

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6931391号

(P6931391)

(45) 発行日 令和3年9月1日(2021.9.1)

(24) 登録日 令和3年8月17日(2021.8.17)

(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 38/14 (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 8 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2019-521127 (P2019-521127)	(73) 特許権者	514216801
(86) (22) 出願日	平成29年10月26日 (2017.10.26)		バオシャン アイアン アンド スティール カンパニー リミテッド
(65) 公表番号	特表2019-536903 (P2019-536903A)		中華人民共和国 201900 シャンハイ、バオシャン ディストリクト、フジン ロード 885
(43) 公表日	令和1年12月19日 (2019.12.19)		
(86) 国際出願番号	PCT/CN2017/107797	(74) 代理人	100080791
(87) 国際公開番号	W02018/077210		弁理士 高島 一
(87) 国際公開日	平成30年5月3日 (2018.5.3)	(74) 代理人	100136629
審査請求日	平成31年4月19日 (2019.4.19)		弁理士 鎌田 光宜
(31) 優先権主張番号	201610963121.5	(72) 発明者	ル、シュエジュン
(32) 優先日	平成28年10月28日 (2016.10.28)		中華人民共和国、201900 シャンハイ、バオシャン ディストリクト、フジン ロード 885
(33) 優先権主張国・地域又は機関	中国 (CN)		
前置審査			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気特性に優れた無方向性電磁鋼及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁気特性に優れた無方向性電磁鋼であって、その化学元素組成が、質量％で、 $Si : 1.2 \sim 1.5\%$ 、 $Mn : 0.20 \sim 0.30\%$ 、 $Al : 0.001 \sim 0.009\%$ 、 $O : 0.005 \sim 0.02\%$ 、 $C \leq 0.005\%$ 、 $S \leq 0.005\%$ 、 $N \leq 0.005\%$ 、 $Ti \leq 0.002\%$ 、残部が Fe、及び他の不可避不純物；かつ $Al/Si \leq 0.006$ 、 $Mn/Si \leq 0.2$ であり、かつ、 $SiO_2-Al_2O_3-MnO$ の 3 元系系在物を有し、ここで、 SiO_2 が 95～98 体積％であり、 Al_2O_3 が 2％～3 体積％であり、 MnO が 2 体積％以下であり、そして鉄損 $P_{15/50}$ が 3.8 W/KG 以下であり、磁束密度 ≥ 1.64 T であることを特徴とする無方向性電磁鋼。

10

【請求項 2】

鋼板中のケイ酸塩系酸化物系系在物のレベルが 1.5 級以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の無方向性電磁鋼。

【請求項 3】

鋼板中のケイ酸塩系酸化物系系在物のレベルが 1.0 級以下であることを特徴とする請求項 2 に記載の無方向性電磁鋼。

【請求項 4】

結晶粒のサイズが 45 μm 以上であることを特徴とする請求項 1 に記載の無方向性電磁鋼。

【請求項 5】

20

結晶粒のサイズが $50\text{ }\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項4に記載の無方向性電磁鋼。

【請求項6】

$Al/Si \leq 0.003$ であることを特徴とする請求項1に記載の無方向性電磁鋼。

【請求項7】

鉄損 $P_{15/50}$ が 3.3 W/KG 以下であることを特徴とする請求項1に記載の無方向性電磁鋼。

【請求項8】

請求項1～7のいずれか一項に記載の無方向性電磁鋼の製造方法であって、(1)製錬工程と、(2)加熱温度を $850^{\circ}\text{C} \sim 1250^{\circ}\text{C}$ 、仕上げ圧延温度を $800 \sim 1050^{\circ}\text{C}$ とする熱間圧延工程と、(3)酸洗工程と、(4)冷間圧延工程と、(5)板温を $620^{\circ}\text{C} \sim 900^{\circ}\text{C}$ に制御する鈍焼工程と、(6)コーティング工程とを順に含む無方向性電磁鋼の製造方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、鋼板及びその製造方法に関し、特に無方向性電磁鋼板及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、下流産業の高効率、省エネルギー、環境保護に対する要求がますます厳しくなり、モータ、圧縮機、Eiコア原料を製造するための無方向性電磁鋼板に対する要求もより高くなる。より優れた磁気特性を有する無方向電着工鋼をもっと安価に提供することが望まれる。

20

【0003】

従来技術では、一般的な磁気改良手段は以下のとおりである。Si質量%が 1.5% 以下の無方向性電磁鋼板に、C、N、S、O、Ti等の有害な元素の含有量を低減させ、微細介在物の数を減らすことによって、鉄損を低減し、磁束密度を増加させる。

