

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7299893号

(P7299893)

(45)発行日 令和5年6月28日(2023.6.28)

(24)登録日 令和5年6月20日(2023.6.20)

(51)国際特許分類

F I

C 2 2 C 38/00 (2006.01)

C 2 2 C

38/00

3 0 3 U

C 2 1 D 8/12 (2006.01)

C 2 1 D

8/12

A

C 2 2 C 38/60 (2006.01)

C 2 2 C

38/60

H 0 1 F 1/147(2006.01)

H 0 1 F

1/147

1 7 5

請求項の数 11 (全15頁)

(21)出願番号 特願2020-536063(P2020-536063)

(86)(22)出願日 平成30年5月16日(2018.5.16)

(65)公表番号 特表2021-508781(P2021-508781
A)

(43)公表日 令和3年3月11日(2021.3.11)

(86)国際出願番号 PCT/KR2018/005622

(87)国際公開番号 WO2019/132128

(87)国際公開日 令和1年7月4日(2019.7.4)

審査請求日 令和2年6月29日(2020.6.29)

審判番号 不服2022-9625(P2022-9625/J1)

審判請求日 令和4年6月22日(2022.6.22)

(31)優先権主張番号 10-2017-0179446

(32)優先日 平成29年12月26日(2017.12.26)

(33)優先権主張国・地域又は機関
韓国(KR)

(73)特許権者 522492576

ポスコ カンパニー リミテッド

大韓民国 キョンサンブク - ド ポハン -

シ ナム - グ ドンヘアン - ロ 6 2 6 1

(74)代理人 110000051

弁理士法人共生国際特許事務所

(72)発明者 キム, ジェ - フン

大韓民国 3 7 8 5 9 ギョンサンブク -

ド ポハン - シ ナム - グ, ドンヘアン -

ロ, (コエドン - ドン) 6 2 6 1, ポス

コ内

(72)発明者 キム, ウォンジン

大韓民国 3 7 8 5 9 ギョンサンブク -

ド ポハン - シ ナム - グ, ドンヘアン -

ロ, (コエドン - ドン) 6 2 6 1, ポス

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 無方向性電磁鋼板およびその製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

重量%で、S i : 2 . 0 ~ 3 . 5 %、A l : 0 . 3 ~ 3 . 5 %、M n : 0 . 2 ~ 4 . 5 %、S n : 0 . 0 0 3 0 ~ 0 . 2 %、S b : 0 . 0 0 3 0 ~ 0 . 1 5 %、P : 0 . 0 0 4 0 ~ 0 . 1 8 %、Z n : 0 . 0 0 0 5 ~ 0 . 0 2 %、Y : 0 . 0 0 0 5 ~ 0 . 0 1 %、および残部はF eおよび不可避不純物からなり、下記式1を満足する、無方向性電磁鋼板で、前記無方向性電磁鋼板は介在物を含み、円相当径0 . 5 ~ 1 . 0 μ mである介在物が全体介在物の4 0面積%以上であることを特徴とする無方向性電磁鋼板。

[式 1]

$$0 . 0 5 \quad ([S n] + [S b]) / [P] \quad 2 5$$

(ただし、[S n] , [S b] および [P] はそれぞれS n、S bおよびPの含有量(重量%)を表す。)

【請求項 2】

下記式2を満足することを特徴とする請求項1に記載の無方向性電磁鋼板。

[式 2]

$$[Z n] / [Y] > 1$$

(ただし、[Z n] および [Y] はそれぞれZ nおよびYの含有量(重量%)を表す。)

【請求項 3】

下記式3を満足することを特徴とする請求項1又は2に記載の無方向性電磁鋼板。

[式 3]

10

20

$$[Zn] + [Y] \leq 0.025$$

(ただし、 $[Zn]$ および $[Y]$ はそれぞれ Zn および Y の含有量 (量%) を表す。)

【請求項 4】

重量%で、 N : 0.0040%以下(0%を除く)、 C : 0.0040%以下(0%を除く)、 S : 0.0040%以下(0%を除く)、 Ti : 0.0040%以下(0%を除く)、 Nb : 0.0040%以下(0%を除く) および V : 0.0040%以下(0%を除く) の中の 1 種以上をさらに含むことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の無方向性電磁鋼板。

【請求項 5】

円相当径 2 μm 以下である介在物が全体介在物の 80 面積%以上であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の無方向性電磁鋼板。

10

【請求項 6】

前記無方向性電磁鋼板は介在物を含み、全体無方向性電磁鋼板の面積に対して前記全体介在物の面積は 0.2% 以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の無方向性電磁鋼板。

【請求項 7】

平均結晶粒径が 50 ~ 95 μm であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の無方向性電磁鋼板。

【請求項 8】

重量%で、 Si : 2.0 ~ 3.5%、 Al : 0.3 ~ 3.5%、 Mn : 0.2 ~ 4.5%、 Sn : 0.0030 ~ 0.2%、 Sb : 0.0030 ~ 0.15%、 P : 0.0040 ~ 0.18%、 Zn : 0.0005 ~ 0.02%、 Y : 0.0005 ~ 0.01%、および残部は Fe および不可避不純物からなり、下記式 1 を満足するスラブを製造する段階、

