



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년10월01일
 (11) 등록번호 10-1903008
 (24) 등록일자 2018년09월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/02 (2006.01) *C21D 8/12* (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01) *C22C 38/04* (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01) *C22C 38/32* (2006.01)
C22C 38/34 (2006.01) *C22C 38/60* (2006.01)
H01F 1/147 (2006.01)
 (52) CPC특허분류
C22C 38/02 (2013.01)
C21D 8/1222 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2016-0174362
 (22) 출원일자 2016년12월20일
 심사청구일자 2016년12월20일
 (65) 공개번호 10-2018-0071587
 (43) 공개일자 2018년06월28일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR100479992 B1*
 JP2007031793 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
주식회사 포스코
 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동)
 (72) 발명자
박준수
 경북 포항시 남구 지곡로 278, 229동 1302호 (지곡동, 효자그린2차아파트)
송대현
 울산광역시 남구 문수로75번길 7, 304동 1402호(무거동, 옥현주공3단지아파트)
 (74) 대리인
유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 윤여분

(54) 발명의 명칭 무방향성 전기강판 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 의한 무방향성 전기강판은 중량%로 Si: 1.0 내지 4.0%, Mn: 0.1 내지 1.0%, Al: 0.1 내지 1.0%, Zn: 0.001 내지 0.01%, B: 0.0005 내지 0.005% 및 잔부는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함한다.

(52) CPC특허분류

C21D 8/1233 (2013.01)

C21D 8/1272 (2013.01)

C22C 38/002 (2013.01)

C22C 38/04 (2013.01)

C22C 38/06 (2013.01)

C22C 38/32 (2013.01)

C22C 38/34 (2013.01)

C22C 38/60 (2013.01)

H01F 1/14775 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

중량%로 Si: 1.0 내지 4.0%, Mn: 0.1 내지 1.0%, Al: 0.1 내지 1.0%, Zn: 0.001 내지 0.01%, B: 0.0005 내지 0.005% 및 잔부는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하고,

강판 표면에 대하여, 입경이 50 내지 200nm인 Si 산화물의 밀도가 $5\text{개}/\mu\text{m}^2$ 이하인 무방향성 전기강판.

청구항 2

제1항에 있어서,

P:0.001 내지 0.1 중량%, C: 0.005 중량% 이하, S: 0.001 내지 0.005 중량%, N:0.005 중량% 이하 및 Ti: 0.005 중량% 이하를 더 포함하는 무방향성 전기강판.

청구항 3

제1항에 있어서,

Sn 및 Sb 중 1종 이상을 단독 또는 그 합량으로 0.06 중량% 이하 더 포함하는 무방향성 전기강판.

청구항 4

제1항에 있어서,

Cu: 0.05 중량% 이하, Ni: 0.05 중량% 이하, Cr: 0.05 중량% 이하, Zr: 0.01 중량% 이하, Mo: 0.01 중량% 이하, 및 V: 0.01 중량% 이하 중 1종 이상을 더 포함하는 무방향성 전기강판.

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서,

철손($W_{15/50}$)이 2.80W/kg 이하이고, 자속밀도(B_{50})이 1.70T 이상인 무방향성 전기강판.

청구항 7

중량 %로 Si: 1.0 내지 4.0%, Mn: 0.1 내지 1.0%, Al: 0.1 내지 1.0%, Zn:0.001 내지 0.01%, B: 0.0005 내지 0.005% 및 잔부는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하는 슬라브를 가열하는 단계;

슬라브를 열간 압연하여 열연판을 제조하는 단계;

상기 열연판을 냉간압연하여 냉연판을 제조하는 단계 및

상기 냉연판을 최종 소둔하는 단계를 포함하고,

상기 최종 소둔하는 단계는 분위기 가스로서 수소 가스를 포함하고,

상기 분위기 가스 내의 수소 가스 함량 비가 하기 식 1을 만족하는 무방향성 전기강판의 제조방법.

[식 1]

$$0.01 \leq ([\text{Zn}] + [\text{B}]) \times 100 / [\text{H}_2] \leq 0.06$$

(식 1에서, [Zn] 및 [B]는 각각 Zn 및 B의 함량(중량%)을 나타내고, $[\text{H}_2]$ 는 분위기 가스 내의 수소 가스 함량(부피%)을 나타낸다.)

