(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0076503
(43) 공개일자 2020년06월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01F 1/16 (2006.01) *C21D 10/00* (2006.01)
C21D 8/12 (2006.01) *C23C 8/14* (2006.01)
C23C 8/18 (2006.01) *H01F 41/02* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01F 1/16 (2013.01)
C21D 10/005 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0165644
(22) 출원일자 2018년12월19일
심사청구일자 2018년12월19일

(71) 출원인
주식회사 포스코
경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동)
(72) 발명자
박종태
경북 포항시 남구 지곡로 319, 340동 304호 (지곡동, 지곡그린빌라)
권오열
경북 포항시 남구 새천년대로 306, 105동 2103호 (효자동, 에스케이뷰아파트)
김우신
경상북도 포항시 남구 대이로 138, 102동 1505호 (이동, 그린빌명품아파트)
(74) 대리인
유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **방향성 전기강판 및 그의 제조 방법**

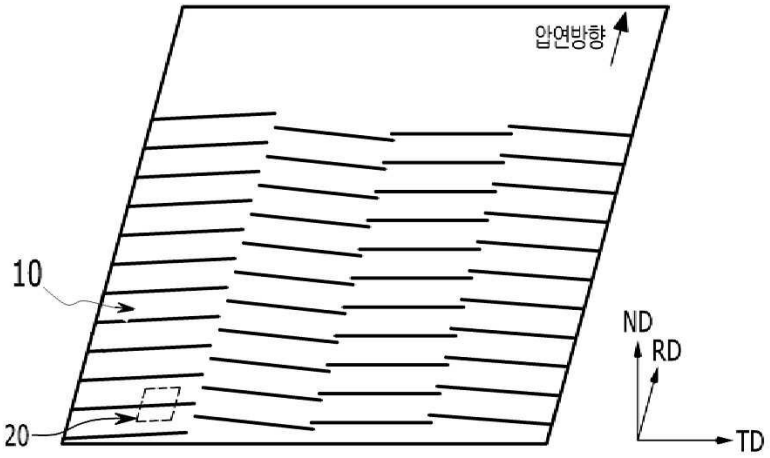
(57) 요 약

본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판의 제조 냉연판을 제조하는 단계; 냉연판에 그루브를 형성하는 단계; 냉연판을 1차 재결정 소둔하는 단계; 및

상기 1차 재결정된 냉연판에 소둔 분리제를 도포하고, 2차 재결정 소둔하는 단계를 포함하고, 냉연판을 1차 재결정 소둔하는 단계 이후, 냉연판 표층부의 SiO_2/Fe_xSiO_y의 중량비가 0.3 내지 3이다.

(단, x는 1 내지 2의 정수이고, y는 2 내지 4의 정수 이다.)

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
C21D 8/1272 (2013.01)
C21D 8/1283 (2013.01)
C23C 8/14 (2013.01)
C23C 8/18 (2013.01)
H01F 41/0233 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

전기강판 표면에 위치하는 그루브,

상기 그루브 상에 위치하는 금속 산화물층 및

상기 그루브 하부에 위치하는 불연속적으로 분산 분포하는 금속산화물계 아일랜드를 포함하고,

그루브 하부에 위치하는 아일랜드의 밀도가 그루브당 15개 이하인 방향성 전기강판.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 그루브 하부에 위치하는 아일랜드의 밀도는 0.5개/μm^2 이하인 방향성 전기강판.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 그루브 하부에 위치하는 아일랜드 중 구형도가 0.5 내지 1.0인 아일랜드의 개수가 60% 이상인 방향성 전기강판.

청구항 4

제1항에 있어서,

압연 수직 방향에 대하여, 그루브가 2 내지 10개 단속적으로 존재하는 방향성 전기강판.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 그루브의 길이 방향과 강판의 압연방향은 75 내지 88° 의 각도를 이루는 방향성 전기강판.

