(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年5月10日(10.05.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/095666 A1

(51) 国際特許分類:
C21D 8/12 (2006.01) *C22C 38/60* (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01) *H01F 1/147* (2006.01)
C22C 38/16 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/036146

(22) 国際出願日： 2023年10月4日(04.10.2023)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2022-174800 2022年10月31日(31.10.2022) JP

(71) 出願人: ＪＦＥスチール株式会社(**JFE STEEL CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目２番３号 Tokyo (JP).

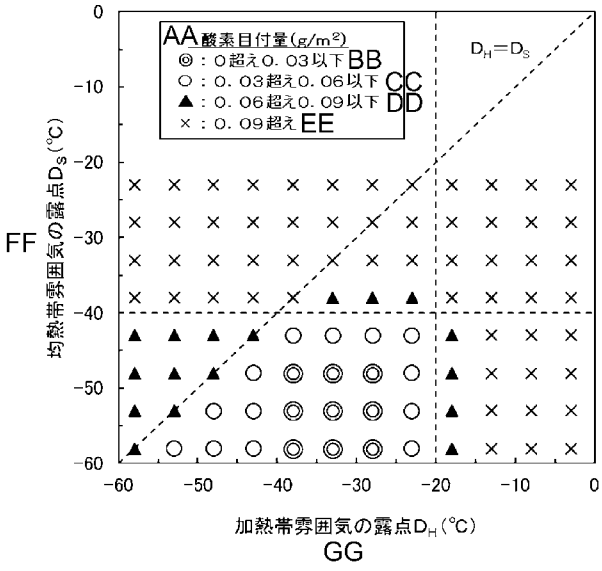
(72) 発明者: 大久保 智幸 (**OKUBO Tomoyuki**); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目２番３号 ＪＦＥスチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 財前 善彰(**ZAIZEN Yoshiaki**); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目２番３号 ＪＦＥスチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 齋藤 勇人(**SAITO Hayato**); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目２番３号 ＪＦＥスチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 丸山 茂宏(**MARUYAMA Shigehiro**); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目２番３号 ＪＦＥスチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人銀座マロニエ特許事務所(**GINZA MARONIE P.C.**); 〒1040061 東

(54) **Title:** METHOD FOR MANUFACTURING NON-ORIENTED MAGNETIC STEEL SHEET

(54) 発明の名称： 無方向性電磁鋼板の製造方法

[図2]



AA Oxygen basis weight (g/m^2)
BB Over 0 and no more than 0.03
CC Over 0.03 and no more than 0.06
DD Over 0.06 and no more than 0.09
EE Over 0.09
FF Soaking zone atmosphere dew point DS (°C)
GG Heating zone atmosphere dew point DH (°C)

(57) **Abstract:** A non-oriented magnetic steel sheet is manufactured by: hot-rolling a slab containing, by mass%, 0.005% or less of carbon, 3.0 – 5.0% of silicon, 3.0% or less of aluminum, 3.0% or less of manganese, and 0.01 – 0.5% of copper; annealing and cold-rolling a hot-rolled sheet thus obtained to obtain a cold-rolled sheet; and then applying finishing annealing. At this time, control is performed so that: the dew point D_H of the furnace atmosphere when the steel sheet temperature in the heating zone is in the range from 500 ° C to 800 ° C is −20 ° C or below; the dew point D_S of the furnace atmosphere when the steel sheet temperature in the heating zone is in the range from above 800 °C up to the soaking temperature and in the soaking zone is − 40 ° C or below; and the relationship between the dew point D_H and the dew point D_S satisfies the relationship $D_H > D_S$. Oxidation of the steel

WO 2024/095666 A1

［続葉有］

京都中央区銀座２丁目８番９号木挽館銀座ビル Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

sheet surface after the finishing annealing is also suppressed. As a result, a low-iron-loss non-oriented magnetic steel sheet is stably obtained from a high-grade material that contains an abundance of silicon.

(57) 要約：ｍａｓｓ％で、Ｃ：０．００５％以下、Ｓｉ：３．０～５．０％、ＡＩ：３．０％以下、Ｍｎ：３．０％以下およびＣｕ：０．０１～０．５％を含有するスラブを熱間圧延し、熱延板焼鈍し、冷間圧延して冷延板とした後、仕上焼鈍を施して無方向性電磁鋼板を製造する際、上記仕上焼鈍の、加熱帯の鋼板温度が５００℃から８００℃までの領域における炉内雰囲気の露点D_Hを－２０℃以下、加熱帯の鋼板温度温が８００℃超から均熱温度までの領域および均熱帯における炉内雰囲気の露点D_Sを－４０℃以下とし、かつ、上記露点D_Hと露点D_Sが$D_H > D_S$の関係を満たすよう制御し、仕上焼鈍後の鋼板表面の酸化を抑制することで、Ｓｉを多く含有するハイグレード材において、低鉄損の無方向性電磁鋼板を安定して得る。

明　細　書

発明の名称 ： 無方向性電磁鋼板の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、主に回転機の鉄心材料に使用される無方向性電磁鋼板の製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] 無方向性電磁鋼板（けい素鋼板）は、主にモータの鉄心材料に使用される軟磁性材料であり、鋼の比抵抗を高めて鉄損を低減するため、合金元素としてＳｉが多く添加されている。無方向性電磁鋼板は、産業用の誘導モータに使用されるケースが多いため、従来はＳｉ含有量が３．０ｍａｓｓ％未満で、板厚が０．５ｍｍ～０．３５ｍｍのいわゆるローグレード材が多用されていた。このグレードは、非磁性元素であるＳｉの含有量が比較的低いため、磁束密度が高いという特徴があり、誘導モータの励磁電流と銅損を低減するのに有利であった。また、板厚が比較的厚いため、鉄鋼メーカーにおいても、連続圧延や連続焼鈍ラインにおける生産性が高く、安価に製造できるという利点もあった。

[0003] 一方、近年、気候変動対策としてCO_2排出量を削減するため、自動車の電動化が急激に進んでいる。電気自動車は、内燃機関に代わって大型モータにより駆動されるため、自動車の電動化には大量の電磁鋼板が必要となる。また、電気自動車の駆動モータは、小型・軽量化が要求されるため、界磁方法として強力な希土類永久磁石が採用され、かつ、高出力化のため、高速回転が志向されている。そのため、電気自動車の駆動モータで発生する損失は、銅損よりも鉄損が支配的であり、鉄心材料である電磁鋼板には、鉄損の低減がより強く要求されるようになってきている。

[0004] 上記の理由から、電気自動車の駆動モータに用いられる無方向性電磁鋼板には、従来のローグレード材に代わり、Ｓｉ含有量が３．０ｍａｓｓ％以上で板厚が０．３ｍｍ以下のハイグレード材が使用されるようになってきてい

る。このような電気自動車用の電磁鋼板には、極めて低い鉄損値が要求されるため、製造条件の変動によるわずかな鉄損のばらつきも製品歩留まりに大きく影響する。そのため、鉄損を変動させるような要因は極力排除しなければならない。

[0005] 無方向性電磁鋼板の鉄損を低減する技術として、例えば、特許文献１には、仕上焼鈍の冷却過程において板幅中央部の温度が６００℃に冷却されるまで、全板幅の温度を板幅中央部の温度±２０℃以内に保ちながら冷却することで板幅方向の鉄損の変動を抑制する技術が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開昭６３－０４７３３３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] ところで、無方向性電磁鋼板を製造する仕上焼鈍設備には、通常、板幅方向の冷却ガスの流量を調整する機構が備わっており、オペレータは鋼板温度を均一化するように板幅方向のガス流量を調整することが可能となっている。しかしながら、特許文献１に記載の方法、すなわち冷却中の鋼板の板幅方向の温度を均一化する技術のみでは、無方向性電磁鋼板の鉄損を安定して低減することはできないという問題があった。

[0008] 本発明は、従来技術が抱える上記の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、Ｓｉを多量に含有するハイグレード材において、鉄損が従来よりも低い無方向性電磁鋼板を安定して製造する方法を提案することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 発明者らは、上記課題を解決するため、鋼素材中に含まれる不純物と仕上焼鈍条件が鉄損特性に及ぼす影響に着目して鋭意検討を重ねた。その結果、従来技術でＳｉを多く含有するハイグレード材の鉄損を十分に低減することができなかった理由は、仕上焼鈍において鋼板表面に酸化物層が形成される

ためであること、そして、上記仕上焼鈍における鋼板表面の酸化物層の形成を抑制する、すなわち、鋼板表面の酸化を抑制するためには、鋼成分としてＣｕを添加するとともに、仕上焼鈍における加熱帯および均熱帯の炉内雰囲気の露点を適正に制御することが重要であることを見出し、本発明を開発するに至った。

[0010] 上記知見に基づく本発明は、Ｃ：０．００５ｍａｓｓ％以下、Ｓｉ：３．０～５．０ｍａｓｓ％、Ａｌ：３．０ｍａｓｓ％以下、Ｍｎ：３．０ｍａｓｓ％以下、Ｐ：０．１０ｍａｓｓ％以下、Ｓ：０．００５ｍａｓｓ％以下、Ｎ：０．００５ｍａｓｓ％以下、Ｃｕ：０．０１～０．５ｍａｓｓ％およびＯ：０．００５ｍａｓｓ％以下を含有し、残部がＦｅおよび不可避不純物からなる成分組成を有するスラブを熱間圧延し、熱延板焼鈍し、１回の冷間圧延もしくは中間焼鈍を挟む２回以上の冷間圧延して冷延板とした後、加熱帯、均熱帯および冷却帯を有する連続焼鈍設備を用いて仕上焼鈍を施す無方向性電磁鋼板の製造方法において、上記仕上焼鈍の、加熱帯の鋼板温度が５００℃から８００℃までの領域における炉内雰囲気の露点D_Hを－２０℃以下、加熱帯の鋼板温度が８００℃超から均熱温度までの領域および均熱帯における炉内雰囲気の露点D_Sを－４０℃以下とし、かつ、上記露点D_Hと露点D_Sが$D_H > D_S$の関係を満たすよう制御することを特徴とする無方向性電磁鋼板の製造方法を提案する。

[0011] 本発明の上記無方向性電磁鋼板の製造方法は、上記仕上焼鈍の冷却帯の鋼板温度が均熱温度から５００℃までの領域における炉内雰囲気の露点D_Cを－４０℃以下とすることを特徴とする。

[0012] また、本発明の上記無方向性電磁鋼板の製造方法に用いる上記スラブは、上記成分組成に加えてさらに、下記Ａ～Ｊ群のうちの少なくとも１群の成分を含有することを特徴とする。