【0004】

従来技術におけるもう1つの一般的な磁気改良手段として、完成品の磁気特性を改善するため、鋼に合金元素を添加することがある。例えば、希土類元素を添加することにより、硫黄化物を制御し、有害不純物元素を低減する。また、例えば、B元素を添加してBNを形成することにより、AlNの析出を抑制することがあるが、B元素を添加する製造工程では、製品を安定して生産することが困難である。また、従来技術では合金元素Sn、Sbを添加することで磁気特性を改善することもあり、元素の偏析により再結晶集合組織を改善させ、磁束密度を増加させるのである。しかしながら、Sn、Sbを添加することで元素の偏析においてある程度の不安定性を引き起こし、そして不均一な表面偏析はコーティングを脱落させる傾向がある。そのため、合金を添加して鋼の磁気特性を改善する改善手段は、完成品の磁気を改善することができるものの、製造コストの増加を余儀なくされる。また、合金を添加して鋼の磁気特性を改善する改善手段自体も効果が安定しない場合もある。

30

40

【0005】

例えば、公開日：2014年6月25日、公開番号：CN103882293、名称：「無方向性電磁鋼及びその製造方法」である中国特許文献は無方向電着工鋼を開示する。この特許文献は、Siの質量%が 1% 未満の無方向性電磁鋼に成分としてCeとSn元素を複合添加している。したがって、該特許文献に記載の無方向電磁鋼に熱延板の通常処理を行わない場合、鉄損が $0.4 \sim 0.8\text{ W/KG}$ 低下するとともに、磁束密度が $0.01 \sim 0.02\text{ T}$ 向上する。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

【0006】

本発明の目的の一つは、磁気特性に優れた無方向性電磁鋼板を提供することである。化学元素 Si、Mn、Al の含有量をコントロールすることにより、粒子の大きい氧化物系介在物および粒子の小さい硫黄化物、窒化物の析出を低減・制御させ、焼鈍後の結晶粒成長を促進し、磁気特性に優れた無方向性電磁鋼が得られる。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、上記目的を達成するために、磁気特性に優れた無方向性電磁鋼板を提供し、その化学元素組成が、質量%で、以下のとおりである。

【0008】

Si : 0.2 ~ 1.5 %、Mn : 0.01 ~ 0.30 %、Al : 0.001 ~ 0.009 %、O : 0.005 ~ 0.02 %、 $C \leq 0.005$ %、 $S \leq 0.005$ %、 $N \leq 0.005$ %、 $Ti \leq 0.002$ %、残部が Fe、及び他の不可避不純物；かつ $Al / Si \leq 0.006$ 、 $Mn / Si \leq 0.2$ である。

【0009】

本発明の技術手段では、化学元素 Si、Al、Mn の含有率をコントロールすることにより、低融点の氧化物系介在物、特にケイ酸塩系氧化物系介在物の数及び形態が制限され、そして微細な窒化物や硫黄化物の析出が低減され、磁気特性に優れた無方向性電磁鋼板が得られる。

【0010】

また、本発明にかかる磁気特性に優れた無方向性電磁鋼板中の各化学元素の設計原理は以下のとおりである。

【0011】

ケイ素：本発明にかかる磁気特性に優れた無方向性電磁鋼板において、ケイ素は鋼の電気抵抗率を増加させる有効元素である。Si の質量%が 0.2 % 未満では、効果的な鉄損低減作用を発揮できない。一方、Si の質量%が 1.5 % を超えると、磁束密度が著しく低下し、また加工性が悪くなる。したがって、本発明にかかる磁気特性に優れた無方向性電磁鋼板において、ケイ素の質量%を 0.2 ~ 1.5 % に制御する。

【0012】

マンガン：本発明にかかる技術手段において、マンガンは鋼の電気抵抗率を増加させると共に、電磁鋼の表面状態を改善するためのものである。したがって、本発明にかかる磁気特性に優れた無方向性電磁鋼板において、マンガンの質量%を 0.01 ~ 0.30 % とする。

