

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6842546号
(P6842546)

(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 38/16 (2006.01)	C 2 2 C 38/16
C 2 1 D 8/12 (2006.01)	C 2 1 D 8/12 A

請求項の数 10 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2019-532750 (P2019-532750)	(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2020-509184 (P2020-509184A)		P O S C O
(43) 公表日	令和2年3月26日 (2020.3.26)		大韓民国 キョンサンブクード ポハナー
(86) 国際出願番号	PCT/KR2017/015025		シ ナムーグ ドンヘアンーロ 6 2 6 1
(87) 国際公開番号	W02018/117600		(コエドンドン)
(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	10-2016-0173923	(72) 発明者	イ, フン ジュ
(32) 優先日	平成28年12月19日 (2016.12.19)		大韓民国 3 7 8 5 9 キョンサンブクード, ポハナーシ, ナムーグ, ドンヘアンーロ, 6 2 6 1, (コエドンドン), ポスコ内
(33) 優先権主張国・地域又は機関	韓国 (KR)		

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 ~ 3.5 %、Al : 0.05 ~ 2.0 %、Mn : 0.05 ~ 2.0 %、In : 0.0002 ~ 0.003 %、Bi を 0.0005 ~ 0.05 %、並びに残部は Fe および不可避な不純物からなる無方向性電磁鋼板。

【請求項 2】

C : 0.005 重量%以下、S : 0.005 重量%以下、N : 0.004 重量%以下、Ti : 0.004 重量%以下、Nb : 0.004 重量%以下および V : 0.004 重量%以下のうちの1種以上をさらに含む、請求項 1 に記載の無方向性電磁鋼板。

【請求項 3】

B : 0.001 重量%以下、Mg : 0.005 重量%以下、Zr : 0.005 重量%以下および Cu : 0.025 重量%以下のうちの1種以上をさらに含む、請求項 1 または請求項 2 に記載の無方向性電磁鋼板。

【請求項 4】

鋼板の圧延方向に垂直な断面に対して結晶方位が {111} <uvw> から 15 度以内の方位を有する結晶粒を 20 % 以下含む、請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一項に記載の無方向性電磁鋼板。

【請求項 5】

120 °C で引張試験した時に得られる $Y P_{0.2}$ が 20 °C で引張試験した時に得られる $Y P_{0.2}$ の 0.7 倍以上である、請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の無方向性

10

20

電磁鋼板。

(前記 $Y P_{0.2}$ は、引張試験を通じて得られた応力-変形率グラフで 0.2 % オフセット降伏強度を意味する。)

【請求項 6】

鉄損 ($W_{15/50}$) が 2.30 W/kg 以下であり、磁束密度 (B_{50}) が 1.67 T 以上である、請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一項に記載の無方向性電磁鋼板。

【請求項 7】

重量%で、 $Si: 2.0 \sim 3.5\%$ 、 $Al: 0.05 \sim 2.0\%$ 、 $Mn: 0.05 \sim 2.0\%$ 、 $In: 0.0002 \sim 0.003\%$ 、 $Bi: 0.0005 \sim 0.05\%$ 、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、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。

10

【請求項 8】

前記スラブは、 $C: 0.005$ 重量%以下、 $S: 0.005$ 重量%以下、 $N: 0.004$ 重量%以下、 $Ti: 0.004$ 重量%以下、 $Nb: 0.004$ 重量%以下および $V: 0.004$ 重量%以下のうちの 1 種以上をさらに含む、請求項 7 に記載の無方向性電磁鋼板の製造方法。

【請求項 9】

前記スラブは、 $B: 0.001$ 重量%以下、 $Mg: 0.005$ 重量%以下、 $Zr: 0.005$ 重量%以下および $Cu: 0.025$ 重量%以下のうちの 1 種以上をさらに含む、請求項 7 または請求項 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。

20

【請求項 10】

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、請求項 7 乃至請求項 9 のい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】

30

【技術分野】

【0001】

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】

無方向性電磁鋼板は、電気エネルギーを機械的エネルギーに変換させるモータに主に使用されるが、その過程で高い効率を発揮するために無方向性電磁鋼板の優れた磁気的特性を要求する。特に最近では環境にやさしい技術が注目されるようになりつつ、全体電気エネルギー使用量の過半を占めるモータの効率を増加させることが非常に重要になってきており、このために優れた磁気的特性を有する無方向性電磁鋼板の需要も増加している。

