

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6842547号
(P6842547)

(45) 発行日 令和3年3月17日(2021.3.17)

(24) 登録日 令和3年2月24日(2021.2.24)

(51) Int.Cl.	F I		
C 2 2 C 38/00 (2006.01)	C 2 2 C 38/00	3 0 3 U	
C 2 2 C 38/06 (2006.01)	C 2 2 C 38/06		
C 2 2 C 38/14 (2006.01)	C 2 2 C 38/14		
C 2 1 D 8/12 (2006.01)	C 2 1 D 8/12	A	

請求項の数 11 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2019-532753 (P2019-532753)	(73) 特許権者	592000691
(86) (22) 出願日	平成29年12月19日 (2017.12.19)		ポスコ
(65) 公表番号	特表2020-509185 (P2020-509185A)		POSCO
(43) 公表日	令和2年3月26日 (2020.3.26)		大韓民国 キョンサンブクド ポハン-
(86) 国際出願番号	PCT/KR2017/015022		シ ナム-グ ドンヘアン-ロ 6 2 6 1
(87) 国際公開番号	W02018/117597		(ゴエドン-ドン)
(87) 国際公開日	平成30年6月28日 (2018.6.28)	(74) 代理人	110000051
審査請求日	令和1年6月17日 (2019.6.17)		特許業務法人共生国際特許事務所
(31) 優先権主張番号	10-2016-0173567	(72) 発明者	キム, ジェ-ファン
(32) 優先日	平成28年12月19日 (2016.12.19)		大韓民国 3 7 8 5 9, キョンサンブク-
(33) 優先権主張国・地域又は機関	韓国 (KR)		ド ポハン-シ, ナム-グ, ドンヘアン-
			ロ, 6 2 6 1 (ゴエドン-ドン), ポス
			コ内,

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、 $Si : 2.0 \sim 3.5\%$ 、 $Al : 0.3 \sim 3.5\%$ 、 $Mn : 0.2 \sim 4.5\%$ 、 $Zn : 0.0005 \sim 0.02\%$ 、 $Y : 0.0005 \sim 0.01\%$ 、並びに残部は Fe および不可避な不純物からなり、

下記式 1 及び下記式 2 を満足し、

介在物を含み、直径 $0.5 \sim 1.0 \mu m$ の介在物が全体介在物の 40 体積%以上であることを特徴とする無方向性電磁鋼板。

[式 1]

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

[式 2]

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

(ただし、[Zn] および [Y] は、それぞれ Zn および Y の含有量 (重量%) を示す。)

【請求項 2】

N : 0.0040% 以下 (但し、0% を除く)、C : 0.0040% 以下 (但し、0% を除く)、S : 0.0040% 以下 (但し、0% を除く)、Ti : 0.0040% 以下 (但し、0% を除く)、Nb : 0.0040% 以下 (但し、0% を除く) および V : 0.0040% 以下 (但し、0% を除く) をさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の無方向性電磁鋼板。

【請求項 3】

直径 2 μm 以下の介在物が全体介在物の 80 体積% 以上であ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。

【請求項 4】

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】

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 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】

重量%で、Si : 2.0 ~ 3.5%、Al : 0.3 ~ 3.5%、Mn : 0.2 ~ 4.5%、Zn : 0.0005 ~ 0.02%、Y : 0.0005 ~ 0.01%、並びに残部は Fe および不可避な不純物からなり、

下記式 1 及び式 2 を満足する、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み、

焼鈍された鋼板は介在物を含み、直径 0.5 ~ 1.0 μm の介在物が全体介在物の 40 体積% 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。

20

[式 1]

$$\frac{[Zn]}{[Y]} > 1$$

[式 2]

$$\frac{[Zn] + [Y]}{0.025}$$

(ただし、[Zn] および [Y] は、それぞれ Zn および Y の含有量 (重量%) を示す。)

【請求項 7】

前記スラブは、N : 0.0040% 以下 (但し、0% を除く)、C : 0.0040% 以下 (但し、0% を除く)、S : 0.0040% 以下 (但し、0% を除く)、Ti : 0.0040% 以下 (但し、0% を除く)、Nb : 0.0040% 以下 (但し、0% を除く) および V : 0.0040% 以下 (但し、0% を除く) をさらに含むことを特徴とする請求項 6 に記載の無方向性電磁鋼板の製造方法。

