

(19)日本国特許庁(JP)

**(12)特許公報(B2)**

(11)特許番号  
**特許第7620552号**  
**(P7620552)**

(45)発行日 令和7年1月23日(2025.1.23)

(24)登録日 令和7年1月15日(2025.1.15)

(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 D
C 2 2 C 38/38 (2006.01)	C 2 2 C 38/38
H 0 1 F 1/147(2006.01)	H 0 1 F 1/147 1 7 5
H 0 1 F 41/02 (2006.01)	H 0 1 F 41/02 Z

請求項の数 8 (全11頁)

(21)出願番号	特願2021-536309(P2021-536309)	(73)特許権者	522492576 ポスコ カンパニー リミテッド
(86)(22)出願日	令和1年12月18日(2019.12.18)		大韓民国 キョンサンブク - ド ポハン -
(65)公表番号	特表2022-515235(P2022-515235 A)		シ ナム - グ ドンヘアン - ロ 6 2 6 1
(43)公表日	令和4年2月17日(2022.2.17)	(74)代理人	1100000051 弁理士法人共生国際特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/KR2019/018028	(72)発明者	クォン , オ - ヨル 大韓民国 3 7 8 5 9 ギヨンサンブク -
(87)国際公開番号	WO2020/130641		ド ポハン - シ , ナム - グ , ドンヘアン
(87)国際公開日	令和2年6月25日(2020.6.25)		- ロ , 6 2 6 1 (コエドン - ドン)
審査請求日	令和3年6月21日(2021.6.21)	(72)発明者	キム , ウ - シン 大韓民国 3 7 8 5 9 ギヨンサンブク -
審判番号	不服2023-11918(P2023-11918/J 1)		ド ポハン - シ , ナム - グ , ドンヘアン
審判請求日	令和5年7月14日(2023.7.14)	(72)発明者	- ロ , 6 2 6 1 (コエドン - ドン)
(31)優先権主張番号	10-2018-0165642		キム , デ - ウク
(32)優先日	平成30年12月19日(2018.12.19)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	最終頁に続く		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 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】**

電磁鋼板表面に位置するグループ、  
前記グループ上に位置する金属酸化物層、および  
前記グループ下部に位置する不連続的に分散分布する金属酸化物系アイランドを含み、  
前記グループ下部に位置する前記金属酸化物系アイランドの平均粒径は0.75~3μmであり、  
前記グループ下部に位置する前記金属酸化物系アイランドの密度は0超過~0.1個/μm<sup>2</sup>であることを特徴とする方向性電磁鋼板。

**【請求項2】**

前記電磁鋼板を棒状のcylinderに曲げる場合、絶縁コーティング層の剥離または亀裂が起こらない最小の直径が25mm未満であることを特徴とする請求項1に記載の方向性電磁鋼板。

**【請求項3】**

請求項1又は2に記載の方向性電磁鋼板の製造方法であって、  
冷延板を製造する段階、  
前記冷延板にグループを形成する段階、  
前記冷延板表面に形成されたFe-O酸化物を除去する段階、  
前記冷延板を1次再結晶焼鈍する段階、および  
前記1次再結晶された冷延板に焼鈍分離剤を塗布し、2次再結晶焼鈍する段階を含み、

下記数1で計算される密着性係数が0.016~1.13であることを特徴とする方向性電磁鋼板の製造方法。

**[数1]**

$$\text{密着性係数 (S_a d) = (0.8 \times R_a) / H_{hill-up}}$$

数1中、R<sub>a</sub>は前記Fe-O酸化物を除去する段階以後、冷延板表面の算術平均粗さ(R<sub>a</sub>, μm)を示し、

H<sub>hill-up</sub>は前記Fe-O酸化物を除去する段階以後、冷延板表面に存在するヒルアップの平均高さ(μm)を示す。

**【請求項4】**

前記Fe-O酸化物を除去する段階以後、冷延板表面の算術平均粗さ(R<sub>a</sub>)は3.0μm以下であることを特徴とする請求項3に記載の方向性電磁鋼板の製造方法。 10