청구항 6

냉연판을 제조하는 단계;

상기 냉연판에 그루브를 형성하는 단계;

상기 냉연판을 1차 재결정 소둔하는 단계; 및

상기 1차 재결정된 냉연판에 소둔 분리제를 도포하고, 2차 재결정 소둔하는 단계를 포함하고,

상기 냉연판을 1차 재결정 소둔하는 단계 이후, 냉연판 표층부의 SiO_2/Fe_xSiO_y의 중량비가 0.3 내지 3인 방향성 전기강판의 제조방법.

(단 x는 1 내지 2의 정수이고, y는 2 내지 4의 정수 이다.)

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 그루브를 형성하는 단계에서, 상기 냉연판에 레이저를 조사하여 그루브를 형성하고,

레이저 출력이 1.5kW 이상이고, 레이저 주사 속도가 8m/s이상이고, 레이저 주사거리가 100mm 이상인 방향성 전기강판의 제조방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 그루브를 형성하는 단계에서, 그루브 하부에 재응고층이 형성되는 방향성 전기강판의 제조방법.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 그루브를 형성하는 단계에서, 그루브 하부에 재응고층이 두께 3㎛ 이하로 형성되는 방향성 전기강판의 제조방법.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 냉연판을 1차 재결정 소둔하는 단계는 710 내지 870℃의 온도 및 40 내지 70℃의 이슬점 온도에서 수행되는 방향성 전기강판의 제조방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 방향성 전기강판 및 그의 제조 방법에 관한 것이다. 더욱 구체적으로 1차 재결정 소둔 이후, SiO_2/Fe_xSiO_y의 중량비를 제어하여 아일랜드를 적절히 형성함으로써, 자성을 향상시킨 방향성 전기강판 및 그의 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 방향성 전기강판은 변압기 등의 전자기제품의 철심재료로 사용되기 때문에 전기기기의 전력손실을 줄임으로써 에너지 변환효율을 향상시키기 위해서는 철심소재의 철손이 우수하고 적층 및 권취시 점적율이 높은 강판이 요구된다.

[0003] 방향성 전기강판은 열연, 냉연 및 소둔공정을 통해 2차재결정된 결정립이 압연방향으로 {110}<001> 방향으로 배향된 집합조직(일명 "Goss Texture" 라고도 함)을 갖는 기능성 강판을 말한다.

[0004] 방향성 전기강판의 철손을 낮추는 방법으로서, 자구미세화 방법이 알려져 있다. 즉 자구를 스크레치나 에너지적 충격을 주어서 방향성 전기강판이 가지고 있는 큰 자구의 크기를 미세화 시키는 것이다. 이 경우 자구가 자화되고 그 방향이 바뀔 때 에너지 소모량을 자구의 크기가 컸을 때 보다 줄일 수 있게 된다. 자구미세화 방법으로는 열처리 후에도 자기적 특성이 개선되어 그 효과가 유지되는 영구자구미세화와 그렇지 않은 일시자구미세화가 있다.

[0006] 회복 (Recovery)이 나타나는 열처리 온도 이상의 응력완화열처리 후에도 철손개선 효과를 나타내는 영구자구미세화 방법은 에칭법, 롤법 및 레이저법으로 구분할 수 있다. 에칭법은 용액 내 선택적인 전기화학반응으로 강판 표면에 홈(그루브, groove)을 형성시키기 때문에 홈 형상을 제어하기 어렵고, 최종 제품의 철손특성을 폭 방향으로 균일하게 확보하는 것이 어렵다. 더불어, 용매로 사용하는 산용액으로 인해 환경오염을 유발할 수도 있는 단점을 갖고 있다.

