



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2014-0133681  
 (43) 공개일자 2014년11월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*C22C 38/00* (2006.01) *C21D 8/12* (2006.01)  
*H01F 1/16* (2006.01) *B21B 3/00* (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2013-0052708  
 (22) 출원일자 2013년05월09일  
 심사청구일자 2013년05월09일

(71) 출원인  
**주식회사 포스코**  
 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동)  
 (72) 발명자  
**박준수**  
 경북 포항시 남구 지곡로 294, 229동 1302호 (지곡동, 효자그린2차아파트)  
**배병근**  
 경북 포항시 북구 대안길 56, 110동 1302호 (용흥동, 포항우방타운)  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
**유미특허법인**

전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **무방향성 전기강판 및 그 제조방법**

**(57) 요약**

본 발명은 무방향성 전기강판 및 그 제조방법에 관한 것으로, 중량%로, C:0.005%이하, Si:1.5~3.5%, Al:0.1~0.5%, Mn:0.5~1.5%, P:0.02~0.2%, N:0.005%이하, S:0.001~0.005%, Ti:0.005%이하, 잔부는 Fe 및 기타 불가피하게 첨가되는 불순물로 구성되고, 상기 Mn, Al은  $[Al]/[Mn] \leq 0.5$ 의 조성식을 만족하는 무방향성 전기강판이 개시된다. 단, 상기 [Mn], [Al]은 각각 첨가되는 Mn, Al의 중량%를 의미한다.

(72) 발명자

**이세일**

경북 포항시 남구 지곡로 260, 106동 1006호 (지곡동, 효자그린1차아파트)

**이상우**

경북 포항시 남구 지곡로211번길 50, 342동 501호 (지곡동, 지곡그린빌라)

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

중량%로, C:0.005%이하, Si:1.5~3.5%, Al:0.1~0.5%, Mn:0.5~1.5%, P:0.02~0.2%, N:0.005%이하, S:0.001~0.005%, Ti:0.005%이하, 잔부는 Fe 및 기타 불가피하게 첨가되는 불순물로 구성되고, 상기 Mn, Al은  $[Al]/[Mn] \leq 0.5$ 의 조성식을 만족하는 무방향성 전기강판.

단, 상기 [Mn], [Al]은 각각 첨가되는 Mn, Al의 중량%를 의미한다.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

Sn + Sb: 0.01~0.2중량%를 더 포함하는 무방향성 전기강판.

### 청구항 3

제2항에 있어서,

Cu, Ni, Cr을 각각 0.05중량% 이하로 포함하고, Zr, Mo, V를 각각 0.01중량% 이하로 포함하는 무방향성 전기강판.

### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 강판은  $V_{\{100\}}/V_{\{111\}} \geq 1$ ,  $V_{\{110\}}/V_{\{111\}} \geq 0.5$ 를 만족하는 무방향성 전기강판.

단, 상기  $V_{\{100\}}$ ,  $V_{\{110\}}$ ,  $V_{\{111\}}$ 는 각각 {100}, {110}, {111} 집합조직의 부피 분율을 의미한다.

### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 강판의 결정립 크기는 50~180 $\mu\text{m}$ 인 무방향성 전기강판.

### 청구항 6

중량%로, C:0.005%이하, Si:1.5~3.5%, Al:0.1~0.5%, Mn:0.5~1.5%, P:0.02~0.2%, N:0.005%이하, S:0.001~0.005%, Ti:0.005%이하, 잔부는 Fe 및 기타 불가피하게 첨가되는 불순물로 구성되고, 상기 Mn, Al은  $[Al]/[Mn] \leq 0.5$ 의 조성식을 만족하는 강 슬라브를 1200 $^{\circ}\text{C}$  이하로 재가열하는 단계;

재가열된 슬라브를 열간압연하는 단계;

열간압연된 열연판을 열연판 소둔하거나 이를 생략하고 냉간압연하는 단계; 및

냉간압연된 냉연판을 850~1100 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도에서 최종소둔하는 단계를 포함하는 무방향성 전기강판 제조방법.

### 청구항 7

제6항에 있어서,

Sn + Sb: 0.01~0.2중량%를 더 포함하는 무방향성 전기강판 제조방법.

### 청구항 8

제7항에 있어서,

Cu, Ni, Cr을 각각 0.05중량% 이하로 포함하고, Zr, Mo, V를 각각 0.01중량% 이하로 포함하는 무방향성 전기강판 제조방법.

### 청구항 9

제6항에 있어서,

상기 열연관 소둔은 850~1150℃의 온도 범위에서 이루어지는 무방향성 전기강관 제조방법.

