조성을 갖는 용강을 준비한 뒤, 연주-압연 직결 공정을 적용하여 하기 표 9 및 10에 기재된 제조조건으로 1.3mm 두께의 열연 전기강판으로 제조하고, 하기 표 10에 기재된 제조조건으로 냉간압연 및 소둔을 행하여 0.27mm 두께의 냉연 전기강판을 제조하였다. 이와 같이 제조된 냉연 전기강판에 대하여 실시예 1과 같이 스케일 및 광택도 편차를 측정 한 후, 그 결과를 하기 표 11에 나타내었다.

[228]

[표9]

구분	강종	슬라브 두께 (mm)	주조 속도 (mpm)	바 두께 (mm)	RSB 압력 (bar)	바 가열		FSB 압력 (bar)	마무리 압연				
						온도 (°C)	시간 (초)		첫번째 압연기 입측 윤활유량 (ℓ/min·m²)	첫번째 압연기 입측 온도 (°C)	첫번째 압연기 압하율 (%)	마지막 압연기 입측 온도 (°C)	마지막 압연기 압하율 (%)
발명예10	2	90	6.0	16	215	105	0.5	95	30	1012	55	820	15
발명예11		90	6.0	16	230	102	0.5	110	30	1005	55	822	15
비교예18		90	6.0	16	20	103	0.5	105	30	1005	55	822	15
비교예19		90	6.0	16	210	125	0.6	115	30	1005	55	822	15
비교예20		90	6.0	16	213	104	1.4	100	30	1005	55	822	15
비교예21		90	6.0	16	205	105	0.5	15	30	1005	55	822	15

[229] [표10]

구분	강종	권취온도 (℃)	열연 전기강판 두께(mm)	실제 석출물 석출온도(℃)	관계식 6	소둔 균열대 온도(℃)	냉간 압하율(%)	냉연 전기강판 두께(mm)
발명예10	2	605	1.3	880	882	960	79	0.27
발명예11		610	1.3	880	882	960	79	0.27
비교예18		610	1.3	880	882	960	79	0.27
비교예19		610	1.3	880	882	960	79	0.27
비교예20		610	1.3	880	882	960	79	0.27
비교예21		610	1.3	880	882	960	79	0.27
[관계식 6] $12[(\text{Ti}/48+\text{Nb}/93+\text{V}/51)(\text{C}/12+\text{N}/14) \times 10^8]+861$								

[230]

[표11]

구분	열연 전기강판			냉연 전기강판 광택도 편차
	스케일			
	두께(μm)	Si 농화층 두께(μm)	Fe ₂ O ₃ 분율(면적%)	
발명예10	2.9	0.82	53	3
발명예11	2.8	0.79	54	2
비교예18	8.6	1.25	68	9
비교예19	7.8	1.58	79	10
비교예20	8.4	1.65	80	11
비교예21	8.7	1.30	71	10

[231]

[232] 상기 표 9 내지 11에서 알 수 있듯이, 본 발명이 제안하는 합금조성, 관계식 1 내지 5 및 제조조건을 만족하는 발명예 10 및 11의 경우에는 본 발명의 스케일 조건을 만족할 뿐만 아니라, 광택도 편차가 우수한 수준임을 알 수 있다.

[233]

[234] 반면, 본 발명이 제안하는 합금조성과 관계식 1 내지 5는 만족하나, 제조조건 중 냉각수 분사 압력이나 바 가열 온도 또는 시간을 만족하지 않는 비교예 18 내지 21의 경우에는 본 발명이 제안하는 스케일 조건을 만족하지 않을 뿐만 아니라, 광택도 편차 또한 열위하여 표면품질이 낮은 수준임을 알 수 있다.

[235]

[236] 도 7은 발명예 10(열연 전기강판)에 대한 스케일 단면의 전자현미경(SEM) 조직사진이고, 도 8은 비교예 20(열연 전기강판)에 대한 스케일 단면의 전자현미경(SEM) 조직사진이다. 도 7 및 8을 통해 알 수 있듯이, 발명예 10의 경우에는 비교예 20에 비하여 스케일과 소지철 사이의 Si 농화층 두께가 얇은 것을 확인할 수 있고, 이를 통해, 발명예 10은 비교예 20에 비하여 양호한 산세성을 확보하여 최종적으로 얻어지는 제품의 표면 품질이 우수할 것임을 예측할 수 있다.