20

前記スラブを加熱する段階、

前記スラブを熱間圧延して熱延板を製造する段階、

前記熱延板を冷間圧延して冷延板を製造する段階および

前記冷延板を最終焼鈍する段階を含む、無方向性電磁鋼板の製造方法で、

前記無方向性電磁鋼板は介在物を含み、円相当径 0.5 ~ 1.0 μm である介在物が全体介在物の 40 面積%以上であることを特徴とする無方向性電磁鋼板の製造方法。

【式 1】

$$0.05 \leq ([Sn] + [Sb]) / [P] \leq 2.5$$

(ただし、 $[Sn]$ 、 $[Sb]$ および $[P]$ はそれぞれ Sn 、 Sb および P の含有量 (重量%) を表す。)

30

【請求項 9】

前記スラブは、下記式 2 を満足することを特徴とする請求項 8 に記載の無方向性電磁鋼板の製造方法。

【式 2】

$$[Zn] / [Y] > 1$$

(ただし、 $[Zn]$ および $[Y]$ はそれぞれ Zn および Y の含有量 (量%) を表す。)

【請求項 10】

前記スラブは、下記式 3 を満足することを特徴とする請求項 8 又は 9 に記載の無方向性電磁鋼板の製造方法。

40

【式 3】

$$[Zn] + [Y] \leq 0.025$$

(ただし、 $[Zn]$ および $[Y]$ はそれぞれ Zn および Y の含有量 (量%) を表す。)

【請求項 11】

前記スラブは、重量%で N : 0.0040%以下(0%を除く)、 C : 0.0040%以下(0%を除く)、 S : 0.0040%以下(0%を除く)、 Ti : 0.0040%以下(0%を除く)、 Nb : 0.0040%以下(0%を除く) および V : 0.0040%以下(0%を除く) の中の 1 種以上をさらに含むことを特徴とする請求項 8 乃至 10 のい

50

ずれか一項に記載の無方向性電磁鋼板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、無方向性電磁鋼板およびその製造方法に関し、具体的には、鋼板に含まれる偏析元素の含有量を相互制御することによって、透磁率が高く高周波鉄損が低く、かつ磁束密度が高い無方向性電磁鋼板およびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

省エネルギー、微細粉塵発生の低減および温室ガスの低減など地球環境改善のために電気エネルギーの効率的な使用が、大きいイシュー（issue：論点）になっている。現在発電される全体電気エネルギーの50%以上が電動機で消費されているので、電気の効率的な使用のためには電動機の高効率化が必ず必要な実情である。最近、環境に優しい自動車（ハイブリッド、プラグインハイブリッド、電気車、燃料電池車）分野の急激な発展につれ、高効率駆動モータに対する関心が急増しており、さらに家電用高効率モータ、重電機用スーパープレミアムモータなど高効率化に対する認識および政府規制が持続しており、効率的な電気エネルギー使用のための要求がこれまで以上に高いと言える。

【0003】

一方、電動機の高効率化のためには素材の選択から設計、組み立て、制御に至るまですべての領域で最適化が大変重要である。特に素材の側面では電磁鋼板の磁性特性が最も重要であり、低鉄損および高磁束密度に対する要求が高い。商用周波数領域だけでなく高周波領域でも駆動しなければならない自動車駆動モータやエアコンコンプレッサ用モータは高周波低鉄損特性が非常に重要である。このような高周波低鉄損特性を得るために鋼板の製造過程ではSi、Al、Mnのような比抵抗元素を多量添加しなければならず、鋼板内部に存在する介在物および微細析出物を積極的に制御し、これらが磁壁移動を妨げないようにしなければならない。しかし、介在物および微細析出物の制御のために不純物元素であるC、S、N、Ti、Nb、Vなどのような元素を製鋼で極低に精製するためには高級原料を使用しなければならず、さらに2次精練に多くの時間がかかって生産性が劣る問題がある。したがって、Si、Al、Mnのような比抵抗元素の多量添加方法および不純物元素の極低制御のための研究がなされているが、これに対する実質的な適用結果は僅かな水準である。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明の目的は、製鋼で2次精練を強化しなくても介在物、析出物など微細な不純物を最小化して磁壁移動を円滑にして磁性を改善できる無方向性電磁鋼板およびその製造方法を提供することにある。本発明の他の目的は、生産性だけでなく磁性に優れた無方向性電磁鋼板およびその製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明による無方向性電磁鋼板は、重量%でSi：2.0～3.5%、Al：0.3～3.5%、Mn：0.2～4.5%、Sn：0.0030～0.2%、Sb：0.0030～0.15%、P：0.0040～0.18%、Zn：0.0005～0.02%およびY：0.0005～0.01%の中の1種以上、および残部はFeおよび不可避不純物を含み、下記式1を満足することを特徴とする。