**청구항 10**

제6항에 있어서,

상기 냉간압연은 1차 냉간압연 또는 중간소둔을 사이에 둔 2회 이상의 냉간압연인 무방향성 전기강관 제조방법.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 무방향성 전기강관 및 그 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 알루미늄의 함량을 감소시킴과 동시에 망간의 함량을 알루미늄의 2배 이상 첨가하여 자성이 향상된 무방향성 전기강관 및 그 제조방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 무방향성 전기강관은 전기기기의 에너지 효율을 결정하는데 중요한 역할을 하는데 그 이유는 무방향성 전기강관이 모터, 발전기 등의 회전 기기와 소형 변압기 등의 정지기기에서 철심용 재료로 사용되어 전기적 에너지를 기계적 에너지로 바꾸어 주는 역할을 하기 때문이다.

[0003] 전기강관의 자기적 특성으로는 철손과 자속밀도를 들 수 있는데 철손은 에너지 손실이기 때문에 낮을수록 좋으며, 자속밀도는 높을수록 똑같은 에너지로 더 큰 자기장을 유도할 수 있으며 같은 자속밀도를 얻기 위해서는 적은 전류를 인가해도 되기 때문에 동손도 감소시킬 수 있어서 자속밀도는 높을수록 좋다.

[0004] 무방향성 전기강관의 경우 철손을 개선하기 위한 주요 합금원소는 Si, Al, Mn 등이 있다. 철손을 개선하기 위해서는 비저항이 큰 합금 원소인 이들 원소를 첨가하는 방법이 사용된다. 그 중, Si, Al은 비저항을 크게 증가시키는 원소이기 때문에 철손을 낮추기 위해서 그 첨가량이 점점 증가하고 있는 추세에 있으나, Mn은 이들보다 비저항 증가량이 작고 자속밀도를 감소시킬 수 있는 우려 때문에 그 첨가량이 제한적으로 사용되고 있는 상황이다.

[0005] 그러나, Si, Al, Mn 등 비저항 원소를 첨가하게 되면 철손은 감소하지만 포화 자속밀도 감소로 인한 자속밀도의 감소 문제는 해결되지 않으므로, 철손을 낮추면서 자속밀도를 향상시키는 기술이 요구되고 있다.

[0006] 이러한 문제점을 해결하기 위하여 일본 공개특허 2005-200756호, 일본 공개특허 2006-131946호, 일본 공개특허 2011-080140호, 일본 특허 특개소 55-158252호, 62-180014호, 59-100217호 및 대한민국 공개특허 1997-0043173호에서 여러 가지 방법으로 시도하였으나, 생산성 저하, 자성 저하 또는 비용 증가 등의 문제가 있었다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0007] 상기와 같은 문제를 해결하기 위한 본 발명은 강의 합금 원소 중 Al의 첨가량을 감소시키고 Mn의 첨가량을 Al의 2배 이상으로 증가시켜 집합조직을 향상시킴으로써 철손을 낮추고 자속밀도를 향상시킨 저철손, 고자속밀도의 무방향성 전기강관 및 그 제조방법을 제공하고자 한다.

**과제의 해결 수단**

[0008] 본 발명의 하나 또는 다수의 실시예에서는 중량%로, C:0.005%이하, Si:1.5~3.5%, Al:0.1~0.5%, Mn:0.5~1.5%, P:0.02~0.2%, N:0.005%이하, S:0.001~0.005%, Ti:0.005%이하, 잔부는 Fe 및 기타 불가피하게 첨가되는 불순물로 구성되고, 상기 Mn, Al은  $[Al]/[Mn] \leq 0.5$ 의 조성식을 만족하는 무방향성 전기강관이 제공될 수 있다. 단, 상기 [Mn], [Al]은 각각 첨가되는 Mn, Al의 중량%를 의미한다.

[0009] 또한, Sn + Sb: 0.01~0.2중량%를 더 포함할 수 있고, Cu, Ni, Cr을 각각 0.05중량% 이하로 포함하고, Zr, Mo,

V를 각각 0.01중량% 이하로 포함할 수 있다.

[0010] 상기 강관은  $V_{\{100\}}/V_{\{111\}} \geq 1$ ,  $V_{\{110\}}/V_{\{111\}} \geq 0.5$ 를 만족하며, 이때, 상기  $V_{\{100\}}$ ,  $V_{\{110\}}$ ,  $V_{\{111\}}$ 는 각각 {100}, {110}, {111} 집합조직의 부피 분율을 의미한다.

[0011] 또한, 상기 강관의 결정립 크기는 50~180 $\mu\text{m}$ 일 수 있다.