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 슬라브는 P:0.001 내지 0.1 중량%, C: 0.005 중량% 이하, S: 0.001 내지 0.005 중량%, N:0.005 중량% 이하 및 Ti: 0.005 중량% 이하를 더 포함하는 무방향성 전기강판의 제조방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 슬라브는 Sn 및 Sb 중 1종 이상을 단독 또는 그 합량으로 0.06 중량% 이하 더 포함하는 무방향성 전기강판의 제조방법.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 슬라브는 Cu: 0.05 중량% 이하, Ni: 0.05 중량% 이하, Cr: 0.05 중량% 이하, Zr: 0.01 중량% 이하, Mo: 0.01 중량% 이하, 및 V: 0.01 중량% 이하 중 1종 이상을 더 포함하는 무방향성 전기강판의 제조방법.

청구항 11

제7항에 있어서,

상기 열연판을 제조하는 단계 이후,

상기 열연판을 열연판 소둔하는 단계를 더 포함하는 무방향성 전기강판의 제조방법.

청구항 12

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 무방향성 전기강판 및 그 제조방법에 관한 것이다. 구체적으로 철손과 자속밀도가 동시에 우수한 무방향성 전기강판 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 무방향성 전기강판은 모터, 발전기 등의 회전 기기와 소형 변압기등의 정지기기에서 철심용 재료로 사용되며 전기적 에너지를 기계적 에너지로 바꾸어 주는 역할을 한다. 따라서 전기기기의 에너지 효율을 결정하는 매우 중요한 소재로써 에너지 절감을 위해 우수한 특성의 무방향성 전기강판에 대한 수요가 증가하고 있는 상황이다.

[0003] 무방향성 전기강판에서는 철손과 자속밀도가 매우 중요한 특성이다. 철손은 에너지 변환과정에서 손실되는 에너지이므로 낮을수록 좋으며 자속밀도는 출력과 관계되므로 높을수록 좋다. 최근 전동기 및 발전기에 요구되는 고효율 특성을 위해서는 저철손 및 고자속밀도 특성을 동시에 가지는 자성이 우수한 무방향성 전기강판이 요구되고 있다. 철손을 낮추기 위한 가장 효율적인 방법은 무방향성 전기강판의 주요 첨가원소인 Si, Al, Mn첨가량을 증가시켜 강의 비저항을 증가시키는 방법이 있으나 합금원소 첨가량의 증가는 자속밀도를 감소시키며 생산성을 떨어뜨리는 단점을 가지고 있으므로 최적 첨가량의 도출을 통해 철손과 자속밀도를 동시에 향상시키는 방향으로 기술이 개발되어 왔다.

[0004] 자성을 향상시키기 위하여 REM등 특수 첨가원소를 활용하여 집합조직을 개선하여 자기적 성질을 향상시키거나 2회 압연 2회 소둔 등 추가적인 제조 공정을 도입하는 기술 등이 사용되고 있다. 그러나 이러한 기술들은 모두 제조 원가의 상승을 야기하고 대량 생산의 어려움이 따르는 문제가 있다.

[0005] 이러한 문제를 해결하기 위해, 집합조직 향상을 통한 자성 개선을 위하여 강중의 산화물계 개재물 안의 MnO와 SiO₂의 조성 중량비(MnO/SiO₂)를 조절하며 열간압연 시 마무리압연을 강철과 롤 사이의 마찰계수가 0.2이하이면서 마무리 압연 온도가 700℃이상의 페라이트 단상영역에서 실시 후 열연판 소둔, 냉간압연, 냉연판 소둔 하는

방법을 제시되었다. 다만, 이 때, 열연판 두께를 1.0mm이하로 제어하여야 하기 때문에 생산성이 떨어져 상업적인 생산이 어려운 문제가 있다.

[0006] 또한, 압연 방향의 자기 특성이 우수한 무방향성 전기강판의 제조를 위하여 열간압연, 열연판 소둔, 냉간압연, 냉연판 소둔의 공정에 추가로 압하율 3 내지 10%로 skin pass 압연을 하고 다시 소둔하는 공정이 제시되었다. 이 역시 추가 공정으로 인한 원가의 상승 문제를 가지고 있다.