[237]

[238] [부호의 설명]

[239] a: 슬라브 b: 바

[240] c: 스트립

[241] 100: 연속주조기 200, 200': 가열기

[242] 300: RSB(Roughing Mill Scale Breaker, 조압연 스케일 브레이커)

[243] 400: 조압연기

[244] 500: FSB(Fishing Mill Scale Breaker, 마무리 압연 스케일 브레이커)

[245] 600: 마무리 압연기 700: 런아웃 테이블

[246] 800: 고속전단기 900: 권취기

청구범위

- [청구항 1] 중량%로, C: 0.0005~0.0060%, Si: 2.6~3.8%, Mn: 0.05~2.0%, Al: 0.05~2.0%, Sn: 0.005~0.20%, P: 0.002~0.30%, S: 0.0002~0.005%, Ti: 0.0002~0.01%, Nb: 0.0002~0.01%, V: 0.0002~0.01%, N: 0.0005~0.006%, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고,
하기 관계식 1 내지 5를 만족하며,
미세결정 조직이 30~80면적%인 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 열연 전기강판.
[관계식 1] $3.5 \leq [\text{Si} + \text{Al} + (\text{Mn} + \text{Sn})/2 + 5\text{P}] \leq 6.0$
[관계식 2] $1.0 \leq [(\text{Ti}/48 + \text{Nb}/93 + \text{V}/51)(\text{C}/12 + \text{N}/14)] \times 10^8 \leq 5.0$
[관계식 3] $0.85 \leq [\text{Si} + \text{Al} + (\text{Mn} + \text{Sn})/2 + 5\text{P}] / [(\text{Ti}/48 + \text{Nb}/93 + \text{V}/51)(\text{C}/12 + \text{N}/14) \times 10^8] \leq 4.5$
[관계식 4] $3.8 \leq [\text{Si} + 100\text{P}] \leq 8.0$
[관계식 5] $0.55 \leq [\text{Si} + \text{Al} + (\text{Mn} + \text{Sn})/2 + 5\text{P}] / [\text{Si} + 100\text{P}] \leq 1.35$
(상기 관계식 1 내지 5에서 Si, Al, Mn, Sn, P, Ti, Nb, V, C 및 N의 함량은 중량%임.)
- [청구항 2] 청구항 1에 있어서,
상기 열연 전기강판은 트랩프 원소로서 Mo, Cu, Cr, Ni, Zn, Se, Sb, Zr, W, Ga, Ge, Ca 및 Mg로 이루어지는 그룹으로부터 선택된 1종 이상을 그 함계가 0.2중량% 이하의 범위로 포함하는 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 열연 전기강판.
- [청구항 3] 청구항 1에 있어서,
상기 열연 전기강판은 스케일 두께가 $7\mu\text{m}$ 이하인 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 열연 전기강판.
- [청구항 4] 청구항 1에 있어서,
상기 열연 전기강판은 스케일 중 Fe_2O_3 가 75면적% 이하인 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 열연 전기강판.
- [청구항 5] 청구항 1에 있어서,
상기 열연 전기강판은 스케일과 소지철 사이의 Si 농화층 두께가 $1.4\mu\text{m}$ 이하인 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 열연 전기강판.
- [청구항 6] 청구항 1에 있어서,
상기 열연 전기강판은 두께가 0.6~1.6mm인 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 열연 전기강판.
- [청구항 7] 중량%로, C: 0.0005~0.0060%, Si: 2.6~3.8%, Mn: 0.05~2.0%, Al: 0.05~2.0%, Sn: 0.005~0.20%, P: 0.002~0.30%, S: 0.0002~0.005%, Ti: 0.0002~0.01%, Nb: 0.0002~0.01%, V: 0.0002~0.01%, N: 0.0005~0.006%, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고,

하기 관계식 1 내지 5를 만족하며,

페라이트 결정립 평균 크기가 70~100 μ m인 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 냉연 전기강판.

[관계식 1] $3.5 \leq [\text{Si}+\text{Al}+(\text{Mn}+\text{Sn})/2+5\text{P}] \leq 6.0$

[관계식 2] $1.0 \leq [(\text{Ti}/48+\text{Nb}/93+\text{V}/51)(\text{C}/12+\text{N}/14)] \times 10^{-8} \leq 5.0$

[관계식 3] $0.85 \leq$

$[\text{Si}+\text{Al}+(\text{Mn}+\text{Sn})/2+5\text{P}]/[(\text{Ti}/48+\text{Nb}/93+\text{V}/51)(\text{C}/12+\text{N}/14) \times 10^{-8}] \leq 4.5$

[관계식 4] $3.8 \leq [\text{Si}+100\text{P}] \leq 8.0$

[관계식 5] $0.55 \leq [\text{Si}+\text{Al}+(\text{Mn}+\text{Sn})/2+5\text{P}]/[\text{Si}+100\text{P}] \leq 1.35$

(상기 관계식 1 내지 5에서 Si, Al, Mn, Sn, P, Ti, Nb, V, C 및 N의 함량은 중량%임.)

[청구항 8] 청구항 7에 있어서,

상기 냉연 전기강판은 트랩핑 원소로서 Mo, Cu, Cr, Ni, Zn, Se, Sb, Zr, W, Ga, Ge, Ca 및 Mg로 이루어지는 그룹으로부터 선택된 1종 이상을 그 합계가 0.2중량% 이하의 범위로 포함하는 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 냉연 전기강판.