[0007] 롤에 의한 영구자구미세화방법은 롤에 돌기모양을 가공하여 롤이나 판을 가압함으로써 판 표면에 일정한 폭과 깊이를 갖는 홈을 형성한 후 소둔함으로써 홈 하부의 재결정을 부분적으로 발생시키는 철손 개선효과를 나타내는 자구미세화기술이다. 롤법은 기계가공에 대한 안정성, 두께에 따른 안정적인 철손 확보를 얻기 힘든 신뢰성 및 프로세스가 복잡하며, 홈 형성 직후(응력완화소둔전) 철손과 자속밀도 특성이 열화되는 단점을 갖고 있다.

[0008] 레이저에 의한 영구 자구미세화 방법은 고출력의 레이저를 고속으로 이동하는 전기강판 표면부에 조사하고 레이저 조사에 의해 기지부의 용융을 수반하는 그루브(groove) 를 형성시키는 방법을 사용한다. 그러나, 이러한 영구 자구미세화 방법도 자구를 최소 크기로 미세화 시키기는 어렵다.

[0009] 일시자구미세화의 경우 코팅된 상태에서 레이저를 가한 후 코팅을 한번 더 하지 않는 방향으로 연구를하고 있기 때문에 레이저를 일정 이상의 강도로 조사하려고 하지 않는다. 일정 이상으로 가할 경우 코팅의 손상으로 인해 장력 효과를 제대로 발휘하기 어렵기 때문이다.

[0010] 영구자구미세화의 경우 홈을 파서 정자기에너지를 받을 수 있는 자유전하 면적을 넓히는 것이기 때문에 최대한 깊은 홈 깊이가 필요하다. 물론 깊은 홈깊이로 인하여 자속밀도의 저하 등의 부작용 또한 발생한다. 그렇기 때문에 자속밀도 열화를 줄이기 위해서 적정 홈깊이로 관리하게 된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명의 일 실시예는 방향성 전기강판 및 그의 제조 방법을 제공한다. 더욱 구체적으로 본 발명의 일 실시예는 1차 재결정 소둔 이후, SiO_2/Fe_xSiO_y의 중량비를 제어하여 아일랜드를 적절히 형성함으로써, 자성을 향상시킨 방향성 전기강판의 제조 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판은 전기강판 표면에 위치하는 그루브, 그루브 상에 위치하는 금속산화물층 및 그루브 하부에 위치하는 불연속적으로 분산 분포하는 금속산화물계 아일랜드를 포함한다.

[0013] 그루브 하부에 위치하는 아일랜드가 그루브당 15개 이하일 수 있다.

[0014] 그루브 하부에 위치하는 아일랜드의 밀도는 0.5개/μm^2 이하일 수 있다.

[0015] 그루브 하부에 위치하는 아일랜드 중 구형도(단축/장축)가 0.6 내지 1.0인 아일랜드의 개수가 60% 이상일 수 있다.

[0016] 압연 수직 방향에 대하여, 그루브가 2 내지 10개 단속적으로 존재할 수 있다.

[0017] 그루브의 길이 방향과 강판의 압연방향은 75 내지 88° 의 각도를 이룰 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판의 제조 방법은 냉연판을 제조하는 단계; 냉연판에 그루브를 형성하는 단계; 냉연판을 1차 재결정 소둔하는 단계; 및 1차 재결정된 냉연판에 소둔 분리제를 도포하고, 2차 재결정 소둔하는 단계를 포함한다.

[0019] 냉연판을 1차 재결정 소둔하는 단계 이후, 냉연판 표층부의 SiO_2/Fe_xSiO_y의 중량비가 0.3 내지 3이다.

[0020] (단 x는 1 내지 2의 정수이고, y는 2 내지 4의 정수 이다.)

[0021] 그루브를 형성하는 단계에서, 상기 냉연판에 레이저를 조사하여 그루브를 형성하고, 레이저 출력이 1.5kW 이상이고, 레이저 주사 속도가 8m/s이상이고, 레이저 주사거리가 100mm 이상일 수 있다.

[0022] 그루브를 형성하는 단계에서, 그루브 하부에 재응고층이 형성될 수 있다.