記

・Ａ群；Ｓｎ：０．００５～０．２０ｍａｓｓおよびＳｂ：０．００５～０．２０ｍａｓｓ％のうちの少なくとも１種

・B群；Ｃａ：０．００１～０．０１０ｍａｓｓ％、Ｍｇ：０．０００２～０．００５ｍａｓｓ％およびＲＥＭ：０．００１～０．０５ｍａｓｓ％のうちの少なくとも１種

・C群；Ｃｒ：０．０１～３．０ｍａｓｓ％

・D群；Ｎｉ：０．０１～１ｍａｓｓ％

・E群；Ｍｏ：０～０．０５０ｍａｓｓ％およびＢ：０～０．００２０ｍａｓｓ％のうちの少なくとも１種

・F群；Ｔｉ：０～０．０１０ｍａｓｓ％、Ｎｂ：０～０．００５０ｍａｓｓ％、Ｖ：０～０．０５０ｍａｓｓ％、Ｐｂ：０～０．００２０ｍａｓｓ％、Ｚｒ：０～０．０５０ｍａｓｓ％、Ｔａ：０～０．００２０ｍａｓｓ％、Ｗ：０～０．０５０ｍａｓｓ％、Ｓｅ：０～０．００５０ｍａｓｓ％およびＢｉ：０～０．００２０ｍａｓｓ％のうちの少なくとも１種

・G群；Ａｓ：０～０．０２０ｍａｓｓ％

・H群；Ｚｎ：０～０．０１０ｍａｓｓ％

・Ｉ群；Ｃｏ：０～０．１０ｍａｓｓ％

・Ｊ群；Ｇｅ：０～０．０３０ｍａｓｓ％およびＧａ：０～０．０３０ｍａｓｓ％のうちの少なくとも１種

[0013] また、本発明の上記無方向性電磁鋼板の製造方法に用いる上記スラブは、転炉または電炉から出鋼した後、さらに成分調整した溶鋼を連続鋳造して製造した厚さが３０ｍｍ以上３００ｍｍ以下のスラブであることを特徴とする。

発明の効果

[0014] 本発明によれば、鉄損が極めて低い無方向性電磁鋼板を安定して製造することができる。したがって、本発明によれば、電気自動車用の駆動モータに用いて好適な鉄心材料を提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]仕上焼鈍後の鋼板表面の酸素目付量が鉄損$W_{17/200}$に及ぼす影響を示すグラフである。

[図2]仕上焼鈍設備の、加熱帯の５００℃から８００℃までの領域における炉内雰囲気の露点D_Hと、加熱帯の鋼板温度が８００℃超から均熱温度までの領域および均熱帯の炉内雰囲気の露点D_Sが鋼板表面の酸素目付量に及ぼす影響を示すグラフである。

[図3]Ｃｕ含有量が仕上焼鈍後の鋼板表面の酸素目付量に及ぼす影響を示すグラフである。

[図4]仕上焼鈍設備の冷却帯における雰囲気の露点D_Cが仕上焼鈍後の鋼板表面の酸素目付量に及ぼす影響を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0016] まず、本発明を開発する契機となった実験について説明する。

＜実験１＞

Ｃ：０．００１５ｍａｓｓ％、Ｓｉ：３．３２ｍａｓｓ％、Ｍｎ：０．５１ｍａｓｓ％、Ｐ：０．００９ｍａｓｓ％、Ｓ：０．００１２ｍａｓｓ％、Ａｌ：０．６３ｍａｓｓ％、Ｎ：０．００１５ｍａｓｓ％、Ｃｕ：０．０５ｍａｓｓ％およびＯ：０．００１２ｍａｓｓ％を含有し、残部がＦｅおよび不可避不純物からなる成分組成を有するスラブを熱間圧延して板厚１．８ｍｍの熱延板とした。次いで、上記熱延板に、均熱温度が９８０℃の熱延板焼鈍を施し、酸洗して脱スケールし、冷間圧延して、板厚０．２５ｍｍの冷延板とした。その後、加熱帯、均熱帯および冷却帯を有する連続焼鈍設備（仕上焼鈍設備）を用いて、加熱過程の５００℃から均熱温度までの間の昇温速度を１５℃／ｓとし、均熱温度を９８０℃、均熱時間を２０ｓとする仕上焼鈍を施した。この際、加熱帯および均熱帯の炉内雰囲気はｖｏｌ％比でH_2：N_2＝２０：８０の混合ガスとし、均熱帯の炉内雰囲気の露点は－３５℃とした。また、冷却帯の炉内雰囲気はN_2ガスとし、均熱温度から５００℃までの間の冷却速度は１５℃／ｓとした。なお、本発明の仕上焼鈍における上記昇温速度および冷却速度は、それぞれ平均昇温速度、平均冷却速度である（以降、同様）。

[0017] 斯くして得た仕上焼鈍後の鋼板について、鉄損特性を評価したところ、製

造タイミングによって鉄損値が大きく変動していることがわかった。この変動は、特に、磁束密度が高く、周波数が高い測定条件で顕著であった。そこで、本発明では、特に鉄損値の変動が顕著であった最大磁束密度１．７Ｔ、周波数２００Ｈｚにおける鉄損$W_{17/200}$で鉄損特性を評価することとした。なお、上記の鉄損測定条件は、モータの励磁電流が高く、かつ、回転数が高い状態に相当し、電気自動車の場合では、例えば比較的高速で登坂を行う場合に対応する。鉄損が高いと、モータコアの温度が上昇して、希土類磁石が減磁してしまうという問題が生じる。

[0018] 発明者らは、鉄損$W_{17/200}$が製造タイミングによって大きく変動する原因を調査するため、仕上焼鈍後の鋼板について酸素含有量の分析を行った。そして、得られた酸素量から出鋼時の酸素含有量（０．００１２ｍａｓｓ％）を差し引いた後、鋼板表面（両面）１m^2当たりの酸素量（単位：ｇ／m^2）に換算した。なお、本発明では、この酸素量を「酸素目付量」と称する。

[0019] 図１に、酸素目付量と鉄損$W_{17/200}$との関係を示した。この図から、鉄損値が高い鋼板では、上記した酸素目付量が高くなっており、特に酸素目付量が０．０６ｇ／m^2超えの領域で鉄損値が高くなっていることがわかる。そこで、酸素目付量の高い鋼板の断面をＳＥＭで観察したところ、鋼板の表層付近にＳｉやＡｌの酸化物が確認され、これらが鉄損増加の原因となっているものと推定された。

[0020] 上記の現象について、発明者らは以下のように考えている。通常の商用周波数帯における鉄損測定条件（$W_{15/50}$など）では、表層付近に僅かな酸化層があっても、透磁率が低いため、この領域はあまり励磁されず、鉄損に及ぼす影響は小さい。しかし、最大磁束密度が高い測定条件では、鋼板表層付近の透磁率が低い領域も励磁され、また、周波数が高くなると表皮効果で鋼板表面の磁束密度も高くなり易い。そのため、$W_{17/200}$では僅かな表層酸化物でも鉄損に大きな悪影響を及ぼすようになる。

[0021] そこで、発明者らは、鉄損の増加を抑制するため、まず、加熱帯、均熱帯および冷却帯を有する連続焼鈍設備を用いた仕上焼鈍条件に着目してさらに

検討を重ねた。具体的には、上記仕上焼鈍設備の加熱帯と均熱帯の炉内雰囲気を別々に制御することを着想し、その影響を確認する実験を行った。

[0022] 上記の実験結果について、加熱帯および均熱帯の炉内雰囲気の露点が、鋼板表面の酸素目付量に及ぼす影響として図２に示した。なお、図中に示した露点D_Hは、加熱帯の鋼板温度が５００℃から８００℃までの領域における炉内雰囲気の露点であり、また、露点D_Sは、加熱帯の鋼板温度が８００℃超から均熱温度までの領域と均熱帯における炉内雰囲気の露点である。この図から、上記露点D_Hが－２０℃以下、露点D_Sが－４０℃以下、かつ、上記D_HとD_Sが、$D_H > D_S$の関係を満たしているときに、鋼板表面の酸素目付量を０．０６ｇ／ｍ^{2}以下に低減できていることがわかる。なお、本発明では、以降、上記した加熱帯の鋼板温度が５００℃から８００℃までの領域における炉内雰囲気の露点D_Hのことを「加熱帯の露点D_H」、加熱帯の鋼板温度が８００℃超から均熱温度までの領域および均熱帯における炉内雰囲気の露点D_Sのことを「均熱帯の露点D_S」と称する。

[0023] 上記のように、加熱帯の露点D_H＞均熱帯の露点D_Sの関係を満たしている場合に、鋼板表面の酸素目付量を低減できる理由については、発明者らは、以下のように考えている。加熱初期の雰囲気の露点が高い場合には、鋼板表面にごく薄いバリア性が高いＳｉ，ＡｌＩ酸化物が形成され、これによって、均熱帯における酸化が却って抑制されることになるためであると推定している。

[0024] ＜実験２＞

次に、発明者らは、鋼板中に含まれる、不純物が鋼板表面の酸素目付量に及ぼす影響を調査する以下の実験を行った。

[0025] 上記＜実験１＞と同じ成分組成を有し（Ｃｕを除く）、かつ、Ｃｕを０．００３～０．５ｍａｓｓ％の範囲で種々に変化して含有するスラブを熱間圧延して板厚１．６ｍｍの熱延板とし、均熱温度１０２０℃の熱延板焼鈍を施した後、酸洗してスケールを除去した。次いで、上記酸洗後の熱延板を冷間圧延して板厚０．２５ｍｍの冷延板とした後、加熱過程における５００℃か

ら均熱温度までの間の昇温速度を２５℃／ｓ、均熱温度を１０１０℃、均熱時間を１０ｓとする仕上焼鈍を施した。この際、仕上焼鈍における、加熱帯および均熱帯の炉内雰囲気はｖｏｌ％比でH_2：N_2＝３０：７０の混合ガスとし、加熱帯の露点D_Hは－３５℃、均熱帯の露点D_Sは－５０℃とした。また、冷却帯の炉内雰囲気はN_2ガスとし、均熱温度から５００℃までの間の冷却速度は－３０℃／ｓとした。