[0012] 또한, 본 발명의 하나 또는 다수의 실시예에서는 중량%로, C:0.005%이하, Si:1.5~3.5%, Al:0.1~0.5%, Mn:0.5~1.5%, P:0.02~0.2%, N:0.005%이하, S:0.001~0.005%, Ti:0.005%이하, 잔부는 Fe 및 기타 불가피하게 첨가되는 불순물로 구성되고, 상기 Mn, Al은  $[Al]/[Mn] \leq 0.5$ 의 조성식을 만족하는 강 슬라브를 1200 $^{\circ}\text{C}$ 이하로 재가열하는 단계; 재가열된 슬라브를 열간압연하는 단계; 열간압연된 열연판을 열연판 소둔하거나 이를 생략하고 냉간압연하는 단계; 및 냉간압연된 냉연판을 850~1100 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도에서 최종소둔하는 단계를 포함하는 무방향성 전기강관 제조방법이 제공될 수 있다.

[0013] 이때, Sn + Sb: 0.01~0.2중량%를 더 포함할 수 있고, Cu, Ni, Cr을 각각 0.05중량% 이하로 포함할 수 있으며, Zr, Mo, V를 각각 0.01중량% 이하로 포함할 수 있다.

[0014] 상기 열연판 소둔은 850~1150 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도 범위에서 이루어질 수 있고, 상기 냉간압연은 1차 냉간압연 또는 중간소둔을 사이에 둔 2회 이상의 냉간압연일 수 있다.

### 발명의 효과

[0015] 본 발명의 일실시예에 따르면 무방향성 전기강관에서 Al의 첨가량을 감소시킴과 동시에 비저항을 보상하기 위하여 Mn의 첨가량을 증가시키고, Mn의 첨가량을 Al의 첨가량보다 2배 이상 첨가하여 자성에 유리한 집합조직의 부피 분율을 증가시킴으로써 자성이 향상된 저철손, 고자속밀도의 무방향성 전기강관을 제조할 수 있다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 상세하게 후술되어 있는 일실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 일실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 일실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0017] 본 발명의 일실시예에서의 무방향성 전기강관은 Si, Al, Mn 및 P 등을 첨가한 성분계에서 종래와는 달리 Al의 첨가량을 0.1~0.5중량%로 낮추고, Mn의 첨가량을 0.5~1.5중량%로 한정함으로써 알루미늄 첨가량의 2배 이상으로 첨가하여 집합조직을 향상시켜 자성에 유리한 {100} 및 {110} 집합조직을 증가시키고, 자성에 불리한 {111} 집합조직을 감소시킴으로써 철손 및 자속밀도를 향상시키고자 하였다.

[0018] 본 발명의 일실시예에서는 중량%로, Si:1.5~3.5%, Al:0.1~0.5%, Mn:0.5~1.5%, P:0.02~0.2%, N:0.005%이하, S:0.001~0.005%, 잔부 Fe 및 기타 불가피하게 첨가되는 불순물로 구성되고, 상기 Mn, Al은  $[Al]/[Mn] \leq 0.5$ 의 조성식을 만족한다. 이때, 상기 [Mn], [Al]은 첨가되는 Mn, Al의 중량%를 의미하며 이하에서 같다.

[0019] 또한, 본 발명의 일실시예에서는 상기 성분계에 Sn + Sb를 0.01~0.2중량% 첨가한다.

[0020] 상기와 같은 조성을 갖는 무방향성 전기강관은 최종 소둔 후 강관의 집합조직에서 {100}, {110}, {111} 집합조직의 분율을 각각  $V_{\{100\}}$ ,  $V_{\{110\}}$ ,  $V_{\{111\}}$ 이라고 할 때,  $V_{\{100\}}/V_{\{111\}} \geq 1$ ,  $V_{\{110\}}/V_{\{111\}} \geq 0.5$ 를 만족하여 철손은 낮출 수 있고, 자속밀도는 향상시킬 수 있다. 이때, 상기 무방향성 전기강관의 평균 결정립 크기는 50~180 $\mu\text{m}$ 정도이다.

[0021] 본 발명의 일실시예에서 첨가되는 주요 원소는 Si, Mn, Al, P, Sn, Sb인데, 종래에는 철손을 낮추기 위하여 비저항 큰 원소로 Si와 Al을 사용하였고, Si의 첨가량이 증가할 경우 냉간압연성이 나빠지기 때문에 Al도 그 첨가량이 함께 사용하였다. Mn 역시 비저항을 증가시킬 수 있는 원소이나 Si와 Al에 비하여 그 효과가 적으며 포화 자속밀도를 떨어뜨릴 수 있는 비자성 원소이다. 그러나, Si, Al, Mn등의 첨가원소는 첨가될수록 철손은 감소시킬 수 있으나 자속밀도도 함께 감소되는 문제가 있었다.