[0023] 그루브를 형성하는 단계에서, 그루브 하부에 재응고층이 두께 3㎛ 이하로 형성될 수 있다.

[0024] 냉연판을 1차 재결정 소둔하는 단계는 710 내지 870℃의 온도 및 40 내지 70℃의 이슬점 온도에서 수행될 수 있다.

발명의 효과

[0025] 본 발명의 일 구현예에 따르면, 1차 재결정 소둔 이후, SiO_2/Fe_xSiO_y의 중량비를 제어하여 아일랜드를 적절히 형성함으로써, 자성을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판의 압연면(ND면)의 모식도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 의한 그루브의 모식도 이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 의한 그루브의 단면의 모식도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 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.

[0028] 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.

[0029] 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.

[0030] 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.

[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.

[0033] 도 1에서는 본 발명의 일 실시예에 의해 자구미세화된 방향성 전기강판(10)의 모식도를 나타낸다.

[0034] 도 1에서 나타나듯이, 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판(10)은 전기강판의 일면 또는 양면에, 압연방향(RD방향)과 교차하는 방향으로 형성된 선상의 그루브(20);가 형성되어 있다.

[0035] 이하에서는 각 단계별로 구체적으로 설명한다.

[0036] 먼저 냉연판을 제조한다. 본 발명의 일 실시예에서는 냉연판 제조 이후, 자구미세화 방법에 그 특징이 있는 것으로서, 자구미세화의 대상이 되는 냉연판은 방향성 전기강판 분야에서 사용하는 냉연판을 제한 없이 사용할 수 있다. 특히, 방향성 전기강판의 합금 조성과는 관계 없이 본 발명의 효과가 발현된다. 따라서, 방향성 전기강판의 합금 조성에 대한 구체적인 설명은 생략하기로 한다. 일 예로서, 냉연판은 중량%로, C: 0.10%이하, Si: 2.0 내지 6.5%, Mn: 0.005 내지 1.0%, Nb+V+Ti: 0.02% 이하, Cr+Sn: 0.8%이하, Al: 3.0% 이하, P+S: 0.09% 이하 및 희토류 및 기타 불순물 총합이 0.5% 이하 및 잔부 Fe를 포함할 수 있다.

[0037] 냉연판 제조 방법에 대해서도 방향성 전기강판 분야에서 사용하는 냉연판 제조 방법을 제한 없이 사용할 수 있으며, 이에 대한 구체적인 설명은 생략하기로 한다.

[0038] 다음으로, 냉연판에 그루브를 형성한다.

[0039] 그루브를 형성하는 단계에서, 압연 수직 방향에 대하여, 그루브를 2 내지 10개 단속적으로 형성할 수 있다. 도 1에서는 압연 수직 방향에 대하여, 그루브를 4개 단속적으로 형성한 예를 나타낸다. 다만, 이에 한정되는 것은 아니고, 그루브를 연속적으로 형성하는 것도 가능하다.

[0040] 도 1 및 도 2에서 나타나듯이, 그루브(20)의 길이 방향(도1의 RD방향, 도2의 X방향)과 압연방향(RD방향)은 75 내지 88° 의 각도를 이룰 수 있다. 전술한 각도로 그루부(20)을 형성할 시, 방향성 전기강판의 철손을 개선하는 데에 기여할 수 있다.

[0041] 그루브의 폭(W)는 10 내지 200㎛일 수 있다. 그루브(20)의 폭이 짧거나 크면, 적절한 자구 미세화 효과를 얻을 수 없게 될 수 있다.

[0042] 또한, 그루브의 깊이(H)는 30㎛ 이하일 수 있다. 그루브의 깊이(H)가 너무 깊으면, 강한 레이저 조사로 인하여

강판(10)의 조직 특성을 크게 변화시키거나, 다량의 힐업 및 스패터를 형성하여 자성을 열화시킬 수 있다. 따라서 전술한 범위로 그루브(20)의 깊이를 제어할 수 있다. 더욱 구체적으로 그루브의 깊이는 3 내지 30㎛일 수 있다.