[0026] 次いで、上記仕上焼鈍後の鋼板から、サンプル材を採取し、＜実験１＞と同様にして鋼板表面の酸素目付量を測定した。図３に、Ｃｕ含有量が鋼板表面の酸素目付量に及ぼす影響を示した。この図から、Ｃｕを０．０１ｍａｓｓ％以上添加することで、仕上焼鈍における鋼板表面の酸化が顕著に抑制されることわかった。

[0027] このメカニズムはまだ十分に明らかとなっていないが、ＣｕはＦｅよりも酸化され難い元素であるため、大気酸化や酸洗によって地鉄表面に濃化し、仕上焼鈍でバリア性の高い酸化膜の形成を促進する役割を果たしていると考えられる。なお、図３にはＣｕ：０．１０～０．５０ｍａｓｓ％の結果は示されていないが、上記範囲では酸素目付量に大きな変動はなく、０．００５ｇ／m^2程度であった。

[0028] ＜実験３＞

次いで、発明者らは、仕上焼鈍の冷却帯における炉内雰囲気の露点が、仕上焼鈍後の鋼板表面の酸目付量に及ぼす影響を調査する以下の実験を行った。

[0029] Ｃ：０．００１１ｍａｓｓ％、Ｓｉ：３．５４ｍａｓｓ％、Ｍｎ：０．５６ｍａｓｓ％、Ｐ：０．００５ｍａｓｓ％、Ｓ：０．０００９ｍａｓｓ％、Ａｌ：０．８１ｍａｓｓ％、Ｎ：０．００１２ｍａｓｓ％、Ｃｕ：０．０５ｍａｓｓ％およびＯ：０．０００６ｍａｓｓ％を含有し、残部がＦｅおよび不可避的不純物からなる成分組成を有するスラブを熱間圧延して板厚１．７ｍｍの熱延板とした。次いで、上記熱延板に、均熱温度９００℃の熱延板焼鈍を施し、酸洗して脱スケールした後、冷間圧延して板厚０．２５ｍｍの冷

延板とした。次いで、上記冷延板に、加熱過程における５００℃から均熱温度までの間の昇温速度を３０℃／ｓとし、均熱温度を１０００℃、均熱時間を５ｓとする仕上焼鈍を施した。この際、仕上焼鈍の加熱帯、均熱帯の雰囲気はｖｏｌ％でH_2：N_2＝２０：８０の混合ガスとし、加熱帯の露点D_Hは－３５℃、均熱帯の露点D_Sは－５４℃とした。また、冷却帯の雰囲気はN_2ガスとし、均熱温度から５００℃までの間の冷却速度を１５℃／ｓとし、上記冷却帯の炉内雰囲気の露点D_Cを０℃～－７０℃の範囲で種々に変化させた。

[0030] 次いで、上記仕上焼鈍後の鋼板から、サンプル材を採取し、＜実験１＞と同様にして鋼板表面の酸素目付量を測定し、その結果を図４に示した。この図から、冷却帯の炉内雰囲気の露点D_Cが－４０℃を超えると、酸素目付量が急激に上昇しており、上記露点D_Cを－４０℃以下に制御することで、鋼板表面の酸素目付量をより低減することができることがわかった。

本発明は、上記の知見に基づき、さらに検討を重ねて開発したものである。

[0031] 次に、本発明の無方向性電磁鋼板の製造に用いる鋼素材（スラブ）が有すべき成分組成について説明する。

Ｃ：０．００５ｍａｓｓ％以下

Ｃは、製品板中に多量に含有していると磁気時効の原因となり、モータの高温長時間の使用により炭化物が析出して鉄損が増加する原因となる。そのため、Ｃは０．００５ｍａｓｓ％以下に制限する。好ましくは０．００３ｍａｓｓ％以下である。

[0032] Ｓｉ：３．０～５．０ｍａｓｓ％

Ｓｉは、鋼の比抵抗を高めて鉄損を低減する元素である。電気自動車用の駆動モータでは、極めて低い鉄損が要求されるため、３．０ｍａｓｓ％以上の添加を必要とする。しかし、５．０ｍａｓｓ％を超えると、冷間圧延することが著しく困難になるため、上限は５．０ｍａｓｓ％とする。好ましいＳｉの範囲は３．５～４．５ｍａｓｓ％である。

[0033] Ｍｎ：３．０ｍａｓｓ％以下

Ｍｎは、熱間加工性を改善する元素であるとともに、鋼の比抵抗を高めて、鉄損を低減する元素でもある。そのため、必要に応じて添加することができる。好ましくは０．０１ｍａｓｓ％以上である。しかし、３．０ｍａｓｓ％を超えると、却って磁束密度が低下したり、鉄損が悪化したりするため、上限は３．０ｍａｓｓ％とする。好ましいＭｎの範囲は０．３～２．０ｍａｓｓ％である。

[0034] Ｐ：０．１０ｍａｓｓ％以下

Ｐは、鋼を硬化して脆化させる元素であり、特に０．１０ｍａｓｓ％を超えると、冷間圧延することが困難になる。そのため、本発明では、Ｐの含有量は０．１０ｍａｓｓ％以下に制限する。好ましくは０．０３ｍａｓｓ％以下である。なお、Ｐを、鋼の強度向上や打ち抜き加工性の改善に利用する場合は、０．０３～０．０７ｍａｓｓ％の範囲で添加するのが好ましい。

[0035] Ｓ：０．００５ｍａｓｓ％以下

Ｓは、硫化物を形成して粒成長を阻害し、鉄損を増加させる有害元素である。特に０．００５ｍａｓｓ％を超えると、上記影響が顕著となるため、０．００５ｍａｓｓ％以下に制限する。好ましくは０．００３ｍａｓｓ％以下である。

[0036] Ａｌ：３．０ｍａｓｓ％以下

Ａｌは、Ｓｉと同様、鋼の比抵抗を高めて、鉄損を低減する元素であるため、必要に応じて添加することができる。しかし、３．０ｍａｓｓ％を超えると、冷間圧延することが著しく困難になるため、上限は３．０ｍａｓｓ％とする。好ましくは０．３～２．０ｍａｓｓ％の範囲である。

[0037] Ｎ：０．００５ｍａｓｓ％以下

Ｎは、窒化物を形成して粒成長を阻害し、鉄損を増加させる有害元素である。特に０．００５ｍａｓｓ％を超えると、上記影響が顕著になるため、０．００５ｍａｓｓ％以下に制限する。好ましくは０．００３ｍａｓｓ％以下である。

[0038] Ｃｕ：０．０１～０．５ｍａｓｓ％

Ｃｕは、仕上焼鈍における鋼板表面の酸化を抑制して鉄損の上昇を抑制する効果がある。上記効果は、０．０１ｍａｓｓ％以上の添加で得られる。しかし、０．５ｍａｓｓ％を超えると、上記効果が飽和し、合金コストが高くなることに加え、熱間脆性が起きやすくなる。そのため、Ｃｕは０．０１～０．５ｍａｓｓ％の範囲とする。好ましくは０．０２～０．２ｍａｓｓ％の範囲である。

[0039] なお、Ｃｕは、原材料から不可避的に混入してくるトランプエレメントの一種であり、製鋼工程で投入するスクラップがＣｕ源となることが知られている。電炉でスクラップを溶解してスラブを製造する場合は、Ｃｕを添加しなくてもＣｕ含有量が高くなるため、原料コストを低減することができる。また、電炉を用いる方法は、CO_2の排出量を削減する観点からも好ましい。

[0040] Ｏ：０．００５ｍａｓｓ％以下

Ｏは、酸化物を形成して粒成長を阻害し、鉄損を増加させる有害元素である。特に上記影響は０．００５ｍａｓｓ％を超えると顕著になるため、０．００５ｍａｓｓ％以下に制限する。好ましくは０．００３ｍａｓｓ％以下である。

[0041] 本発明に用いる鋼素材は、上記した成分以外の残部は、実質的にＦｅおよび不可避的不純物である。ただし、本発明では、磁気特性や機械的特性の改善を目的として、さらに下記のＡ～Ｊ群のうちから選ばれる少なくとも１群の成分を含有してもよい。

Ａ群；Ｓｎ：０．００５～０．２０ｍａｓｓおよびＳｂ：０．００５～０．２０ｍａｓｓ％のうちの少なくとも１種

ＳｎおよびＳｂは、集合組織を改善して鉄損を低減するのに有効な元素である。上記効果はそれぞれ０．００５ｍａｓｓ％以上の添加で得られる。しかし、それぞれ０．２０ｍａｓｓ％を超えると、上記効果が飽和する。そのため、ＳｎおよびＳｂは、少なくとも１種を０．００５～０．２０ｍａｓｓ％の範囲で添加するのが好ましい。より好ましくは、それぞれ０．０１～０．１０ｍａｓｓ％の範囲である。

[0042] Ｂ群；Ｃａ：０．００１～０．０１０ｍａｓｓ％、Ｍｇ：０．０００２～０．００５ｍａｓｓ％およびＲＥＭ：０．００１～０．０５ｍａｓｓ％のうちの少なくとも１種

Ｃａ，ＭｇおよびＲＥＭは、安定な硫化物を形成し、微細な硫化物を低減することで粒成長性を改善し、鉄損を低減する元素である。いずれも、上記下限値未満では、上記効果が十分に得られず、一方、上記上限値を超えると上記効果が飽和する。そのため、Ｃａ，ＭｇおよびＲＥＭは、Ｃａ：０．００１～０．０１０ｍａｓｓ％、Ｍｇ：０．０００２～０．００５ｍａｓｓ％およびＲＥＭ：０．００１～０．０５ｍａｓｓ％のうちの少なくとも１種を含有するのが好ましい。より好ましくは、Ｃａ：０．００２～０．００５ｍａｓｓ％、Ｍｇ：０．０００５～０．００２ｍａｓｓ％およびＲＥＭ：０．００５～０．０３ｍａｓｓ％の範囲である。

[0043] Ｃ群；Ｃｒ：０．０１～３．０ｍａｓｓ％

Ｃｒは、鋼の比抵抗を高めて鉄損を低減する元素である。上記効果を得るためには０．０１ｍａｓｓ％以上添加するのが好ましい。一方、３．０ｍａｓｓ％を超える添加は、鉄損を悪化するだけでなく、原料コストの上昇を招くため、上限は３．０ｍａｓｓ％とするのが好ましい。より好ましくは０．０３～２．０ｍａｓｓ％の範囲である。

[0044] Ｄ群；Ｎｉ：０．０１～１ｍａｓｓ％

Ｎｉは、鋼の靭性を改善する元素である。上記効果を得るためには０．０１ｍａｓｓ％以上添加するのが好ましい。一方、１ｍａｓｓ％を超えると、上記効果が飽和するだけでなく、原料コストの上昇を招くため、上限は１ｍａｓｓ％とする。より好ましくは０．０５～０．５ｍａｓｓ％の範囲である。