[청구항 9] 청구항 7에 있어서,

상기 냉연 전기강판은 두께가 0.10~0.32mm인 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 냉연 전기강판.

[청구항 10] 청구항 7에 있어서,

상기 냉연 전기강판은 고주파 철손(W10/400)이 10.5~13.5 W/kg이고, 폭 방향 광택도 편차가 8 이하인 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 냉연 전기강판.

[청구항 11] 중량%로, C: 0.0005~0.0060%, Si: 2.6~3.8%, Mn: 0.05~2.0%, Al: 0.05~2.0%,

Sn: 0.005~0.20%, P: 0.002~0.30%, S: 0.0002~0.005%, Ti: 0.0002~0.01%, Nb:

0.0002~0.01%, V: 0.0002~0.01%, N: 0.0005~0.006%, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, 하기 관계식 1 내지 5를 만족하는 용강을 연속 주조하여 박 슬라브를 얻는 단계;

상기 박 슬라브에 냉각수를 분사하여 스케일을 제거하는 단계;

상기 스케일이 제거된 박 슬라브를 조압연하여 바(Bar)를 얻는 단계;

상기 바를 가열하는 단계;

상기 가열된 바에 냉각수를 분사하여 스케일을 제거하는 단계;

상기 스케일이 제거된 바의 표면에 1m²당 10~60l/min의 윤활유를 분사하는 단계;

상기 윤활유가 분사된 바를 마무리 압연하되, 첫번째 압연기의

입측온도가 900~1200°C가 되도록 하고, 마지막 압연기의 입측온도가

700~900°C가 되도록 하여 열연강판을 얻는 단계; 및

상기 열연강판을 권취하는 단계를 포함하며,

상기 각 단계는 연속주조-압연 직결공정을 통해 연속적으로 행해지는 것을 특징으로 하는 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 열연 전기강판의 제조방법.

[관계식 1] $3.5 \leq [\text{Si}+\text{Al}+(\text{Mn}+\text{Sn})/2+5\text{P}] \leq 6.0$

[관계식 2] $1.0 \leq [(\text{Ti}/48+\text{Nb}/93+\text{V}/51)(\text{C}/12+\text{N}/14)] \times 10^{-8} \leq 5.0$

[관계식 3] $0.85 \leq$

$[\text{Si}+\text{Al}+(\text{Mn}+\text{Sn})/2+5\text{P}]/[(\text{Ti}/48+\text{Nb}/93+\text{V}/51)(\text{C}/12+\text{N}/14) \times 10^{-8}] \leq 4.5$

[관계식 4] $3.8 \leq [\text{Si}+100\text{P}] \leq 8.0$

[관계식 5] $0.55 \leq [\text{Si}+\text{Al}+(\text{Mn}+\text{Sn})/2+5\text{P}]/[\text{Si}+100\text{P}] \leq 1.35$

(상기 관계식 1 내지 5에서 Si, Al, Mn, Sn, P, Ti, Nb, V, C 및 N의 함량은 중량%임.)

- [청구항 12] 청구항 11에 있어서,
상기 용강은 트랩프 원소로서 Mo, Cu, Cr, Ni, Zn, Se, Sb, Zr, W, Ga, Ge, Ca 및 Mg로 이루어지는 그룹으로부터 선택된 1종 이상을 그 합계가 0.2중량% 이하의 범위로 포함하는 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 열연 전기강판의 제조방법.
- [청구항 13] 청구항 11에 있어서,
상기 연속 주조시 주조속도는 4.0~7.5mpm(m/min)인 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 열연 전기강판의 제조방법.
- [청구항 14] 청구항 11에 있어서,
상기 박 슬라브는 두께가 75~125mm인 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 열연 전기강판의 제조방법.
- [청구항 15] 청구항 11에 있어서,
상기 박 슬라브에 냉각수 분사시, 냉각수 분사 압력은 50~350bar인 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 열연 전기강판의 제조방법.
- [청구항 16] 청구항 11에 있어서,
상기 조압연시 조압연 입측 온도는 1000~1200°C인 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 열연 전기강판의 제조방법.
- [청구항 17] 청구항 11에 있어서,
상기 조압연시 조압연 출측 온도는 900°C 이상인 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 열연 전기강판의 제조방법.
- [청구항 18] 청구항 11에 있어서,
상기 바의 가열은 1000~1200°C의 범위로 0.1~1.2초 동안 행하여지는 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 열연 전기강판의 제조방법.
- [청구항 19] 청구항 11에 있어서,
상기 바에 냉각수 분사시, 냉각수 분사 압력은 50~250bar인 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 열연 전기강판의 제조방법.
- [청구항 20] 청구항 11에 있어서,

상기 첫번째 압연기에서의 압하율은 35~70%인 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 열연 전기강판의 제조방법.

[청구항 21] 청구항 11에 있어서,

상기 마지막 압연기에서의 압하율은 8~24%인 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 열연 전기강판의 제조방법.

