(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
2018年12月6日(06.12.2018)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2018/221126 A1

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

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2018/017716

(22) 国際出願日：　2018年5月8日(08.05.2018)

(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 2017-107588　2017年5月31日(31.05.2017)　JP

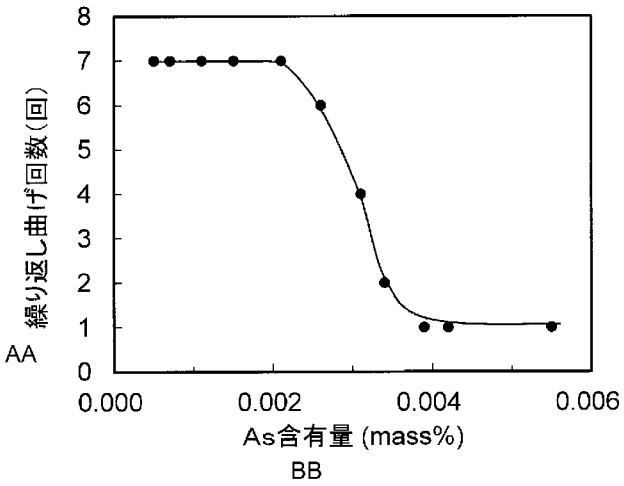
(71) 出願人：ＪＦＥスチール株式会社(**JFE STEEL CORPORATION**) [JP/JP]；〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目２番３号 Tokyo (JP).

(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). 上坂 正憲(**UESAKA Masanori**)；〒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). 尾田 善彦(**ODA Yoshihiko**)；〒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：特許業務法人銀座マロニエ特許事務所(**GINZA MARONIE P.C.**)；〒1040061 東

(54) **Title:** NON-ORIENTED ELECTROMAGNETIC STEEL SHEET AND PRODUCTION METHOD THEREFOR

(54) 発明の名称： 無方向性電磁鋼板とその製造方法



AA　Number of repeated bendings (times)
BB　As content (mass%)

(57) **Abstract:** The present invention improves cold rolling properties without deteriorating magnetic properties or degrading productivity by: conducting hot rolling of a steel slab that contains, by mass%, at most 0.0050% of C, 3.2-4.5% of Si, 0.1-2.0% of Mn, at most 0.020% of P, at most 0.0030% of As, 0.005-0.10% of Sn+Sb, and a total of 0.0020-0.10% of one or two elements selected from Mo and W; conducting or not conducting hot-rolled sheet annealing; conducting cold rolling once or at least twice with intermediate annealing interposed therebetween so as to obtain a final sheet thickness; and thereafter conducting finish annealing to obtain a non-oriented electromagnetic steel sheet, wherein the N_2 content in an atmosphere of the finish annealing is at most 20 vol%, and, preferably, the draft in a first pass in a rough rolling of the hot rolling is at most 25% and the average

WO 2018/221126 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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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：

— 国際調査報告（条約第21条(3)）

strain rate is at most 4 /s.

(57) 要約：ｍａｓｓ％でＣ：０．００５０％以下、Ｓｉ：３．２～４．５％、Ｍｎ：０．１～２．０％、Ｐ：０．０２０％以下、Ａｓ：０．００３０％以下、Ｓｎ＋Ｓｂ：０．００５～０．１０％、さらに、ＭｏおよびＷのうちから選ばれる１種または２種を合計で０．００２０～０．１０％の範囲で含有する鋼スラブを熱間圧延し、熱延板焼鈍し、あるいは熱延板焼鈍を行わず、１回もしくは中間焼鈍を挟む２回以上の冷間圧延して最終板厚とした後、仕上焼鈍を施して無方向性電磁鋼板とする際、上記仕上焼鈍の雰囲気中のN_2含有量を２０ｖｏｌ％以下とし、好ましくは上記熱間圧延の粗圧延における１パス目の圧下率を２５％以下、平均歪速度を４／ｓｅｃ以下とすることで、磁気特性の劣化や生産性の低下を招くことなく冷間圧延性を改善する。

明　細　書

発明の名称 ： 無方向性電磁鋼板とその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、無方向性電磁鋼板とその製造方法に関し、具体的には、冷間圧延性と磁気特性を向上した無方向性電磁鋼板とその製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] 無方向性電磁鋼板は、主にモータの鉄心として使用される軟磁性材料であり、モータ効率を向上する観点から、低鉄損化が強く求められている。特に、近年、市場が拡大しているＥＶやＨＥＶの駆動用モータや高効率エアコン用モータにおいては、モータの小型化のため、高速回転を指向する傾向があることから、高周波鉄損特性が重視されるようになってきている。