[式1]

$$0.05 \leq ([Sn] + [Sb]) / [P] \leq 2.5$$

(ただし、[Sn]、[Sb]および[P]はそれぞれSn、SbおよびPの含有量(重量%)を表す。)

【0006】

10

20

30

40

50

Zn : 0 . 0 0 0 5 ~ 0 . 0 2 % および Y : 0 . 0 0 0 5 ~ 0 . 0 1 % を含むことを特徴とする。

【 0 0 0 7 】

下記式 2 を満足することを特徴とする。

[式 2]

$$[Zn] / [Y] > 1$$

(ただし、[Zn] および [Y] はそれぞれ Zn および Y の含有量 (重量%) を表す。)

【 0 0 0 8 】

下記式 3 を満足することことを特徴とする。

[式 3]

$$[Zn] + [Y] \leq 0 . 0 2 5$$

(ただし、[Zn] および [Y] はそれぞれ Zn および Y の含有量 (重量%) を表す。)

【 0 0 0 9 】

N : 0 . 0 0 4 0 % 以下 (0 % を除く)、C : 0 . 0 0 4 0 % 以下 (0 % を除く)、S : 0 . 0 0 4 0 % 以下 (0 % を除く)、Ti : 0 . 0 0 3 0 % 以下 (0 % を除く)、Nb : 0 . 0 0 3 0 % 以下 (0 % を除く) および V : 0 . 0 0 4 0 % 以下 (0 % を除く) の中の 1 種以上をさらに含むことを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

本発明の一実施例による無方向性電磁鋼板は、介在物を含み、直径 0 . 5 ~ 1 . 0 μ m である介在物が全体介在物の 4 0 体積% 以上であることを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

直径 2 μ m 以下である介在物が全体介在物の 8 0 体積% 以上であることを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

前記無方向性電磁鋼板は介在物を含み、全体無方向性電磁鋼板の面積に対して前記介在物全体の面積は 0 . 2 % 以下であることを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

平均結晶粒径が 5 0 ~ 9 5 μ m であることを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

本発明による無方向性電磁鋼板の製造方法は、重量% で、Si : 2 . 0 ~ 3 . 5 %、Al : 0 . 3 ~ 3 . 5 %、Mn : 0 . 2 ~ 4 . 5 %、Sn : 0 . 0 0 3 0 ~ 0 . 2 %、Sb : 0 . 0 0 3 0 ~ 0 . 1 5 %、P : 0 . 0 0 4 0 ~ 0 . 1 8 %、Zn : 0 . 0 0 0 5 ~ 0 . 0 2 % および Y : 0 . 0 0 0 5 ~ 0 . 0 1 % の中の 1 種以上、および残部は Fe および不可避不純物を含み、下記式 1 を満足するスラブを製造する段階、スラブを加熱する段階、スラブを熱間圧延して熱延板を製造する段階、熱延板を冷間圧延して冷延板を製造する段階および冷延板を最終焼鈍する段階を含むことを特徴とする。

[式 1]

$$0 . 0 5 \leq ([Sn] + [Sb]) / [P] \leq 2 . 5$$

(ただし、[Sn]、[Sb] および [P] はそれぞれ Sn、Sb および P の含有量 (重量%) を表す。)

【 0 0 1 5 】

スラブは、Zn : 0 . 0 0 0 5 ~ 0 . 0 2 % および Y : 0 . 0 0 0 5 ~ 0 . 0 1 % を含むことを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

スラブは、下記式 2 を満足することを特徴とする。

[式 2]

$$[Zn] / [Y] > 1$$

(ただし、[Zn] および [Y] はそれぞれ Zn および Y の含有量 (重量%) を表す。)

【 0 0 1 7 】

スラブは、下記式 3 を満足することを特徴とする。

[式 3]

10

20

30

40

50

[Z n] + [Y] 0 . 0 2 5

(ただし、[Z n] および [Y] はそれぞれ Z n および Y の含有量 (重量 %) を表す。)

【 0 0 1 8 】

スラブは、N : 0 . 0 0 4 0 % 以下 (0 % を除く)、C : 0 . 0 0 4 0 % 以下 (0 % を除く)、S : 0 . 0 0 4 0 % 以下 (0 % を除く)、T i : 0 . 0 0 4 0 % 以下 (0 % を除く)、N b : 0 . 0 0 4 0 % 以下 (0 % を除く) および V : 0 . 0 0 4 0 % 以下 (0 % を除く) の中の 1 種以上をさらに含むことを特徴とする。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 9 】

本発明による無方向性電磁鋼板は、Z n および Y を特定範囲に含むことによって、溶鋼の清浄度が改善され、介在物および析出物が粗大化される。

10

また、偏析元素である S n、S b、P を添加して集合組織を改善して高周波鉄損および低磁場特性が改善されて高速回転に適した無方向性電磁鋼板を製造することができる。

これにより環境に優しい自動車用モータ、高効率家電用モータ、スーパープレミアム級電動機を製造することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 0 】