[청구항 22] 청구항 11에 있어서,

상기 마지막 압연기에서의 평균 통관속도는 250~750mpm(m/min)인 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 열연 전기강판의 제조방법.

[청구항 23] 청구항 11에 있어서,

상기 권취시 권취온도는 500~660°C인 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 열연 전기강판의 제조방법.

[청구항 24] 중량%로, C: 0.0005~0.0060%, Si: 2.6~3.8%, Mn: 0.05~2.0%, Al: 0.05~2.0%,

Sn: 0.005~0.20%, P: 0.002~0.30%, S: 0.0002~0.005%, Ti: 0.0002~0.01%, Nb:

0.0002~0.01%, V: 0.0002~0.01%, N: 0.0005~0.006%, 잔부 Fe 및 기타

불가피한 불순물을 포함하고, 하기 관계식 1 내지 5를 만족하는 용강을 연속 주조하여 박 슬라브를 얻는 단계;

상기 박 슬라브에 냉각수를 분사하여 스케일을 제거하는 단계;

상기 스케일이 제거된 박 슬라브를 조압연하여 바(Bar)를 얻는 단계;

상기 바를 가열하는 단계;

상기 가열된 바에 냉각수를 분사하여 스케일을 제거하는 단계;

상기 스케일이 제거된 바의 표면에 1m²당 10~60ℓ/min의 윤활유를 분사하는 단계;

상기 윤활유가 분사된 바를 마무리 압연하되, 첫번째 압연기의 입측온도가 900~1200°C가 되도록 하고, 마지막 압연기의 입측온도가 700~900°C가 되도록 하여 열연강판을 얻는 단계;

상기 열연강판을 권취하는 단계;

상기 권취된 열연강판을 냉간압연하여 냉연강판을 얻는 단계; 및

상기 냉연강판을 하기 [관계식 6]+30°C 이상 1160°C이하에서 소둔 균열하는 단계를 포함하며,

상기 각 단계는 연속주조-압연 직결공정을 통해 연속적으로 행해지는

것을 특징으로 하는 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 열연 전기강판의 제조방법.

[관계식 1] $3.5 \leq [\text{Si} + \text{Al} + (\text{Mn} + \text{Sn})/2 + 5\text{P}] \leq 6.0$

[관계식 2] $1.0 \leq [(\text{Ti}/48 + \text{Nb}/93 + \text{V}/51)(\text{C}/12 + \text{N}/14)] \times 10^{-8} \leq 5.0$

[관계식 3] $0.85 \leq$

$[\text{Si} + \text{Al} + (\text{Mn} + \text{Sn})/2 + 5\text{P}] / [(\text{Ti}/48 + \text{Nb}/93 + \text{V}/51)(\text{C}/12 + \text{N}/14) \times 10^{-8}] \leq 4.5$

[관계식 4] $3.8 \leq [\text{Si} + 100\text{P}] \leq 8.0$

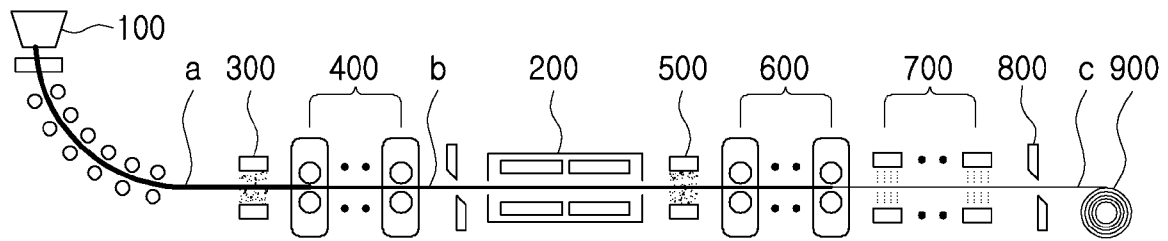
[관계식 5] $0.55 \leq [\text{Si} + \text{Al} + (\text{Mn} + \text{Sn})/2 + 5\text{P}] / [\text{Si} + 100\text{P}] \leq 1.35$

[관계식 6] $12[(\text{Ti}/48 + \text{Nb}/93 + \text{V}/51)(\text{C}/12 + \text{N}/14) \times 10^{-8}] + 861$

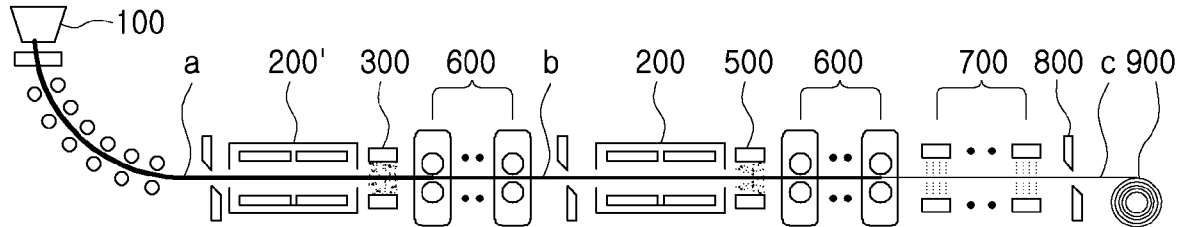
(상기 관계식 1 내지 6에서 Si, Al, Mn, Sn, P, Ti, Nb, V, C 및 N의 함량은 중량%임.)