[0003] 高周波での鉄損低減には、ＳｉやＡｌ，Ｍｎ等の比抵抗を高める元素を多量に添加する高合金化や、鋼板板厚を低減する薄手化によって、古典渦電流損を低減することが有効であるが、高合金化すると、鋼の靭性が低下し、冷間圧延時に板破断等の操業トラブルが発生し易くなるという問題がある。

[0004] この問題に対して、特許文献１には、無方向性電磁鋼板に添加するＳｉ，ｓｏｌ．Ａｌ，Ｍｎのバランスを適正化するとともに、冷間圧延前の鋼板を５０～２００℃の温度に加熱し、かつ、冷間圧延における１パス目の通板速度を６０～２００ｍ／ｍｉｎに制限して圧延する方法が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：国際公開第２０１３／１４６８７９号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、上記特許文献１に記載の技術は、鋼板を冷間圧延する前に加熱すると、温度ムラに起因して形状不良が発生したり、加熱に要する時間

のため、冷間圧延の生産性が低下したりする等の問題が指摘されている。

[0007] 本発明は、従来技術が抱える上記問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、ＳｉやＡｌ，Ｍｎ等の合金成分を多く含有する場合でも、磁気特性の劣化や生産性の低下を招くことなく冷間圧延性を改善することができる無方向性電磁鋼板を提供するとともに、その無方向性電磁鋼板の製造方法を提案することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 発明者らは、上記課題の解決に向け、ＳｉやＭｎ，Ａｌ等を多く含む無方向性電磁鋼板の成分組成が冷間圧延性に及ぼす影響に着目して鋭意検討を重ねた。その結果、高合金の無方向性電磁鋼板の冷間圧延性を改善するためには、ＰおよびＡｓの含有量を極力低減した高純度鋼を用いることが有効であることを見出した。

[0009] しかし、ＰやＡｓを低減すると、冷間圧延後の仕上焼鈍における、鋼板表面の酸化や窒化が起こり易くなり、製品板の磁気特性に悪影響を及ぼすという新たな問題が発生した。従来、鋼板表面における酸化や窒化を防止するには、ＳｎやＳｂの添加が有効であるとされているが、ＳｎやＳｂの添加のみでは、仕上焼鈍における鋼板表面の酸化や窒化（特に、窒化）を完全に抑止できないこと、そして、上記窒化を完全に抑止するためには、仕上焼鈍の雰囲気からN_2を排除する必要があることを見出した。

[0010] また、ＰやＡｓを低減すると、連続鋳造や熱延工程におけるスラブや鋼板の表面割れに起因する表面欠陥（ヘゲ）が増加するという問題があることもわかった。この問題に対しては、鋼成分として微量のＭｏ，Ｗを添加すること、および、熱間圧延における粗圧延の１パス目の圧下率を２５％以下、平均歪速度を４／ｓｅｃ以下として圧延することが有効であることを見出し、本発明を開発するに至った。

[0011] 上記の知見に基く本発明は、Ｃ：０．００５０ｍａｓｓ％以下、Ｓｉ：３．２～４．５ｍａｓｓ％、Ｍｎ：０．１～２．０ｍａｓｓ％、Ｐ：０．０２０ｍａｓｓ％以下、Ｓ：０．００５０ｍａｓｓ％以下、Ａｌ：０．４～２．

０ｍａｓｓ％、Ｎ：０．００５０ｍａｓｓ％以下、Ｔｉ：０．００３０ｍａｓｓ％以下、Ａｓ：０．００３０ｍａｓｓ％以下、Ｓｎ＋Ｓｂ：０．００５～０．１０ｍａｓｓ％およびＯ：０．００５０ｍａｓｓ％以下を含有し、さらに、ＭｏおよびＷのうちから選ばれる１種または２種を合計で０．００２０～０．１０ｍａｓｓ％の範囲で含有し、残部がＦｅ及び不可避不純物からなる成分組成を有する無方向性電磁鋼板である。

[0012] 本発明の上記無方向性電磁鋼板は、上記成分組成に加えてさらに、Ｃａ，ＭｇおよびＲＥＭのうちから選ばれる１種または２種以上を合計で０．０００５～０．０２０ｍａｓｓ％の範囲で含有することを特徴とする。

[0013] また、本発明の上記無方向性電磁鋼板は、鋼板断面の表面から深さ２．０μｍまでの範囲内に存在する５０～５００ｎｍのＡｌ系析出物の個数密度が０．０１０個／μm^2以下であることを特徴とする。