[0045] Ｅ群；Ｍｏ：０～０．０５０ｍａｓｓ％およびＢ：０～０．００２０ｍａｓｓ％のうちの少なくとも１種

ＭｏおとびＢは、いずれも鋼の脆性破壊を抑制する効果がある。上記効果を確実に得るためには、Ｍｏは０．００１ｍａｓｓ％以上、Ｂは０．０００

１ｍａｓｓ％以上添加するのが好ましい。一方、Ｍｏは、添加量が０．０５０ｍａｓｓ％を超えると炭化物が析出して鉄損が増加するようになる。また、Ｂは、添加量が０．００２０ｍａｓｓ％を超えると窒化物が析出して鉄損が増加するようになる。そのため、添加量の上限値は、Ｍｏ：０．０５０ｍａｓｓ％、Ｂ：０．００２０ｍａｓｓ％とするのが好ましい。より好ましい範囲は、Ｍｏ：０．０１０～０．０３０ｍａｓｓ％、Ｂ：０．０００３～０．００１０ｍａｓｓ％である。

[0046] Ｆ群；Ｔｉ：０～０．０１０ｍａｓｓ％、Ｎｂ：０～０．００５０ｍａｓｓ％、Ｖ：０～０．０５０ｍａｓｓ％、Ｐｂ：０～０．００２０ｍａｓｓ％、Ｚｒ：０～０．０５０ｍａｓｓ％、Ｔａ：０～０．００２０ｍａｓｓ％、Ｗ：０～０．０５０ｍａｓｓ％、Ｓｅ：０～０．００５０ｍａｓｓ％およびＢｉ：０～０．００２０ｍａｓｓ％のうちの少なくとも１種

Ｔｉ、Ｎｂ、Ｖ、Ｐｂ、Ｚｒ、Ｔａ、Ｗ、ＳｅおよびＢｉは、いずれも鋼の加工性を改善したり高強度化に寄与したりする元素であるため適宜添加することができる。上記効果を確実に得るためには、Ｔｉ、Ｖ、ＺｒおよびＷは、それぞれ０．００１ｍａｓｓ％以上、Ｎｂ、Ｐｂ、Ｔａ、ＳｅおよびＢｉは、それぞれ０．０００１ｍａｓｓ％以上添加するのが好ましい。しかし、上記元素は、いずれも鉄損を増加する元素であるため、上限は、Ｔｉ：０．０１０ｍａｓｓ％、Ｎｂ：０．００５０ｍａｓｓ％、Ｖ：０．０５０ｍａｓｓ％、Ｐｂ：０．００２０ｍａｓｓ％、Ｚｒ：０．０５０ｍａｓｓ％、Ｔａ：０．００２０ｍａｓｓ％、Ｗ：０．０５０ｍａｓｓ％、Ｓｅ：０．００５０ｍａｓｓ％およびＢｉ：０．００２０ｍａｓｓ％とするのが好ましい。より好ましい範囲は、Ｔｉ：０．００３～０．００６ｍａｓｓ％、Ｎｂ：０．０００５～０．００３０ｍａｓｓ％、Ｖ：０．００５～０．０２０ｍａｓｓ％、Ｐｂ：０．０００３～０．００１０ｍａｓｓ％、Ｚｒ：０．００５～０．０２０ｍａｓｓ％、Ｔａ：０．０００３～０．００１０ｍａｓｓ％、Ｗ：０．００５～０．０２０ｍａｓｓ％、Ｓｅ：０．０００５～０．００３０ｍａｓｓ％およびＢｉ：０．０００３～０．００１０ｍａｓｓ％である。

[0047] G群；Ａｓ：０～０．０２０ｍａｓｓ％

Ａｓは、鋼の硬度を高める効果があり、機械特性の調整のため添加することができる。上記効果を確実に得るためには０．００１ｍａｓｓ％以上添加するのが好ましい。しかし、Ａｓは、鋼を脆化させる元素でもあり、特に０．０２０ｍａｓｓ％を超えると脆化が著しくなるため、上限は０．０２０ｍａｓｓ％とするのが好ましい。より好ましくは０．００３～０．０１０ｍａｓｓ％の範囲である。

[0048] H群；Ｚｎ：０～０．０１０ｍａｓｓ％

Ｚｎは、介在物を粗大化させることにより鉄損を改善効果がある。上記効果を確実に得るためには０．００１ｍａｓｓ％以上添加するのが好ましい。しかし、Ｚｎは、蒸気圧が高く０．０１０ｍａｓｓ％を超えて添加することは製造コストの上昇を招くため、上限は０．０１０ｍａｓｓ％とするのが好ましい。より好ましくは０．００２～０．００６ｍａｓｓ％の範囲である。

[0049] Ｉ群；Ｃｏ：０～０．１０ｍａｓｓ％

Ｃｏは、磁束密度を向上させる効果がある元素である。上記効果を確実に得るためには０．００１ｍａｓｓ％以上添加するのが好ましい。しかし、Ｃｏは、高価な元素であり、過剰な添加は製造コストの上昇を招くため、上限は０．１０ｍａｓｓ％とするのが好ましい。より好ましい範囲は０．０１～０．０５ｍａｓｓ％である。

[0050] Ｊ群；Ｇｅ：０～０．０３０ｍａｓｓ％およびＧａ：０～０．０３０ｍａｓｓ％のうちの少なくとも１種

ＧｅおよびＧａは、集合組織を改善させる効果があるので添加することができる。上記効果を確実に得るためには、それぞれ０．００１ｍａｓｓ％以上添加するのが好ましい。しかし、いずれの元素も０．０３０ｍａｓｓ％を超えて添加しても上記効果が飽和するため、上限はそれぞれ０．０３０ｍａｓｓ％とするのが好ましい。より好ましい範囲はそれぞれ０．００３～０．０１０ｍａｓｓ％である。

[0051] 次に、本発明の無方向性電磁鋼板の製造方法について説明する。

本発明の無方向性電磁鋼板の製造に用いる鋼素材（スラブ）は公知の方法で製造することができる。例えば、転炉や電炉等を用いて得た溶鋼に、必要に応じてさらに真空脱ガス処理等の二次精錬を施して、上記した本発明に適合する成分組成に調整した鋼を溶製した後、連続鋳造法で厚さが３０ｍｍ以上３００ｍｍ以下のスラブとする。厚さが３０ｍｍ未満のスラブは、連続鋳造法で製造することが難しく、一方、３００ｍｍを超えるスラブは、熱間圧延することが困難となる。好ましいスラブ厚は、１００～２５０ｍｍの範囲である。

[0052] なお、CO_2の排出量を削減する観点からは、鋼原料（鉄源）として高炉銑を使用せず、スクラップを用いる電炉法が好ましい。また、スクラップを電炉で溶解してスラブを製造する場合は、スクラップ中に含まれるＣｕに起因してＣｕ含有量が高くなるため、Ｃｕ添加コストを低減できるという利点もある。なお、鉄源としてスクラップの他に直接還元鉄を用いてもよい。

[0053] 次いで、上記スラブは、所定の温度に加熱し、熱間圧延して熱延板とする。ここで、上記熱間圧延に先立って行うスラブの加熱温度は１０００～１２００℃の範囲とするのが好ましい。１２００℃を超えると、析出物の一部が固溶して鉄損が増加するようになる。一方、１０００℃未満では、変形抵抗が高くなり、熱間圧延することが困難となる。

[0054] また、熱延板の厚さは１．０～３．０ｍｍの範囲とするのが好ましい。熱延板の厚さが１．０ｍｍ未満では、熱間圧延後の鋼板形状を良好に保つことが難しく、一方、３．０ｍｍを超えると、冷間圧延することが難しくなる。また、連続鋳造機と圧延設備を一体化した公知の薄スラブキャスタを用いて熱間圧延してもよい。

[0055] 次いで、上記熱延板に熱延板焼鈍を施す。熱延板焼鈍の均熱温度は、８００～１１００℃の範囲とするのが好ましい。８００℃未満では、熱延板の再結晶が不十分となり、磁気特性の改善効果が十分に得られない。一方、１１００℃を超えると、磁気特性の改善効果が飽和してしまう。より好ましくは９００～１０５０℃の範囲である。

[0056] 次いで、上記熱延板焼鈍後の鋼板は、酸洗等で脱スケールした後、冷間圧延して、最終板厚（製品板厚）の冷延板とする。上記最終板厚は、０．３０ｍｍ以下とするのが好ましい。０．３０ｍｍを超えると渦電流損が高くなり、優れた鉄損が得られない。より好ましくは０．２５ｍｍ以下である。一方、板厚が薄くなるほど鉄損は低減するが、圧延ライン等での生産性が大きく低下するため、板厚の下限は０．１０ｍｍ程度とするのが好ましい。

[0057] なお、冷間圧延に用いる圧延機は、リバース圧延機やタンデム圧延機など、公知の設備を用いることができる。また、磁気特性の改善や冷延負荷を低減する観点から、複数回の冷間圧延とし、その間で中間焼鈍を施してもよい。中間焼鈍の均熱温度は９００～１１００℃の範囲内とするのが好ましい。９００℃未満では、磁気特性の改善効果が小さく、１１００℃超えでは、磁気特性改善効果が飽和してしまう。

[0058] 次いで、上記の最終板厚とした冷延板は、加熱帯、均熱帯および冷却帯からなる連続焼鈍設備（仕上焼鈍設備）を用いて仕上焼鈍を施した後、必要に応じて絶縁被膜を被成して製品板とする。ここで、上記仕上焼鈍は、均熱温度が９００～１１００℃、均熱時間が１～１２０ｓの条件で行うのが好ましい。均熱温度が９００℃未満では、粒成長が不十分となり、優れた鉄損が得られない。一方、１１００℃を超えると、鉄損低減効果が飽和するだけでなく、熱エネルギーコストの上昇を招く。また、均熱時間が１ｓ未満では、板幅方向の温度分布を均一化することが難しく、一方、１２０ｓを超えると鉄損低減効果が飽和する。また、仕上焼鈍設備の加熱帯、均熱帯および冷却帯の炉内雰囲気は、公知の非酸化性の雰囲気ガスを用いることができる。例えば、H_2ガス、N_2ガス、Ａｒガス、ＣＯガスや、上記したガス２種以上からなる混合ガスなどを好適に用いることができる。