[0007] 또한, 자기적 특성을 향상시키기 위하여 열연판으로 중간 소둔을 포함하는 2회 압연 2회 소둔하는 방법이 제시 되었으며, 냉간압연 시 중간소둔을 포함하여 2회 압연하는 방법이 제시되었는데 이 역시 압연-소둔 공정의 추가로 제조 비용의 증가가 발생하는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 일 실시예는 무방향성 전기강판 및 그 제조방법을 제공한다. 구체적으로 철손과 자속밀도가 동시에 우수한 무방향성 전기강판을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 일 실시예에 의한 무방향성 전기강판은 중량%로 Si: 1.0 내지 4.0%, Mn: 0.1 내지 1.0%, Al: 0.1 내지 1.0%, Zn: 0.001 내지 0.01%, B: 0.0005 내지 0.005% 및 잔부는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함한다.

[0010] P:0.001 내지 0.1 중량%, C: 0.005 중량% 이하, S: 0.001 내지 0.005 중량%, N:0.005 중량% 이하 및 Ti: 0.005 중량% 이하를 더 포함할 수 있다.

[0011] Sn 및 Sb 중 1종 이상을 단독 또는 그 합량으로 0.06 중량% 이하 더 포함할 수 있다.

[0012] Cu: 0.05 중량% 이하, Ni: 0.05 중량% 이하, Cr: 0.05 중량% 이하, Zr: 0.01 중량% 이하, Mo: 0.01 중량% 이하, 및 V: 0.01 중량% 이하 중 1종 이상을 더 포함할 수 있다.

[0013] 강판 표면에 대하여, 입경이 50 내지 200nm인 Si 산화물의 밀도가 $5\text{개}/\mu\text{m}^2$ 이하일 수 있다.

[0014] 철손($W_{15/50}$)이 2.80W/kg 이하이고, 자속밀도(B_{50})이 1.70T 이상일 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 의한 무방향성 전기강판의 제조방법은 중량%로 Si: 1.0 내지 4.0%, Mn: 0.1 내지 1.0%, Al: 0.1 내지 1.0%, Zn:0.001 내지 0.01%, B: 0.0005 내지 0.005% 및 잔부는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하는 슬라브를 가열하는 단계; 슬라브를 열간 압연하여 열연판을 제조하는 단계; 열연판을 냉간압연하여 냉연판을 제조하는 단계 및 냉연판을 최종 소둔하는 단계를 포함한다.

[0016] 슬라브는 P:0.001 내지 0.1 중량%, C: 0.005 중량% 이하, S: 0.001 내지 0.005 중량%, N:0.005 중량% 이하 및 Ti: 0.005 중량% 이하를 더 포함할 수 있다.

[0017] 슬라브는 Sn 및 Sb 중 1종 이상을 단독 또는 그 합량으로 0.06 중량% 이하 더 포함할 수 있다.

[0018] 슬라브는 Cu: 0.05 중량% 이하, Ni: 0.05 중량% 이하, Cr: 0.05 중량% 이하, Zr: 0.01 중량% 이하, Mo: 0.01 중량% 이하, 및 V: 0.01 중량% 이하 중 1종 이상을 더 포함할 수 있다.

[0019] 열연판을 제조하는 단계 이후, 열연판을 열연판 소둔하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0020] 최종 소둔하는 단계는 분위기 가스로서 수소 가스를 포함하고, 분위기 가스 내의 수소 가스 함량 비가 하기 식 1을 만족할 수 있다.

[0021] [식 1]

[0022] $0.01 \leq ([\text{Zn}] + [\text{B}]) \times 100 / [\text{H}_2] \leq 0.06$

[0023] (식 1에서, [Zn] 및 [B]는 각각 Zn 및 B의 함량(중량%)을 나타내고, $[\text{H}_2]$ 는 분위기 가스 내의 수소 가스 함량(부피%)을 나타낸다.)

발명의 효과

[0024] 본 발명의 일 실시예에 의한 무방향성 전기강판 및 제조 방법은 철손이 우수하면서 동시에 자속밀도도 우수한 무방향성 전기강판을 제공할 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 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.