30

【請求項 8】

前記熱延板を製造する段階以降、

前記熱延板を熱延板焼鈍する段階をさらに含むことを特徴とする請求項 6 又は 7 に記載の無方向性電磁鋼板の製造方法。

【請求項 9】

前記冷延板を最終焼鈍する段階で焼鈍温度は 850 ~ 1050 であることを特徴とする請求項 6 乃至 8 のいずれか一項に記載の無方向性電磁鋼板の製造方法。

【請求項 10】

前記冷延板を最終焼鈍する段階以降、600 まで 25 ~ 50 / 秒の冷却速度で冷却することを特徴とする請求項 9 に記載の無方向性電磁鋼板の製造方法。

40

【請求項 11】

前記スラブを加熱する段階以前に、

溶鋼を製造する段階、

溶鋼に Si 合金鉄、Al 合金鉄および Mn 合金鉄を添加する段階、

溶鋼に Zn を添加し、不活性ガスを利用してバブリングする段階、および

連続鋳造してスラブを製造する段階、

をさらに含むことを特徴とする請求項 6 乃至 10 のいずれか一項に記載の無方向性電磁鋼板の製造方法。

50

【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する。

【背景技術】

【0002】

エネルギー節約、微細ほこりの発生低減および温室ガス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く注目されている。現在発電されている電気エネルギー全体の50%以上が電動機で消費されているため、電気の効率的な使用には電動機の高効率化が必要である。

10

最近、環境にやさしい自動車（ハイブリッド、プラグインハイブリッド、電気自動車、燃料電池自動車）分野が急激に発展することに伴い、高効率駆動モータに対する関心が急増しており、同時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いる。このため、効率的な電気エネルギーの使用の要求が高まっている。

【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非常に重要である。特に素材の側面からは電磁鋼板の磁性特性が最も重要であるため、低鉄損および高磁束密度に対する要求が高い。商業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の特性が非常に重要である。

20

【0004】

このような高周波低鉄損の特性を得るために、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てこれらが磁壁移動を妨害し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量にまで精製するためには高級原料を使用しなければならず、同時に2次精練に多くの時間がかかって生産性が落ちるといった問題点がある。

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を極低量に制御するための研究が行われているが、これに対する実質的な成果は微々たる水準である。

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明の目的とするところは、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し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。

本発明の他の目的とするところは、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。

40

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一実施例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%、Zn：0.0005～0.02%、並びに残部はFeおよび不可避な不純物からなることを特徴とする。

【0007】

本発明による無方向性電磁鋼板は、Y：0.0005～0.01%をさらに含むことができる。

上記無方向性電磁鋼板は、下記式1を満足することが好ましい。

[式1]： $[Zn] / [Y] > 1$ （ただし、[Zn]および[Y]は、それぞれZnお

50

よび Y の含有量 (重量%) を示す。)

【0008】

本発明の無方向性電磁鋼板は、下記式 2 を満足することができる。

【式 2】： $[Zn] + [Y] \leq 0.025$ (ただし、 $[Zn]$ および $[Y]$ は、それぞれ Zn および Y の含有量 (重量%) を示す。)

本発明の無方向性電磁鋼板は、N : 0.0040% 以下 (但し、0% を除く)、C : 0.0040% 以下 (但し、0% を除く)、S : 0.0040% 以下 (但し、0% を除く)、Ti : 0.0040% 以下 (但し、0% を除く)、Nb : 0.0040% 以下 (但し、0% を除く) および V : 0.0040% 以下 (但し、0% を除く) をさらに含むことができる。

10

【0009】

上記無方向性電磁鋼板は、介在物を含み、直径 0.5 ~ 1.0 μm の介在物が全体介在物の 40 体積% 以上であってよい。

また、直径 2 μm 以下の介在物が全体介在物の 80 体積% 以上であってよい。

【0010】

上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介在物全体の面積は 0.2% 以下であってよい。

また、平均結晶粒径が 50 ~ 95 μm であることが好ましい。

【0011】

本発明の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%、Zn : 0.0005 ~ 0.02%、並びに残部は Fe および不可避な不純物からなる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。