[0022] 이에 본 발명의 일실시예에서는 Al의 첨가량을 감소시키고 Mn의 첨가량을 Al첨가량의 2배 이상으로 증가시켜 상기 Mn, Al은  $[Al]/[Mn] \leq 0.5$ 의 조성식을 만족하도록 제어될 경우 Al의 첨가량 감소분을 Mn 첨가량을 증가시켜

보상함으로써 철손을 낮추었으며, Mn 첨가량의 증가로 집합조직을 향상시켜 자속밀도를 향상시킴으로써 철손이 낮고 자속밀도가 높은 무방향성 전기강판을 얻을 수 있도록 하였다.

- [0023] 이하에서는 본 발명의 일실시예에 따른 성분의 수치한정 이유를 설명한다.
- [0024] Si:1.5~3.5중량%
- [0025] 상기 Si는 강의 비저항을 증가시켜서 철손 중 와류손실을 낮추기 위하여 첨가되는 주요 원소로서, 1.5% 이하에서는 고자속밀도의 특성을 얻을 수는 있으나 저철손 특성을 얻기 어렵고, 3.5%를 초과하여 첨가되면 냉간 압연 시 판과단이 일어나기 때문에 본 발명에 따른 일실시예에서는 Si의 함량을 1.5~3.5중량%로 한정한다.
- [0026] Mn:0.5~1.5중량%
- [0027] 상기 Mn은 Si, Al등과 더불어 비저항을 증가시켜 철손을 낮추는 효과도 있지만 첨가될수록 자속밀도를 감소시키기 때문에 기존의 무방향성 전기강판에서는 0.1~0.5% 정도 첨가함으로써 철손을 개선하려는 목적으로 첨가되었다. 그러나, 본 발명에 따른 일실시예에서는 Mn 첨가량을 증가시키면 Al첨가량을 감소시킬 수 있고, 집합조직을 개선함으로써 자속밀도를 향상시킬 수 있으므로 Mn 첨가량을 0.5~1.5%로 한정한다.
- [0028] Al:0.1~0.5중량%
- [0029] 상기 Al은 비저항을 증가시키는 주요 원소이기 때문에 철손을 낮추기 위하여 많이 첨가되지만 첨가시 포화 자속 밀도를 감소시키는 역할도 한다. 또한, Al 첨가량이 0.1%미만으로 과도하게 적으면 미세한 AlN을 형성시켜 결정립 성장을 억제하여 자성을 저하시키며, 0.5%를 초과하여 첨가되면 자속밀도가 감소되는 원인이 되므로 본 발명에 따른 일실시예에서는 Al의 함량을 0.1~0.5%로 한정한다.
- [0030] P:0.02~0.2중량%
- [0031] 상기 P는 비저항을 증가시켜 철손을 낮추며 결정립계에 편석함으로써 자성에 유해한 {111} 집합 조직의 형성을 억제하고 유리한 집합조직인 {100}을 형성하나 0.2%를 초과하여 첨가되면 냉간압연성이 저하되므로 본 발명에 따른 일실시예에서는 0.02~0.2%로 한정한다.
- [0032] C:0.005중량% 이하
- [0033] C은 많이 첨가될 경우 오스테나이트 영역을 확대하며 상변태 구간을 증가시키고 소둔시 페라이트의 결정립 성장을 억제하여 철손을 높이는 효과를 나타내며, Ti등과 결합하여 탄화물을 형성하여 자성을 열위시키며 최종제품에서 전기 제품으로 가공 후 사용시 자기시효에 의하여 철손을 높이기 때문에 본 발명에 따른 일실시예에서는 C의 함량을 0.005%이하로 한정한다.
- [0034] S:0.001~0.005중량% 이하
- [0035] S는 자기적 특성에 유해한 MnS, CuS 및 (Cu,Mn)S 등의 황화물을 형성하는 원소이므로 가능한 한 낮게 첨가하는 것이 바람직하다. 그러나, 0.001%미만으로 첨가될 경우 오히려 집합조직 형성에 불리하여 자성이 저하되기 때문에 0.001%이상 함유도록 하며, 0.005%를 초과하여 첨가될 경우에는 미세한 황화물의 증가로 인해 자성이 열위해지므로 본 발명에 따른 일실시예에서는 S의 함량을 0.001~0.005%로 한정한다.
- [0036] N:0.005중량% 이하
- [0037] N는 Al, Ti등과 강하게 결합함으로써 질화물을 형성하여 결정립성장을 억제하는 등 자성에 해로운 원소이므로 적게 함유시키는 것이 바람직하며, 본 발명에 따른 일실시예에서는 0.005중량% 이하로 한정한다.
- [0038] Ti:0.005중량% 이하
- [0039] Ti는 미세한 탄화물과 질화물을 형성하여 결정립성장을 억제하며 많이 첨가될수록 증가된 탄화물과 질화물로 인해 집합조직도 열위하게 되어 자성이 나빠지게 되므로 본 발명에 따른 일실시예에서는 0.005%이하로 한정한다.
- [0040] Sn + Sb:0.01~0.2중량%
- [0041] 상기 Sn과 Sb는 결정립계에 편석원소로서 결정립계를 통한 질소의 확산을 억제하며 자성에 해로운 {111} 집합조직(texture)을 억제하고 유리한 {100} 집합조직을 증가시켜 자기적 특성을 향상시키기 위하여 첨가하며, Sn, Sb 단독 또는 그 합이 0.2%를 초과하여 첨가하면 결정립 성장을 억제하여 자성을 떨어뜨리고 압연성상이 나빠지기

때문에 Sn + Sb의 값을 0.01~0.2%로 한정한다.