[0026] 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.

[0027] 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.

[0028] 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.

[0029] 또한, 특별히 언급하지 않는 한 %는 중량%를 의미하며, 1ppm 은 0.0001중량%이다.

[0030] 본 발명의 일 실시예에서 추가 원소를 더 포함하는 것의 의미는 추가 원소의 추가량 만큼 잔부인 철(Fe)을 대체하여 포함하는 것을 의미한다.

[0031] 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.

[0032] 본 발명의 일 실시예에 의한 무방향성 전기강판은 중량%로 Si: 1.0 내지 4.0%, Mn: 0.1 내지 1.0%, Al: 0.1 내지 1.0%, Zn: 0.001 내지 0.01%, B: 0.0005 내지 0.005% 및 잔부는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함한다.

[0033] P:0.001 내지 0.1 중량%, C: 0.005 중량% 이하, S: 0.001 내지 0.005 중량%, N:0.005 중량% 이하 및 Ti: 0.005 중량% 이하를 더 포함할 수 있다.

[0034] Sn 및 Sb 중 1종 이상을 단독 또는 그 합량으로 0.06 중량% 이하 더 포함할 수 있다.

[0035] Cu: 0.05 중량% 이하, Ni: 0.05 중량% 이하, Cr: 0.05 중량% 이하, Zr: 0.01 중량% 이하, Mo: 0.01 중량% 이하, 및 V: 0.01 중량% 이하 중 1종 이상을 더 포함할 수 있다.

[0036] 먼저 무방향성 전기강판의 성분 한정의 이유부터 설명한다.

[0037] Si: 1.0 내지 4.0 중량%

[0038] 규소(Si)는 강의 비저항을 증가시켜서 철손 중 와류손실을 낮추기 위해 첨가되는 주요 원소이다. 너무 적게 첨가될 경우, 철손 개선 효과가 부족할 수 있다. 반대로 너무 많이 첨가될 경우 자속밀도를 감소시키며 압연성을 열위시킬 수 있다. 따라서 전술한 범위에서 Si를 첨가할 수 있다.

[0039] Mn: 0.1 내지 1.0 중량%

[0040] 망간(Mn)은 Si, Al등과 더불어 비저항을 증가시켜 철손 감소를 위해 첨가되며 집합조직을 개선하는 효과가 있다. 첨가량이 너무 적을 경우 자성에 미치는 영향이 미비하며 첨가량이 너무 많을 경우 자속밀도를 크게 저하시킬 수 있다. 따라서 전술한 범위에서 Mn을 첨가할 수 있다.