[0014] また、本発明の上記無方向性電磁鋼板は、板厚が０．３０ｍｍ以下であることを特徴とする。

[0015] また、本発明は、上記のいずれかに記載の成分組成を有する鋼スラブを熱間圧延し、熱延板焼鈍し、あるいは熱延板焼鈍を行わず、１回もしくは中間焼鈍を挟む２回以上の冷間圧延して最終板厚とした後、仕上焼鈍を施す無方向性電磁鋼板の製造方法において、上記仕上焼鈍の雰囲気をN_2、H_2および希ガスから選ばれる１種または２種以上の混合ガスとし、かつ、上記雰囲気中のN_2含有量を２０ｖｏｌ％以下と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。

[0016] 本発明の上記無方向性電磁鋼板の製造方法は、熱間圧延の粗圧延における１パス目の圧下率を２５％以下、平均歪速度を４／ｓｅｃ以下とすることを特徴とする。

[0017] また、本発明の上記無方向性電磁鋼板の製造方法は、冷間圧延後の板厚を０．３０ｍｍ以下とすることを特徴とする。

発明の効果

[0018] 本発明によれば、合金元素を多く含む無方向性電磁鋼板の冷間圧延性を、

磁気特性の劣化や生産性の低下を招くことなく改善することができる。したがって、本発明によれば、低鉄損の無方向性電磁鋼板を安定して製造できるようになるので、ＥＶやＨＥＶの駆動用モータや高効率エアコン用モータの効率向上に大いに寄与する。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]Ａｓ含有量が熱延板の繰返し曲げ回数に及ぼす影響を示すグラフである。

[図2]Ｐ含有量が熱延板の繰返し曲げ回数に及ぼす影響を示すグラフである。

[図3]仕上焼鈍の雰囲気中のN_2含有量が鉄損$W_{10/400}$に及ぼす影響を示すグラフである。

[図4]仕上焼鈍の雰囲気中のN_2含有量が鋼板表層のＡｌ系析出物の個数密度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

[0020] 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：０．００２０ｍａｓｓ％、Ｓｉ：３．６５ｍａｓｓ％、Ｍｎ：０．６０ｍａｓｓ％、Ｐ：０．００５ｍａｓｓ％、Ｓ：０．００２０ｍａｓｓ％、Ａｌ：０．６０ｍａｓｓ％、Ｏ：０．００２５ｍａｓｓ％、Ｎ：０．００１５ｍａｓｓ％、Ｔｉ：０．００１０ｍａｓｓ％、Ｓｎ：０．０２５ｍａｓｓ％、Ｍｏ：０．００６ｍａｓｓ％を含有し、Ａｓを０．０００５～０．００６ｍａｓｓ％の範囲で種々に変化して含有し、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鋼を真空溶解炉で溶製し、鋼塊とし、該鋼塊を１１００℃で２０ｍｉｎ加熱した後、熱間圧延して板厚２．２ｍｍの熱延板とした。

この熱延板に、１０００℃×３０ｓｅｃの熱延板焼鈍を施した後、長さ：１００ｍｍ×幅：３０ｍｍの曲げ試験片を採取し、半径：１５ｍｍの丸みを有する治具に挟み、４５度の繰り返し曲げ試験を行い、破断するまでの曲げ回数を測定した。

結果を図１に示す。この図から、Ａｓの含有量を０．００３０ｍａｓｓ％以下に低減することで、曲げ加工性が著しく改善されることがわかる。

[0021] （実験２）

Ｃ：０．００２０ｍａｓｓ％、Ｓｉ：３．６５ｍａｓｓ％、Ｍｎ：０．６０ｍａｓｓ％、Ｓ：０．００２０ｍａｓｓ％、Ａｌ：０．６０ｍａｓｓ％、Ｏ：０．００２５ｍａｓｓ％、Ｎ：０．００１５ｍａｓｓ％、Ｔｉ：０．００１０ｍａｓｓ％、Ａｓ：０．００１０ｍａｓｓ％、Ｓｎ：０．０２５ｍａｓｓ％、Ｍｏ：０．００６ｍａｓｓ％を含有し、Ｐを０．００４～０．０６ｍａｓｓ％の範囲で種々に変化して含有し、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鋼を真空溶解炉で溶製し、鋼塊とした後、該鋼塊を１１００℃で２０ｍｉｎ加熱した後、熱間圧延して板厚２．２ｍｍの熱延板とした。

この熱延板に、１０００℃×３０ｓｅｃの熱延板焼鈍を施した後、長さ：１００ｍｍ×幅：３０ｍｍの曲げ試験片を採取し、半径：１５ｍｍの丸みを有する治具に挟み、４５度の繰り返し曲げ試験を行い、破断するまでの曲げ回数を測定した。