【0013】

アルミニウム：微細な AlN 質点は結晶粒成長を抑制するため、無方向性ケイ素鋼磁気特性を劣化させる主要な有害介在物の一つである。また、Al の質量%が低い鋼は、Al の含有量が高いほど、Al と N 元素の結合数が多くなり、そして発生する AlN 介在物も多くなるため、電磁気特性への危害が大きくなる。したがって、本発明の技術手段において、Al の質量%を制限すると共に、 Al / Si の比率を制限することで、Al の含有量を制御してから AlN の析出量を制御する。そこで、本発明にかかる磁気特性に優れた無方向性電磁鋼板において、Al の質量%を 0.001 ~ 0.009 %、かつ $Al / Si \leq 0.006$ に制御する。

【0014】

また、Al は最も強い還元剤であり、溶鋼中の大部分の遊離酸素を還元することができる。アルミニウムの質量%が低い条件では、鋼中に常に一定の遊離酸素が存在し、鋼中の弱脱酸素元素 Si、Mn を酸化する。溶鋼温度が徐々に低下することに伴い、Si、Mn 元素及び O の溶解度積が徐々に飽和し、鋼中に一定の数の SiO_2 、 MnO が析出する。Mn の含有量が高いほど、生成する MnO が多くなる。一方、 MnO の融点が低く、初期溶融温度が 1000 °C 未満であり、スラブ加熱、圧延過程において、 MnO が変形しやすくなり、かつ結晶粒界がピン止めされ、そして再結晶効果及び結晶粒成長が抑制される。

したがって、 MnO の含有量及びその変形度合を制御するためには、 Mn/Si の比率を制御する必要がある。 $Mn/Si \leq 0.2$ の場合、酸化物系介在物中の SiO_2 の含有量が高く、 SiO_2 、 MnO の複合再生により、融点を高めつつその変形度合を低減し、 MnO による製品磁気への危害を低減させる。一方、 Mn/Si の比率を制御することは、 SiO_2 の含有量の向上に有利であり、 MnS 、 AlN が SiO_2 介在相の界面に析出することにも有利であり、鋼中の MnS 、 AlN の析出物の数を低減し、完成品の結晶粒の増大にも役立つ。

【0015】

炭素：炭素は、本発明にかかる無方向性電磁鋼板中の有害な残留元素である。本発明の技術手段において、炭素は結晶粒成長を強く抑制し、鋼の磁気特性を劣化させやすく、かつ

10

【0016】

硫黄：硫黄は本発明にかかる無方向性電磁鋼板中の有害な残留元素であり、硫黄の質量%が増加すると硫黄化マンガンなどの硫黄化物の析出数が増加し、結晶粒成長を阻害し、鉄損を劣化する。したがって、本発明にかかる磁気特性に優れた無方向性電磁鋼板において、硫黄の質量%を0.005%以下に制御する。

【0017】

窒素：窒素は本発明にかかる無方向性電磁鋼板中の有害な残留元素であり、窒素の質量%の増加に伴い、 AlN などの窒化物の析出が増加し、結晶粒成長を阻害し、鉄損を劣化する。したがって、本発明にかかる無方向性電磁鋼板において、窒素の質量%を0.005%以下に制御する。

20

【0018】

チタン：チタンは本発明にかかる無方向性電磁鋼板中の有害な残留元素であり、強い磁気特性劣化元素なので、厳密に制御される必要がある。したがって、本発明にかかる無方向性電磁鋼板において、チタンの質量%を0.002%以下に制御する。

【0019】

更に、本発明にかかる無方向性電磁鋼は、 $SiO_2-Al_2O_3-MnO$ の3元系介在物を有し、 SiO_2 が95～98体積%、 Al_2O_3 が2体積%～3体積%、 MnO が2体積%以下である。

30

【0020】

更に、磁気特性に優れた無方向性電磁鋼板を得るために、本技術手段では、介在物の含有量を更に限定する。その理由は下記のとおりである。ケイ酸塩系の介在物は、高い延性及び広い範囲の形態比（一般形態比 ≥ 3 ）を有し、前記介在物の端部が鋭角であり、その結晶粒成長に対する阻害作用を防止するために、その体積%を限定する。

【0021】

更に、本発明にかかる無方向性電磁鋼板において、鋼板中のケイ酸塩系酸化物系介在物（すなわち、 C 系酸化物系介在物）のレベルが1.5級以下とされる。ケイ酸塩系酸化物系介在物のレベルが1.5以下では、それが結晶粒成長への抑制を一層防止できる。なお、レベルがGB10561-2005で評価される。