- [0042] 그리고, 상기 원소 외에 제강 공정에서 불가피하게 첨가되는 원소인 Cu, Ni, Cr의 경우 불순물 원소들과 반응하여 미세한 황화물, 탄화물 및 질화물을 형성하여 자성에 유해한 영향을 미치므로 이들 함유량은 각각 0.05중량% 이하로 한정한다. 또한, Zr, Mo, V 도 강력한 탄질화물 형성 원소이기 때문에 가능하면 첨가되지 않는 것이 바람직하므로 본 발명에 따른 일실시예에서는 이들 함량을 각각 0.01중량%이하로 한정한다. 상기한 조성 이외에 나머지는 Fe 및 기타 불가피한 불순물로 조성된다.
- [0043] 또한, 본 발명에 따른 일실시예에서 Mn, Al은  $[Al]/[Mn] \leq 0.5$ 의 조성식을 만족하도록 하는데 그 이유는 다음과 같다. 종래의 방법에 따르면 철손을 감소시키기 위해서는 Si과 더불어 Al, Mn 첨가량을 증가시켜야 하나 Al에 비해 Mn은 비저항에 미치는 영향이 적기 때문에 Al을 많이 첨가하고 Mn은 0.1~0.5%수준으로 첨가하여 왔다. 그러나, Si, Al, Mn등의 첨가원소가 증가할수록 자속밀도가 감소하는 문제를 해결하지는 못하였다. 이를 해결하기 위한 방법으로 집합조직을 향상시키는 것을 들 수 있는데, Mn을 첨가할 경우 집합조직이 향상되어 자속밀도를 증가시킬 수 있다.
- [0044] 따라서 Al의 첨가량을 감소시키는 대신 Mn을 Al보다 2배 이상 첨가시킬 경우 Al첨가량 감소에 따른 비저항 감소를 Mn의 첨가로 보상하여 집합조직의 향상을 통하여 자속밀도도 증가시킬 수 있기 때문에 Mn, Al은  $[Al]/[Mn] \leq 0.5$ 의 조성식을 만족하도록 제어하여 철손은 낮추고 자속밀도는 높일 수 있도록 하였다.
- [0045] 이하에서는 본 발명에 따른 무방향성 전기강판의 제조방법에 대하여 살펴본다.
- [0046] 먼저, 중량%로, C:0.005%이하, Si:1.5~3.5%, Al:0.1~0.5%, Mn:0.5~1.5%, P:0.02~0.2%, N:0.005%이하, S:0.001~0.005%, Ti:0.005%이하, 잔부는 Fe 및 기타 불가피하게 첨가되는 불순물로 구성되고, 상기 Mn, Al은  $[Al]/[Mn] \leq 0.5$ 의 조성식을 만족하는 조성을 갖는 강 슬라브를 1200℃이하로 재가열한다.
- [0047] 만약, 재가열 온도가 1200℃이상일 경우 슬라브 내에 존재하는 AlN, MnS등의 석출물이 재고용된 후 열간압연시 미세 석출되어 결정립 성장을 억제하고 자성을 저하시키므로 재가열 온도는 1200℃이하로 제한한다.
- [0048] 재가열한 다음에는 열간압연을 실시하는데, 열간압연시 사상압연에서의 마무리압연은 페라이트상에서 종료하며 판형상 교정을 위하여 최종 압하율은 20%이하로 실시한다.
- [0049] 상기와 같이 열간압연된 열연판을 700℃이하에서 권취하고, 공기중에서 냉각한다. 권취 냉각된 열연판은 필요에 따라 열연판 소둔 및 산세한 다음, 냉간압연하고 마지막으로 냉연판소둔을 실시한다. 상기의 산세는 통상의 방법으로 실시할 수 있다.
- [0050] 상기 열연판소둔은 자성 개선을 위하여 필요할 경우에 열연판을 소둔하는 것이며, 열연판 소둔온도는 850~1150℃로 한다. 만약, 열연판 소둔온도가 850℃보다 낮으면 결정립 성장이 불충분하며, 1150℃를 초과하는 경우에는 결정립이 과도하게 성장하고 판의 표면 결함이 과다해지므로 본 발명에 따른 일실시예에서의 소둔온도는 850~1150℃로 한다.
- [0051] 상기 냉간압연은 0.10mm에서 0.70mm의 두께로 최종 압연한다. 필요시 1차 냉간압연과 중간소둔을 사이에 둔 2회 이상의 냉간압연을 실시할 수 있으며, 최종 압하율은 50~95%의 범위로 한다.
- [0052] 최종 냉간압연된 강판은 냉연판 소둔한다. 냉연판을 소둔하는 공정에서 소둔시 냉연판 소둔의 균열온도는 850~1100℃로 한다. 냉연판 소둔온도가 850℃보다 낮은 경우에는 결정립의 성장이 미흡하며, 1100℃를 초과하는 경우에는 결정립이 과도하게 성장하여 자성에 나쁜 영향을 미칠 수 있기 때문에 본 발명에 따른 일실시예에서의 냉연판의 균열온도는 850~1100℃로 한정한다.
- [0053] 상기 소둔판은 절연피막처리 후 고객사로 출하된다. 상기 절연피막은 유기질, 무기질 및 유무기 복합피막으로 처리될 수 있으며, 기타 절연이 가능한 피막제로 처리하는 것도 가능하다. 고객사는 강판을 가공 후 그대로 사용할 수 있다.