結果を図２に示す。この図から、Ｐの含有量を０．０２０ｍａｓｓ％以下に低減することで、曲げ加工性が著しく改善されることがわかる。

[0022] （実験３）

上記実験結果に基き、ＡｓおよびＰを低減した鋼を溶製し、磁気特性に及ぼす影響を確認するため、以下の実験を行った。

Ｃ：０．００２０ｍａｓｓ％、Ｓｉ：３．６５ｍａｓｓ％、Ｍｎ：０．６０ｍａｓｓ％、Ｐ：０．００５ｍａｓｓ％、Ｓ：０．００２０ｍａｓｓ％、Ａｌ：０．６０ｍａｓｓ％、Ｏ：０．００２５ｍａｓｓ％、Ｎ：０．００１５ｍａｓｓ％、Ｔｉ：０．００１０ｍａｓｓ％、Ａｓ：０．００１０ｍａｓｓ％、Ｓｎ：０．０２５ｍａｓｓ％、Ｍｏ：０．００７ｍａｓｓ％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鋼を真空溶解炉で溶製し、鋼塊とした後、該鋼塊を１１００℃で２０ｍｉｎ加熱した後、熱

間圧

延して板厚２．２ｍｍの熱延板とした。

次いで、上記熱延板に１０００℃×３０ｓｅｃの熱延板焼鈍を施した後、酸洗し、冷間圧延して最終板厚０．２５ｍｍの冷間板とした後、上記冷延板に、ｖｏｌ％比でH_2：N_2＝３０：７０、露点：－５０℃の雰囲気下で１０００℃×１０ｓｅｃの仕上焼鈍を施した。

[0023] 次いで、上記仕上焼鈍後の鋼板の鉄損$W_{10/400}$（最大磁束密度１．０Ｔ、周波数４００Ｈｚで正弦励磁したときの鉄損値）を測定したところ、発明者らが所期した鉄損が得られなかった。この原因について調査するため、上記仕上焼鈍後の鋼板の断面をＳＥＭで観察したところ、鋼板表層、具体的には、鋼板表面から板厚方向に２．０μｍ以内の断面に、微細なＡｌ系析出物が認められ、これにより鉄損が増加したものと推定された。これは、本実験では、粒界偏析元素であるＡｓとＰを低減していることから、仕上焼鈍における粒界拡散が活発となり、鋼板表層のＡｌの酸化および窒化（特に窒化）が促進されたためであると考えられる。

[0024] 従来の知見では、ＳｎおよびＳｂを添加することで、鋼板表面の酸化や窒化は抑制されるとされているが、上記したように、本実験では異なる結果が得られた。この原因は、本実験では、ＡｓとＰを極微量に低減した高純度の鋼素材を用いているためであると考えられる。そこで、仕上焼鈍における酸化や窒化を積極的に防止し、上記鉄損に及ぼす悪影響を回避するため、上記した実験において、仕上焼鈍に使用しているH_2とN_2の混合雰囲気中のN_2の比率を変更する実験を行った。

結果を図３に示す。この図から、仕上焼鈍で使用している雰囲気中のN_2濃度を２０ｖｏｌ％以下に低減することで、優れた鉄損が得られることがわかった。

本発明は、上記の新規な知見に基き、開発したものである。

[0025] 次に、本発明の無方向性電磁鋼板の成分組成について説明する。

Ｃ：０．００５０ｍａｓｓ％以下

Ｃは、磁気時効を起こして製品板の鉄損を増加させる有害元素であるので

、上限を０．００５０ｍａｓｓ％とする。好ましくは０．００２５ｍａｓｓ％以下である。

[0026] Ｓｉ：３．２～４．５ｍａｓｓ％

Ｓｉは、鋼の比抵抗を高め、高周波鉄損を低減するのに有効な元素である。上記効果を得るためには３．２ｍａｓｓ％以上の添加が必要である。しかし、Ｓｉの増加とともに鋼の強度が増加し、靭性が低下するため、冷間圧延性が低下する。このため、本発明ではＳｉの上限を４．５ｍａｓｓ％とする。好ましくは３．４～４．３ｍａｓｓ％、より好ましくは３．６～４．１ｍａｓｓ％の範囲である。

[0027] Ｍｎ：０．１～２．０ｍａｓｓ％

Ｍｎは、ＳｉやＡｌと同様、鋼の比抵抗を高め、高周波鉄損を低減するのに有効な元素であるが、Ｓｉ，Ａｌに比べるとその低減効果は小さい。また、ＳをＭｎＳとして固定することで、熱間脆性を抑制する効果もある。上記効果を得るためには０．１ｍａｓｓ％以上の添加が必要である。しかし、多量に添加すると、原料コストが上昇することから、上限は２．０ｍａｓｓ％とする。好ましくは０．３～１．０ｍａｓｓ％の範囲である。