[0043] 그루브를 형성하는 단계에서, 냉연판에 레이저 또는 플라즈마를 조사하여 그루브를 형성할 수 있다.

[0044] 레이저를 사용하는 경우, 레이저 출력이 1.5kW 이상이고, 레이저 주사 속도가 8m/s이상이고, 레이저 주사거리가 100mm 이상일 수 있다. 적절한 출력, 주사 속도 및 주사거리를 사용함으로써, 그루브 하부에 재응고층을 적절히 형성할 수 있다. 이는 1차 재결정 소둔 후, 표층의 성분 함량으로 이어지며, 궁극적으로 철손 개선에 도움을 준다. 더욱 구체적으로 레이저 출력이 1.5 내지 10kW 이고, 레이저 주사 속도가 8 내지 15m/s이고, 레이저 주사거리가 100 내지 200mm일 수 있다.

[0045] 레이저의 발진 방식은 제한 없이 사용할 수 있다. 즉, 연속 발진 또는 Pulsed mode를 사용할 수 있다. 이처럼 표면 빔 흡수율이 강판의 용융열 이상이 될 수 있게 레이저를 조사하여, 도 1 및 도 2에서 표시한 그루브(20)를 형성하게 된다. 도 2에서 X방향은 그루브(20)의 길이 방향을 나타낸다.

[0046] 이처럼 레이저 또는 플라즈마를 사용할 경우, 레이저 또는 플라즈마로부터 방출되는 열에 의해 그루브 하부에 재응고층이 형성될 수 있다. 재응고층은 제조 중인 전기강판의 전체조직과 결정립 입경이 상이하여 구분된다. 재응고층의 두께는 3㎛ 이하로 형성될 수 있다. 재응고층 두께가 너무 두꺼울 경우, 후술할 냉연판 표층부의 SiO_2/Fe_xSiO_y의 중량비에 영향을 주어, 자성이 저하될 수 있다. 더욱 구체적으로 재응고층의 두께는 0.1 내지 3㎛ 일 수 있다.

[0047] 그루브를 형성하는 단계 이후, 냉연판 표면에 형성된 스패터 또는 힐업을 제거하는 단계를 더 포함할 수 잇다.

[0048] 다음으로, 냉연판을 1차 재결정 소둔한다.

[0049] 1차 재결정 소둔하는 단계는 방향성 전기강판 분야에서 널리 알려져 있으므로, 자세한 설명은 생략한다. 1차 재결정 소둔 과정에서 탈탄 또는 탈탄과 질화를 포함할 수 있으며, 탈탄 또는 탈탄과 질화를 위해 습윤 분위기에서 소둔할 수 있다. 1차 재결정 소둔하는 단계에서의 균열 온도는 710 내지 870℃일 수 있다. 또한, 이슬점 온도는 40 내지 70℃일 수 있다.

[0050] 본 발명의 일 실시예에서 냉연판 표층부의 SiO_2/Fe_xSiO_y의 중량비의 제어로 인해, 철손을 향상시킬 수 있다. 구체적으로 냉연판 표층부의 SiO_2/Fe_xSiO_y의 중량비가 0.3 내지 3일 수 있다. 전술한 범위를 벗어날 경우, 2차 재결정 소둔 후, 그루브 하부에 아일랜드가 다량 발생하며, 이는 자성에 악영향을 줄 수 있다.

[0051] 표층부는 강판 표면으로부터 1 내지 2㎛ 까지의 두께를 의미한다.

[0052] SiO_2/Fe_xSiO_y의 중량비는 FT-IR방법으로 측정이 가능하다.