40

【0003】

無方向性電磁鋼板の磁気的特性は、代表的に鉄損と磁束密度を通じて評価されるようになる。鉄損は、特定の磁束密度と周波数で発生するエネルギー損失を意味し、磁束密度は、特定の磁場下で得られる磁化の程度を意味する。鉄損が低いほど同一の条件でエネルギー効率の高いモータを製造することができ、磁束密度が高いほどモータを小型化させたり銅損を減少させることができるため、低い鉄損と高い磁束密度を有する無方向性電磁鋼板を作るのが重要である。

【0004】

鉄損と磁束密度は異方性を有するため、測定方向により異なる値を示す。一般に圧延方向の磁気的特性が最も優れており、圧延方向で $55 \sim 90$ 度回転すれば磁気的特性が顕著に

50

劣位になる。無方向性電磁鋼板は、回転機器に使用されるため、異方性が低いほど安定した作動に有利であるが、鋼の集合組織改善を通じて異方性を低減させることができる。{011} <uvw>方位や{001} <uvw>方位が発達すれば平均磁性は優れているが、異方性が非常に大きく、{111} <uvw>方位が発達すれば平均磁性が低く、異方性は小さく、{113} <uvw>方位が発達すれば平均磁性は比較的優れており、異方性もあまり大きくない。

【0005】

無方向性電磁鋼板の磁気的特性を増加させるために通常使用される方法は、Siなどの合金元素を添加する方法である。このような合金元素の添加を通じて鋼の比抵抗を増加させることができるが、比抵抗が高まるほど渦電流損失が減少して全体鉄損を低めることができるようになる。鋼の比抵抗増加のためにSiと共にAl、Mnなどの元素を添加して磁性に優れた無方向性電磁鋼板を生産することができる。

10

【0006】

高速回転用モータに使用される無方向性電磁鋼板の場合には、優れた機械的特性が同時に要求される。回転子が高速に回転しながら発生する遠心力に耐えられなければモータが破損することがあるため、多様な作動環境で高い降伏強度が要求される。しかし、一般に優れた機械的特性を得るための結晶粒微細化、析出、相変態などの方法は無方向性電磁鋼板の磁気的特性を大きく低下させるようになるため、磁気的特性と機械的特性を同時に充足させるには大きな困難が伴う。モータが作動しながら温度が上昇するようになると無方向性電磁鋼板の降伏強度が低下するが、高温でも優れた機械的性質を維持することも無方向性電磁鋼板が有さなければならない特性である。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明の一実施例の目的は、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。具体的に磁気的特性と機械的特性が同時に優れた無方向性電磁鋼板を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

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：0.05～2.0%、Mn：0.05～2.0%、In：0.0002～0.003%、並びに残部はFeおよび不可避な不純物からなる。

30

【0009】

Biを0.0005～0.05重量%さらに含むことができる。

C：0.005重量%以下、S：0.005重量%以下、N：0.004重量%以下、Ti：0.004重量%以下、Nb：0.004重量%以下およびV：0.004重量%以下のうちの1種以上をさらに含むことができる。

【0010】

B：0.001重量%以下、Mg：0.005重量%以下、Zr：0.005重量%以下およびCu：0.025重量%以下のうちの1種以上をさらに含むことができる。

40

【0011】

鋼板の圧延方向に垂直な断面に対して結晶方位が{111} <uvw>から15度以内の方位を有する結晶粒を20%以下含むことができる。

【0012】

120℃で引張試験した時に得られる $Y P_{0.2}$ が20℃で引張試験した時に得られる $Y P_{0.2}$ の0.7倍以上になることができる。

(前記 $Y P_{0.2}$ は、引張試験を通じて得られた応力-変形率グラフで0.2%オフセット降伏強度を意味する。)

【0013】

鉄損($W_{15/50}$)が2.30W/kg以下であり、磁束密度(B_{50})が1.67T

50

以上であってもよい。

【0014】

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：0.05～2.0％、Mn：0.05～2.0％、In：0.0002～0.003％、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。

【0015】

スラブは、Biを0.0005～0.05重量％さらに含むことができる。

スラブは、C：0.005重量％以下、S：0.005重量％以下、N：0.004重量％以下、Ti：0.004重量％以下、Nb：0.004重量％以下およびV：0.004重量％以下のうちの1種以上をさらに含むことができる。

10

【0016】

B：0.001重量％以下、Mg：0.005重量％以下、Zr：0.005重量％以下およびCu：0.025重量％以下のうちの1種以上をさらに含むことができる。

【0017】

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。

【発明の効果】

【0018】

本発明の一実施例による無方向性電磁鋼板および製造方法は、磁気的特性と機械的特性に同時に優れている。

20

【発明を実施するための形態】

【0019】

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。

【0020】

30

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。

【0021】

ある部分が他の部分の「上に」とあると言及する場合、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」とあると言及する場合、その間に他の部分が介されない。