**【請求項5】**

前記Fe-O酸化物を除去する段階以後、冷延板表面に存在するヒルアップの平均高さ(H<sub>hill-up</sub>)は5.0μm以下であることを特徴とする請求項3又は請求項4に記載の方向性電磁鋼板の製造方法。

**【請求項6】**

前記グループを形成する段階で、前記冷延板にレーザまたはプラズマを照射してグループを形成することを特徴とする請求項3乃至請求項5のいずれか一項に記載の方向性電磁鋼板の製造方法。 20

**【請求項7】**

前記グループを形成する段階で、グループの下部に再凝固層が形成されることを特徴とする請求項3乃至請求項6のいずれか一項に記載の方向性電磁鋼板の製造方法。

**【請求項8】**

前記Fe-O酸化物を除去する段階前の冷延板表面の算術平均粗さ(R<sub>a</sub>)は1.2μm以上であることを特徴とする請求項3乃至請求項7のいずれか一項に記載の方向性電磁鋼板の製造方法。 30

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

**【0001】**

本発明は、方向性電磁鋼板およびその製造方法に係り、より詳しくは、グループを形成した後、表面に形成されたFe-O酸化物を除去してアイランドを適切に形成することによって、磁性向上と共に絶縁コーティング層との密着性を向上させた方向性電磁鋼板およびその製造方法に関する。 30

**【背景技術】**

**【0002】**

方向性電磁鋼板は変圧器などの電磁気製品の鉄心材料として使用されるため電気機器の電力損失を減らすことによってエネルギー変換効率を向上させるためには鉄心素材の鉄損に優れ積層および巻取り時に占積率の高い鋼板が要求される。

方向性電磁鋼板は熱延、冷延、および焼鈍工程を通じて2次再結晶された結晶粒が圧延方向に{110}<001>方向に配向された集合組織（一名「Goss Texture」とも言う）を有する機能性鋼板をいう。 40

方向性電磁鋼板の鉄損を下げる方法として、磁区微細化方法が知られている。即ち、磁区をスクラッチやエネルギー的衝撃を与えて方向性電磁鋼板が有している大きな磁区の大きさを微細化されることである。この場合、磁区が磁化されその方向が変わる時、エネルギー消耗量を磁区の大きさが大きかった時より減らすことができるようになる。磁区微細化方法としては、熱処理後にも磁気的特性が改善されてその効果が維持される永久磁区微細化と、そうでない一時磁区微細化がある。

**【0003】**

回復(Recovery)が現れる熱処理温度以上の応力緩和熱処理後にも鉄損改善効果を示す永久磁区微細化方法は、エッティング法、ロール法、およびレーザ法に区分すること 50

ができる。エッティング法は、溶液内選択的な電気化学反応で鋼板表面に溝（グループ、group）を形成させるため溝形状を制御しにくく、最終製品の鉄損特性を幅方向に均一に確保することが難しい。これと共に、溶媒として使用する酸溶液によって環境汚染を誘発することもある短所を有している。

ロールによる永久磁区微細化方法は、ロールに突起形状を加工してロールや板を加圧することによって板表面に一定の幅と深さを有する溝を形成した後に焼鈍することによって溝下部の再結晶を部分的に発生させる鉄損改善効果を示す磁区微細化技術である。ロール法は、機械加工に対する安定性、厚さによる安定的な鉄損確保が得難い信頼性およびプロセスが複雑であり、溝形成直後（応力緩和焼鈍前）鉄損と磁束密度特性が劣化する短所を有している。10

レーザによる永久磁区微細化方法は、高出力のレーザを高速で移動する電磁鋼板表面部に照射し、レーザ照射によって基地部の溶融を伴うグループ（group）を形成させる方法を使用する。しかし、このような永久磁区微細化方法も磁区を最小大きさに微細化させるのは難しい。