[0059] ここで、本発明において重要なことは、仕上焼鈍設備の加熱帯および均熱帯の雰囲気の露点制御を適切に行う必要があるということである。具体的には、加熱帯の露点D_H、すなわち、加熱帯の鋼板温度が５００℃から８００℃までの領域における雰囲気の露点を－２０℃以下、均熱帯の露点Ｄｓ、すな

わち、加熱帯の鋼板温度が８００℃超から均熱温度までの領域と均熱帯における雰囲気の露点を－４０℃以下とし、かつ上記露点D_HとD_Sが$D_H > D_S$の関係を満たしていることが必要である。各領域の雰囲気の露点が上記上限値を超えると、鋼板表面が酸化し、鉄損が増加してしまう。また、$D_H \leqq D_S$となった場合には、加熱中にバリア性の高い酸化膜が形成されなくなり、高温域で内部酸化が促進されるため、やはり鉄損が増加してしまう。なお、それぞれの温度領域内で露点に変動がある場合には、各温度領域の露点の最高値をD_H、D_Sとする。

[0060] なお、加熱帯の露点D_Hの好ましい範囲は－４０℃以上－２５℃以下である。また、加熱帯の露点D_Hが上記好ましい範囲内にある場合、均熱帯の露点D_Sの好ましい範囲は－４０℃以下である。なお、D_HおよびD_Sの下限値は特に規定しないが、工業用ガスを用いる連続焼鈍ラインでは、雰囲気の露点を－７０℃より低く下げるのは困難であるため、－７０℃程度とするのが好ましい。

[0061] また、仕上焼鈍の冷却帯における炉内雰囲気の露点D_Cの制御も重要であり、上記露点D_Cは、－４０℃以下に制御することが好ましい。ここで、上記露点D_Cは、鋼板温度が均熱温度から５００℃まで冷却する領域の炉内雰囲気の露点とする。露点D_Cを－４０℃以下に制御することで、鋼板表面の酸素目付量を安定して低減することができるので、鉄損をより低減することができる。露点D_Cは、より好ましくは－４５℃以下、さらに好ましくは－５０℃以下である。なお、上記領域内で露点に変動がある場合には、その領域内の露点の最高値をD_Cと見做す。

[0062] 上記のようにして仕上焼鈍を施した鋼板は、その後、必要に応じて絶縁被膜を被成して製品板とする。上記絶縁被膜は、無機、有機、無機と有機の混合のいずれでもよく、特に制限はない。

実施例

[0063] 高炉銑を鉄源として転炉から出鋼した溶鋼に、真空脱ガス処理装置を用いて二次精錬して、表１に示した種々の成分を含有し、残部がＦｅおよび不可

避的不純物からなる成分組成に調整した鋼を溶製した後、連続鋳造法で厚さが１４０ｍｍのスラブを製造した。また、スクラップを鉄源として電炉から出鋼した溶鋼についても、上記と同様にしてスラブを製造した（表１のＮｏ．１９）。次いで、上記スラブを１１００℃の温度で３０ｍｉｎ間加熱した後、熱間圧延して板厚１．６ｍｍの熱延板とし、９８０℃×３０ｓの熱延板焼鈍を施した。次いで、上記熱延板焼鈍後の鋼板を酸洗してスケールを除去した後、１回の冷間圧延で最終板厚０．２５ｍｍの冷延板とした。ただし、表１のＮｏ．１８の鋼板は、１回目の冷間圧延で中間板厚１．１ｍｍまで圧延した後、１１００℃×３０ｓの中間焼鈍を施した後、２回目の冷間圧延をして最終板厚の冷延板とした。

[0064] 次いで、上記冷延板に、加熱帯、均熱帯および冷却帯を有する連続焼鈍設備を用いて、同じく表１に記載の条件で仕上焼鈍を施し、製品板とした。上記仕上焼鈍においては、加熱帯および均熱帯の雰囲気をｖｏｌ％比でH_2：N_2＝３０：７０の混合ガスとし、５００℃から均熱温度までの間の昇温速度を２０℃／ｓとして、表１に示した均熱温度まで加熱し、上記均熱温度に１０ｓ間保持した後、冷却した。上記冷却は、窒素ガス雰囲気下で行い、均熱温度から５００℃までの間の冷却速度は２０℃／ｓとした。この際、加熱帯の５００℃から８００℃までの領域における炉内雰囲気の露点D_H、加熱帯の８００℃超から均熱温度までの領域と均熱帯における炉内雰囲気の露点D_S、および、冷却帯の均熱温度から５００℃までの領域における炉内雰囲気の露点D_Cを表１に示すように種々に変化させた。

[0065] 斯くして得た仕上焼鈍後の鋼板（製品板）から、長さ方向を圧延方向とする、幅：３０ｍｍ×長さ：２８０ｍｍの試験片を採取し、エプスタイン試験で鉄損$W_{17/200}$を測定し、鉄損$W_{17/200}$が１５．５Ｗ／ｋｇ以下のものを発明例、１５．５Ｗ／ｋｇ超えを比較例とした。また、仕上焼鈍後の鋼板（製品板）について化学分析で酸素含有量を測定し、これを前述した方法で鋼板表面の酸素目付量に換算した。

[0066] 上記測定の結果を表１に併記した。この結果から、本発明の条件を満たし

て製造した鋼板は、いずれも鋼板表面の酸素目付量が低く、良好な鉄損値を示していることがわかる。なお、表１のＮｏ．２０の鋼板は、電炉で出向した鋼から製造したものであるが、Ｃｕを特別に添加することなく、スクラップから混入したＣｕで０．０４５ｍａｓｓ％のＣｕ含有量が得られており、本発明の効果が得られている。また、Ｎｏ．１９の鋼板は、冷間圧延の途中で中間焼鈍を施したものであるが、集合組織の改善により、鉄損値がより改善されている。

[0067]

[表1-1]

鋼板No.	鋼板の化学成分（mass%）										仕上焼鈍条件				鋼板特性		備考
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Cu	O	その他	均熱温度（℃）	雰囲気露点（℃）			酸素目付量（g/m²）	鉄損$W_{17/200}$（W/kg）	
												D_H	D_S	D_C			
1	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	—	1000	-35	-35	-58	0.091	15.9	比較例
2	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	—	1000	-58	-55	-57	0.063	15.6	比較例
3	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	—	1000	-46	-41	-57	0.065	15.6	比較例
4	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	—	1000	-38	-35	-56	0.089	15.8	比較例
5	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	—	1020	-45	-56	-55	0.041	15.3	発明例
6	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	—	1000	-34	-57	-57	0.005	15.0	発明例
7	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	—	1000	-55	-68	-68	0.032	15.2	発明例
8	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	—	1000	-38	-68	-65	0.004	15.0	発明例
9	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	—	930	-36	-55	-56	0.008	15.1	発明例
10	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	—	1000	-25	-56	-57	0.018	15.1	発明例
11	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	—	1000	-36	-57	-42	0.016	15.1	発明例
12	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	—	1000	-37	-55	-36	0.025	15.2	発明例
13	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	—	1010	-35	-48	-25	0.038	15.3	発明例
14	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	—	1000	-21	-62	-56	0.023	15.2	発明例
15	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	—	990	-18	-52	-58	0.095	15.9	比較例
16	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	—	1010	-33	-42	-58	0.028	15.2	発明例
17	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	—	1000	-30	-36	-57	0.095	15.8	比較例
18	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	—	1000	-53	-35	-56	0.088	15.7	比較例
19	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	—	1000	-37	-56	-58	0.006	14.8	発明例
20	0.0016	3.35	0.48	0.01	0.0015	0.63	0.0022	0.045	0.0013	—	990	-31	-57	-57	0.006	15.0	発明例
21	0.0018	2.85	0.42	0.02	0.0019	0.35	0.0018	0.061	0.0008	—	980	-35	-55	-57	0.012	15.6	比較例
22	0.0012	3.02	0.51	0.01	0.0013	0.61	0.0016	0.042	0.0015	—	1000	-38	-55	-56	0.011	15.3	発明例
23	0.0013	3.65	0.61	—	0.0008	0.73	0.0012	0.043	0.0006	—	1010	-38	-54	-57	0.008	14.5	発明例
24	0.0011	4.13	0.32	0.01	0.0011	0.81	0.0015	0.055	0.0009	—	1000	-37	-53	-57	0.005	14.1	発明例
25	0.0013	4.85	0.25	—	0.0013	0.34	0.0012	0.052	0.0015	—	1000	-38	-61	-57	0.004	13.9	発明例

[0068] [表1-2]