- [청구항 25] 청구항 24에 있어서,
상기 용강은 트랩프 원소로서 Mo, Cu, Cr, Ni, Zn, Se, Sb, Zr, W, Ga, Ge, Ca 및 Mg로 이루어지는 그룹으로부터 선택된 1종 이상을 그 합계가 0.2중량% 이하의 범위로 포함하는 낮은 철손 및 우수한 표면품질을 갖는 무방향성 냉연 전기강판의 제조방법.

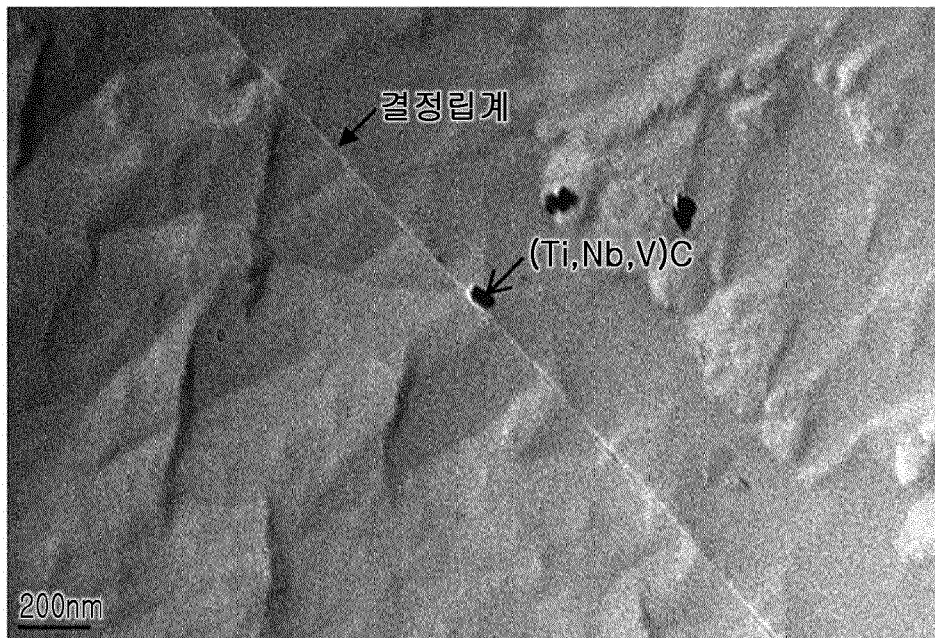
[도1]



[도2]



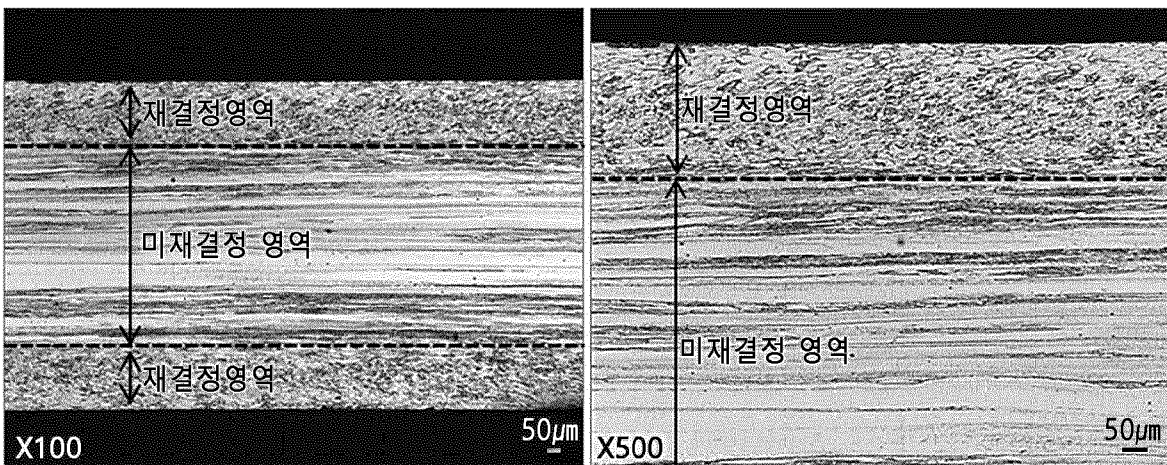
[도3]