【 図 1 】 実施例 (区分 1) で製造した方向性電磁鋼板で介在物を拡大した写真である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 1 】

20

第 1、第 2 および第 3 等の用語は、多様な部分、成分、領域、層および / またはセクションを説明するために使われるがこれらに限定されない。これらの用語は、ある部分、成分、領域、層またはセクションを他の部分、成分、領域、層またはセクションと区別するために使われる。したがって、以下で叙述する第 1 部分、成分、領域、層またはセクションは、本発明の範囲を逸脱しない範囲内で第 2 部分、成分、領域、層またはセクションと言及することができる。

【 0 0 2 2 】

ここで使われる用語は、単に特定の実施例を言及するためのものであり、本発明を限定することを意図しない。ここで使われる単数形は、文脈上これと明らかに逆の意味を示さない限り複数形も含む。明細書で使われる「含む」の意味は、特定の特性、領域、整数、段階、動作、要素および / または成分を具体化し、他の特性、領域、整数、段階、動作、要素および / または成分の存在や付加を除外させるものではない。

30

【 0 0 2 3 】

ある部分が他の部分「上に」または「の上に」あると言及する場合、これは他の部分のすぐ上にまたは上にあるか、その間に他の部分が介在し得る。対照的にある部分が他の部分の「すぐ上に」あると言及する場合、その間に他の部分が介在しない。用語は、本発明が属する技術分野における通常の知識を有する者が一般的に理解する意味と同じ意味を有する。辞書に定義された用語は、関連技術文献と現在開示された内容に合う意味を有する。

【 0 0 2 4 】

また、特記しない限り、% は重量 % を意味し、1 p p m は 0 . 0 0 0 1 重量 % である。本発明の一実施例で追加元素をさらに含むことの意味は、追加元素の追加量だけ残部である鉄 (F e) を代替して含むことを意味する。

40

以下、本発明の実施例について実施できるように詳細に説明する。本発明は様々な異なる形態で実現することができ、この実施例に限定されない。

【 0 0 2 5 】

本発明の一実施例では、無方向性電磁鋼板内の組成、特に主な添加成分である S i、A l、M n の範囲を最適化するだけでなく微量元素である Z n、Y の添加量を限定して同時に S n、S b、P などの偏析元素を調整し、集合組織および磁性を顕著に改善する。

【 0 0 2 6 】

本発明による無方向性電磁鋼板は、重量 % で S i : 2 . 0 ~ 3 . 5 %、A l : 0 . 3 ~

50

3.5%、Mn：0.2～4.5%、Sn：0.0030～0.2%、Sb：0.0030～0.15%、P：0.0040～0.18%、Zn：0.0005～0.02%およびY：0.0005～0.01%の中の1種以上、および残部はFeおよび不可避不純物を含み、下記式1を満足する。

【0027】

先に無方向性電磁鋼板の成分限定の理由から説明する。

【0028】

Si：2.0～3.5重量%

ケイ素（Si）は、材料の比抵抗を高めて鉄損を低くする役割をし、過度に少なく添加される場合、高周波鉄損改善効果が足りないこともある。反対に過度に多く添加される場合、材料の硬度が上昇して冷間圧延性が極度に悪化して生産性および打抜性が低下し得る。したがって、前述した範囲でSiを添加することができる。より具体的には、Siは2.3～3.3重量%を含む。

10

【0029】

Al：0.3～3.5重量%

アルミニウム（Al）は、材料の比抵抗を高めて鉄損を低くする役割をし、過度に少なく添加されると高周波鉄損低減に効果がなく、窒化物が微細に形成されて磁性を低下させる。反対に過度に多く添加されると製鋼と連続鋳造などのすべての工程上に問題を発生させて生産性を大きく低下させる。したがって、前述した範囲でAlを添加することができる。より具体的には、Alを0.5～3.3重量%を含む。

20

【0030】

Mn：0.2～4.5重量%

マンガン（Mn）は、材料の比抵抗を高めて鉄損を改善し、硫化物を形成させる役割をし、過度に少なく添加されるとMnSが微細に析出されて磁性を低下させる。反対に過度に多く添加されると磁性に不利な[111]集合組織の形成を助長して磁束密度が減少させる。したがって、前述した範囲でMnを添加することができる。より具体的には、Mnを0.7～3.5重量%を含む。

【0031】

Sn：0.0030～0.2重量%およびSb：0.0030～0.15重量%

スズ（Sn）、アンチモン（Sb）は、材料の集合組織を改善し、表面酸化を抑制する役割をするので、磁性を向上させるために添加することができる。SnおよびSbの添加量がそれぞれ過度に少ないと、その効果が微々たるものである。SnまたはSbが過度に多く添加されると、結晶粒界偏析が激しくなって集合組織の集積度が減少し、硬度が上昇して冷延板破断を起こす。したがって、Sn、Sbそれぞれ0.2重量%以下、0.15重量%以下で添加する。SnおよびSbの含有量が0.2重量%以下である場合、冷間圧延が容易に行われる。より具体的には、Snを0.005～0.15重量%およびSbを0.005～0.13重量%を含む。