鋼板No.	鋼板の化学成分（mass%）										仕上焼鈍条件				鋼板特性		備考
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Cu	O	その他	均熱温度(℃)	雰囲気露点(℃)			酸素目付量(g/m²)	鉄損$W_{17/200}$(W/kg)	
												D_H	D_S	D_C			
26	0.0015	5.2	0.35	0.01	0.0005	0.54	0.0012	0.042	0.0008	—	冷間圧延時破断し、製品化できず						比較例
27	0.0014	3.22	0.56	0.01	0.0016	1.82	0.0005	0.041	0.0005	—	1000	-33	-56	-56	0.013	14.4	発明例
28	0.0012	3.13	0.51	0.01	0.0013	2.95	0.0006	0.045	0.0004	—	1000	-32	-55	-57	0.009	14.0	発明例
29	0.0013	3.12	0.44	0.01	0.0011	3.26	0.0006	0.058	0.0007	—	冷間圧延時破断し、製品化できず						比較例
30	0.0021	3.26	1.65	0.01	0.0013	0.53	0.0011	0.051	0.0005	—	1000	-36	-53	-57	0.008	14.6	発明例
31	0.0018	3.18	2.95	—	0.0011	0.52	0.0012	0.048	0.0008	—	1000	-38	-55	-56	0.009	15.0	発明例
32	0.0013	3.13	3.26	0.01	0.0015	0.56	0.0019	0.048	0.0012	—	1000	-35	-59	-57	0.015	15.8	比較例
33	0.0015	3.26	0.82	0.07	0.0013	0.62	0.0021	0.042	0.0011	—	990	-36	-58	-56	0.011	15.2	発明例
34	0.0012	3.31	0.35	0.11	0.0012	0.61	0.0015	0.043	0.0015	—	冷間圧延時破断し、製品化できず						比較例
35	0.0013	3.32	0.49	0.02	0.0015	0.62	0.0016	0.048	0.0047	—	1000	-34	-55	-56	0.011	15.3	発明例
36	0.0013	3.35	0.51	0.01	0.0015	0.61	0.0012	0.051	0.0062	—	1000	-35	-56	-57	0.013	15.8	比較例
37	0.0011	3.32	0.54	0.01	0.0048	0.59	0.0013	0.049	0.0013	—	990	-36	-55	-58	0.012	15.3	発明例
38	0.0011	3.32	0.53	0.01	0.0058	0.63	0.0011	0.046	0.0012	—	1010	-34	-58	-56	0.015	15.9	比較例
39	0.0015	3.33	0.54	0.01	0.0017	0.62	0.0046	0.049	0.0016	—	1000	-37	-57	-58	0.012	15.3	発明例
40	0.0015	3.36	0.54	0.02	0.0013	0.59	0.0059	0.054	0.0015	—	1000	-36	-58	-56	0.011	15.8	比較例
41	0.0048	3.34	0.55	0.01	0.0012	0.60	0.0014	0.053	0.0012	—	1000	-35	-57	-55	0.010	15.1	発明例
42	0.0013	3.34	0.51	0.01	0.0022	0.62	0.0013	0.004	0.0009	—	1010	-38	-59	-55	0.071	15.8	比較例
43	0.0012	3.32	0.52	0.01	0.0016	0.61	0.0011	0.011	0.0008	—	1020	-38	-57	-57	0.035	15.2	発明例
44	0.0016	3.31	0.49	0.01	0.0011	0.63	0.0012	0.025	0.0016	—	1000	-37	-58	-56	0.019	15.1	発明例
45	0.0011	3.33	0.58	0.01	0.0004	0.61	0.0015	0.042	0.0009	Sn:0.03	1010	-35	-55	-58	0.006	14.9	発明例
46	0.0018	3.32	0.55	0.01	0.0006	0.62	0.0016	0.048	0.0011	Sb:0.06	1000	-36	-56	-56	0.005	14.8	発明例
47	0.0008	3.35	0.52	0.01	0.0012	0.63	0.0012	0.045	0.0012	Ca:0.005	1000	-38	-55	-57	0.006	14.9	発明例
48	0.0012	3.33	0.53	0.01	0.0015	0.65	0.0016	0.046	0.0018	REM:0.02	1010	-34	-53	-57	0.008	14.9	発明例
49	0.0016	3.34	0.55	0.01	0.0013	0.62	0.0015	0.053	0.0006	Mg:0.0008	990	-35	-55	-55	0.005	14.9	発明例
50	0.0013	3.33	0.54	0.01	0.0016	0.63	0.0013	0.051	0.0012	Cr:1.51	1000	-41	-56	-56	0.011	14.3	発明例

[0069] [表1-3]

鋼板No.	鋼板の化学成分（mass%）										仕上焼鈍条件				鋼板特性		備考
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Cu	O	その他	均熱温度（℃）	雰囲気露点（℃）			酸素目付量（g/m²）	鉄損$W_{17/200}$（W/kg）	
												D_U	D_S	D_C			
51	0.0014	3.33	0.53	0.01	0.0011	0.62	0.0012	0.048	0.0005	Ni：0.12	1040	-36	-53	-55	0.008	15.1	発明例
52	0.0015	3.32	0.55	0.01	0.0012	0.61	0.0013	0.103	0.0012	—	1010	-35	-56	-57	0.003	15.0	発明例
53	0.0010	3.31	0.53	0.01	0.0015	0.63	0.0016	0.304	0.0013	—	1000	-36	-54	-57	0.002	14.9	発明例
54	0.0011	3.32	0.52	0.01	0.0009	0.61	0.0011	0.496	0.0008	—	1000	-37	-55	-58	0.001	14.9	発明例
55	0.0013	3.29	0.50	0.01	0.0010	0.60	0.0015	0.510	0.0012	—	熱間圧延時に破断し、製品化できず						比較例
56	0.0011	3.33	0.50	0.01	0.0013	0.58	0.0012	0.054	0.0006	Mo：0.021	1000	-35	-58	-58	0.005	14.9	発明例
57	0.0010	3.34	0.48	0.01	0.0014	0.61	0.0017	0.051	0.0006	Ti：0.004	1000	-34	-58	-57	0.004	15.2	発明例
58	0.0012	3.30	0.52	0.01	0.0012	0.60	0.0012	0.051	0.0008	Nb：0.0005	1000	-35	-57	-58	0.006	15.3	発明例
59	0.0010	3.34	0.53	0.01	0.0008	0.61	0.0016	0.051	0.0008	V：0.011	1000	-35	-57	-57	0.009	15.1	発明例
60	0.0008	3.29	0.51	0.01	0.0014	0.60	0.0015	0.054	0.0007	As：0.006	1000	-34	-58	-58	0.005	15.0	発明例
61	0.0013	3.34	0.50	0.01	0.0013	0.59	0.0014	0.051	0.0006	Pb：0.0004	1000	-36	-57	-58	0.008	15.2	発明例
62	0.0008	3.33	0.50	0.01	0.0012	0.59	0.0014	0.053	0.0009	B：0.0004	1000	-35	-59	-57	0.005	15.1	発明例
63	0.0012	3.30	0.50	0.01	0.0014	0.60	0.0018	0.049	0.0005	Zr：0.006	1000	-35	-57	-57	0.006	15.2	発明例
64	0.0013	3.33	0.48	0.01	0.0010	0.62	0.0018	0.049	0.0009	Ta：0.0003	1000	-35	-58	-58	0.006	15.3	発明例
65	0.0012	3.31	0.48	0.01	0.0007	0.63	0.0012	0.051	0.0006	W：0.007	1000	-35	-58	-57	0.006	15.0	発明例
66	0.0010	3.31	0.51	0.01	0.0013	0.59	0.0015	0.051	0.0008	Co：0.04	1000	-35	-57	-59	0.008	14.9	発明例
67	0.0010	3.34	0.49	0.01	0.0013	0.59	0.0014	0.049	0.0006	Sc：0.002	1000	-35	-58	-57	0.007	15.2	発明例
68	0.0011	3.28	0.49	0.01	0.0010	0.61	0.0013	0.052	0.0007	Bi：0.0001	1000	-35	-56	-58	0.008	15.3	発明例
69	0.0011	3.27	0.51	0.01	0.0010	0.60	0.0012	0.053	0.0009	Ge：0.0001	1000	-36	-57	-59	0.006	14.9	発明例
70	0.0012	3.34	0.49	0.01	0.0009	0.62	0.0017	0.052	0.0007	Ga：0.005	1000	-35	-57	-58	0.008	14.9	発明例
71	0.0013	3.29	0.52	0.01	0.0010	0.59	0.0011	0.12	0.0008	Cr：0.20, Ni：0.13	1000	-35	-58	-57	0.004	14.9	発明例
72	0.0009	3.28	0.52	0.01	0.0015	0.60	0.0013	0.30	0.0008	Sn：0.04, Ca：0.003	1000	-35	-57	-57	0.003	14.8	発明例
73	0.0010	3.35	0.50	0.01	0.0010	0.62	0.0019	0.30	0.0007	Cr：0.21, Ni：0.04, Sn：0.01	1000	-35	-57	-58	0.002	14.8	発明例
74	0.0009	3.35	0.53	0.01	0.0011	0.58	0.0015	0.29	0.0010	Cr：0.05, Ni：0.02, Sb：0.02	1000	-34	-59	-57	0.003	14.8	発明例
75	0.0009	3.33	0.51	0.01	0.0012	0.59	0.0019	0.29	0.0007	Cr：0.18, Ni：0.05, Ca：0.003	1000	-35	-58	-56	0.003	14.9	発明例

[0070] [表1-4]

鋼板No.	鋼板の化学成分（mass%）										仕上焼鈍条件				鋼板特性		備考
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Cu	O	その他	均熱温度（℃）	雰囲気露点（℃）			酸素目付量（g/m²）	鉄損$W_{17/200}$（W/kg）	
												D_H	D_S	D_C			
76	0.0012	3.30	0.49	0.01	0.0011	0.61	0.0013	0.31	0.0006	Cr：0.25，Ni：0.11，Mg：0.001	1000	-34	-57	-58	0.003	14.8	発明例
77	0.0011	3.29	0.50	0.01	0.0012	0.61	0.0012	0.31	0.0008	Cr：0.30，Ni：0.18，REM：0.02	1000	-34	-56	-58	0.002	14.8	発明例
78	0.0013	3.35	0.52	0.01	0.0012	0.61	0.0012	0.30	0.0007	Sn：0.03，Cr：0.25，Ni：0.23，Mo：0.011	1000	-34	-58	-57	0.003	15.0	発明例
79	0.0010	3.32	0.53	0.01	0.0009	0.61	0.0013	0.31	0.0008	Sn：0.03，Cr：0.25，Ni：0.24，Ti：0.003	1000	-36	-57	-59	0.002	15.1	発明例
80	0.0009	3.34	0.48	0.01	0.0007	0.62	0.0014	0.31	0.0006	Sn：0.03，Cr：0.24，Ni：0.25，Nb：0.0003	1000	-34	-58	-58	0.002	15.2	発明例
81	0.0011	3.31	0.51	0.01	0.0015	0.60	0.0015	0.29	0.0006	Sn：0.03，Cr：0.24，Ni：0.25，V：0.005	1000	-35	-58	-59	0.003	15.0	発明例
82	0.0012	3.28	0.49	0.01	0.0011	0.61	0.0019	0.30	0.0008	Sn：0.03，Cr：0.25，Ni：0.23，As：0.003	1000	-31	-57	-59	0.002	14.9	発明例
83	0.0009	3.34	0.53	0.01	0.0013	0.62	0.0018	0.30	0.0005	Sn：0.03，Cr：0.24，Ni：0.24，Pb：0.0007	1000	-31	-59	-58	0.003	15.2	発明例
84	0.0008	3.33	0.51	0.01	0.0015	0.58	0.0012	0.29	0.0008	Sn：0.03，Cr：0.25，Ni：0.25，B：0.0006	1000	-31	-57	-57	0.002	15.1	発明例
85	0.0012	3.29	0.50	0.01	0.0013	0.60	0.0016	0.31	0.0005	Sn：0.03，Cr：0.25，Ni：0.22，Zr：0.003	1000	-35	-57	-56	0.002	15.1	発明例
86	0.0013	3.32	0.51	0.01	0.0007	0.63	0.0017	0.30	0.0008	Sn：0.03，Cr：0.26，Ni：0.24，Ta：0.0005	1000	-36	-58	-59	0.003	15.2	発明例
87	0.0013	3.34	0.53	0.01	0.0012	0.61	0.0016	0.31	0.0010	Sn：0.03，Cr：0.24，Ni：0.24，W：0.012	1000	-35	-58	-57	0.002	15.1	発明例
88	0.0011	3.28	0.51	0.01	0.0011	0.61	0.0017	0.30	0.0007	Sn：0.03，Cr：0.23，Ni：0.25，Co：0.009	1000	-35	-58	-58	0.003	14.9	発明例
89	0.0013	3.28	0.49	0.01	0.0013	0.60	0.0019	0.30	0.0008	Sn：0.03，Cr：0.26，Ni：0.23，Se：0.001	1000	-36	-57	-57	0.002	15.0	発明例
90	0.0010	3.33	0.50	0.01	0.0007	0.61	0.0014	0.30	0.0009	Sn：0.03，Cr：0.24，Ni：0.23，Bi：0.0002	1000	-36	-57	-58	0.003	15.1	発明例
91	0.0008	3.28	0.49	0.01	0.0012	0.60	0.0018	0.31	0.0007	Sn：0.03，Cr：0.25，Ni：0.24，Ge：0.002	1000	-34	-58	-58	0.003	14.9	発明例
92	0.0013	3.33	0.49	0.01	0.0007	0.59	0.0016	0.30	0.0008	Sn：0.03，Cr：0.24，Ni：0.25，Ga：0.008	1000	-35	-59	-58	0.002	14.9	発明例