20

【0012】

上記スラブは、Y : 0.0005 ~ 0.01% をさらに含むことができる。

上記スラブは、下記式 1 を満足することがよい。

【式 1】： $[Zn] / [Y] > 1$ (ただし、 $[Zn]$ および $[Y]$ は、それぞれ Zn および Y の含有量 (重量%) を示す。)

【0013】

上記スラブは、下記式 2 を満足することができる。

【式 2】： $[Zn] + [Y] \leq 0.025$ (ただし、 $[Zn]$ および $[Y]$ は、それぞれ Zn および Y の含有量 (重量%) を示す。)

30

【0014】

上記スラブは、N : 0.0040% 以下 (但し、0% を除く)、C : 0.0040% 以下 (但し、0% を除く)、S : 0.0040% 以下 (但し、0% を除く)、Ti : 0.0040% 以下 (但し、0% を除く)、Nb : 0.0040% 以下 (但し、0% を除く) および V : 0.0040% 以下 (但し、0% を除く) をさらに含むことが好ましい。

熱延板を製造する段階以降、熱延板を熱延板焼鈍する段階をさらに含むことができる。

【0015】

冷延板を最終焼鈍する段階で焼鈍温度は、850 ~ 1050 °C であることがよい。

冷延板を最終焼鈍する段階以降、600 °C まで 25 ~ 50 °C / 秒の冷却速度で冷却することができる。

40

スラブを加熱する段階以前に、溶鋼を製造する段階、溶鋼に Si 合金鉄、Al 合金鉄および Mn 合金鉄を添加する段階、溶鋼に Zn を添加し、不活性ガスを利用してバブリングする段階、および連続鋳造してスラブを製造する段階、をさらに含むことが好ましい。

【発明の効果】

【0016】

本発明によると、本発明の一実施例による無方向性電磁鋼板は、Zn 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。結果的に

50

高周波鉄損および低磁場の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。これによって、環境にやさ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。

【発明を実施するための形態】

【0017】

第1、第2および第3など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用されるが、これらに限定されない。これら用語は、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だけに使用される。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して言及され得る。

10

ここで使用される専門用語は、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。ここで使用される単数の形態は、文句がこれと明確に反対の意味を示さない限り、複数の形態も含む。明細書で使用される「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。

【0018】

ある部分が他の部分の「上に」と言及する場合、これは他の部分の直上にあるか、その間に他の部分があり得る。対照的にある部分が他の部分の「直上に」と言及する場合、その間に他の部分が介されない。

20

異なって定義していないが、ここで使用される技術用語および科学用語を含むすべての用語は、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に理解する意味と同一の意味を有する。通常使用され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符合する意味を有するものに追加解釈され、定義されない限り、理想的または非常に公式的な意味に解釈されない。

また、特に言及しない限り、%は重量%を意味し、1 ppmは0.0001重量%である。

本発明の一実施例で追加元素をさらに含むという意味は、追加元素の追加量の分、残部である鉄(Fe)を代替して含むことを意味する。

【0019】

30

以下、本発明の実施例について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容易に実施することができるように詳細に説明する。しかし、本発明は多様に異なる形態に実現することができ、ここで説明する実施例に限定されるものではない。

本発明の一実施例では、無方向性電磁鋼板内の組成、特に主要な添加成分であるSi、Al、Mnの範囲を最適化するだけでなく、微量元素であるZnの添加量を限定して、集合組織および磁性を顕著に改善する。

【0020】

本発明の一実施例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%、Zn: 0.0005~0.02%、並びに残部はFeおよび不可避な不純物からなる。

40

まず、無方向性電磁鋼板の成分限定の理由から説明する。

【0021】

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める役割を果たし、過度に少なく添加される場合、高周波鉄損改善の効果が不足する虞がある。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劣位になる虞がある。したがって、前述した範囲でSiを添加することが好ましい。

【0022】

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める役割を果たし、過度に少

50

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劣化させる虞がある。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虞がある。したがって、前述した範囲でAlを添加することが好ましい。

【0023】

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果たし、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劣化させる虞がある。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する虞がある。したがって、前述した範囲でMnを添加することが好ましい。

10

本発明の一実施例で比抵抗は、 $55 \sim 80 \mu \cdot \text{cm}$ であることがよい。

Zn：0.0005～0.02重量%

【0024】

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果たす。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の清浄度を向上させる役割を果たせない虞がある。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ようになる。したがって、前述した範囲でZnを添加することが好ましい。