30

【0032】

P：0.0040～0.18重量%

リン（P）は、材料の比抵抗を高める役割をするだけでなく、粒界に偏析して集合組織を改善して磁性を向上させる役割をする。Pの添加量が過度に少ないと偏析量が過度に少なく集合組織改善効果がない。Pの添加量が過度に多いと磁性に不利な集合組織の形成をもたらして集合組織改善の効果がなく、粒界に過度に偏析して圧延性が低下して生産が難しくなる。より具体的には、Pを0.007～0.17重量%含む。

40

【0033】

本発明による無方向性電磁鋼板は、下記式1を満足する。

[式1]

$$0.05 \leq ([Sn] + [Sb]) / [P] \leq 2.5$$

（ただし、[Sn]、[Sb]および[P]はそれぞれSn、SbおよびPの含有量（重量%）を表す。）

50

【0034】

式1の値が0.05未満の場合、過度なPの偏析により磁性に不利な<111>方向が鋼板圧延面の法線方向（ND方向）に15度以内で平行に置かれている集合組織（以下、<111>/ND集合組織ともいう）の形成を助長して磁性が低下する。式1の値が25を超える場合には、結晶粒成長性が低下して集合組織改善効果がなく、焼鈍温度が過度に高まって焼鈍生産性も低下する。

【0035】

Zn：0.0005～0.02重量%およびY：0.0005～0.01重量%の中の1種以上

亜鉛（Zn）は、不純物元素と反応して溶鋼中の清浄度を向上させる役割をする。過度に少なく添加されると、介在物などを粗大化して溶鋼清浄度を向上させる役割をすることができない。反対に過度に多く添加すると微細な析出物の形成を助長する。したがって、前述した範囲でZnを添加することができる。

10

【0036】

イットリウム（Y）は、追加で添加されてZnの介在物の粗大化を助ける添加剤の役割をする。Yが追加で添加される場合、Znの介在物の粗大化を助けて後続焼鈍工程で発生する介在物の再溶解を抑制して微細析出物を減らす役割をする。過度に多く添加すると、微細な析出物の形成を助長して鉄損を低下させる。

【0037】

本発明の一実施例においてZnおよびYの1種以上が含まれる。すなわち、Znのみを単独で含んだり、Yのみを単独で含んだり、ZnおよびYを同時に含む。Znのみを単独で含む場合、Znが0.0005～0.02重量%含まれ得る。Yのみを単独で含む場合、Yが0.0005～0.01重量%含まれる。ZnおよびYを同時に含む場合、Znが0.0005～0.02重量%およびYが0.0005～0.01重量%含まれる。

20

【0038】

具体的にはZnおよびYを同時に含み、Znが0.0005～0.02重量%およびYが0.0005～0.01重量%含まれる。より具体的には、Znが0.001～0.01重量%およびYが0.0007～0.005重量%含まれる。

ZnおよびYは、下記式2を満足することができる。

[式2]

$$[Zn] / [Y] > 1$$

（ただし、[Zn]および[Y]はそれぞれZnおよびYの含有量（重量%）を表す。）

30

【0039】

YはZnの役割を補助する元素であるため、Yの添加量がZnより多いとかえって介在物の粗大化を妨げて微細析出を助長する。したがって、式2のようにその比率を限定することができる。

【0040】

ZnおよびYは、下記式3を満足することができる。

[式3]

$$[Zn] + [Y] \leq 0.025$$

（ただし、[Zn]および[Y]はそれぞれZnおよびYの含有量（重量%）を表す。）

40

【0041】

ZnおよびYの含量が過度に多くなると、微細な析出物の形成を助長して鉄損を低下させる。したがって、式3のようにその含量を限定することができる。

【0042】

N：0.0040重量%以下

窒素（N）は、母材内部に微細で長いAlN析出物を形成するだけでなく、その他不純物と結合して微細な窒化物を形成して結晶粒成長を抑制して鉄損を悪化させるので、0.0040重量%以下、より具体的には0.0030重量%以下に制限した方が良い。

【0043】

50

C : 0 . 0 0 4 0 重量 % 以下

炭素 (C) は、磁気時効を起こし、その他不純物元素と結合して炭化物を生成して磁気特性を低下させるので、0 . 0 0 4 0 重量 % 以下、より具体的には 0 . 0 0 3 0 重量 % 以下に制限した方が良い。

【 0 0 4 4 】

S : 0 . 0 0 4 0 重量 % 以下

硫黄 (S) は、M n と反応して M n S などの硫化物を形成して結晶粒成長性を低下させて磁区移動を抑制する役割をするので、0 . 0 0 4 0 重量 % 以下に制御することが好ましい。より具体的には 0 . 0 0 3 0 重量 % 以下に制限した方が良い。