[0053] 다음으로, 소둔 분리제를 도포하고, 2차 재결정 소둔한다. 소둔 분리제에 대해서는 널리 알려져 있으므로, 자세한 설명은 생략한다. 일 예로 MgO를 주성분으로 하는 소둔 분리제를 사용할 수 있다.

[0054] 2차 재결정 소둔의 목적은 크게 보면 2차 재결정에 의한 {110}<001> 집합조직 형성, 1차 재결정 소둔 시 형성된 산화층과 MgO의 반응에 의한 금속 산화물(유리질) 피막형성으로 절연성 부여, 자기특성을 해치는 불순물의 제거이다. 2차 재결정 소둔의 방법으로는 2차 재결정이 일어나기 전의 승온구간에서는 질소와 수소의 혼합가스로 유지하여 입자성장 억제제인 질화물을 보호함으로써 2차 재결정이 잘 발달할 수 있도록 하고, 2차 재결정이 완료된 후 균열 단계에서는 100% 수소분위기에서 장시간 유지하여 불순물을 제거한다.

[0055] 2차 재결정 소둔하는 단계는 900 내지 1210℃의 균열 온도에서 수행할 수 있다.

[0056] 2차 재결정 소둔 과정에서 소둔 분리제 내의 MgO 성분이 강판 표면에 형성된 산화층과 반응하여 강판 및 그루브의 표면에 금속 산화물층(포스테라이트 층)이 형성될 수 있다. 도 3에서는 금속 산화물층(30)을 개략적으로 표시하였다. 본 발명의 일 실시예에서 2차 재결정 소둔 전에 그루브가 형성되기 때문에, 강판 뿐 아니라 그루브의 표면에도 금속 산화물층(30)이 형성될 수 있다.

[0057] 본 발명의 일 실시예에서 1차 재결정 후, 표층부의 SiO_2/Fe_xSiO_y의 중량비를 적절히 제어하였으므로, 소둔 분리제 내의 MgO가 강판 내부로 침투 또는 통과하여 금속 산화물층(30) 하부에 아일랜드(40)가 형성될 수 있다. 이 아일랜드(40)는 금속 산화물을 포함한다. 더욱 구체적으로 포스테라이트를 포함한다.

[0058] 도 3에서는 아일랜드(40)을 개략적으로 표시하였다. 도 3에 나타나듯이, 금속 산화물층(30)과 분리되어 아일랜드(40)가 형성될 수 있다.

[0059] 아일랜드(40)가 불연속 적으로 적절히 형성됨으로써, 자성을 향상시키는 데에 기여할 수 있다.

[0060] 더욱 구체적으로 아일랜드(40)는 그루브 당 밀도가 15개 이하일 수 있다. 도 3에서는 아일랜드(40)가 그루브 하부에 3개 형성된 예를 나타낸다. 즉, 그루브 당 밀도가 3개 이다. 더욱 구체적으로 아일랜드(40)는 그루브 당 밀도가 3 내지 15개 일 수 있다. 더욱 구체적으로 10 내지 15개일 수 있다.

[0061] 그루브 하부에 위치하는 아일랜드의 밀도는 0.5개/μm^2 이하일 수 있다.

[0062] 이 때, 기준은 강판 압연 방향(RD방향) 및 두께 방향(ND방향)을 포함하는 단면(TD면)에서 그루브 하부로 5㎛ 이내의 면적에 대한 그루브 당 아일랜드의 밀도를 의미한다.

[0064] 그루브(20) 하부에 위치하는 아일랜드(40) 중 구형도(단축/장축) 0.6 내지 1.0인 아일랜드의 개수가 60% 이상이다. 이 때, 기준은 강판 압연 방향(RD방향) 및 두께 방향(ND방향)을 포함하는 단면(TD면)이다. 또한, 그루브(20)가 형성되지 않은 표면 하부에 위치하는 아일랜드(40)는 전술한 분포 계산에서 제외한다. 바꾸어 말하면, 그루브(20) 하부에 위치하는 아일랜드(40) 중 구형도(단축/장축) 0.6 이하인 아일랜드가 30% 미만이다. 더욱 구체적으로 그루브(20) 하부에 위치하는 아일랜드(40) 중 구형도(단축/장축) 0.6 내지 1.0인 아일랜드가 60 내지 90% 이다. 더욱 구체적으로 하부에 위치하는 아일랜드(40) 중 구형도(단축/장축) 0.6 내지 1.0인 아일랜드가 70 내지 80% 이다.