【0022】

40

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。

【0023】

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。

【0024】

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

50

ある鉄（Fe）を代替して含むことを意味する。

【0025】

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、本発明は多様な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ない。

【0026】

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、Inを適正量添加して酸化層を抑制し、高温強度を改善して磁気的特性と機械的特性が同時に優れた無方向性電磁鋼板を提供することができる。

10

【0027】

本発明の一実施例による無方向性電磁鋼板は、Si：2.0～3.5%、Al：0.05～2.0%、Mn：0.05～2.0%、In：0.0002～0.003%、並びに残部はFeおよび不可避な不純物からなる。

【0028】

まず、無方向性電磁鋼板の成分限定の理由から説明する。

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ことがある。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ことがある。したがって、前述した範囲でSiを添加することができる。

20

【0029】

Al：0.05～2.0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、過度に少なく添加されると、鉄損低減に効果がない。反対に過度に多く添加されると窒化物が過剰形成されて磁性を劣化させることがあり、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ことがある。したがって、前述した範囲でAlを添加することができる。

30

【0030】

Mn：0.05～2.0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。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ことがある。したがって、前述した範囲でMnを添加することができる。

40

【0031】

In：0.0002～0.003重量%

インジウム（In）は、鋼板の表面および結晶粒系に偏析して酸化層抑制および高温鋼も改善の役割を果たす。Inが適正量含まれると結晶粒系強度が増加して温度が100℃付近まで上昇しても降伏強度の低下を抑制することができる。Inが過度に少なく含まれると、その効果が微々であり、過度に多く含まれると結晶粒系強度を低下させる問題が発生することがある。したがって、前述した範囲でInを添加することができる。

【0032】

Bi：0.0005～0.05重量%

ビスマス（Bi）は、鋼板の表面および結晶粒系に偏析して酸化層抑制および集合組織改

50

善の役割を果たす。B i が適正量含まれると結晶粒系エネルギーを低める効果が高いため、粒系再結晶が抑制されて $\{111\} \langle uvw \rangle$ 方位を有する再結晶粒分率が低くなる。B i が過度に少なく含まれると、その効果が微々であり、過度に多く含まれると結晶粒成長抑制、表面特性劣化および脆性が増加して磁氣的、機械的特性が同時に低下する問題が発生することがある。したがって、前述した範囲で B i を添加することができる。

【0033】

C : 0.005 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的特性を低下させるため、低く含有するほど好ましい。C を含む場合、0.005 重量% 以下に含むことができる。より好ましくは 0.003 重量% 以下に含むことができる。

10

【0034】

S : 0.005 重量% 以下、

硫黄 (S) は、鋼内に不可避に存在する元素で、微細な析出物である Mn S、Cu S など形成して磁気的特性を悪化させる。S を含む場合、0.005 重量% 以下に含むことができる。より好ましくは 0.003 重量% 以下に含むことができる。

【0035】

N : 0.004 重量% 以下、

窒素 (N) は、母材内部に微細で長い Al N 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ため、低く含有するほど好ましい。N を含む場合、0.004 重量% 以下に含むことができる。より好ましくは 0.003 重量% 以下に含むことができる。

20

【0036】

T i、Nb、V : それぞれ 0.004 重量% 以下、

チタニウム (T i)、ニオブウム (Nb) バナジウム (V) は、炭化物または窒化物を形成して鉄損を悪化させ、磁性に好ましくない $\{111\}$ 集合組織発達を促進するため、0.004 重量% 以下に含まれ得る。より好ましくは 0.003 重量% 以下に含まれ得る。

【0037】

その他元素

前述した元素以外にも、B、Mg、Zr、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、B : 0.001 重量% 以下、Mg : 0.005 重量% 以下、Zr : 0.005 重量% 以下、Cu : 0.025 重量% 以下に管理されなければならない。

30

【0038】

本発明の一実施例による無方向性電磁鋼板は、前述したように、成分を精密に制御することによって、磁性に悪影響を及ぼす結晶組織を最小限に形成することができる。具体的に鋼板の圧延方向に垂直な断面に対して結晶方位が $\{111\} \langle uvw \rangle$ から 15 度以内の方位を有する結晶粒を 20% 以下に含むことができる。本発明の一実施例で結晶粒の含有量は鋼板の断面を EBSD で測定する時、全体面積に対する結晶粒の面積分率を意味する。EBSD は、全体厚さ層が含まれる鋼板の断面を 15 mm^2 以上の面積の分、測定して方位分率を計算する方法である。