[0041] Al: 0.1 내지 1.0 중량%

- [0042] 알루미늄(Al)은 Si과 마찬가지로 비저항을 증가시켜 철손을 감소시키는 역할을 한다. 너무 많이 첨가되면 자속 밀도를 크게 감소시킬 수 있다. 따라서 전술한 범위에서 Al을 첨가할 수 있다.
- [0043] Zn: 0.001 내지 0.01중량%
- [0044] 아연(Zn)은 함유량이 과도할 경우, 불순물로 작용하여 자성을 열위시키며, 반대로 함유량이 너무 적을 경우, 자성에 미치는 영향이 미비하다. 따라서 전술한 범위에서 Zn을 첨가할 수 있다.
- [0045] B: 0.0005 내지 0.005중량%
- [0046] 붕소(B)는 N과 강하게 결합하는 원소로서 Ti, Nb, Al등과의 질화물의 형성을 억제하기 위하여 첨가되는 원소이다. 첨가량이 너무 적을 경우, 그 효과가 미비하며 첨가량이 과도하게 많을 경우, BN 화합물 자체에 의해 자성을 열위시킬 수 있다. 따라서 전술한 범위에서 B를 첨가할 수 있다.
- [0047] P: 0.001 내지 0.1 중량%
- [0048] 인(P)은 비저항을 증가시켜 철손을 낮추는 역할을 하며 결정립계에 편석하여 집합조직을 향상시키는 역할을 한다. 다만, 고합금강에서는 압연성을 열위시키는 원소이므로 P가 더 첨가되는 경우, 전술한 범위에서 P를 첨가할 수 있다.
- [0049] C: 0.005 중량% 이하
- [0050] 탄소(C)는 Ti등과 결합하여 탄화물을 형성하여 자성을 열위시키며 최종제품에서 전기 제품으로 가공 후 사용 시 자기시효에 의하여 철손을 높이므로 낮게 함유할수록 바람직하다. C가 더 첨가되는 경우, 전술한 범위에서 C를 첨가할 수 있다.
- [0051] S: 0.001 내지 0.005중량%
- [0052] 황(S)은 자기적 특성에 유해한 MnS, CuS 및 (Cu,Mn)S 등의 황화물을 형성하는 원소이므로 가능한 한 낮게 첨가하는 것이 바람직하다. 하지만 너무 적게 첨가될 경우 오히려 집합조직 형성에 불리하여 자성이 저하될 수 있다. 또한 너무 많이 첨가될 경우는 미세한 황화물의 증가로 인해 자성이 열위해질 수 있다. 따라서 S가 더 첨가되는 경우, 전술한 범위에서 S를 첨가할 수 있다.
- [0053] N: 0.005 중량% 이하
- [0054] 질소(N)은 Al, Ti등과 강하게 결합함으로써 질화물을 형성하여 결정립성장을 억제하는 등 자성에 해로운 원소이므로 적게 함유할수록 바람직하다. N이 더 첨가되는 경우, 전술한 범위에서 N을 첨가할 수 있다.
- [0055] Ti: 0.005 중량% 이하
- [0056] 티타늄(Ti)은 미세한 탄화물과 질화물을 형성하여 결정립성장을 억제하며 많이 첨가될 수록 증가된 탄화물과 질화물로 인해 집합 조직도 열위하게 되어 자성이 나빠진다. Ti가 더 첨가되는 경우, 전술한 범위에서 Ti을 첨가할 수 있다.
- [0057] Sn 및 Sb: 0.06 중량% 이하
- [0058] 주석(Sn) 및 안티몬(Sb)은 결정립계 편석원소로써 결정립계를 통한 질소의 확산을 억제하며 자성에 해로운 {111}, {112} 집합조직의 형성을 억제하고 자성에 유리한 {100} 및 {110} 집합조직을 증가시켜 자기적 특성을 향상시키기 위하여 첨가하나 그 첨가량이 적을 경우 효과가 크지 않으며 첨가량이 많을 경우는 오히려 결정립 성장을 억제하여 자성을 떨어뜨린다. Sn 또는 Sb가 첨가되는 경우, 단독 또는 그 합량으로 0.06 중량% 이하 더 포함할 수 있다. 즉, Sn을 단독으로 포함하는 경우, Sn을 0.06 중량% 이하 포함하거나, Sb를 단독으로 포함하는 경우, Sb를 0.06 중량% 이하 포함하거나, Sn 및 Sb를 포함하는 경우, Sn 및 Sb의 합량으로 0.06 중량% 이하 포함할 수 있다.
- [0059] 불순물 원소
- [0060] 상기의 원소 외에도 Cu, Ni, Cr, Zr, Mo, V등의 불가피하게 혼입되는 불순물이 포함될 수 있다. Cu, Ni, Cr의 경우 불순물 원소들과 반응하여 미세한 황화물, 탄화물 및 질화물을 형성하여 자성에 유해한 영향을 미치므로 이들 함유량을 각각 0.05 중량% 이하로 제한한다. Zr, Mo, V등도 강력한 탄질화물 형성 원소이기 때문에 가능한 첨가되지 않는 것이 바람직하며 각각 0.01 중량% 이하로 함유되도록 한다.
- [0061] 본 발명의 일 실시예에 의한 무방향성 전기강판은 Zn 및 B의 함량을 정밀하게 제어함으로써, 강판 표면에 형성

되는 Si 산화물의 밀도를 제어하며, 궁극적으로 철손 및 자속밀도가 동시에 향상된다. 구체적으로 강판 표면에 대하여, 입경이 50 내지 200nm인 Si 산화물의 밀도가 $5\text{개}/\mu\text{m}^2$ 이하일 수 있다. 이 때 강판 표면이란 강판 두께 방향과 수직한 표면층을 의미한다. 입경이 50nm 미만인 Si 산화물은 자성에 미치는 영향이 미미하므로, 밀도 평가시 제외한다. 입경이 200nm 초과인 Si 산화물 또한, 자성에 미치는 영향이 미미하므로, 제외한다. 이처럼 Si 산화물의 밀도를 제어함으로써, 철손 및 자속밀도가 동시에 우수한 무방향성 전기강판이 얻어진다. 구체적으로 철손($W_{15/50}$)이 2.80W/kg 이하이고, 자속밀도(B_{50})이 1.70T 이상일 수 있다.