【 0 0 4 5 】

T i : 0 . 0 0 4 0 重量 % 以下

チタニウム (T i) は、炭化物または窒化物を形成して結晶粒成長性および磁区移動を抑制する役割をするので、0 . 0 0 4 0 重量 % 以下、より具体的には 0 . 0 0 2 0 重量 % 以下に制限した方が良い。

【 0 0 4 6 】

N b : 0 . 0 0 4 0 重量 % 以下

ニオブウム (N b) は、炭化物または窒化物を形成して結晶粒成長性および磁区移動を抑制する役割をするので、0 . 0 0 4 0 重量 % 以下、より具体的には 0 . 0 0 2 0 重量 % 以下に制限した方が良い。

【 0 0 4 7 】

V : 0 . 0 0 4 0 重量 % 以下

バナジウム (V) は、炭化物または窒化物を形成して結晶粒成長性および磁区移動を抑制する役割をするので、0 . 0 0 4 0 重量 % 以下、より具体的には 0 . 0 0 2 0 重量 % 以下に制限した方が良い。

【 0 0 4 8 】

その他不純物

前述した元素の他にも M o 、 M g 、 C u などの不可避に混入される不純物が含まれ得る。これら元素は、微量であるが、鋼内介在物の形成等による磁性悪化を引き起こすので、M o 、 M g : それぞれ 0 . 0 0 5 重量 % 以下、C u : 0 . 0 2 5 重量 % 以下で管理されなければならない。

本発明の一実施例では Z n および Y とともに偏析元素である S n 、 S b 、 P を特定量添加することによって介在物の大きさを適宜制御し、究極的に無方向性電磁鋼板の磁性を向上させる。具体的には、本発明による無方向性電磁鋼板は、直径 0 . 5 ~ 1 . 0 μ m である介在物が、全体介在物の 4 0 体積 % 以上である。この時、介在物の直径とは、介在物と同じ面積の仮想の円を想定し、その円の直径を意味する。このような介在物は磁区移動性を向上させて優れた磁気特性を示させる。より具体的には、直径 2 μ m 以下である介在物が全体介在物の 8 0 体積 % 以上である。

無方向性電磁鋼板は、介在物を含み、全体無方向性電磁鋼板の面積に対して介在物全体の面積は 0 . 2 % 以下である。

【 0 0 4 9 】

本発明による無方向性電磁鋼板は、平均結晶粒径が 5 0 ~ 9 5 μ m である。前述した範囲で無方向性電磁鋼板の磁性がより優れたものとなる。

本発明による無方向性電磁鋼板は、前述したように、高周波鉄損および低磁場特性が改善される。具体的には 5 0 H z 1 0 0 A / m で磁束密度は 0 . 8 T 以上であり、0 . 1 T で高周波鉄損比率 (1 0 0 0 H z / 1 0 0 0 0 H z $\times$ 1 0 0) が 3 . 2 % 以下である。これは数百 H z 領域だけでなく数十 k H z 領域でも高周波鉄損が優れることを意味する。3 . 2 % を超えると高速回転と低速回転での鉄損差が大きく全体モータ効率が悪くなる原因になる。

【 0 0 5 0 】

本発明による無方向性電磁鋼板の製造方法は、重量 % で、S i : 2 . 0 ~ 3 . 5 % 、 A

10

20

30

40

50

l : 0 . 3 ~ 3 . 5 %、M n : 0 . 2 ~ 4 . 5 %、S n : 0 . 0 0 3 0 ~ 0 . 2 %、S b : 0 . 0 0 3 0 ~ 0 . 1 5 %、P : 0 . 0 0 4 0 ~ 0 . 1 8 %、Z n : 0 . 0 0 0 5 ~ 0 . 0 2 %およびY : 0 . 0 0 0 5 ~ 0 . 0 1 %の中の1種以上、および残部はF eおよび不可避不純物を含むスラブを製造する段階、スラブを加熱する段階、スラブを熱間圧延して熱延板を製造する段階、熱延板を冷間圧延して冷延板を製造する段階および冷延板を最終焼鈍する段階を含む。

【0051】

以下では各段階別に詳細に説明する。

先にスラブを製造する。スラブ内の各組成の添加比率を限定した理由は、前述した無方向性電磁鋼板の組成限定の理由と同様であるため、重複する説明を省略する。後述する熱間圧延、熱延板焼鈍、冷間圧延、最終焼鈍などの製造過程でスラブの組成は実質的に変動しないので、スラブの組成と無方向性電磁鋼板の組成が実質的に同一である。

10

スラブは、溶鋼にS i合金鉄、A l合金鉄およびM n合金鉄を添加する段階、溶鋼にZ nおよびYの1種以上を添加する段階、溶鋼にS n、S bおよびPを添加し、不活性ガスを用いてバブリングする段階、および連続鑄造する段階により製造することができる。S i合金鉄、A l合金鉄、M n合金鉄、Z nなどは前述したスラブの組成範囲に該当するように調整して投入することができる。不活性ガスを用いてバブリングする段階で不活性ガスはA rガスでありうる。バブリングする段階は、Z n、Y、S n、S b、Pなどが十分に反応できるように5分以上のバブリング(B u b b l i n g)を実施することができる。