#### 【0004】

一時磁区微細化の場合、コーティングされた状態でレーザを加えた後、コーティングをもう一度行わない方向に研究を行っているため、レーザを一定以上の強度で照射しようとしている。一定以上加える場合、コーティングの損傷によって張力効果を十分に發揮しにくいためである。

永久磁区微細化の場合、溝を彫って静磁エネルギーを受けることができる自由電荷面積を広げることであるため、できる限り深い溝深さが必要である。もちろん、深い溝深さによって磁束密度の低下などの副作用も発生する。そのため、磁束密度劣化を減らすために適正溝深さとして管理する。20

一方、磁区微細化技術で製造した方向性電磁鋼板は、成形および熱処理過程を経て変圧器鉄心などの製品に製造される。また、製品は比較的高温の環境で使用されるため鉄損特性だけでなく、絶縁コーティング層との密着性を確保することが必要である。

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0005】

本発明が目的とするところは、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り、具体的には、グループを形成した後、表面に形成されたFe-O酸化物を除去してアイランドを適切に形成することによって、磁性向上と共に絶縁コーティング層との密着性を向上させた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。30

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0006】

本発明の方向性電磁鋼板は、電磁鋼板表面に位置するグループ、グループ上に位置する金属酸化物層、およびグループの下部に位置する不連続的に分散分布する金属酸化物系アイランドを含むことを特徴とする。

#### 【0007】

グループの下部に位置するアイランドの平均粒径は、0.5~5μmであり、アイランドの密度は、0.5個/μm<sup>2</sup>以下であることを特徴とする。40

#### 【0008】

電磁鋼板を棒状のcylinderに曲げる場合、絶縁コーティング層の剥離または亀裂が起こらない最小の直径が25mm未満であり、

電磁鋼板において、R/Hill-topは、0.02~1.0であることを特徴とする。

#### 【0009】

本発明の方向性電磁鋼板の製造方法は、冷延板を製造する段階、冷延板にグループを形成する段階、冷延板表面に形成されたFe-O酸化物を除去する段階、冷延板を1次再結晶焼鈍する段階、および1次再結晶された冷延板に焼鈍分離剤を塗布し、2次再結晶焼鈍する段階を含み、下記数1で計算される密着性係数が0.016~1.13であることを特50

徴とする。

【数1】

$$\text{密着性係数 (S_{ad})} = (0.8 \times R) / H_{hill-up}$$

数1中、Rは酸化物を除去する段階以後、冷延板表面の平均粗さ(μm)を示し、H<sub>hill-1-up</sub>は酸化物を除去する段階以後、冷延板表面に存在するヒルアップの平均高さ(μm)を示す。

【0010】

酸化物を除去する段階以後、冷延板表面の平均粗さ(R)は3.0 μm以下であり、冷延板表面に存在するヒルアップの平均高さ(H<sub>hill-up</sub>)は5.0 μm以下であることを特徴とする。

10

【0011】

グループを形成する段階で、冷延板にレーザまたはプラズマを照射してグループを形成し、グループの下部に再凝固層が形成できることを特徴とする。

【0012】

酸化物を除去する段階前の粗さは冷延板表面の平均粗さ(R)は1.2 μm以上であることを特徴とする。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、密着係数を適切に制御して、グループの下部にアイランドを適切に形成することによって、密着性および耐食性を改善することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の方向性電磁鋼板の圧延面(ND面)の模式図である。

【図2】本発明のグループの模式図である。

【図3】本発明のグループの断面の模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

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にのみ使用される。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言及できる。

30

ここで使用される専門用語はただ特定実施形態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形態も含む。明細書で使用される「含む」の意味は特定特性、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のではない。

ある部分が他の部分「の上に」または「上に」あると言及する場合、これは直ぐ他の部分の上にまたは上にあり得るか、その間に他の部分が伴われることがある。対照的に、ある部分が他の部分「の真上に」あると言及する場合、その間に他の部分が介されない。

40

異なって定義しなかったが、ここに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の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。通常使用される辞典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と追加解釈され、定義されない限り理想的であるか非常に公式的な意味に解釈されない。