[0028] Ｐ：０．０２０ｍａｓｓ％以下

Ｐは、鋼を脆化させ、冷間圧延における割れ（板破断）を増加させるため、極力低減するのが望ましい。このため、本発明では、上限を０．０２０ｍａｓｓ％に制限する。好ましくは０．０１０ｍａｓｓ％以下である。

[0029] Ｓ：０．００５０ｍａｓｓ％以下

Ｓは、微細硫化物を形成して結晶粒成長を阻害し、鉄損を増加させる有害元素であるため、極力低減することが望ましい。このため、本発明では、上限を０．００５０ｍａｓｓ％とする。好ましくは０．００３０ｍａｓｓ％以下である。

[0030] Ａｌ：０．４～２．０ｍａｓｓ％

Ａｌは、鋼の比抵抗を高め、高周波鉄損を低減するのに有効な元素である。上記効果を得るためには０．４ｍａｓｓ％以上の添加が必要である。しか

し、ＡｌのＡｌ添加量を高めると、原料コストが増加するだけでなく、鋼板表面が酸化や窒化されやすくなり、鋼板表層内部にAl_2O_3やＡｌＮ等の微細析出物が形成されて鉄損の改善効果が相殺されてしまう。よって、ＡｌのＡｌ上限は２．０ｍａｓｓ％とする。好ましくは０．６～１．２０ｍａｓｓ％の範囲である。

[0031] Ｎ：０．００５０ｍａｓｓ％以下

Ｎは、微細窒化物を形成して結晶粒成長を阻害し、鉄損を増加させる有害元素であるため、極力低減することが望ましい。このため、本発明では、上限を０．００５０ｍａｓｓ％に制限する。好ましくは０．００３０ｍａｓｓ％以下である。

[0032] Ｔｉ：０．００３０ｍａｓｓ％以下

ＴｉＴｉは、微細なＴｉＮ等を形成して結晶粒成長を阻害し、鉄損を増加させる有害元素であるため、極力低減することが望ましい。このため、本発明では、上限を０．００３０ｍａｓｓ％に制限する。好ましくは０．００１５ｍａｓｓ％以下である。

[0033] Ａｓ：０．００３０ｍａｓｓ％以下

Ａｓは、鋼を脆化させ、冷間圧延で耳割れや板破断を引き起こす有害元素であるため、極力低減することが望ましい。このため、本発明では、上限を０．００３０ｍａｓｓ％とする。好ましくは０．００２０ｍａｓｓ％以下である。

[0034] Ｓｂ＋Ｓｎ：０．００５～０．１０ｍａｓｓ％

ＳｂおよびＳｎは、鋼板表面に偏析し、酸化・窒化を抑制する元素であり、鉄損を改善する効果がある。上記効果を得るためには合計で０．００５ｍａｓｓ％以上の添加が必要である。しかし、０．１０ｍａｓｓ％を超えて添加しても、上記効果が飽和するだけであるため、上限は合計で０．１０ｍａｓｓ％とする。好ましくは０．０１～０．０５ｍａｓｓ％の範囲である。ただし、ヘゲの発生を助長する弊害もあるため、後述する、ＭｏやＷを同時に添加するのが有効である。

[0035] Ｍｏ，Ｗ：合計で０．００２０～０．１０ｍａｓｓ％

ＭｏおよびWは、ＳｉやＡｌ，Ｍｎ等の合金元素を多く含む高合金鋼板の表面欠陥（ヘゲ）を抑制するのに有効な元素である。高合金鋼板は、表面が酸化されやすいため、表面割れに起因するヘゲの発生率が高くなると考えられるが、高温強度を高める元素であるＭｏやWを微量添加することで、割れを抑制することができる。合計の添加量が０．００２０ｍａｓｓ％未満では上記効果は得られず、一方、合計で０．１０ｍａｓｓ％を超えて添加しても、効果が飽和し、原料コストが高くなるだけである。よって、上記範囲に制限する。好ましくは、０．００５０～０．０５０ｍａｓｓ％の範囲である。

[0036] Ｏ：０．００５０ｍａｓｓ％以下

Ｏは、鋼中で酸化物系介在物を形成し、鉄損を増加させる有害元素であるため、極力低減するのが望ましい。よって、本発明では、上限を０．００５０ｍａｓｓ％とする。好ましくは０．００３０ｍａｓｓ％以下である。