40

【0022】

更に、本発明にかかる無方向性電磁鋼板において、鋼板中のケイ酸塩系酸化物系介在物のレベルが1.0級以下とされる。

【0023】

好ましくは、本発明にかかる無方向性電磁鋼板において、結晶粒のサイズが45 μm 以上とされる。

【0024】

より好ましくは、本発明にかかる無方向性電磁鋼板において、結晶粒のサイズが50 μm 以上とされる。

【0025】

50

更に、本発明にかかる無方向性電磁鋼板において、 $Al/Si \leq 0.003$ である。より良い実施効果を得るために、 Al/Si の比率を更に $Al/Si \leq 0.003$ に限定する。

【0026】

更に、本発明にかかる無方向性電磁鋼板において、鉄損 $P_{15}/50$ が $3.8W/KG$ 以下、磁束密度 $\geq 1.64T$ である。

【0027】

更に、本発明にかかる無方向性電磁鋼板において、鉄損 $P_{15}/50$ が $3.3W/KG$ 以下である。

【0028】

そして、本発明の他の目的は、上記の磁気特性に優れた無方向性電磁鋼板の製造方法を提供することである。この製造方法により得られる無方向性電磁鋼板は、鉄損の程度が大幅に改善され、取り扱いが簡便で量産に適する。

【0029】

上記目的を達成するために、本発明は上記の磁気特性に優れた無方向性電磁鋼板の製造方法を提供する。この製造方法は、下記工程を順に含む。

【0030】

(1) 製錬工程

【0031】

(2) 加熱温度を $850^{\circ}C \sim 1250^{\circ}C$ 、仕上げ圧延温度を $800 \sim 1050^{\circ}C$ とする熱間圧延工程

【0032】

(3) 酸洗工程

【0033】

(4) 冷間圧延工程

【0034】

(5) 板温を $620^{\circ}C \sim 900^{\circ}C$ に制御する焼鈍工程

【0035】

(6) コーティング工程

【0036】

本発明にかかる製造方法の工程(2)における、スラブの加熱温度及び熱間圧延仕上げ温度への制御は、鋼中の AlN 及び MnS の鋼中における微細分散析出を減少させるためである。

【0037】

また、歪み焼鈍後の鉄損の不具合や変動を防止し・無くし、焼鈍後の結晶粒をより成長させるために、焼鈍工程における板温を $620^{\circ}C \sim 900^{\circ}C$ に制御する。

【0038】

本発明にかかる無方向性電磁鋼板は磁気特性に優れ、鋼板鉄損が大幅に改善され、結晶粒のサイズが $45\mu m$ 以上であり、鉄損度が $3.8W/KG$ 以下であり、磁束密度 $\geq 1.64T$ である。

【0039】

また、本発明にかかる磁気特性に優れた無方向性電磁鋼板は、化学元素 Si 、 Mn 、 Al の含有率をコントロールすることにより、粒子の大きい酸化物系介在物および粒子の小さい硫黄化物、窒化物の析出の数および形態を効果的に制御する。

【0040】

本発明にかかる製造方法は、上記利点に加え、製造コストが低く、操作しやすいという利点を有する。本発明にかかる製造方法は、希土類元素又は合金元素、例えば、 Sn 、 Sb 及び B を添加する必要がないため、製造コストが削減し、製造工程の操作ステップが低減し、大量生産に適する。

【発明を実施するための形態】

10

20

30

40

50

【0041】

以下に具体的な実施例を参照しながら、本発明にかかる無方向性電磁鋼板及びその製造方法について更に解釈・説明するが、該解釈及び説明は、本発明の技術手段を不当に限定するものではない。

【実施例】

【0042】

実施例A1～A9及び比較例B1～B4

【0043】

上記実施例及び比較例の鋼板は以下の工程により製造される。

【0044】

10

(1) 製錬工程：表1に従って製錬を行った。

【0045】

(2) 熱間圧延工程：加熱温度は850℃～1250℃、仕上げ圧延温度は800～1050℃とした。

【0046】

(3) 酸洗工程：冷間圧延前に、曲げと酸洗を繰り返し、表面の酸化鉄皮を除去し、酸洗した後に水をスプレーして表面の酸液及び汚れを除去した。

【0047】

(4) 冷間圧延工程：連続冷間圧延機群で圧延し、総圧下率を70～85%に制御した。

【0048】

20

(5) 焼鈍工程：焼鈍前に60～90℃のアルカリ液で表面の圧延油及び汚れを除去しておき、 $H_2 + N_2$ 混合ガス雰囲気中で連続焼鈍炉で焼鈍して製造し、焼鈍際の板温を620℃～900℃に制御した。