【0016】

以下、本発明の実施形態について本発明の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しく説明する。しかし、本発明は様々な異なる形態に実現でき、ここで説明する実施形態に限定されない。

50

図1は、本発明の一実施形態によって磁区微細化された方向性電磁鋼板10の模式図を示す。

図1に示すように、本発明の方向性電磁鋼板10は、電磁鋼板の一面または両面に、圧延方向(RD方向)と交差する方向に形成された線状のグループ20が形成されている。以下各段階別に具体的に説明する。

まず、冷延板を製造する。本発明では冷延板製造以後、磁区微細化方法にその特徴があるものであって、磁区微細化の対象になる冷延板は方向性電磁鋼板分野で使用する冷延板を制限なく使用することができる。特に、方向性電磁鋼板の合金組成とは関係なく本発明の効果が発現される。したがって、方向性電磁鋼板の合金組成に関する具体的な説明は省略する。一例として、冷延板は重量%で、C:0.07%以下、Si:1.0~6.5%、Mn:0.005~3.0%、Nb+V+Ti:0.050%以下、Cr+Sn:1.0%以下、Al:3.0%以下、P+S:0.08%以下、および希土類およびその他不純物総合0.3%以下を含み、残部はFeからなる。

冷延板製造方法についても方向性電磁鋼板分野で使用する冷延板製造方法を制限なく使用することができ、これに関する具体的な説明は省略する。

#### 【0017】

次に、冷延板にグループを形成する。

グループを形成する段階で、圧延垂直方向に対して、グループを2~10個断続的に形成する。図1では圧延垂直方向に対して、グループを4個断続的に形成した例を示す。但し、これに限定されるのではなく、グループを連続的に形成することも可能である。

図1および図2で示すように、グループ20の長さ方向(図1のRD方向、図2のX方向)と圧延方向(RD方向)は75~88°の角度をなしている。前述の角度でグループ20を形成する時、方向性電磁鋼板の鉄損を改善するのに寄与する。

グループの幅(W)は10~200μmであり、グループ20の幅が過度に狭いか大きい場合、適切な磁区微細化効果が得られないことがある。

また、グループの深さ(H)は30μm以下であり、グループの深さ(H)が過度に深ければ、強いレーザ照射によって鋼板10の組織特性を大きく変化させるか、多量のヒルアップおよびスパッタを形成して磁性を劣化させることがある。したがって、前述の範囲でグループ20の深さを制御することができる。さらに具体的に、グループの深さは3~30μmである。

#### 【0018】

グループを形成する段階で、冷延板にレーザまたはプラズマを照射してグループを形成する。

レーザを使用する場合、冷延板表面に500W~10kW平均出力のTEM00(M2:1.25)レーザビームを冷延板表面に照射することによってグループを形成することができる。レーザの発振方式は制限なく使用することができる。即ち、連続発振またはPulse modeを使用することができる。このように表面ビーム吸収率が鋼板の溶融熱以上となり得るようにレーザを照射して、図1および図2で表したグループ20を形成する。図2で、X方向はグループ20の長さ方向を示す。

このようにレーザまたはプラズマを使用する場合、レーザまたはプラズマから放出される熱によってグループの下部に再凝固層が形成できる。再凝固層は製造中の電磁鋼板の全体組織と結晶粒粒径が異なっていて区分される。再凝固層の厚さは5.0μm以下に形成できる。再凝固層の厚さが過度に厚い場合、後述の金属酸化物層が厚く形成されて、金属酸化物層と基地組織の密着性および耐食性が悪くなることがある。

グループを形成する段階以後、レーザまたはプラズマから発生する熱および空気中の酸素および水分、噴射ガス内の酸素および水分によって鋼板表面が一部酸化されてFe-O酸化物が存在する。