40

【0039】

前述したように、成分を精密に制御することによって、磁性に優れ、同時に機械的特性に優れた無方向性電磁鋼板を得ることができる。

【0040】

まず、機械的特性は、120℃で引張試験した時に得られる $Y P_{0.2}$ が 20℃で引張試験した時に得られる $Y P_{0.2}$ の 0.7 倍以上になることができる。この時、 $Y P_{0.2}$ は、引張試験を通じて得られた応力-変形率グラフで 0.2% オフセット降伏強度を意味する。120℃で引張試験した時に得られる $Y P_{0.2}$ が 20℃で引張試験した時に得られる $Y P_{0.2}$ の 0.7 倍以上になるという意味は、本発明の一実施例の無方向性電磁鋼板を素材で作製されたモータが実際作動しながら 120℃まで温度が上昇しても既存に比

50

べて降伏強度低下率が30%未満に低いため、実際にモータ作動時にも機械的物性が非常に優れることを意味する。具体的に120℃で引張試験した時に得られる $Y P_{0.2}$ が250~350MPaになることができ、20℃で引張試験した時に得られる $Y P_{0.2}$ が330~450MPaになることができる。

【0041】

次に、磁性は、鉄損($W_{15/50}$)が2.30W/kg以下であり、磁束密度(B_{50})が1.67T以上であってもよい。より具体的に鉄損($W_{15/50}$)は2.0~2.30W/kgであり、磁束密度(B_{50})は1.67~1.70Tになることができる。

【0042】

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:0.05~2.0%、Mn:0.05~2.0%、In:0.0002~0.003%、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。以下、各段階別に具体的に説明する。

【0043】

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、前述した無方向性電磁鋼板の組成限定理由と同一であるため、反復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ため、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。

【0044】

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降に微細に析出され得る。

【0045】

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℃であってもよい。

【0046】

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℃であってもよい。熱延板焼鈍温度が850℃未満であれば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、焼鈍温度が1150℃を超えれば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ことがある。より具体的に温度範囲は950~1125℃であってもよい。より具体的に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。

【0047】

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して冷延板を製造することができる。

【0048】

最終冷間圧延された冷延板は、最終焼鈍を施す。最終焼鈍温度は750~1050℃になることができる。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ことがある。より具体的に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(つまり、99%以上)再結晶され得る。最終焼鈍された鋼板の結晶粒は、平均結晶粒径が50~150μmになることができる。

【0049】

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のではない。

実施例

下記表1のように組成され、残部Feおよび不可避な不純物からなるスラブを製造した。

10

20

30

40

50

スラブを1140℃で加熱し、880℃の仕上げ温度で熱間圧延して、板厚さ2.3mmの熱延板を製造した。熱間圧延された熱延板は、1030℃で100秒間熱延板焼鈍後、酸洗および冷間圧延して厚さを0.35mmに作り、1000℃で110秒間最終焼鈍を施した。

【0050】

各試片に対する磁束密度 (B_{50})、鉄損 ($W_{15/50}$)、 $\{111\}$ 方位分率 (%) を下記表2に示した。磁束密度、鉄損などの磁気的特性は、それぞれの試片に対して幅30mm×長さ305mm×枚数20枚の試片を切断してエプスタイン試験器 (Epstein tester) で測定した値を示した。この時、 B_{50} は5000 A/mの磁場で誘導される磁束密度であり、 $W_{15/50}$ は50Hzの周波数で1.5Tの磁束密度を誘起した時の鉄損を意味する。

10

【0051】

$\{111\}$ 方位分率は、試片の全厚さ層が含まれる圧延垂直方向断面をEBSDで350μm×5000μmの面積と2μmステップ間隔を適用して重ならないように10回測定し、そのデータを併合して誤差範囲15度以内の $\{111\} <uvw>$ 方位分率を計算した結果である。

【0052】

降伏強度は、引張試験を通じて測定され、最終試片をJIS5号規格に合わせて引張試験片を製造し、1分当り20mmの速度で試片を引張変形させながら値を測定した。120℃引張試験は、試験器に試片装着後、試片周囲に加熱チャンバーを装着して120℃まで到達すれば5分待機後に1分当り20mmの同一の変形速度で引張試験を行った。