【0049】

(6) コーティング工程：クロム含有又はクロムフリーのコーティングを塗布して鋼板の表面にコーティングした。

【0050】

なお、コーティング塗料は、各実施形態の詳細に応じて選択され、例えば、クロム含有コーティングを採用してもよく、クロムフリーコーティングを採用してもよい。

【0051】

30

表1に各実施例及び比較例の各化学元素の質量%を示す。

【0052】

【表 1】

表 1 (WT%, 残部はFe及び他の不可避不純物元素である)

番号	Si	Mn	Al	O	C	S	N	Ti	Al/Si	Mn/Si	SiO ₂ (体積%)	Al ₂ O ₃ (体積%)	MnO 体積 (%)	ケイ酸塩系 酸化物系在 物レベル	結晶粒サイ ズ (μm)
A1	1.2	0.20	0.0025	0.0055	0.0017	0.0026	0.0009	0.0001	0.0021	0.168	95.2	2.9	1.9	1.0	56
A2	0.82	0.14	0.0021	0.0055	0.0018	0.0027	0.0010	0.0001	0.0025	0.169	97.8	2.1	0.1	1.0	54
A3	1.42	0.26	0.0061	0.0054	0.0017	0.0027	0.0009	0.0002	0.0043	0.18	96.4	2.9	0.7	1.0	54
A4	0.976	0.18	0.004	0.0056	0.0016	0.0029	0.0010	0.0002	0.0041	0.185	96.5	2.1	1.4	1.0	52
A5	0.76	0.13	0.003	0.0057	0.0018	0.0026	0.0011	0.0001	0.0039	0.171	96.1	2.4	1.5	1.0	49
A6	0.36	0.067	0.0017	0.0058	0.0017	0.0027	0.0011	0.0001	0.0048	0.186	97.4	2.4	0.2	1.5	45
A7	0.92	0.16	0.003	0.0055	0.0016	0.0024	0.0010	0.0001	0.0033	0.174	96.7	2.8	0.5	1.0	46
A8	1.3	0.17	0.004	0.0054	0.0014	0.0023	0.0007	0.0001	0.0031	0.13	95.5	2.8	1.7	1.0	44
A9	1.02	0.18	0.004	0.0053	0.0017	0.0025	0.0008	0.0001	0.0039	0.18	97.7	2.2	0.1	1.0	45
B1	1.45	<u>0.35</u>	0.001	0.0058	0.0018	0.0028	0.0011	0.0002	0.0007	<u>0.241</u>	<u>94.8</u>	3	<u>2.2</u>	<u>2.0</u>	<u>38</u>
B2	0.75	0.15	<u>0.03</u>	0.0056	0.0015	0.0027	0.0011	0.0001	<u>0.04</u>	0.2	<u>99.1</u>	<u>0.8</u>	0.1	<u>2.0</u>	<u>35</u>
B3	0.54	<u>0.35</u>	0.009	0.0060	0.0017	0.0030	0.0010	0.0001	<u>0.0167</u>	<u>0.648</u>	95.7	<u>4.1</u>	0.2	<u>2.5</u>	<u>29</u>
B4	0.54	0.1	<u>0.08</u>	0.0057	0.0016	0.0026	0.0011	0.0001	<u>0.1481</u>	0.185	95	2.1	<u>2.9</u>	<u>2.5</u>	<u>24</u>

【0053】

備考：ケイ酸塩系酸化物系在物のレベルはGB10561-2005に基づいて評価した。

【0054】

表2に各実施例及び比較例の製造方法における具体的な工程条件を示す。

10

20

30

40

50

【0055】

【表2】

表2

番号	熱間圧延加熱温度 (°C)	仕上げ圧延温度 (°C)	圧下率 (%)	焼鈍板温 (°C)
A 1	1 1 3 8	8 7 6	8 0 . 4 %	8 8 1
A 2	1 1 3 2	8 7 2	8 1 . 0 %	8 8 6
A 3	1 1 4 5	8 7 6	8 2 . 5 %	8 8 9
A 4	1 1 3 5	8 7 0	8 1 . 0 %	8 8 0
A 5	1 1 3 1	8 7 0	7 5 . 0 %	8 7 8
A 6	1 1 2 8	8 6 5	8 3 . 0 %	8 7 2
A 7	1 2 0 0	1 0 0 0	7 8 . 0 %	7 2 0
A 8	9 3 0	8 0 0	7 9 . 0 %	9 0 0
A 9	1 0 6 0	8 3 0	7 3 . 0 %	8 9 5
B 1	1 1 4 2	8 7 0	8 1 . 5 %	8 8 7
B 2	1 1 3 5	8 6 9	8 0 . 5 %	8 8 2
B 3	1 1 3 0	8 7 3	7 9 . 5 %	8 7 9
B 4	1 1 3 2	8 7 5	8 0 . 8 %	8 7 6