- [0062] 본 발명의 일 실시예에 의한 무방향성 전기강판의 제조방법은 중량%로 Si: 1.0 내지 4.0%, Mn: 0.1 내지 1.0%, Al: 0.1 내지 1.0%, Zn: 0.001 내지 0.01%, B: 0.0005 내지 0.005% 및 잔부는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하는 슬라브를 가열하는 단계; 슬라브를 열간 압연하여 열연판을 제조하는 단계; 열연판을 냉간압연하여 냉연판을 제조하는 단계 및 냉연판을 최종 소둔하는 단계를 포함한다. 이하에서는 각 단계별로 구체적으로 설명한다.
- [0063] 먼저 슬라브를 가열한다. 슬라브 내의 각 조성의 첨가 비율을 한정된 이유는 전술한 무방향성 전기강판의 조성 한정 이유와 동일하므로, 반복되는 설명을 생략한다. 후술할 열간압연, 열연판 소둔, 냉간압연, 최종소둔 등의 제조 과정에서 슬라브의 조성은 실질적으로 변동되지 아니하므로, 슬라브의 조성은 무방향성 전기강판의 조성이 실질적으로 동일하다.
- [0064] 슬라브를 가열로에 장입하여 1100 내지 1200℃로 가열 한다. 1200℃를 초과하는 온도에서 가열시 슬라브 내에 존재하는 AlN, MnS 등의 석출물이 재고용된 후 열간압연 시 미세 석출되어 결정립 성장을 억제하고 자성을 저하시킬 수 있다.
- [0065] 가열된 슬라브는 2 내지 2.3mm로 열간 압연하여 열연판으로 제조된다. 열간압연 시 사상압연에서의 마무리압연은 판형상 교정을 위하여 최종 압하율은 20% 이하로 실시할 수 있다. 열연판은 700℃이하에서 권취하고, 공기중에서 냉각한다.
- [0066] 열연판을 제조하는 단계 이후, 열연판을 열연판 소둔하는 단계를 더 포함할 수 있다. 이 때 열연판 소둔 온도는 1000 내지 1200℃일 수 있다. 열연판소둔 온도가 너무 낮을 경우 결정립 성장이 불충분하여 자성이 열위하며, 소둔온도가 너무 높은 경우, 결정립이 조대하여 냉간압연성이 열위해질 수 있다.
- [0067] 다음으로, 열연판을 산세하고 소정의 판두께가 되도록 냉간 압연한다. 열연판 두께에 따라 다르게 적용될 수 있으나, 50 내지 95%의 압하율을 적용하여 최종두께가 0.10 내지 0.70mm가 되도록 냉간 압연하여 냉연판을 제조할 수 있다. 필요시, 중간 소둔을 포함하는 복수의 냉간 압연 공정을 포함할 수 있다.
- [0068] 최종 냉간압연된 냉연판은 최종 소둔을 실시한다. 최종 소둔 온도는 750 내지 1050℃가 될 수 있다. 최종 소둔 온도가 너무 낮으면 재결정이 충분히 발생하지 못하고, 최종 소둔 온도가 너무 높으면 결정립의 급격한 성장이 발생하여 자속밀도와 고주파 철손이 열위해 질 수 있다. 더욱 구체적으로 900 내지 1000℃의 온도에서 최종 소둔할 수 있다.
- [0069] 최종 소둔하는 단계에서 분위기 가스로서 수소 가스를 포함할 수 있다. 나머지는 질소 가스를 포함할 수 있다. 이 때, 슬라브 내의 Zn, B 함량과 분위기 가스 내의 수소 가스 함량을 조절할 수 있다. Si, Al은 강의 비저항을 증가시켜 철손을 감소시키는 역할을 하므로 저철손 특성을 위해서 그 첨가량이 점점 증가하고 있는 추세이나 Si 은 소둔 시 산소와 반응하여 모재 표면에 산화물을 형성함으로써 자화과정에서 자구의 이동을 방해하여 자성을 열위시키며, Al 역시 산소 및 질소와 반응하여 산화물 또는 질화물을 형성하여 마찬가지로 자성을 열위시키게 된다. 따라서 이러한 산화물 또는 질화물의 형성을 가능한 억제할 필요가 있으며 Zn와 B 첨가량 및 소둔 시 수소 소비를 제어하여 산화물 또는 질화물의 형성을 억제함으로써, 자성이 향상되게 된다.
- [0070] 구체적으로 분위기 가스 내의 수소 가스 함량 비가 하기 식 1을 만족할 수 있다.
- [0071] [식 1]
- [0072] $0.01 \leq ([\text{Zn}] + [\text{B}]) \times 100 / [\text{H}_2] \leq 0.06$
- [0073] (식 1에서, [Zn] 및 [B]는 각각 Zn 및 B의 함량(중량%)을 나타내고, [H₂]는 분위기 가스 내의 수소 가스 함량(부피%)를 나타낸다.)
- [0074] 최종 소둔 과정에서 전 단계인 냉간압연 단계에서 형성된 가공 조직이 모두(즉, 99% 이상) 재결정될 수 있다.