[0066] 2차 재결정 소둔하는 단계 이후, 금속 산화물층 상에 절연코팅층을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0067] 절연코팅층을 형성하는 방법은 특별히 제한 없이 사용할 수 있으며, 일예로, 인산염을 포함하는 절연 코팅액을 도포하는 방식으로 절연 피막층을 형성할 수 있다. 이러한 절연 코팅액은 콜로이달 실리카와 금속인산염을 포함하는 코팅액을 사용하는 것이 바람직하다. 이 때 금속인산염은 Al 인산염, Mg 인산염, 또는 이들의 조합일 수 있으며, 절연 코팅액의 중량 대비 Al, Mg, 또는 이들의 조합의 함량은 15 중량% 이상일 수 있다.

[0069] 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판은 전기강판(10)의 표면에 위치하는 그루브(20), 그루브(20) 상에 위치하는 금속 산화물층(30) 및 그루브 하부에 위치하는 아일랜드(40)를 포함한다.

[0070] 아일랜드(40)는 그루브 당 밀도가 15개 이하일 수 있다. 더욱 구체적으로 아일랜드(40)는 그루브 당 밀도가 3 내지 15개 일 수 있다. 더욱 구체적으로 10 내지 15개일 수 있다. 그루브 당 밀도가 15개 초과인 경우 자성이 열위해 진다.

[0071] 그루브 하부에 위치하는 아일랜드(40) 중 그루브(20) 하부에 위치하는 아일랜드(40) 중 구형도(단축/장축) 0.6 내지 1.0인 아일랜드의 개수가 60% 이상이다. 아일랜드(40)의 형성을 적절히 형성함으로써, 자성을 향상시킬 수 있다. 더욱 구체적으로 그루브(20) 하부에 위치하는 아일랜드(40) 중 구형도(단축/장축) 0.6 내지 1.0인 아일랜드가 60 내지 90% 이다. 더욱 구체적으로 하부에 위치하는 아일랜드(40) 중 구형도(단축/장축) 0.6 내지 1.0인 아일랜드가 70 내지 80% 이다.

[0072] 이하에서는 실시예를 통하여 본 발명을 좀더 상세하게 설명한다. 그러나 이러한 실시예는 단지 본 발명을 예시하기 위한 것이며, 본 발명이 여기에 한정되는 것은 아니다.

[0074] **실시예**

[0075] 냉간압연한 두께 0.23㎜의 냉연판을 준비하였다. 이 냉연판에 2.0kW의 Gaussian mode의 연속파 레이저를 주사속도 10m/s, 주사거리 150㎜로 조사하여, RD방향과 85° 각도의 그루브를 형성하였다. 그 후, 1차 재결정 소둔하고, MgO 소둔분리제를 도포 후 2차 재결정 하였다. 이후 절연 코팅층을 형성하였다.

[0076] 1차 재결정 소둔 후 표면부의 SiO_2/Fe_xSiO_y의 중량비를 측정하여 하기 표 1에 나타내었으며, 그루브 하부의 아일

랜드 밀도를 측정하여 표 1에 나타내었다. 또한, 철손(W17/50)을 측정하여 하기 표 1에 나타내었다.