【0052】

20

次にスラブを加熱する。具体的にはスラブを加熱炉に装入して1100~1250で加熱する。1250を超える温度で加熱時析出物が再溶解されて熱間圧延以後に微細に析出される。

加熱したスラブは2~2.3mmに熱間圧延して熱延板に製造される。熱延板を製造する段階で仕上げ圧延温度は800~1000である。

熱延板を製造する段階の後、熱延板を熱延板焼鈍する段階をさらに含む。この時、熱延板焼鈍温度は850~1150である。熱延板焼鈍温度が850未満であれば組織が成長しないか、または微細に成長して磁束密度の上昇効果が少なく、焼鈍温度が1150

を超えると磁気特性がかえって低下し、板形状の変形により圧延作業性が悪くなる。より具体的には、温度範囲は950~1125である。より具体的には、熱延板の焼鈍温度は900~1100である。熱延板焼鈍は必要に応じて磁性に有利な方位を増加させるために行われるものであり、省略も可能である。

30

【0053】

次に、熱延板を酸洗して所定の板厚みになるように冷間圧延する。熱延板厚さに応じて異なるように適用されるが、70~95%の圧下率を適用して最終厚さが0.2~0.65mmになるように冷間圧延することができる。

最終冷間圧延された冷延板は、平均結晶粒径が50~95μmになるように最終焼鈍を実施する。最終焼鈍温度は850~1050である。最終焼鈍温度が過度に低いと再結晶が十分に発生できず、最終焼鈍温度が過度に高いと結晶粒の急激な成長が発生して磁束密度と高周波鉄損が低下する。より具体的には、900~1000の温度で最終焼鈍することができる。最終焼鈍過程で前段階である冷間圧延段階で形成された加工組織がすべて(すなわち、99%以上)再結晶される。

40

【0054】

最終焼鈍後には、600まで25~50/秒の冷却速度で冷却することができる。適切な冷却速度で冷却することによって介在物の粗大化を助長する。

製造された無方向性電磁鋼板は、直径0.5~1.0μmである介在物が全体介在物の40体積%以上である。直径2μm以下である介在物が全体介在物の80体積%以上である。全体無方向性電磁鋼板の面積に対して介在物全体の面積は0.2%以下である。

【0055】

以下、本発明の好ましい実施例および比較例を記載する。しかし、下記実施例は、本発

50

明の好ましい一実施例で、下記実施例に限定されるものではない。

【 0 0 5 6 】

実施例

下記表 1 のように組成されるスラブを製造した。表 1 に記載された成分以外の C、S、N、Ti などはいずれも 0 . 0 0 3 重量%に制御した。スラブを 1 1 5 0 で加熱し、8 5 0 で熱間仕上げ圧延して板厚み 2 . 0 mm の熱延板を製作した。熱間圧延された熱延板は 1 1 0 0 で 4 分間焼鈍した後酸洗した。その後冷間圧延して板厚みを 0 . 2 5 mm にした後 1 0 0 0 温度で 4 5 秒間最終焼鈍を行った。その後、3 0 / s e c の冷却速度で 6 0 0 まで冷却して最終的に無方向性電磁鋼板を製造した。磁性は S i n g l e S h e e t t e s t e r を用いて圧延方向および垂直方向の平均値で決定して下記表 3 に示した。介在物は光学顕微鏡を用いて観察し、倍率は 5 0 0 倍、観察面は圧延垂直方向の断面 (T D 面) であり、面積は最小 4 m m ² 以上を観察した。図 1 に実施例 (区分 1) の介在物写真を示した。介在物の直径は同じ面積の円を仮定してその直径で表した。介在物の全体面積に対して直径が 0 . 5 ~ 1 . 0 μ m である介在物の面積比率を下記表 3 に整理した。

【 0 0 5 7 】

10

20

30

40

50

【表 1】

区分	Si	Al	Mn	Zn	Y	Sn	Sb	P
1	2	1.5	3	0.005	0.001	0.01	0.01	0.01
2	2	1.5	3	0.005	0.001	0.23	0.05	0.05
3	2	1.5	3	0.005	0.001	0.003	0.003	0.14
4	2	1.5	3	0.005	0.001	0.1	0.1	0.15
5	2	1.5	3	0.005	0.001	0.1	0.09	0.004
6	2	1.5	3	0.005	0.001	0.05	0.2	0.1
7	2	1.5	3	0.005	0.001	0.03	0.03	0.2
8	2	1.5	3	0.005	0.001	0.08	0.01	0.01
9	2.5	1	1	0.005	0.001	0.02	0.03	0.02
10	2.5	0.7	2.5	0.005	0.001	0.03	0.03	0.04
11	2.5	0.7	2.5	0.0003	0.0003	0.02	0.03	0.02
12	3	0.7	2	0.025	0.003	0.02	0.03	0.02
13	2	3	1.5	0.01	0.001	0.02	0.03	0.02
14	2.5	0.7	2.5	0.005	0.003	0.02	0.03	0.02
15	2.5	1	1	0.02	0.003	0.02	0.03	0.02
16	3	0.7	1.4	0.005	0.003	0.02	0.03	0.02
17	3	1	2	0.01	0.007	0.02	0.03	0.02