#### 【0019】

本発明では、冷延板表面に形成されたFe-O酸化物を除去する。Fe-O酸化物を除去する方法としては特に限定されず、乾式または湿式研磨方法を使用することができる。研

10

20

30

40

50

磨後、Fe-O酸化物がグループ内に流入する事があるので、これを除去するためのリシング過程を経ることができる。

Fe-O酸化物は、 $Fe_2O_3$ 、 $Fe_3O_4$ などの鉄酸化物を意味する。Fe-O酸化物は全部または一部を除去することができる。

Fe-O酸化物を除去する前には、冷延板表面の平均粗さ( $R$ )は $1.2\mu m$ 以上である。この時、Fe-O酸化物を除去せず、後続工程を行う場合、グループ部分の金属酸化物層が不安定に形成され、密着性および耐食性が低下する事がある。

Fe-O酸化物を除去した後、冷延板表面の平均粗さ( $R$ )は $3.0\mu m$ 以下となる。前述の範囲でFe-O酸化物を除去することによって、金属酸化物層が安定的に形成され、密着性および耐食性が向上できる。好ましくは、冷延板表面の平均粗さ( $R$ )は $0.05 \sim 0.30\mu m$ である。10

Fe-O酸化物を除去する過程で、グループ形成過程で発生したヒルアップも一部除去できる。ヒルアップが過度に高く形成される場合、酸化物層が不安定に形成され、密着性および耐食性が劣位になることがある。具体的に、酸化物を除去する段階以後、冷延板表面に存在するヒルアップの平均高さ( $H_{hill-up}$ )は $5.0\mu m$ 以下である。

#### 【0020】

次に、冷延板を1次再結晶焼鈍する。

1次再結晶焼鈍する段階は方向性電磁鋼板分野で広く知られているので、詳しい説明は省略する。1次再結晶焼鈍過程で脱炭または脱炭と窒化を含むことができ、脱炭または脱炭と窒化のために湿潤雰囲気で焼鈍することができる。1次再結晶焼鈍する段階での均熱温度は $800 \sim 950$ である。20

次に、焼鈍分離剤を塗布し、2次再結晶焼鈍する。焼鈍分離剤については広く知られているので、詳しい説明は省略する。一例として、MgOを主成分とする焼鈍分離剤を使用することができる。

本発明の一実施形態で、下記数1で計算される密着性係数が $0.016 \sim 1.13$ である。

#### 【数1】

$$\text{密着性係数} (S_{ad}) = (0.8 \times R) / H_{hill-up}$$

数1中、Rは酸化物を除去する段階以後、冷延板表面の平均粗さ( $\mu m$ )を示し、 $H_{hill-up}$ は酸化物を除去する段階以後、冷延板表面に存在するヒルアップの平均高さ( $\mu m$ )を示す。30

密着性係数が前述の範囲を満足することによって、優れた密着性および耐食性を確保することができる。

#### 【0021】

2次再結晶焼鈍の目的は大きく見れば、2次再結晶による $\{110\} <001>$ 集合組織形成、1次再結晶焼鈍時に形成された酸化層とMgOの反応による金属酸化物(ガラス質)被膜形成で絶縁性付与、磁気特性を害する不純物の除去である。2次再結晶焼鈍の方法としては、2次再結晶が起こる前の昇温区間では窒素と水素の混合ガスとして維持して粒子成長抑制剤である窒化物を保護することによって2次再結晶がよく発達するようにし、2次再結晶が完了した後、均熱段階では $100\%$ 水素雰囲気で長時間維持して不純物を除去する。

2次再結晶焼鈍する段階は、 $900 \sim 1210$ の均熱温度で行うことができる。

2次再結晶焼鈍過程で、焼鈍分離剤内のMgO成分が鋼板表面に形成された酸化層と反応して鋼板およびグループの表面に金属酸化物層(フォルステライト層)が形成できる。図3では金属酸化物層30を概略的に表した。本発明の一実施形態で、2次再結晶焼鈍前にグループが形成されるため、鋼板だけでなくグループの表面にも金属酸化物層30が形成できる。