[0054] 이하에서는 일 실시예를 통하여 본 발명을 보다 상세하게 설명한다.

[0055] [실시예 1]

[0056] 진공 용해를 통하여 하기 표 1과 같이 조성되는 강괴를 제조하여 Mn, Al의 양을 변화시켜 그 영향을 조사하였다. 각 강괴는 1140℃에서 가열하고, 2.6mm의 두께로 열간압연한 후 권취하였다. 공기 중에서 권취하고 냉각한 열연강판은 1010℃에서 3분간 소둔하고, 산세한 다음 0.35mm 두께로 냉간압연하고, 냉연판 소둔은 1000에서 120초간 최종 소둔을 하였다. 각각의 시편에 대하여 X-ray pole figure test를 통해 집합조직의 분율을 측정하였으며 입자 크기(grain size)를 절편법(intercept method)을 사용하여 측정하였고 철손( $W_{15/50}$ )과 자속밀도( $B_{50}$ )를 측정하여 그 결과를 하기 표 2에 나타내었다.

[0057] 본 발명에 따른 실시예에서 집합조직을 분석하기 위한 방법으로는 X-ray pole figure 측정 방법이 사용하였는데, 이는 시편의 표면을 두께의 3/4t가 되는 부분까지 연마 후 X-ray 회절 분석기로 (110), (200), (211) 극점도(pole figure)를 측정하였고 그 결과 {100}, {110}, {111} 집합조직의 분율  $V_{\{100\}}$ ,  $V_{\{110\}}$ ,  $V_{\{111\}}$ 의 부피 분율(volume fraction)을 각각 계산하는 방식이다.

표 1

[0058]

강종	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ti	Sn	Sb
A1	0.0024	2.3	0.78	0.054	0.0041	0.56	0.0024	0.0009	0.034	0.031
A2	0.0016	2.6	0.95	0.079	0.0016	0.49	0.0019	0.0033	0	0.029
A3	0.0032	3.1	0.46	0.034	0.0024	0.31	0.0034	0.0013	0	0.064
A4	0.0037	2.5	0.64	0.027	0.0031	0.31	0.0027	0.0016	0.067	0.018
A5	0.0003	3.3	0.79	0.034	0.0035	0.24	0.0022	0.0012	0.024	0.044
A6	0.0029	3.1	0.75	0.061	0.0019	0.3	0.0012	0.0008	0.019	0.067
A7	0.0034	3.4	0.57	0.095	0.0011	0.42	0.0016	0.0033	0.064	0
A8	0.0012	2.1	0.49	0.024	0.0024	0.08	0.0027	0.0023	0.061	0.062
A9	0.0016	2.8	0.83	0.035	0.0029	0.48	0.0024	0.002	0.047	0
A10	0.0019	3	0.82	0.041	0.0033	0.21	0.0036	0.0018	0	0.038
A11	0.0039	2.7	0.66	0.065	0.0027	0.29	0.0038	0.0014	0.031	0.022
A12	0.0034	3.1	0.56	0.039	0.0016	0.25	0.0027	0.0023	0.028	0.023
A13	0.0014	3.3	1.12	0.043	0.0028	0.46	0.0021	0.0024	0.081	0
A14	0.002	2.8	0.61	0.077	0.0022	0.36	0.0013	0.0027	0.072	0.012

표 2

[0059]