【0025】

Y：0.0005～0.02重量%

イットリウム(Y)は、追加的に添加されてZnの介在物の粗大化を助ける添加剤の役割を果たす。Yが追加的に添加される場合、Znの介在物の粗大化を助けて後続の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果たす。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劣化させる虞がある。

20

ZnおよびYは、下記式1を満足することができる。

[式1]： $[Zn] / [Y] > 1$ (ただし、[Zn]および[Y]は、それぞれZnおよびYの含有量(重量%)を示す。)

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より多ければむしろ介在物の粗大化を妨害して微細析出を助長するようになる虞がある。したがって、式1のようにその比率を限定することができる。

ZnおよびYは、下記式2を満足することができる。

30

[式2]： $[Zn] + [Y] \leq 0.025$ (ただし、[Zn]および[Y]は、それぞれZnおよびYの含有量(重量%)を示す。)

ZnおよびYの合計量が過度に多くなれば、微細な析出物の形成を助長して鉄損を劣化させる虞がある。したがって、式2のようにその合計量を限定することが好ましい。

【0026】

N：0.0040重量%以下、

窒素(N)は、Ti、Nb、Vと結合して窒化物あるいは炭化物を形成し、その大きさが微細であるほど結晶粒成長性を低下させるため、0.0040重量%以下、より具体的には0.0030重量%以下に制限することが好ましい。

【0027】

C：0.0040重量%以下、

炭素(C)は、N、Ti、Nb、Vなどと反応して微細な炭化物を作って結晶粒成長性および磁区移動を妨害する役割を果たし、磁気時効を起こすため、0.0040重量%以下、より具体的には0.0030重量%以下に制限することが好ましい。

40

【0028】

S：0.0040重量%以下、

硫黄(S)は、Mnと反応してMnSなどの硫化物を形成して結晶粒成長性を低下させ、磁区移動を抑制する役割を果たすため、0.0040重量%以下に制御することが好ましい。より具体的には0.0030重量%以下に制限することがよい。

【0029】

50

Ti : 0 . 0 0 4 0 重量% 以下、
チタン (Ti) 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果たすため、0 . 0 0 4 0 重量% 以下、より具体的には0 . 0 0 3 0 重量% 以下に制限することが好ましい。

【 0 0 3 0 】

Nb : 0 . 0 0 4 0 重量% 以下、
ニオブ (Nb) 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果たすため、0 . 0 0 4 0 重量% 以下、より具体的には0 . 0 0 3 0 重量% 以下に制限することが好ましい。

【 0 0 3 1 】

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果たすため、0 . 0 0 4 0 重量% 以下、より具体的には0 . 0 0 3 0 重量% 以下に制限することが好ましい。

【 0 0 3 2 】

その他不純物
前述した元素以外にも、Mo、Mg、Cuなどの不可避に混入される不純物が含まれてもよい。これら元素は、微量であるが、鋼内介在物形成などを通じた磁性悪化を招き得るため、Mo、Mgはそれぞれ0 . 0 0 5 重量% 以下、Cuは0 . 0 2 5 重量% 以下に管理されなければならない。

本発明の一実施例では、Znを特定量添加することによって介在物の大きさを適切に制御して、最終的に無方向性電磁鋼板の磁性を向上させるようになる。具体的に本発明の一実施例による無方向性電磁鋼板は、直径が0 . 5 ~ 1 . 0 μmの介在物が全体介在物の40体積%以上であってもよい。この時、介在物の直径とは、介在物と同一の面積の仮想の円を想定して、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的特性を示すようにする。より具体的に直径が2 μm以下である介在物が全体介在物の80体積%以上であることがよい。

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 % 以下であることがよい。

【 0 0 3 3 】

本発明の一実施例による無方向性電磁鋼板は、平均結晶粒径が50 ~ 100 μmであることがよい。上記範囲の結晶粒径で無方向性電磁鋼板の磁性がより優れている。

本発明の一実施例による無方向性電磁鋼板は、上記のとおり、高周波鉄損および低磁場特性が改善される。具体的に50 Hz 100 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 (1000 Hz / 10000 Hz × 100) が3 . 2 % 以下であることがよい。これは数百Hz領域だけでなく、数十kHz領域でも高周波鉄損に優れていることを意味する。3 . 2 % を超えれば高速回転と低速回転での鉄損差が大きくなり、全体モータ効率が悪くなる原因になる。