최종 소둔 된 강판의 결정립은 평균 결정립경이 50 내지 150 μ m이 될 수 있다.

[0075] 이렇게 제조된 무방향성 전기강판은 절연피막처리 될 수 있다. 절연피막은 유기질, 무기질 및 유무기 복합피막으로 처리될 수 있으며, 기타 절연이 가능한 피막제로 처리하는 것도 가능하다.

[0076] 이하에서는 실시예를 통하여 본 발명을 좀더 상세하게 설명한다. 그러나 이러한 실시예는 단지 본 발명을 예시하기 위한 것이며, 본 발명이 여기에 한정되는 것은 아니다.

[0077] **실시예**

[0078] 하기 표 1 및 표 2와 같이 조성되고, 잔부 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하는 슬라브를 제조하였다. 슬라브를 1140 $^{\circ}$ C로 가열하고, 880 $^{\circ}$ C의 마무리온도로 열간압연하여, 판두께 2.5mm의 열연판을 제조하였다. 열간압연된 열연판은 1030 $^{\circ}$ C에서 100초간 열연판 소둔 후, 산세 및 냉간압연하여 두께를 0.50mm로 만들고 1020 $^{\circ}$ C에서 100초간 최종 소둔을 시행하였다. 최종 소둔 과정에서 분위기 가스를 수소 가스 및 질소 가스의 혼합 가스로 하고, 수소 가스의 비율을 하기 표 3과 같이 변경하였다.

[0079] 최종 소둔 후, 강판 표면에 형성된 입경 50 내지 200nm의 Si 산화물의 밀도를 측정하여 하기 표 3에 정리하였으며, 각 시편에 대한 자속밀도 (B_{50}), 철손($W_{15/50}$)을 하기 표 3에 나타내었다. 철손($W_{15/50}$)은 50Hz주파수에서 1.5Tesla의 자속밀도가 유기되었을 때의 압연방향과 압연방향 수직방향의 평균 손실(W/kg)이고, 자속밀도(B_{50})은 5000A/m의 자기장을 추가하였을 때 유도되는 자속밀도의 크기(Tesla)이다.