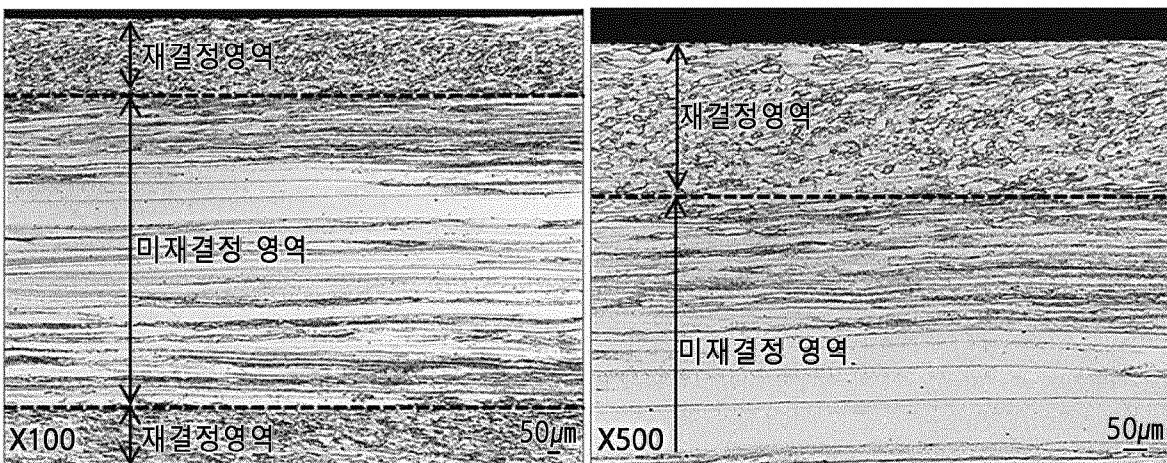
[도4]



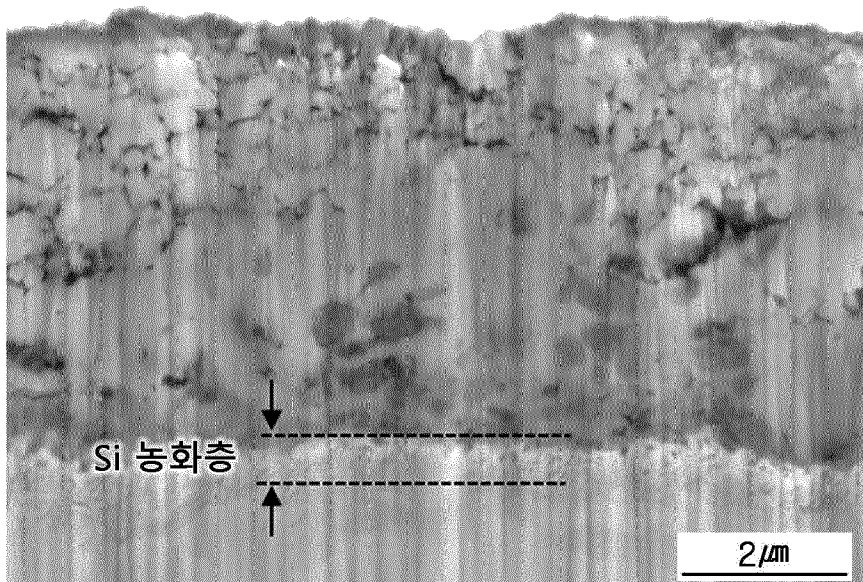
[도5]



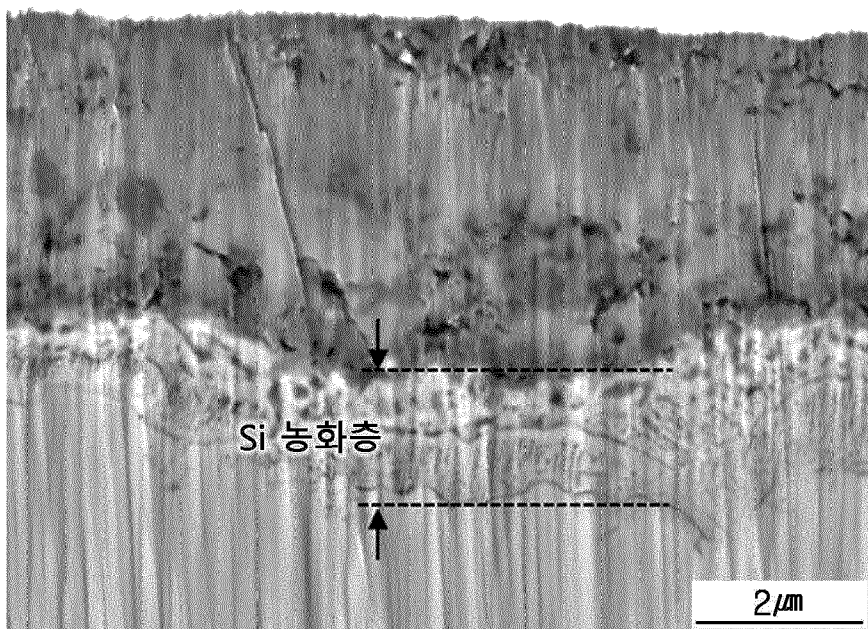
[도6]