請求の範囲

[請求項1] Ｃ：０．００５ｍａｓｓ％以下、Ｓｉ：３．０～５．０ｍａｓｓ％、Ａｌ：３．０ｍａｓｓ％以下、Ｍｎ：３．０ｍａｓｓ％以下、Ｐ：０．１０ｍａｓｓ％以下、Ｓ：０．００５ｍａｓｓ％以下、Ｎ：０．００５ｍａｓｓ％以下、Ｃｕ：０．０１～０．５ｍａｓｓ％およびＯ：０．００５ｍａｓｓ％以下を含有し、残部がＦｅおよび不可避不純物からなる成分組成を有するスラブを熱間圧延し、熱延板焼鈍し、１回の冷間圧延もしくは中間焼鈍を挟む２回以上の冷間圧延して冷延板とした後、加熱帯、均熱帯および冷却帯を有する連続焼鈍設備を用いて仕上焼鈍を施す無方向性電磁鋼板の製造方法において、

上記仕上焼鈍の、加熱帯の鋼板温度が５００℃から８００℃までの領域における炉内雰囲気の露点D_Hを－２０℃以下、加熱帯の鋼板温度が８００℃超から均熱温度までの領域および均熱帯における炉内雰囲気の露点D_Sを－４０℃以下とし、かつ、上記露点D_Hと露点D_Sが$D_H > D_S$の関係を満たすよう制御することを特徴とする無方向性電磁鋼板の製造方法。

[請求項2] 上記仕上焼鈍の冷却帯の鋼板温度が均熱温度から５００℃までの領域における炉内雰囲気の露点D_Cを－４０℃以下と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の製造方法。

[請求項3] 上記スラブは、上記成分組成に加えてさらに、下記Ａ～Ｊ群のうちの少なくとも１群の成分を含有することを特徴とする請求項１または２に記載の無方向性電磁鋼板の製造方法。

記

・Ａ群；Ｓｎ：０．００５～０．２０ｍａｓｓおよびＳｂ：０．００５～０．２０ｍａｓｓ％のうちの少なくとも１種

・Ｂ群；Ｃａ：０．００１～０．０１０ｍａｓｓ％、Ｍｇ：０．０００２～０．００５ｍａｓｓ％およびＲＥＭ：０．００１～０．０５ｍａｓｓ％のうちの少なくとも１種

・C群；Ｃｒ：０．０１～３．０ｍａｓｓ％

・D群；Ｎｉ：０．０１～１ｍａｓｓ％

・E群；Ｍｏ：０～０．０５０ｍａｓｓ％およびＢ：０～０．００２０ｍａｓｓ％のうちの少なくとも１種

・F群；Ｔｉ：０～０．０１０ｍａｓｓ％、Ｎｂ：０～０．００５０ｍａｓｓ％、Ｖ：０～０．０５０ｍａｓｓ％、Ｐｂ：０～０．００２０ｍａｓｓ％、Ｚｒ：０～０．０５０ｍａｓｓ％、Ｔａ：０～０．００２０ｍａｓｓ％、Ｗ：０～０．０５０ｍａｓｓ％、Ｓｅ：０～０．００５０ｍａｓｓ％およびＢｉ：０～０．００２０ｍａｓｓ％のうちの少なくとも１種

・G群；Ａｓ：０～０．０２０ｍａｓｓ％

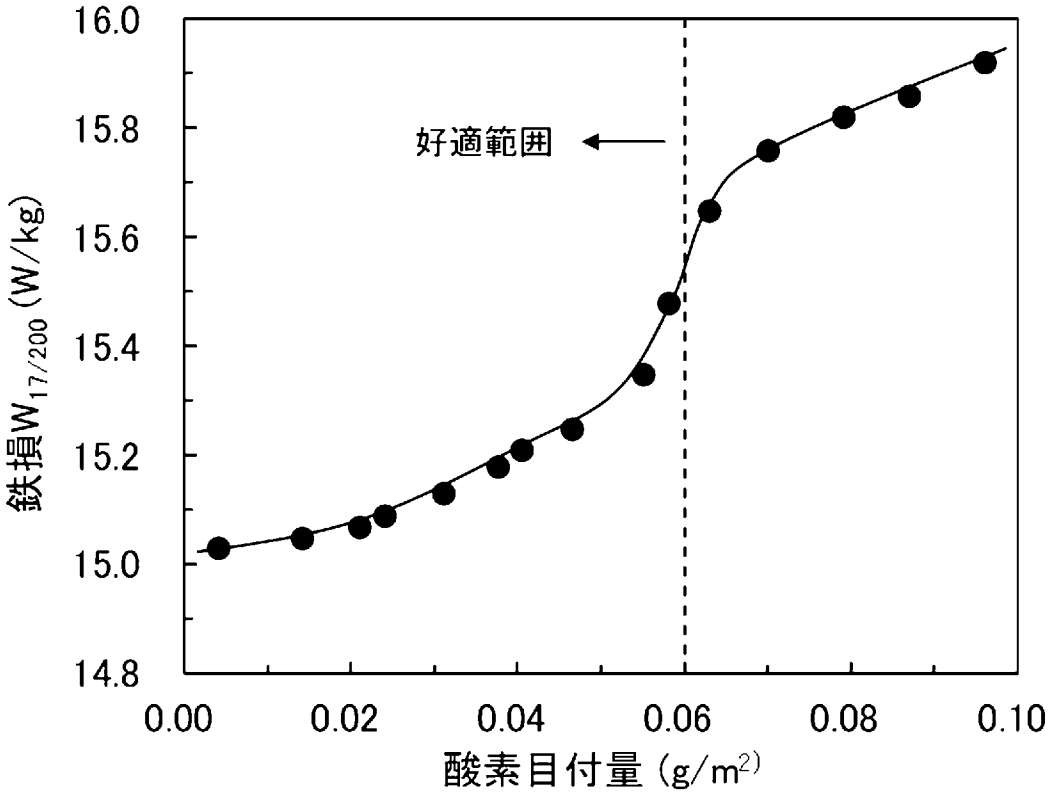
・H群；Ｚｎ：０～０．０１０ｍａｓｓ％

・Ｉ群；Ｃｏ：０～０．１０ｍａｓｓ％

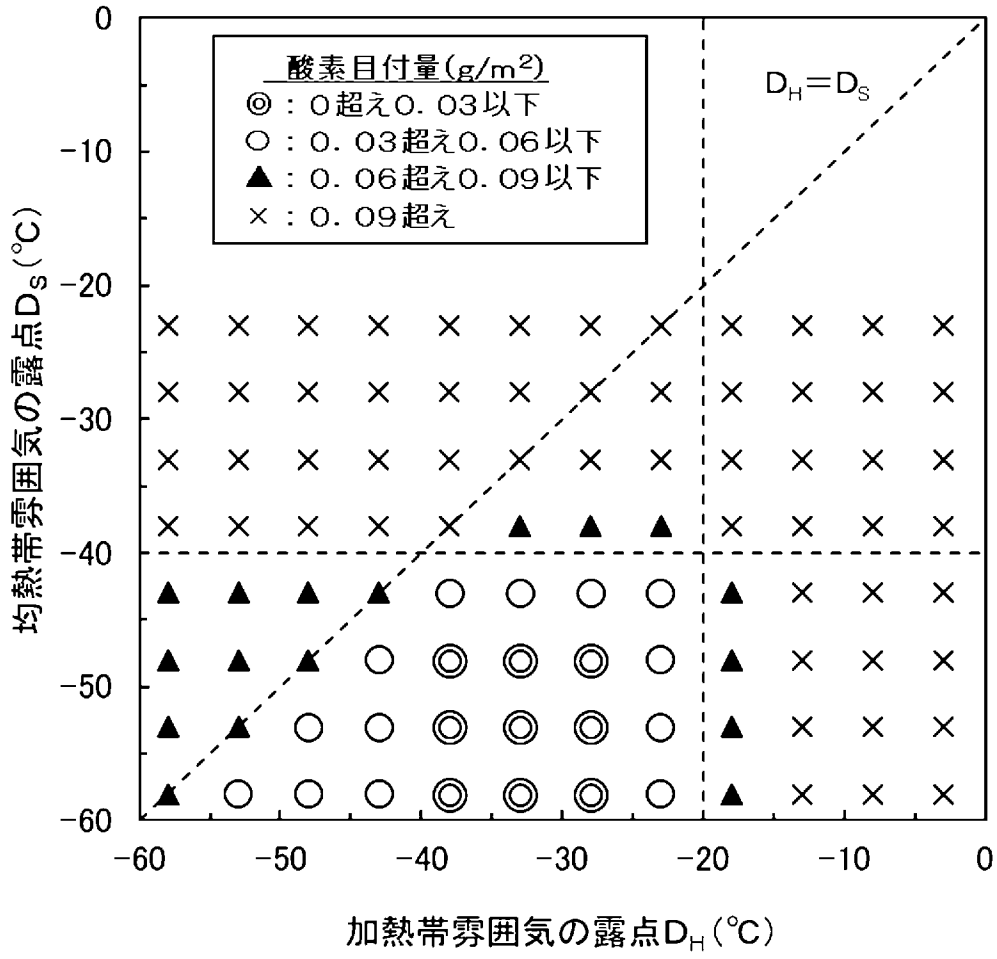
・Ｊ群；Ｇｅ：０～０．０３０ｍａｓｓ％およびＧａ：０～０．０３０ｍａｓｓ％のうちの少なくとも１種