표 1

[0080]

강종 (중량%)	Si	Mn	Al	Zn	B
A1	1.64	0.21	0.19	0.003	0.0037
A2	1.98	0.59	0.15	0.0005	0.0009
A3	2.23	0.29	0.75	0.0049	0.0029
A4	3.16	0.75	0.5	0.0028	0.0033
A5	1.32	0.34	0.52	0.0035	0.0002
A6	2.22	0.41	0.37	0.011	0.0019
A7	2.71	0.44	0.34	0.0025	0.0013
A8	2.87	0.63	0.81	0.0014	0.0017
A9	3.14	0.56	0.34	0.0008	0.0004
A10	2.89	0.32	0.66	0.0014	0.0018
A11	3.33	0.16	0.33	0.0025	0.0014
A12	2.53	0.18	0.44	0.0015	0.0062

표 2

[0081]

강종 (중량%)	P	C	S	N	Ti	Sn	Sb
A1	0.04	0.001	0.0016	0.0037	0.0013	0.02	0.03
A2	0.03	0.0029	0.0016	0.0036	0.0019	0.02	0
A3	0.02	0.0024	0.0019	0.0013	0.0024	0	0.02
A4	0.02	0.0016	0.002	0.0015	0.0015	0.04	0
A5	0.04	0.0012	0.0026	0.0019	0.0007	0	0
A6	0.05	0.001	0.0017	0.0018	0.0027	0	0.03
A7	0.01	0.0034	0.0032	0.0026	0.0023	0.03	0.01
A8	0.01	0.0027	0.003	0.002	0.0021	0.05	0
A9	0.07	0.0007	0.0025	0.0035	0.0011	0	0.01
A10	0.03	0.0012	0.0035	0.0036	0.0021	0	0
A11	0.05	0.0026	0.0028	0.0035	0.0033	0.01	0.01
A12	0.02	0.0031	0.0015	0.0039	0.0012	0.03	0.02

표 3

강종	소둔 분위기중 H ₂ 비율(부피 %)	([Zn]+[B])×100/[H ₂]	Si 산화물 밀도(개/μm ²)	철손 (W _{15/50} , W/kg)	자속밀도 (B ₅₀ , T)	비고
A1	39	0.017	4	2.72	1.75	발명예
A2	30	0.005	10	3.75	1.68	비교예
A3	22	0.035	3	2.64	1.74	발명예
A4	12	0.051	2	2.18	1.7	발명예
A5	40	0.009	8	3.94	1.69	비교예
A6	17	0.076	6	3.5	1.67	비교예
A7	21	0.018	2	2.56	1.73	발명예
A8	5	0.062	7	3.29	1.65	비교예
A9	20	0.006	14	3.03	1.65	비교예
A10	24	0.013	3	2.34	1.71	발명예
A11	15	0.026	4	2.14	1.7	발명예
A12	12	0.064	8	3.33	1.67	비교예

[0083] 표 1 내지 표 3에 나타난 바와 같이, Zn 및 B의 함량이 적절히 포함되고, 최종 소둔 시 분위기 가스 내의 수소 비율이 적절히 포함되는 A1, A3, A4, A7, A10 및 A11 경우, Si 산화물의 밀도가 적절히 형성되며, 철손 W_{15/50}과 자속밀도 B₅₀이 우수하게 나타났다.

[0084] 반면, A2와 A6은 Zn가 관리범위를 만족하지 못하였으며, 최종 소둔 시 분위기 가스 내의 수소 비율이 적절히 포함되지 못하였고, Si 산화물이 다량 생성되었으며, 그 결과 철손 W_{15/50}과 자속밀도 B₅₀이 열위하게 나타났다.

[0085] A5와 A12는 B이 관리범위를 만족하지 못하였으며, 최종 소둔 시 분위기 가스 내의 수소 비율이 적절히 포함되지 못하였고, Si 산화물이 다량 생성되었으며, 그 결과 철손 W_{15/50}과 자속밀도 B₅₀이 열위하게 나타났다.

[0086] A8은 Zn와 B은 각각의 관리범위를 만족하였으나, 최종 소둔 시 분위기 가스 내의 수소 비율이 적절히 포함되지 못하였고, Si 산화물이 다량 생성되었으며, 그 결과 철손 W_{15/50}과 자속밀도 B₅₀이 열위하게 나타났다.

[0087] 또한, A9는 Zn와 B이 각각의 관리범위를 만족하지 못하였고, 최종 소둔 시 분위기 가스 내의 수소 비율이 적절히 포함되지 못하였고, Si 산화물이 다량 생성되었으며, 그 결과 철손 W_{15/50}과 자속밀도 B₅₀이 열위하게 나타났다.

[0088] 본 발명은 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 제조될 수 있으며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.