[도7]



[도8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2019/015937

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C 38/02(2006.01)i, C22C 38/04(2006.01)i, C22C 38/06(2006.01)i, C22C 38/00(2006.01)i, C22C 38/14(2006.01)i, C22C 38/12(2006.01)i, C21D 8/12(2006.01)i, C21D 9/00(2006.01)i, H01F 1/147(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; B21B 3/02; B22D 11/00; C21D 8/12; C21D 9/46; C22C 38/00; C22C 38/04; C22C 38/06; C22C 38/14; C22C 38/12; C21D 9/00; H01F 1/147

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

Korean utility models and applications for utility models: IPC as above

Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above

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

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: non-oriented, electrical steel, casting, rolling, iron loss, ferrite, grain

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 5990528 B2 (POSCO) 14 September 2016 See paragraphs [0051]-[0057], [0067] and claims 1-4.	1-2,6
A		3-5,7-25
A	KR 10-2008-0027913 A (SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.) 28 March 2008 See paragraph [0218] and claims 1-7.	1-25
A	KR 10-1412363 B1 (JFE STEEL CORPORATION) 25 June 2014 See paragraphs [0133]-[0138] and claims 1-3.	1-25
A	KR 10-2018-0074147 A (POSCO) 03 July 2018 See paragraphs [0080]-[0090] and claim 4.	1-25
A	JP 2002-504624 A (THYSSEN KRUPP STAHL A.G.) 12 February 2002 See paragraphs [0009]-[0011] and claim 1.	1-25



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

25 FEBRUARY 2020 (25.02.2020)

Date of mailing of the international search report

25 FEBRUARY 2020 (25.02.2020)

Name and mailing address of the ISA/KR



Korean Intellectual Property Office
Government Complex Daejeon Building 4, 189, Cheongsu-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/KR2019/015937

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
JP 5990528 B2	14/09/2016	EP 2657357 A2	30/10/2013
		EP 2657357 B1	22/08/2018
		JP 2014-503685 A	13/02/2014
		KR 10-1296115 B1	19/08/2013
		KR 10-1308725 B1	13/09/2013
		KR 10-1308726 B1	13/09/2013
		KR 10-1308727 B1	13/09/2013
		KR 10-1308728 B1	13/09/2013
		KR 10-2012-0071776 A	03/07/2012
		KR 10-2013-0010229 A	28/01/2013
		KR 10-2013-0010230 A	28/01/2013
		KR 10-2013-0010231 A	28/01/2013
		KR 10-2013-0010232 A	28/01/2013
		US 2013-0167987 A1	04/07/2013
		US 9260764 B2	16/02/2016
		WO 2012-087045 A2	28/06/2012
		WO 2012-087045 A3	04/10/2012
KR 10-2008-0027913 A	28/03/2008	CN 101218362 A	09/07/2008
		CN 101218362 B	12/05/2010
		JP 2007-016278 A	25/01/2007
		JP 2007-023351 A	01/02/2007
		JP 2007-031755 A	08/02/2007
		JP 4710458 B2	29/06/2011
		JP 4710465 B2	29/06/2011
		JP 4779474 B2	28/09/2011
		KR 10-0973627 B1	02/08/2010
		US 2009-0202383 A1	13/08/2009
		US 2011-0042625 A1	24/02/2011
		US 7922834 B2	12/04/2011
		US 8157928 B2	17/04/2012
		WO 2007-007423 A1	18/01/2007
KR 10-1412363 B1	25/06/2014	BR 112013020657 A2	18/10/2016
		BR 112013020657 B1	09/07/2019
		CA 2822206 A1	30/08/2012
		CA 2822206 C	13/09/2016
		CN 103392021 A	13/11/2013
		CN 103392021 B	29/10/2014
		EP 2679695 A1	01/01/2014
		EP 2679695 B1	18/05/2016
		KR 10-2013-0087611 A	06/08/2013
		MX 2013009670 A	28/10/2013
		RU 2536711 C1	27/12/2014
		US 2013-0306200 A1	21/11/2013
		WO 2012-114383 A1	30/08/2012
KR 10-2018-0074147 A	03/07/2018	KR 10-1917468 B1	09/11/2018

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2019/015937

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
JP 2002-504624 A	12/02/2002	AT 204917 T	15/09/2001
		AU 2927699 A	06/09/1999
		BR 9908106 A	31/10/2000
		CA 2320124 A1	26/08/1999
		DE 19807122 A1	09/09/1999
		DE 19807122 C2	23/03/2000
		EP 1056890 A1	06/12/2000
		EP 1056890 B1	29/08/2001
		ES 2163329 T3	16/01/2002
		KR 10-0605139 B1	28/07/2006
		KR 10-2001-0040966 A	15/05/2001
		PL 186500 B1	30/01/2004
		PL 342361 A1	04/06/2001
		US 6503339 B1	07/01/2003
		WO 99-42626 A1	26/08/1999