20

【0053】

【表1】

試片番号	Si (%)	Al (%)	Mn (%)	In (%)	Bi (%)	C (%)	S (%)	N (%)	Ti (%)	Nb (%)	V (%)
A1	2.50	0.75	1.80	0	0	0.0024	0.0011	0.0013	0.0009	0.0016	0.0016
A2	2.50	0.75	1.80	0.0051	0.0720	0.0021	0.0012	0.0019	0.0010	0.0014	0.0014
A3	2.50	0.75	1.80	0.0005	0.0010	0.0023	0.0009	0.0012	0.0014	0.0011	0.0011
A4	2.50	0.75	1.80	0.0027	0.0410	0.0029	0.0013	0.0009	0.0013	0.0012	0.0012
B1	2.60	1.50	0.30	0	0	0.0023	0.0012	0.0015	0.0017	0.0014	0.0011
B2	2.60	1.50	0.30	0.0062	0.0560	0.0021	0.0011	0.0021	0.0017	0.0011	0.0011
B3	2.60	1.50	0.30	0.0019	0.0370	0.0024	0.0013	0.0017	0.0012	0.0013	0.0013
B4	2.60	1.50	0.30	0.0015	0.0079	0.0021	0.0019	0.0017	0.0014	0.0019	0.0009
C1	3.00	1.20	0.05	0.0021	0.0870	0.0021	0.0012	0.0019	0.0012	0.0014	0.0013
C2	3.00	1.20	0.05	0.0035	0.0340	0.0023	0.0014	0.0021	0.0017	0.0012	0.0012
C3	3.00	1.20	0.05	0.0008	0.0135	0.0024	0.0012	0.0022	0.0014	0.0011	0.0011
C4	3.00	1.20	0.05	0.0023	0.0290	0.0021	0.0010	0.0018	0.0014	0.0017	0.0007
D1	3.50	0.05	1.20	0	0.0310	0.0021	0.0014	0.0014	0.0014	0.0019	0.0009
D2	3.50	0.05	1.20	0.0017	0	0.0023	0.0011	0.0011	0.0013	0.0014	0.0014
D3	3.50	0.05	1.20	0.0012	0.0247	0.0024	0.0007	0.0018	0.0014	0.0019	0.0009
D4	3.50	0.05	1.20	0.0024	0.0036	0.0021	0.0009	0.0011	0.0013	0.0014	0.0014

30

40

【0054】

【表 2】

試片番号	B ₅₀ (T)	W _{15/50} (W/kg)	{111} 方位分率 (%)	YP0.2 at 20℃ [A] (MPa)	YP0.2 at 120℃ [B] (MPa)	B/A	備考
A1	1.64	2.43	23	340	230	0.68	比較例
A2	1.64	2.48	24	340	220	0.65	比較例
A3	1.67	2.17	17	340	270	0.79	発明例
A4	1.67	2.17	18	345	260	0.75	発明例
B1	1.66	2.41	23	350	225	0.64	比較例
B2	1.66	2.44	25	360	230	0.64	比較例
B3	1.68	2.15	16	355	260	0.73	発明例
B4	1.68	2.16	17	350	280	0.80	発明例
C1	1.66	2.42	25	395	270	0.68	比較例
C2	1.66	2.46	24	400	260	0.65	比較例
C3	1.68	2.17	18	400	310	0.78	発明例
C4	1.68	2.16	18	400	320	0.80	発明例
D1	1.65	2.45	26	430	280	0.65	比較例
D2	1.65	2.46	25	425	285	0.67	比較例
D3	1.68	2.16	18	425	340	0.80	発明例
D4	1.68	2.17	17	420	320	0.76	発明例

10

20

【0055】

表1および表2に示されるように、本発明の範囲に該当するA3、A4、B3、B4、C3、C4、D3、D4は、磁気的特性に優れ、{111}方位分率が20%以下であり、B/Aがすべて0.7以上を満足した。反面、InとBiの含有量が本発明の範囲を外れたA1、A2、B1、B2、C1、C2、D1、D2はすべて磁性が不良であり、{111}方位分率が20%を超え、B/Aが0.7未満に高温での機械的物性が急激に低下することを確認した。

【0056】

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。

30

フロントページの続き

(72)発明者 キム, ヨン スウ

大韓民国 37859 ギョンサンブクド, ポハンーシ, ナムーグ, ドンヘアンーロ, 6261
, (ゴエドンードン), ポスコ内

(72)発明者 シン, ス ヨン

大韓民国 37859 ギョンサンブクド, ポハンーシ, ナムーグ, ドンヘアンーロ, 6261
, (ゴエドンードン), ポスコ内

審査官 鈴木 葉子

(56)参考文献 特開2005-264315 (JP, A)

国際公開第2014/168136 (WO, A1)

特開2016-156044 (JP, A)

特表2013-515170 (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