本発明の一実施形態で、グループ形成以後、鋼板表面にFe-O酸化物を除去するため、焼鈍分離剤内のMgOが鋼板内部に浸透または通過して金属酸化物層30下部にアイランド40が形成できる。このアイランド40は金属酸化物を含む。さらに具体的に、フォルステライトを含む。40

10

20

30

40

50

### 【0022】

図3ではアイランド40を概略的に表した。図3に示すように、金属酸化物層30下部に金属酸化物層30と分離されてアイランド40が形成できる。アイランド40は金属酸化物層30と類似の合金成分からなっているので、電磁鋼板基地組織とは区分される。

アイランド40が不連続的に適切に形成されることによって、金属酸化物層30と鋼板の密着性を向上させるのに寄与し得る。具体的に、グループの下部に金属酸化物を含むアイランドの密度が0.5個/ $\mu\text{m}^2$ 以下である。この時、基準は鋼板圧延方向(RD方向)および厚さ方向(ND方向)を含む断面(TD面)からグループ20下部に5 $\mu\text{m}$ 以内の深さ面積に対するアイランドの密度を意味する。

グループ20下部に位置するアイランド40は、平均粒径0.5~5 $\mu\text{m}$ である。この時、基準は鋼板圧延方向(RD方向)および厚さ方向(ND方向)を含む断面(TD面)となる。粒径とは、TD面で測定したアイランド40の面積と同一な面積の仮想の円を想定し、その円の直径を意味する。アイランド40の平均粒径はグループ20下部に位置するアイランド40の平均粒径であり、グループ20が形成されていない表面下部に位置するアイランド40は前述の平均粒径の計算から除外する。アイランド40の平均粒径を制御することによって、磁性向上と共に絶縁コーティング層との密着性を向上させることができる。さらに具体的に、グループ20下部に位置するアイランド40は平均粒径0.75~3 $\mu\text{m}$ である。

### 【0023】

2次再結晶焼鈍する段階以後、金属酸化物層上に絶縁コーティング層を形成する段階をさらに含むことができる。

絶縁コーティング層を形成する方法は特に制限なく使用することができ、一例として、リン酸塩を含む絶縁コーティング液を塗布する方式で絶縁被膜層を形成することができる。このような絶縁コーティング液はコロイダルシリカと金属リン酸塩を含むコーティング液を使用するのが好ましい。この時、金属リン酸塩はA1リン酸塩、Mgリン酸塩、またはこれらの組み合わせであってもよく、絶縁コーティング液の重量に対するA1、Mg、またはこれらの組み合わせの含量は15重量%以上である。

本発明の一実施形態による方向性電磁鋼板は、電磁鋼板10の表面に位置するグループ20、グループ20上に位置する金属酸化物層30、およびグループの下部に位置するアイランド40を含む。

### 【0024】

グループの下部に位置するアイランド40の平均粒径は0.5~5 $\mu\text{m}$ である。金属酸化物層が過度に薄ければアイランド平均粒径も過度に小さくなってしまって密着性が低下し、金属酸化物層が過度に厚ければアイランド平均粒径も過度に増加して金属酸化物層の密着性を低下する傾向がある。本発明は、アイランド40の平均粒径を制御することによって、磁性向上と共に金属酸化物層の絶縁コーティングおよび基地組織との密着性を向上させることができる。好ましくは、グループ20下部に位置するアイランド40は平均粒径0.75~3 $\mu\text{m}$ である。グループ20下部にアイランド40の密度が0.5個/ $\mu\text{m}^2$ 以下である。この時、基準は鋼板圧延方向(RD方向)および厚さ方向(ND方向)を含む断面(TD面)からグループ20下部に5 $\mu\text{m}$ 以内の深さ面積に対するアイランドの密度を意味する。好ましく、グループ20下部にアイランド40の密度が0.1個/ $\mu\text{m}^2$ 以下である。

以下、実施例を通じて本発明をさらに詳しく説明する。しかし、このような実施例はただ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のではない。