[請求項4] 上記スラブは、転炉または電炉から出鋼した後、さらに成分調整した溶鋼を連続鋳造して製造した厚さが３０ｍｍ以上３００ｍｍ以下のスラブであることを特徴とする請求項１～３のいずれか１項に記載の無方向性電磁鋼板の製造方法。

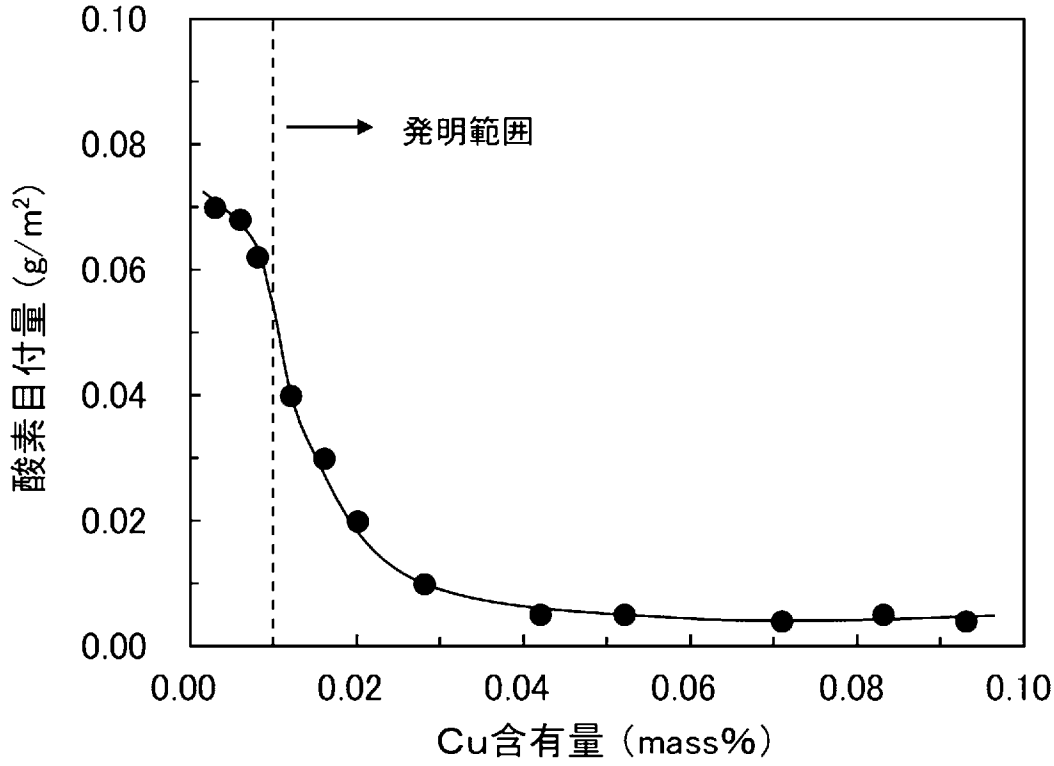
[図1]


16.0
15.8
15.6
15.4
15.2
15.0
14.8
好適範囲
鉄損$W_{17/200}$ (W/kg)
0.00
0.02
0.04
0.06
0.08
0.10
酸素目付量 (g/m^2)

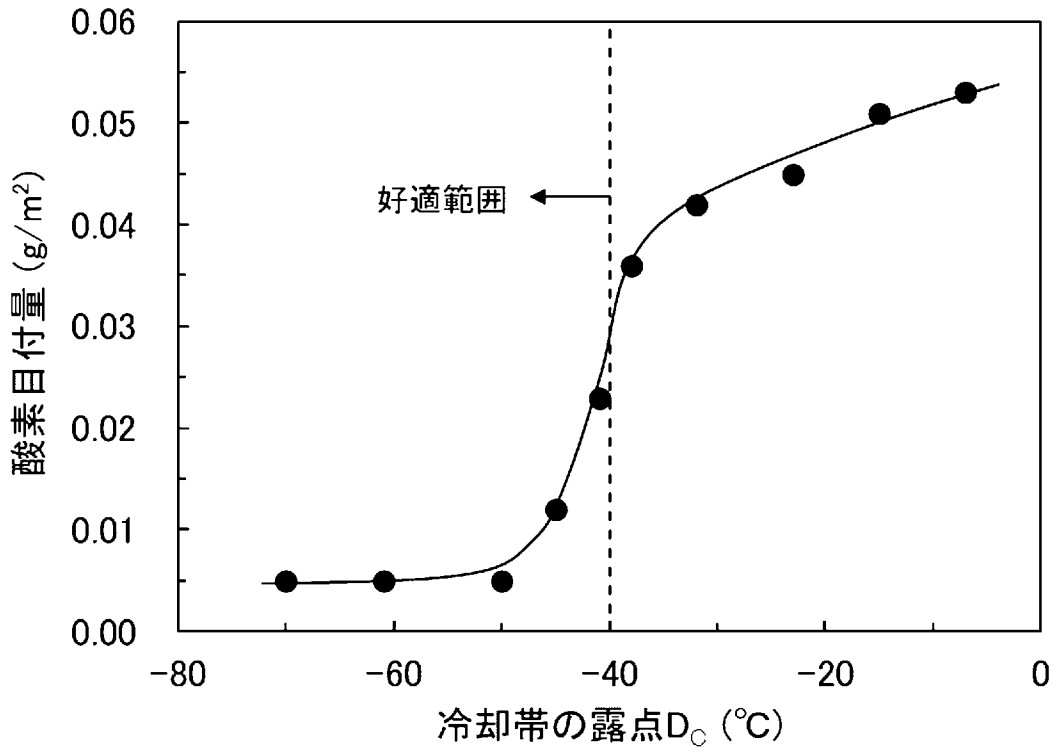
[図2]


酸素目付量(g/m^2)
◎：0超え0.03以下
○：0.03超え0.06以下
▲：0.06超え0.09以下
×：0.09超え
$D_H=D_S$
0
−10
−20
−30
−40
−50
−60
均熱帯雰囲気の露点D_S(℃)
−60
−50
−40
−30
−20
−10
0
加熱帯雰囲気の露点D_H(℃)

[図3]


0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0.00
酸素目付量（g/m²）
発明範囲
0.00
0.02
0.04
0.06
0.08
0.10
Cu含有量（mass%）

[図4]


0.06
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0.00
酸素目付量（g/m²）
好適範囲
−80
−60
−40
−20
0
冷却帯の露点D_C（℃）

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/036146

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C21D 8/12(2006.01)i; ***C22C 38/00***(2006.01)i; ***C22C 38/16***(2006.01)i; ***C22C 38/60***(2006.01)i; ***H01F 1/147***(2006.01)i
FI: C21D8/12 A; C22C38/00 303U; C22C38/16; C22C38/60; H01F1/147 175

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C21D8/12; C21D9/46; C22C38/00-C22C38/60; H01F1/147

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2018-141206 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORP.) 13 September 2018 (2018-09-13) claims, paragraphs [0038], [0059]-[0068], examples	1-4
A	WO 2020/136993 A1 (JFE STEEL CORP.) 02 July 2020 (2020-07-02) entire text, all drawings	1-4
A	JP 2017-128801 A (JFE STEEL CORP.) 27 July 2017 (2017-07-27) entire text, all drawings	1-4
A	JP 2018-154853 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORP.) 04 October 2018 (2018-10-04) entire text, all drawings	1-4
A	JP 10-183311 A (KAWASAKI STEEL CORP.) 14 July 1998 (1998-07-14) entire text, all drawings	1-4
A	CN 108570595 A (MAANSHAN IRON & STEEL CO., LTD.) 25 September 2018 (2018-09-25) entire text	1-4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
15 December 2023	**26 December 2023**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/036146

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2018-141206 A	13 September 2018	(Family: none)	
WO 2020/136993 A1	02 July 2020	US 2022/0056548 A1 entire text, all drawings EP 3904551 A1 TW 202024352 A KR 10-2021-0082516 A CN 113166869 A CA 3122122 A1 MX 2021007757 A	
JP 2017-128801 A	27 July 2017	(Family: none)	
JP 2018-154853 A	04 October 2018	(Family: none)	
JP 10-183311 A	14 July 1998	(Family: none)	
CN 108570595 A	25 September 2018	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/036146

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

C21D 8/12(2006.01)i; C22C 38/00(2006.01)i; C22C 38/16(2006.01)i; C22C 38/60(2006.01)i; H01F 1/147(2006.01)i
FI: C21D8/12 A; C22C38/00 303U; C22C38/16; C22C38/60; H01F1/147 175

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

C21D8/12; C21D9/46; C22C38/00-C22C38/60; H01F1/147

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2018-141206 A (新日鐵住金株式会社) 13.09.2018 (2018-09-13) 特許請求の範囲,0038,0059-0068,実施例	1-4
A	WO 2020/136993 A1 (ＪＦＥスチール株式会社) 02.07.2020 (2020-07-02) 全文,全図	1-4
A	JP 2017-128801 A (ＪＦＥスチール株式会社) 27.07.2017 (2017-07-27) 全文,全図	1-4
A	JP 2018-154853 A (新日鐵住金株式会社) 04.10.2018 (2018-10-04) 全文,全図	1-4
A	JP 10-183311 A (川崎製鉄株式会社) 14.07.1998 (1998-07-14) 全文,全図	1-4
A	CN 108570595 A (MAANSHAN IRON & STEEL CO., LTD.) 25.09.2018 (2018-09-25) 全文	1-4

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
15.12.2023	26.12.2023

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
鈴木　葉子 4K 3557
電話番号 03-3581-1101 内線 3435

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2023/036146

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2018-141206 A	13.09.2018	（ファミリーなし）	
WO 2020/136993 A1	02.07.2020	US 2022/0056548 A1 全文,全図 EP 3904551 A1 TW 202024352 A KR 10-2021-0082516 A CN 113166869 A CA 3122122 A1 MX 2021007757 A	
JP 2017-128801 A	27.07.2017	（ファミリーなし）	
JP 2018-154853 A	04.10.2018	（ファミリーなし）	
JP 10-183311 A	14.07.1998	（ファミリーなし）	
CN 108570595 A	25.09.2018	（ファミリーなし）	