표 1

[0077]

구 분	표층부 SiO_2/Fe_xSiO_y의 중량비	아일랜드 밀도 (수/그루브 당)	철손, W17/50, (W/kg)
실시예 1	0.3	5	0.74
실시예 2	0.5	10	0.72
실시예 3	0.7	5	0.71
실시예 4	0.4	12	0.72
실시예 5	1.2	15	0.71
실시예 6	1.8	9	0.73
실시예 7	1.1	8	0.73
실시예 8	2.3	11	0.72
실시예 9	3.0	15	0.71
실시예 10	2.7	11	0.72
비교예	3.5	17	0.80

[0078] 표 1에서 나타나는 것과 같이, SiO_2/Fe_xSiO_y의 중량비를 적절히 제어한 경우, 아일랜드가 적정 개수로 형성되고, 철손이 우수함을 확인할 수 있다. 반면, SiO_2/Fe_xSiO_y의 중량비가 적절히 제어되지 않은 비교예는 아일랜드가 다량 발생하여, 자성이 비교적 열위함을 확인할 수 있다.

[0079] 또한, 실시예 1 내지 10은 그루브 하부에 위치하는 아일랜드 중 구형도가 0.6 내지 1.0인 아일랜드의 개수가 각각 50% 이상이고, 그루브 하부에 위치하는 아일랜드의 밀도가 15개 이하임을 확인하였다.

[0080] 반면, 비교예는 그루브 하부에 위치하는 아일랜드 중 구형도가 0.6 내지 1.0인 아일랜드의 개수가 50% 미만임을 확인하였고, 또한, 그루브 하부에 위치하는 아일랜드의 밀도가 15개 초과함을 확인하였다.

[0082] 본 발명은 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 제조될 수 있으며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

부호의 설명

[0084] 10: 방향성 전기강판,

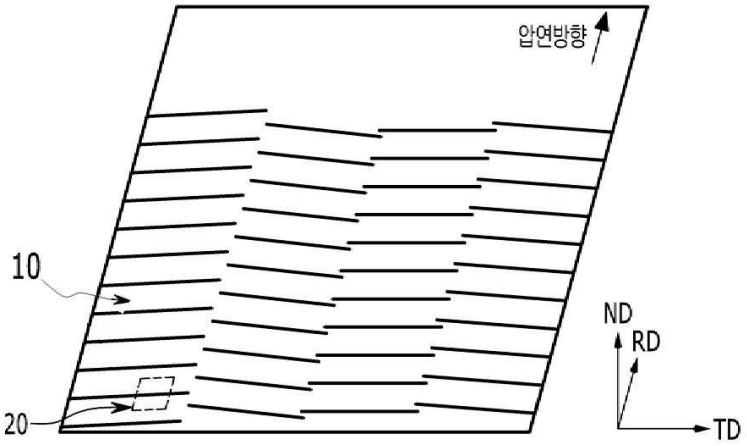
20 : 그루브,

30 : 금속 산화물층,

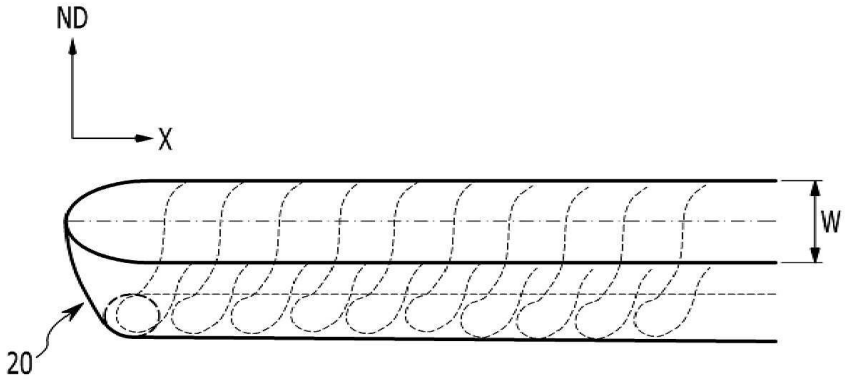
40 : 아일랜드

도면

도면1



도면2



도면3