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 38/00(2006.01)i, C22C 38/14(2006.01)i, C22C 38/12(2006.01)i, C21D 8/12(2006.01)i, C21D 9/00(2006.01)i, H01F 1/147(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

C22C 38/02; B21B 3/02; B22D 11/00; C21D 8/12; C21D 9/46; C22C 38/00; C22C 38/04; C22C 38/06; C22C 38/14; C22C 38/12; C21D 9/00; H01F 1/147

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC
일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 무방향성(non-oriented), 전기강판(electrical steel), 주조(casting), 압연(rolling), 철손(iron loss), 페라이트(ferrite), 결정립(grain)

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	JP 5990528 B2 (POSCO) 2016.09.14 단락 [0051]-[0057], [0067] 및 청구항 1-4	1-2,6
A		3-5,7-25
A	KR 10-2008-0027913 A (수미도모 메탈 인더스트리즈, 리미티드) 2008.03.28 단락 [0218] 및 청구항 1-7	1-25
A	KR 10-1412363 B1 (제이에프이 스틸 가부시키가이샤) 2014.06.25 단락 [0133]-[0138] 및 청구항 1-3	1-25
A	KR 10-2018-0074147 A (주식회사 포스코) 2018.07.03 단락 [0080]-[0090] 및 청구항 4	1-25
A	JP 2002-504624 A (THYSSEN KRUPP STAHL A.G.) 2002.02.12 단락 [0009]-[0011] 및 청구항 1	1-25

☐ 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 이후 “X”에 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

2020년 02월 25일 (25.02.2020)

국제조사보고서 발송일

2020년 02월 25일 (25.02.2020)

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



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 5990528 B2	2016/09/14	EP 2657357 A2 EP 2657357 B1 JP 2014-503685 A KR 10-1296115 B1 KR 10-1308725 B1 KR 10-1308726 B1 KR 10-1308727 B1 KR 10-1308728 B1 KR 10-2012-0071776 A KR 10-2013-0010229 A KR 10-2013-0010230 A KR 10-2013-0010231 A KR 10-2013-0010232 A US 2013-0167987 A1 US 9260764 B2 WO 2012-087045 A2 WO 2012-087045 A3	2013/10/30 2018/08/22 2014/02/13 2013/08/19 2013/09/13 2013/09/13 2013/09/13 2013/09/13 2012/07/03 2013/01/28 2013/01/28 2013/01/28 2013/01/28 2013/01/28 2013/07/04 2016/02/16 2012/06/28 2012/10/04
KR 10-2008-0027913 A	2008/03/28	CN 101218362 A CN 101218362 B JP 2007-016278 A JP 2007-023351 A JP 2007-031755 A JP 4710458 B2 JP 4710465 B2 JP 4779474 B2 KR 10-0973627 B1 US 2009-0202383 A1 US 2011-0042625 A1 US 7922834 B2 US 8157928 B2 WO 2007-007423 A1	2008/07/09 2010/05/12 2007/01/25 2007/02/01 2007/02/08 2011/06/29 2011/06/29 2011/09/28 2010/08/02 2009/08/13 2011/02/24 2011/04/12 2012/04/17 2007/01/18
KR 10-1412363 B1	2014/06/25	BR 112013020657 A2 BR 112013020657 B1 CA 2822206 A1 CA 2822206 C CN 103392021 A CN 103392021 B EP 2679695 A1 EP 2679695 B1 KR 10-2013-0087611 A MX 2013009670 A RU 2536711 C1 US 2013-0306200 A1 WO 2012-114383 A1	2016/10/18 2019/07/09 2012/08/30 2016/09/13 2013/11/13 2014/10/29 2014/01/01 2016/05/18 2013/08/06 2013/10/28 2014/12/27 2013/11/21 2012/08/30
KR 10-2018-0074147 A	2018/07/03	KR 10-1917468 B1	2018/11/09

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 2002-504624 A	2002/02/12	AT 204917 T	2001/09/15
		AU 2927699 A	1999/09/06
		BR 9908106 A	2000/10/31
		CA 2320124 A1	1999/08/26
		DE 19807122 A1	1999/09/09
		DE 19807122 C2	2000/03/23
		EP 1056890 A1	2000/12/06
		EP 1056890 B1	2001/08/29
		ES 2163329 T3	2002/01/16
		KR 10-0605139 B1	2006/07/28
		KR 10-2001-0040966 A	2001/05/15
		PL 186500 B1	2004/01/30
		PL 342361 A1	2001/06/04
		US 6503339 B1	2003/01/07
		WO 99-42626 A1	1999/08/26