【 0 0 5 8 】

10

20

30

40

50

【表 2】

区分	(Sn+Sb)/P	[Zn]+[Y]	[Zn]/[Y]	比抵抗 ($\mu\Omega\cdot\text{cm}$)	備考
1	2	0.006	5	70	実施例
2	5.6	0.006	5	70	比較例
3	0.04	0.006	5	70	比較例
4	1.33	0.006	5	70	実施例
5	48	0.006	5	70	比較例
6	3	0.006	5	70	比較例
7	0.3	0.006	5	70	比較例
8	9	0.006	5	70	実施例
9	2.5	0.006	5	58	実施例
10	1.5	0.006	5	64	実施例
11	2.5	0.0006	1	64	比較例
12	2.5	0.028	8.33	66	比較例
13	2.5	0.011	10	78	実施例
14	2.5	0.008	1.67	64	実施例
15	2.5	0.023	6.67	58	実施例
16	2.5	0.008	1.67	63	実施例
17	2.5	0.017	1.43	70	実施例

【 0 0 5 9 】

10

20

30

40

50

【表 3】

区分	結晶粒径 (μm)	介在物比率 (%)	B1 (T)	$W_{1/1000}$ (W/kg)	$W_{1/10000}$ (W/kg)	$W_{1/1000}$ / $W_{1/10000}$ $\times 100$	備考
1	65	55	1.15	0.58	30.2	1.92	実施例
2	45	38	0.71	1.12	34.1	3.28	比較例
3	60	35	0.72	1.09	33.2	3.28	比較例
4	75	65	1.19	0.52	27.1	1.92	実施例
5	48	30	0.71	1.15	33.8	3.4	比較例
6	45	31	0.68	1.08	33.5	3.22	比較例
7	43	37	0.78	1.11	34.5	3.22	比較例
8	78	62	1.09	0.66	26.8	2.46	実施例
9	82	65	1.08	0.6	30.5	1.97	実施例
10	75	48	1.18	0.66	29.2	2.26	実施例
11	45	35	0.65	1.15	35.1	3.28	比較例
12	45	30	0.75	1.11	33.1	3.35	比較例
13	65	45	0.88	0.65	28.4	2.29	実施例
14	75	48	0.97	0.84	29.8	2.82	実施例
15	78	51	1.07	0.94	31.5	2.98	実施例
16	70	52	1.02	0.91	30.2	3.01	実施例
17	68	49	0.89	0.69	29.5	2.34	実施例

【0060】

表1～表3に示すように、実施例の鋼種の場合、一定直径を有する介在物の比率が増えて磁性に優れることを確認することができる。これに対し、Zn、Yの添加量が範囲を外れ、Sn、Sb、Pの添加量が範囲を外れる比較例の鋼種の場合、介在物の特性および結晶粒径の範囲を満たすことができず、磁性が劣悪であることを確認することができる。

【0061】

本発明は、前記実施例に限定されるものではなく、互いに異なる多様な形態で実施できる。したがって、実施例はすべての面で例示的なものであり、限定的なものではない。

10

20

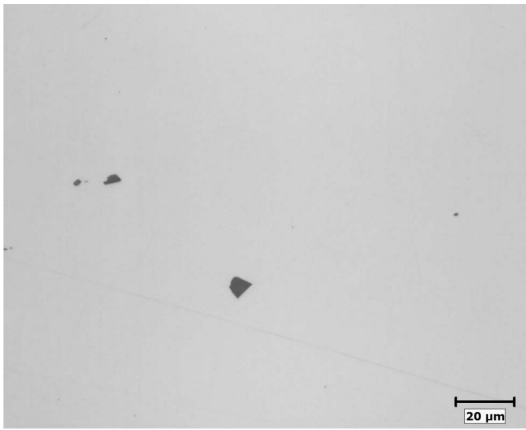
30

40

50

【図面】

【図 1】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

コ内

(72)発明者 キム, ヨン - スウ

大韓民国 3 7 8 5 9 ギョンサンブク - ド ポハン - シ ナム - グ, ドンヘアン - ロ, (コエドン - ドン) 6 2 6 1, ポスコ内

(72)発明者 シン, スウ - ヨン

大韓民国 3 7 8 5 9 ギョンサンブク - ド ポハン - シ ナム - グ, ドンヘアン - ロ, (コエドン - ドン) 6 2 6 1, ポスコ内

合議体

審判長 池淵 立

審判官 井上 猛

審判官 山本 佳

(56)参考文献 特開平 1 0 - 2 1 2 5 5 6 (J P , A)

特開 2 0 0 1 - 3 3 5 8 9 7 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

C22C 38/00-38/60

C21D 8/12