本発明の一実施例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 %、Zn : 0 . 0 0 0 5 ~ 0 . 0 2 %、並びに残部はFeおよび不可避な不純物からなる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。

【 0 0 3 4 】

以下、各段階別に詳細に説明する。

まず、スラブを加熱する。スラブ内の各組成の添加比率を限定した理由は、上記無方向性電磁鋼板の組成限定理由と同一であるため、重複する説明は省略する。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ため、スラブの組成と無方向性電磁鋼板の組成は実質的に同一である。

【 0 0 3 5 】

10

20

30

40

50

溶鋼を製造する段階、溶鋼にSi合金鉄、Al合金鉄およびMn合金鉄を添加する段階、溶鋼にZnを添加し、不活性ガスを利用してバブリングする段階、および連続鑄造して製造することができる。Si合金鉄、Al合金鉄、Mn合金鉄、Znなどは前述したスラブの組成範囲に該当するように調節して投入することができる。Yを追加的に添加する場合、Znと同時に投入することができる。ZnとYを同時に投入し、バブリングすることによってZnとYが反応できるようになる。

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すると、析出物が再溶解されて熱間圧延以降に微細に析出されることができ、加熱されたスラブは、2～2.3mmに熱間圧延して熱延板として製造される。

熱延板を製造する段階で仕上げ温度は800～1000であることがよい。

10

【0036】

熱延板を製造する段階以降、熱延板を熱延板焼鈍する段階をさらに含むことができる。この時、熱延板焼鈍温度は850～1150であることがよい。熱延板焼鈍温度が850未満であると組織が成長しないか、微細に成長して磁束密度の上昇効果が少なく、一方、焼鈍温度が1150を超えると磁気特性がむしろ劣化し、板形状の変形により圧延作業性が悪くなる虞がある。より具体的に温度範囲は900～1125であることがよい。より具体的に熱延板の焼鈍温度は950～1100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、省略することも可能である。

次に、熱延板を酸洗し、所定の板厚さになるように冷間圧延する。熱延板厚さにより異なって適用され得るが、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。

20

【0037】

最終冷間圧延された冷延板は、平均結晶粒径が50～95 μm になるように最終焼鈍を施す。最終焼鈍温度は850～1050になることが好ましい。最終焼鈍温度が過度に低ければ再結晶が十分に発生せず、最終焼鈍温度が過度に高ければ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劣位になる虞がある。より具体的に900～1000の温度で最終焼鈍することが好ましい。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（つまり、99%以上）再結晶され得る。

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ことができる。このように製造された無方向性電磁鋼板は、直径が0.5～1.0 μm の介在物が全体介在物の40体積%以上であることがよい。直径が2 μm 以下の介在物が全体介在物の80体積%以上であることがよい。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%以下であることがよい。

30

【0038】

以下、実施例を通じて本発明をより詳細に説明する。しかし、このような実施例は単に本発明を例示するためのものであり、本発明がここに限定されるものではない。

実施例 1

下記表1のとおり組成されるスラブを製造した。表1に記載した成分以外のC、S、N、Tiなどはすべて0.003重量%に制御した。スラブを1150で加熱し、850で熱間仕上げ圧延して板厚さ2.0mmの熱延板を作製した。熱間圧延された熱延板は1100で4分間焼鈍した後、酸洗した。その後、冷間圧延して板厚さを0.25mmにした後、下記表2に示した温度で45秒間最終焼鈍を行った。その後、下記表2に示した冷却速度で600まで冷却して最終的に無方向性電磁鋼板を製造した。磁性は単板試験器(Single Sheet Tester)を利用して圧延方向および垂直方向の平均値で決定して下記表2に示した。介在物は光学顕微鏡を利用して観察し、倍率は500倍、観察面は圧延垂直方向の断面(TD)であり、面積は最小4 mm^2 以上を観察した。介在物の直径は同一の面積の円を仮定してその直径で表現した。介在物の全体面積に対して直径が0.5～1.0 μm の介在物の面積比率を下記表2に示した。