강종	[Al]/[Mn]	$V_{\{100\}}/V_{\{111\}}$	$V_{\{110\}}/V_{\{111\}}$	입자크기 ( $\mu\text{m}$ )	철손 $W_{15/50}$	자속밀도 $B_{50}$	비고
A1	0.72	0.71	0.44	115	2.81	1.68	비교예
A2	0.52	0.93	0.48	119	2.67	1.67	비교예
A3	0.67	0.84	0.37	134	2.46	1.66	비교예
A4	0.48	1.36	0.61	127	2.12	1.73	발명예
A5	0.30	1.11	0.7	108	1.93	1.71	발명예
A6	0.40	1.24	0.72	111	1.96	1.71	발명예
A7	0.74	0.88	0.38	126	2.39	1.65	비교예
A8	0.16	0.97	0.48	123	2.75	1.67	비교예
A9	0.58	0.92	0.41	137	2.47	1.66	비교예
A10	0.26	1.34	0.82	117	1.99	1.71	발명예
A11	0.44	1.16	0.67	126	2.09	1.72	발명예
A12	0.45	1.27	0.61	130	2.03	1.73	발명예
A13	0.41	1.11	0.58	116	1.89	1.7	발명예
A14	0.59	1.05	0.57	116	2.07	1.72	발명예

[0060] 1) 철손( $W_{15/50}$ )은 50Hz주파수에서 1.5Tesla의 자속밀도가 유지되었을 때의 압연방향과 압연방향 수직방향의 평균

손실(W/kg)임.

[0061] 2) 자속밀도(B<sub>50</sub>)은 5000A/m의 자기장을 부가하였을 때 유도되는 자속밀도의 크기(Tesla)임.

[0062] 상기 표 2에 나타난 바와 같이, 본 발명의 [Mn], [Al] 및 [Al]/[Mn] ≤ 0.5의 조성식을 만족하는 강종 A4, A5, A6, A10, A11, A12, A13, A14는 집합조직 측정 결과 V<sub>{100}</sub>/V<sub>{111}</sub>도 1이상이었으며 V<sub>{110}</sub>/V<sub>{111}</sub>도 0.5이상으로 나타났고, 결정립 크기도 50~180μm를 만족하여 그 결과 철손(W<sub>15/50</sub>)도 낮고 자속밀도(B<sub>50</sub>)도 높게 나타났다.

[0063] 반면, A1과 A3는 각각 Mn과 Al이 관리범위를 벗어나 상기 조성식을 만족하지 못하였으며 V<sub>{100}</sub>/V<sub>{111}</sub>도 1이하였으며 V<sub>{110}</sub>/V<sub>{111}</sub>도 0.5이하로 나타났고 그 결과 철손이 높게 나타났고 자속밀도도 낮게 나타났다.

[0064] 또한, A8은 상기 조성식은 만족하였으나 Mn과 Al이 모두 관리범위를 벗어났으며, V<sub>{100}</sub>/V<sub>{111}</sub>도 1이하였으며 V<sub>{110}</sub>/V<sub>{111}</sub>도 0.5이하로 나타났고 그 결과 철손과 자속밀도가 모두 열위하게 나타났다.

[0065] 또한, A2, A7과 A9는 Mn과 Al의 첨가량이 관리범위는 만족하였으나 상기 조성식을 만족하지 못하였고 집합조직 측정결과 V<sub>{100}</sub>/V<sub>{111}</sub>이 1이하였으며 V<sub>{110}</sub>/V<sub>{111}</sub>도 0.5이하로 나타났고 그 결과 철손이 높게 나타났고 자속밀도는 낮게 나타났다.

[0066] [실시예 2]

[0067] 진공 용해를 통하여 하기 표 3과 같이 조성되는 강괴를 제조하였다. 이 때, 열연판 소둔 및 냉연판 소둔 온도가 집합조직, 결정립 크기 및 자성에 미치는 영향을 조사하였다. 각 강괴는 1200℃에서 가열하고, 2.6mm의 두께로 열간압연한 후 권취하였다. 공기 중에서 권취하고 냉각한 열연강판은 800~1200℃에서 3분간 소둔하고, 산세한 다음 0.35mm 두께로 냉간압연하고, 냉연판 소둔은 800~1150℃에서 120초간 최종 소둔을 하였다. 각각의 시편에 대하여 X-ray pole figure test를 통해 집합조직의 분율을 측정하였으며 입자크기를 절편법(intercept method)을 사용하여 측정하였고 철손(W<sub>15/50</sub>)과 자속밀도(B<sub>50</sub>)를 측정하여 그 결과를 하기 표 4에 나타내었다.