[0037] 本発明の無方向性電磁鋼板は、上記必須とする成分に加えてさらに、Ｃａ，ＭｇおよびＲＥＭのうちから選ばれる１種または２種以上を合計で０．０００５～０．０２０ｍａｓｓ％の範囲で含有することができる。

Ｃａ，ＭｇおよびＲＥＭは、非常に安定で、大きな硫化物を形成し、微細析出物を低減するため、粒成長を促進し、鉄損を改善する効果がある。上記効果を得るためには少なくとも０．０００５ｍａｓｓ％が必要であり、一方、０．０２０ｍａｓｓ％超え添加しても、上記効果は飽和してしまう。よって、添加する場合は、合計で０．０００５～０．０２０ｍａｓｓ％の範囲とするのが好ましい。

[0038] 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、前述した成分組成に適合する鋼を転炉や電気炉、真空脱ガス装置等を用いた通常公知の精錬プロセスで溶製した後、連続鋳造法あるいは造塊－分塊圧延法で製造することができる。

[0039] 上記スラブは、再加熱し、熱間圧延して所定の板厚の熱延板とする。上記

スラブの再加熱温度は１０００～１２００℃の範囲とするのが好ましい。１０００℃未満では、ＭｎＳやＡＩＮのオストワルド成長が不十分となり、一方、１２００℃を超えると、ＭｎＳやＡＩＮが固溶し、その一部が後工程で微細に析出するため、鉄損に悪影響を及ぼすからである。

[0040] また、上記熱間圧延は、通常、粗圧延と仕上圧延から構成されているが、その１パス目、即ち、粗圧延の１パス目の圧下率を２５％以下、平均歪速度を４／ｓｅｃ以下として圧延することが重要である。無方向性電磁鋼板のように合金成分を多く含む高合金鋼は、圧延素材表層が酸化し易いため、上記条件を外れると、圧延素材表面に粒界割れが起こり、ヘゲの発生率が高くなるからである。より好ましい粗圧延の１パスの圧下率は２０％以下、平均歪速度は２／ｓｅｃ以下である。ここで、上記歪速度は、志田茂の技術文献（塑性と加工，７（１９６６），Ｐ４２４））に記載された式に基いて計算した値である。

また、上記熱間圧延の仕上圧延における終了温度は７００℃以上とし、巻取温度は７００℃以下とするのが好ましい。仕上圧延終了温度が７００℃未満では、所定の板厚まで圧延することが難しく、また、巻取温度が７００℃を超えると、脱スケール性が悪化するからである。

[0041] 熱間圧延後の鋼板（熱延板）は、必要に応じて熱延板焼鈍を行う。熱延板焼鈍は、磁気特性の改善およびリジングの防止に効果があるからである。

[0042] 熱間圧延まま、あるいは、熱間圧延後、熱延板焼鈍を施した熱延板は、その後、酸洗し、１回の冷間圧延、または、中間焼鈍を挟む２回以上の冷間圧延により最終板厚の冷延板とする。ここで、上記最終板厚（製品板厚）は、０．３０ｍｍ以下とするのが好ましく、０．２０ｍｍ以下がより好ましい。本発明の無方向性電磁鋼板は、鋼板表面の酸化や窒化が抑制されていることが特徴であり、板厚が薄いほど本発明の効果（鉄損改善効果）が顕著となるからである。なお、過度に板厚を薄くすることは、生産性が低下し、製造コストが上昇することや、コアの製造が難しくなることから、下限の板厚は０．１０ｍｍ程度とするのが好ましい。

[0043] 次いで、上記最終板厚とした冷延板は、仕上焼鈍を施し、必要に応じて絶縁被膜を被成して製品板とする。上記仕上焼鈍は、公知の方法を用いることができるが、連続焼鈍ラインで、均熱温度７００～１１００℃、均熱時間３００ｓｅｃ以下の条件で行うことが好ましい。均熱温度と時間は、目標とする磁気特性や機械的特性等によって適宜調整することができる。

[0044] ここで、本発明の無方向性電磁鋼板の製造方法においては、ＳｉやＡｌ，Ｍｎ等を多く含む鋼板は表面の酸化や窒化が起こり易いため、仕上焼鈍時の雰囲気制御が重要である。具体的には、仕上焼鈍における雰囲気ガスは、鋼板表面の酸化や窒化を防止する観点から、N_2，H_2および希ガスのうちからから選ばれる１種または２種以上の混合ガスであり、かつ、上記雰囲気ガス中のN_2の含有量が２０ｖｏｌ％以下であることが必要である。好ましいN_2含有量は１０ｖｏｌ％以下であり、例えば、ｖｏｌ％比でH_2：N_2＝９０：１０の雰囲気などで焼鈍を行うことが好ましい。また、露点は、極力低減すること、具体的には、－３０℃以下とすることが好ましい。