### 【実施例】

#### 【0025】

冷間圧延した厚さ0.23mmの冷延板を準備した。この冷延板に2.0kWのGauss sian modeの連続波レーザを走査速度10m/sで照射して、RD方向と85°角度のグループを形成した。その後、鋼板の全体表面を研磨布を用いて研磨してFe-O酸化物を除去した。その後、1次再結晶焼鈍し、MgO焼鈍分離剤を塗布後、2次再結晶

10

20

30

40

50

した。その後、絶縁コーティング層を形成した。

密着性は、製品板を多様な直径を有する棒状の cylinder に板を曲げることによって、絶縁コーティング層が剥離および亀裂しない最小の直径を表した。密着性に優れるほど棒状の直径は次第に減少するようになる。好ましく、絶縁コーティング層が剥離および亀裂しないシリンダーの最小直径は 25 mm 未満でなければならない。25 mm 以上である場合、密着性が低下し密着性減少によって耐食性も減少する。(シリンダー最小直径 20 mm、24 mm)

耐食性は、30 の 3.5 重量 % NaCl 水溶液で正極分極実験を通じた自然腐食電流密度で測定した。耐食性は  $1.6 \times 10^{-9} \text{ A/cm}^2$  以下が好ましい。

#### 【0026】

本発明による電磁鋼板の密着性係数は、好ましく 0.016 ~ 1.13 である。密着性係数が 0.016 未満である場合、耐食性が急激に劣位となり、密着性係数が 1.13 超過である場合、腐食性が劣位となることがある。密着性係数を求める式は以下の通りである。焼鈍分離剤の粘度は 10 ~ 84 が好ましい。なぜなら、粘度が 10 未満である場合、焼鈍分離剤が流れ落ちることがあり、84 超過になれば、厚さが過度に厚くなつて焼鈍分離剤の消耗量が多くなる。したがつて、通常の焼鈍分離剤粘度を考慮する時、本発明の電磁鋼板の  $R / H_{hill-up}$  は 0.02 ~ 1.0 が好ましい。

#### 【数1】

$$\text{密着性係数 (S_{ad})} = (0.8 \times R) / H_{hill-up}$$

数1中、R は酸化物を除去する段階以後、冷延板表面の平均粗さ ( $\mu\text{m}$ ) を示し、 $H_{hill-up}$  は酸化物を除去する段階以後、冷延板表面に存在するヒルアップの平均高さ ( $\mu\text{m}$ ) を示す。

#### 【0027】

#### 【表1】

区分	平均粒径 ( $\mu\text{m}$ )	シリンダーの最小直径 ( $\Phi, \text{mm}$ )	密着性係数 (無次元)	$R / H_{hill-up}$	耐食性 ( $\text{A}/\text{cm}^2$ )
実施例 1	5.0	16	0.016	0.02	$1.42 \times 10^{-9}$
実施例 2	4.2	16	0.02	0.025	$1.45 \times 10^{-9}$
実施例 3	3.4	15	0.04	0.05	$1.35 \times 10^{-9}$
実施例 4	1.3	15	0.06	0.07	$1.37 \times 10^{-9}$
実施例 5	2.1	12	0.08	0.10	$1.29 \times 10^{-9}$
実施例 6	1.9	12	0.10	0.12	$1.25 \times 10^{-9}$
実施例 7	0.8	12	0.25	0.31	$1.13 \times 10^{-9}$
実施例 8	0.5	12	0.40	0.50	$1.10 \times 10^{-9}$
実施例 9	1.7	10	0.60	0.75	$1.05 \times 10^{-9}$
実施例 10	1.3	10	0.80	1.00	$1.02 \times 10^{-9}$
比較例	0.3	25	0.014	0.018	$2.20 \times 10^{-8}$

#### 【0028】

表1で示すように、グループ形成以後、密着係数を適切に制御して製造した方向性電磁鋼板は、密着性および耐食性が優れているのを確認することができる。反面、密着係数を適切に制御していない比較例は密着性および耐食性が比較的に劣悪であるのを確認することができる。