10

20

【0056】

上記実施例及び比較例の鋼板をサンプリングし、性能試験を行い、試験により得られた関連性能パラメータを表3に示した。

【0057】

表3に各実施例及び比較例の性能パラメータを示す。

【0058】

【表3】

表3

番号	磁束密度 (T)	鉄損 $P_{15/50}$ (W/k g)
A 1	1 . 7 3 7	3 . 1 5
A 2	1 . 7 3 8	3 . 2 5
A 3	1 . 7 4	3 . 3 0
A 4	1 . 7 4 1	3 . 5 3
A 5	1 . 7 4 3	3 . 6 9
A 6	1 . 7 5 1	3 . 7 3
A 7	1 . 7 3 6	3 . 6 2
A 8	1 . 7 3 5	3 . 7 3
A 9	1 . 7 3 4	3 . 7
B 1	1 . 7 3 1	<u>4 . 6 1</u>
B 2	1 . 7 3 5	<u>4 . 7 8</u>
B 3	1 . 7 4 5	<u>5 . 1 2</u>
B 4	1 . 7 4 2	<u>5 . 9</u>

30

40

【0059】

表3から、本願実施例A1～A9の鉄損 $P_{15/50}$ が比較例B1～B4より著しく低いから、本願実施例の電磁気特性能が比較例より優れたことが分かった。

【0060】

50

表4にJ I S規格に基づいたパラメータ基準を示す。

【0061】

【表4】

表4

鋼帯の種類 ランク番号	J I S規格の鉄損指標 (W/k g)	J I S規格の実物の典 型的な鉄損 (W/k g)	J I S規格の実物の 典型的な磁束密度 (T)
50A400	≤4.0	3.35	1.70
50A1000	≤10.0	5.96	1.75

10

【0062】

表4から、本願実施例A1～A9はJ I S規格に基づき、低ランク番号50A1000から高ランク番号50A400までの無方向性電磁鋼板の性能の指標に達したことが分かった。

【0063】

表1及び3の結果から分かるように、比較例B1及びB3は、Mnの質量%が0.3%を超え、かつ $Mn/Si > 0.2$ であるため、それらの鉄損値がいずれも $3.8W/KG$ 超となり、比較例B2及びB4は、Alの質量%が0.009%を超え、かつ $Al/Si > 0.006$ であるため、その鉄損値が $3.8W/KG$ を下回ることができなかった。また、比較例B1～B4のケイ酸塩系酸化物系介在物のレベルが高すぎて結晶粒のサイズが小さいことも、それらの実施効果が本願実施例A1～A9より劣る原因であった。

20

【0064】

なお、以上に挙げられたのは本発明の具体的な実施例であり、本発明は以上の実施例に限定されず、それに伴って多くの類似変化を有する。当業者であれば、本発明の開示する内容から直接導き出されるか又は連想される全ての変形は、いずれも本発明の保護範囲に含まれるものである。

フロントページの続き

- (72)発明者 ジャン、フェン
中華人民共和国、201900 シャンハイ、バオシャン ディストリクト、フジン ロード 8
85
- (72)発明者 ゾン、ジェンユ
中華人民共和国、201900 シャンハイ、バオシャン ディストリクト、フジン ロード 8
85
- (72)発明者 ソン、ヤンリ
中華人民共和国、201900 シャンハイ、バオシャン ディストリクト、フジン ロード 8
85
- (72)発明者 チェン、リンユン
中華人民共和国、201900 シャンハイ、バオシャン ディストリクト、フジン ロード 8
85
- (72)発明者 ワン、ポー
中華人民共和国、201900 シャンハイ、バオシャン ディストリクト、フジン ロード 8
85
- (72)発明者 シエ、シシュウ
中華人民共和国、201900 シャンハイ、バオシャン ディストリクト、フジン ロード 8
85

審査官 鈴木 葉子

- (56)参考文献 中国特許出願公開第101812629 (CN, A)
特開平08-269532 (JP, A)
特開平08-060247 (JP, A)
特開平07-150248 (JP, A)
特開2009-102739 (JP, A)
特開平10-102219 (JP, A)
米国特許出願公開第2013/0183192 (US, A1)

- (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