[0045] ここで、鋼板表面の窒化や酸化の度合いを判定するには、最終製品板を圧延方向に沿って切断し、モールド樹脂に埋め込み、研磨した後、１ｍａｓｓ％ナイタール液で１秒間エッチングして鋼板組織と析出物を可視化した後、ＳＥＭで鋼板表層（板厚表面から２．０μｍ以内の領域）に析出したＡｌ系析出物の個数密度を測定すればよい。Ａｌ系の析出物であるか否かは、ＥＤＸのスペクトルから容易に判断することができる。なお、観察対象のＡｌ系析出物のサイズ（円相当直径）は、５０～５００ｎｍの範囲に限定する。５０ｎｍ未満の析出物を排除するのは、ＳＥＭのＥＤＸでは成分分析が難しいためである。また、５００ｎｍ超えの析出物を排除するのは、粗大な析出物は、仕上焼鈍における窒化や酸化で形成されたものではなく、仕上焼鈍前から含まれていたものだからである。そして、上記Ａｌ系析出物が０．０１０個／μm^2以下であれば、仕上焼鈍における鋼板表面の窒化や酸化の度合いが低いと判断することができる。なお、より好ましいＡｌ系析出物の個数密度は０．００１個／μm^2以下である。

実施例 1

[0046] 表１に示した各種成分組成を有する鋼を溶製し、連続鋳造して得た厚さ２００ｍｍの鋼スラブを、１１００℃×３０ｍｉｎの再加熱後、粗熱延の１パス目の圧下率を１５％、歪速度を１／ｓｅｃとする粗圧延した後、仕上圧延する熱間圧延を行い、板厚２．０ｍｍの熱延板とした。なお、上記仕上圧延の終了温度は９１０℃、巻取温度は６００℃とした。次いで、上記熱延板に、９８０℃×２０ｓｅｃの熱延板焼鈍を施した後、酸洗し、冷間圧延して最終板厚０．２５ｍｍの冷延板とし、該冷延板に、ｖｏｌ％比でH_2：Ａｒ＝２０：８０、露点：－５０℃の雰囲気下で１０００℃×１０ｓｅｃの仕上焼鈍を施した後、絶縁被膜を被成して、製品板とした。

次いで、上記製品板について、鋼板表面に発生したヘゲの発生率（不良部として除去された長さ％）を測定するとともに、試験片を採取し、鉄損$W_{10/400}$（最大磁束密度１．０Ｔ、周波数４００Ｈｚで正弦励磁したときの鉄損）および鋼板表層（表面から２．０μｍの範囲）のＡｌ系析出物の個数密度を測定した。

上記測定の結果を、表１－１および表１－２に示した。これらの結果から、本発明に適合する成分組成を有する鋼板は、ヘゲの発生率が低く、また、Ａｌ系析出物の個数密度も０．０１０個／μm^2以下であり、優れた鉄損特性を有していることがわかる。

[0047]

[表1-1]