また、実施例 1 ~ 10 のグループの下部に位置したアイランド 40 の平均粒径範囲は 0.5 ~ 5.0  $\mu\text{m}$  であるのを確認した。また、アイランド 40 の密度が 0.5 個 /  $\mu\text{m}^2$  以下であるのを確認した。

反面、比較例はアイランド 40 の平均粒径が 0.5  $\mu\text{m}$  未満であるのを確認し、また、アイランド 40 の密度が 0.5 個 /  $\mu\text{m}^2$  超過で多数形成されるのを確認した。

本発明は実施例に限定されるわけではなく、互いに異なる多様な形態に製造でき、本発明

10

20

30

40

50

の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せずに他の具体的な形態に実施できるということが理解できるはずである。したがつて、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、限定的ではないと理解しなければならない。

【符号の説明】

【0029】

- 10 : 方向性電磁鋼板
- 20 : グループ
- 30 : 金属酸化物層
- 40 : アイランド

10

20

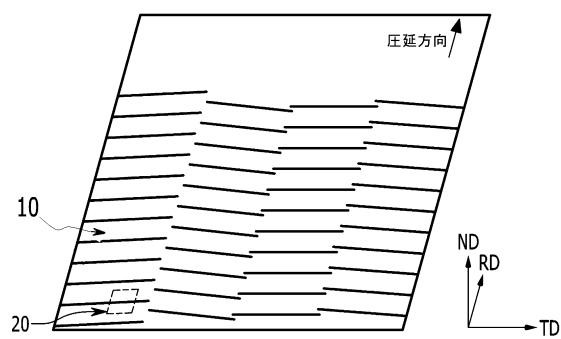
30

40

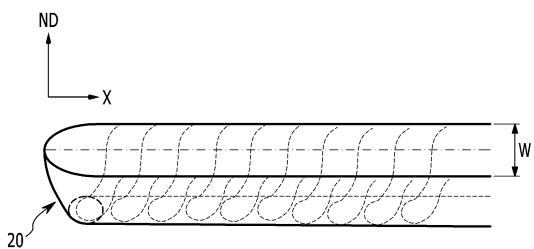
50

【図面】

【図 1】

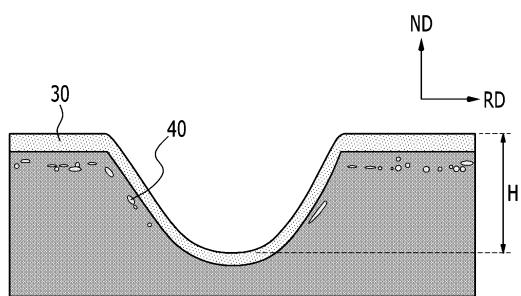


【図 2】



10

【図 3】



20

30

40

50

---

フロントページの続き

韓国(KR)

大韓民国 37859 ギヨンサンブク - ド ポハン - シ , ナム - グ , ドンヘアン - 口 , 6261  
(コエドン - ドン)

(72)発明者 パク , ジヨン - テ

大韓民国 37859 ギヨンサンブク - ド ポハン - シ , ナム - グ , ドンヘアン - 口 , 6261  
(コエドン - ドン)

合議体

審判長 井上 猛

審判官 土屋 知久

審判官 佐藤 陽一

(56)参考文献 韓国公開特許第10 - 2016 - 0078104 (KR, A)

韓国公開特許第10 - 2018 - 0073306 (KR, A)

韓国公開特許第10 - 2018 - 0074388 (KR, A)

特表2018 - 508647 (JP, A)

特開2017 - 95745 (JP, A)

韓国登録特許第10 - 1751525 (KR, B1)

米国特許第4904312 (US, A)

特開2004 - 238734 (JP, A)

特開2016 - 145419 (JP, A)

特開2017 - 145506 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , DB名)

C21D8/12,9/46

C22C38/00-38/60

H01F1/12-1/38,1/44