40

50

【 0 0 3 9 】

【表 1】

鋼種 (重量%)	Si	Al	Mn	Zn	Y	[Zn]+[Y]	[Zn]/[Y]	比抵抗 ($\mu\Omega\cdot\text{cm}$)	備考
1	2	1	4	0.005	0.001	0.006	5	70	実施例
2	2	2	2	0.004	0.005	0.009	0.8	70	比較例
3	2	3	1.5	0.01	0.001	0.011	10	78	実施例
4	2	1	4	0.02	0.01	0.03	2	70	比較例
5	2	3	1.5	0.01	0.003	0.013	3.3	78	比較例
6	2.5	0.7	2.5	0.005	0.003	0.008	1.7	64	実施例
7	2.5	0.7	2	0.005	0.003	0.008	1.7	61	実施例
8	2.5	3	1.4	0.005	0.0003	0.0053	16.7	83	比較例
9	2.5	1	1	0.02	0.003	0.023	6.7	58	実施例
10	2.5	1	1.8	0.0003	0.0003	0.0006	1	63	比較例
11	3	1	1	0.005	0.003	0.008	1.7	64	比較例
12	3	0.7	1.4	0.005	0.003	0.008	1.7	63	実施例
13	3	0.7	2	0.025	0.003	0.028	8.3	66	比較例
14	3	1	2	0.01	0.007	0.017	1.4	70	実施例

10

20

【 0 0 4 0 】

【表 2】

鋼種	最終焼 鈍温度 ($^{\circ}\text{C}$)	冷却 速度 ($^{\circ}\text{C}/\text{秒}$)	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	1000	35	60	55	0.95	0.64	30.2	2.12	実施例
2	970	40	48	38	0.78	1.07	32.8	3.26	比較例
3	1000	30	58	45	0.85	0.51	25.8	1.98	実施例
4	1000	30	45	37	0.78	0.94	33.2	2.83	比較例
5	1000	20	48	35	0.84	0.94	28.5	3.3	比較例
6	980	37	69	48	0.95	0.71	29.2	2.43	実施例
7	950	38	75	58	0.91	0.68	28.5	2.39	実施例
8	930	31	44	33	0.85	1.02	30.2	3.38	比較例
9	1000	31	89	65	1.05	0.81	30.5	2.66	実施例
10	1000	32	46	38	0.75	0.91	32.5	2.8	比較例
11	800	32	35	32	0.93	1.08	32.5	3.32	比較例
12	1000	30	93	50	1.11	0.79	32.1	2.46	実施例
13	970	30	45	30	0.75	1.11	33.1	3.35	比較例
14	970	34	78	56	1.07	0.81	32.5	2.49	実施例

30

40

【 0 0 4 1 】

50

表1および表2に示したとおり、実施例の鋼種の場合、一定の直径を有する介在物の比率が増えて磁性に優れていることを確認できる。一方、Zn、Yの添加量が本発明の範囲を外れる比較例の鋼種の場合、Zn、Yが適切に添加されないか、最終焼鈍での温度および冷却速度が適切でないため、介在物特性を満足させず、磁性が劣悪なことを確認できる。

【0042】

本発明は、実施例に限定されるのではなく、互いに異なる多様な形態に製造可能であり、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は本発明の技術的な思想や必須の特徴を変更することなく、他の具体的な形態に実施可能であることを理解できるはずである。したがって、以上で記述した実施例は、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と理解しなければならない。

フロントページの続き

- (72)発明者 リュウ, ゾン ウク
大韓民国 37859, ギョンサンブク ド ボハン シ, ナム グ, ドンヘアン ロ, 6261
(ゴエドン ドン), ポスコ内,
- (72)発明者 イ, ホン ジュ
大韓民国 37859, ギョンサンブク ド ボハン シ, ナム グ, ドンヘアン ロ, 6261
(ゴエドン ドン), ポスコ内,
- (72)発明者 キム, ユン ソン
大韓民国 37859, ギョンサンブク ド ボハン シ, ナム グ, ドンヘアン ロ, 6261
(ゴエドン ドン), ポスコ内,

審査官 鈴木 葉子

- (56)参考文献 特開2012-036459(JP, A)
特開2001-335897(JP, A)
特開2005-336503(JP, A)
特開平08-333658(JP, A)
特開2010-018857(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C22C 38/00 - 38/60
C21D 8/12, 9/46
H01F 1/12 - 1/38, 1/44