표 3

[0068]

강종	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ti	Sn	Sb
B1	0.0019	2.6	0.68	0.046	0.0013	0.31	0.0013	0.0013	0.069	0.009
B2	0.0018	3.1	0.94	0.031	0.0019	0.31	0.0021	0.001	0.054	0.016
B3	0.0037	2.8	0.71	0.024	0.0036	0.23	0.0011	0.0008	0.027	0.013
B4	0.0024	2.9	0.65	0.037	0.0024	0.19	0.0019	0.0018	0	0.028
B5	0.0026	2.6	0.78	0.064	0.0026	0.24	0.0033	0.0022	0.028	0
B6	0.0013	3.3	0.82	0.072	0.0015	0.39	0.0023	0.0026	0.015	0.043
B7	0.0017	3.1	0.56	0.082	0.0021	0.22	0.0026	0.0016	0.035	0.017
B8	0.0029	3.3	0.63	0.043	0.0022	0.17	0.0024	0.0012	0.042	0
B9	0.0031	2.6	0.57	0.027	0.0037	0.15	0.0031	0.0014	0	0.071
B10	0.0015	2.9	0.76	0.029	0.0035	0.3	0.0013	0.0021	0	0.033
B11	0.0016	3.4	0.54	0.036	0.0031	0.22	0.0017	0.0022	0.023	0.023

표 4

[0069]

강종	[Al]/[Mn]	열연판 소둔온도 (℃)	냉연판 소둔온도 (℃)	V <sub>{100}</sub> /V <sub>{111}</sub>	V <sub>{110}</sub> /V <sub>{111}</sub>	입자크기 (μm)	철손 W <sub>15/50</sub>	자속 밀도 B <sub>50</sub>	비고
B1	0.46	1050	1030	1.16	0.68	126	2.11	1.73	발명예
B2	0.33	1170	1070	0.97	0.47	143	2.44	1.64	비교예
B3	0.32	840	1000	0.88	0.42	102	2.53	1.65	비교예
B4	0.29	1000	1080	1.09	0.62	148	2.08	1.72	발명예
B5	0.31	1030	1110	0.96	0.48	172	2.68	1.65	비교예
B6	0.48	830	840	0.83	0.41	47	2.42	1.64	비교예

B7	0.39	950	990	1.04	0.54	111	1.99	1.72	발명예
B8	0.27	1120	1100	1.17	0.59	156	1.91	1.7	발명예
B9	0.26	1160	1130	0.94	0.44	186	2.66	1.65	비교예
B10	0.39	920	1020	1.13	0.61	129	2.02	1.71	발명예
B11	0.41	1080	960	1.22	0.63	95	1.86	1.7	발명예

- [0070] 상기 표 4에 나타난 바와 같이, 본 발명의 Mn과 Al의 관리범위와  $[Al]/[Mn] \leq 0.5$ 의 조성식을 만족하며 열연판 소둔온도와 냉연판 소둔온도를 모두 만족하는 강종 B1, B4, B7, B8, B10, B11은 집합조직 측정 결과  $V_{\{100\}}/V_{\{111\}}$ 도 1이상이었으며  $V_{\{110\}}/V_{\{111\}}$ 도 0.5이상으로 나타났고, 결정립 크기도 50~180 $\mu m$ 를 만족하여 그 결과 철손( $W_{15/50}$ )도 낮고 자속밀도( $B_{50}$ )도 높게 나타났다.
- [0071] 반면, B2와 B3은 Mn과 Al의 관리범위, 상기 조성식은 만족하였으나 각각 열연판 소둔온도가 관리범위에 비하여 높거나 낮게 제어되었으며 그 결과 집합조직 측정결과  $V_{\{100\}}/V_{\{111\}}$ 이 1이하였으며  $V_{\{110\}}/V_{\{111\}}$ 도 0.5이하로 나타났고, 철손이 높게 나타났고 자속밀도는 낮게 나타났다.
- [0072] 또한, B5는 Mn과 Al의 관리범위, 상기 조성식은 만족하였으나 냉연판 소둔온도가 관리범위인 1100 $^{\circ}C$ 보다 높게 제어되었으며 집합조직 측정결과,  $V_{\{100\}}/V_{\{111\}}$ 이 1이하였으며  $V_{\{110\}}/V_{\{111\}}$ 도 0.5이하로 나타났고 그 결과 철손이 높게 나타났고 자속밀도는 낮게 나타났다.
- [0073] 또한, B6과 B9는 Mn과 Al의 관리범위, 상기 조성식은 만족하였으나 열연판 소둔온도와 냉연판 소둔온도가 모두 관리범위를 벗어났고, 결정립 크기도 B6은 50 $\mu m$ 보다 낮게, B9는 180 $\mu m$ 보다 크게 나타났으며, 집합조직 측정결과  $V_{\{100\}}/V_{\{111\}}$ 이 1이하였으며  $V_{\{110\}}/V_{\{111\}}$ 도 0.5이하로 나타났고 그 결과, 철손이 높게 나타났고 자속밀도는 낮게 나타났다.
- [0074] 이상 본 발명의 일실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0075] 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변경된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.