鋼板No.	化学成分 (mass%)															製品特性			備考
	C	Si	Mn	P	S	Al	O	N	Ti	As	Sn	Sb	Mo	W	その他	へげ発生率(%)	Al系析出物個数密度(個/μm²)	鉄損 $W_{10/50}$ (W/kg)	
1	0.0014	3.12	0.39	0.009	0.0012	0.71	0.0011	0.0018	0.0007	0.0014	0.026	<0.001	<0.0005	<0.0005	—	0.0	<0.001	11.7	比較例
2	0.0015	3.09	0.32	0.005	0.0011	0.68	0.0015	0.0014	0.0004	0.0008	0.022	<0.001	<0.0005	0.0062	—	0.0	<0.001	11.6	比較例
3	0.0016	3.28	0.63	0.008	0.0018	0.83	0.0019	0.0018	0.0005	0.0012	0.016	<0.001	<0.0005	0.0042	—	0.1	<0.001	10.9	発明例
4	0.0012	3.63	0.42	0.011	0.0012	0.72	0.0014	0.0013	0.0004	0.0009	0.031	<0.001	<0.0005	<0.0005	—	3.6	0.001	10.4	比較例
5	0.0016	3.68	0.58	0.007	0.0016	0.74	0.0015	0.0012	0.0008	0.0005	0.028	<0.001	0.0018	<0.0005	—	3.5	0.001	10.5	比較例
6	0.0023	3.64	0.60	0.012	0.0011	0.72	0.0013	0.0013	0.0005	0.0008	0.022	<0.001	0.0028	<0.0005	—	0.9	0.002	10.4	発明例
7	0.0013	3.67	0.59	0.005	0.0011	0.68	0.0023	0.0020	0.0009	0.0007	0.026	<0.001	0.0045	<0.0005	—	0.1	0.001	10.4	発明例
8	0.0021	3.63	0.57	0.006	0.0013	0.70	0.0013	0.0012	0.0002	0.0008	0.028	<0.001	0.026	<0.0005	—	0.0	0.001	10.5	発明例
9	0.0011	3.61	0.59	0.010	0.0017	0.74	0.0017	0.0011	0.0003	0.0014	0.027	<0.001	0.074	<0.0005	—	0.0	0.002	10.5	発明例
10	0.0013	3.64	0.63	0.007	0.0022	0.72	0.0018	0.0022	0.0011	0.0011	0.026	<0.001	<0.0005	0.0014	—	3.5	0.001	10.4	比較例
11	0.0014	3.65	0.63	0.010	0.0012	0.73	0.0015	0.0021	0.0011	0.0012	0.028	<0.001	<0.0005	0.0026	—	0.8	0.001	10.5	発明例
12	0.0022	3.69	0.65	0.005	0.0011	0.71	0.0014	0.0010	0.0002	0.0009	0.015	<0.001	<0.0005	0.0054	—	0.1	0.002	10.4	発明例
13	0.0014	3.61	0.61	0.008	0.0024	0.74	0.0010	0.0011	0.0013	0.0010	0.018	<0.001	<0.0005	0.034	—	0.0	0.002	10.5	発明例
14	0.0020	3.62	0.62	0.005	0.0010	0.65	0.0013	0.0010	0.0012	0.0013	0.024	<0.001	<0.0005	0.082	—	0.0	0.001	10.5	発明例
15	0.0018	3.66	0.56	0.012	0.0015	0.65	0.0018	0.0011	0.0016	0.0012	0.001	0.002	<0.0005	<0.0005	—	0.0	0.045	11.1	比較例
16	0.0013	3.62	0.59	0.013	0.0011	0.68	0.0015	0.0018	0.0015	0.0008	0.007	<0.001	<0.0005	0.0084	—	0.0	0.008	10.7	発明例
17	0.0022	3.60	0.56	0.012	0.0012	0.72	0.0015	0.0018	0.0002	0.0013	0.042	<0.001	<0.0005	0.0093	—	0.1	0.002	10.4	発明例
18	0.0023	3.61	0.64	0.012	0.0009	0.74	0.0018	0.0011	0.0008	0.0007	0.089	<0.001	<0.0005	0.0064	—	0.2	0.001	10.3	発明例
19	0.0021	3.63	0.58	0.007	0.0012	0.66	0.0024	0.0023	0.0010	0.0012	<0.001	0.008	<0.0005	0.0082	—	0.1	0.007	10.7	発明例
20	0.0012	3.64	0.65	0.014	0.0021	0.70	0.0013	0.0012	0.0005	0.0005	<0.001	0.031	0.0036	0.0068	—	0.1	0.001	10.4	発明例
21	0.0011	3.59	0.55	0.008	0.0016	0.71	0.0012	0.0016	0.0003	0.0012	<0.001	0.084	0.0067	0.0162	—	0.2	0.001	10.3	発明例

[0048] [表1-2]

鋼板No.	化学成分 (mass%)																製品特性			備考
	C	Si	Mn	P	S	Al	O	N	Ti	As	Sn	Sb	Mo	W	その他	へげ発生率(%)	Al系析出物個数密度(個/μm²)	鉄損 $W_{10/400}$ (W/kg)	
22	0.0011	4.23	0.52	0.006	0.0011	0.79	0.0011	0.0009	0.0006	0.0014	0.024	<0.001	0.0026	0.0121	—	0.0	0.004	10.1	発明例
23	0.0013	4.61	0.43	0.005	0.0009	0.71	0.0016	0.0011	0.0011	0.0008	0.018	<0.001	0.0052	<0.0005	—	板破断のため評価不可			比較例
24	0.0012	3.86	0.91	0.005	0.0020	0.73	0.0019	0.0023	0.0007	0.0012	0.017	0.008	<0.0005	0.0063	—	0.1	0.002	10.2	発明例
25	0.0014	3.65	1.83	0.006	0.0023	0.69	0.0014	0.0017	0.0008	0.0009	0.028	<0.001	<0.0005	0.0046	—	0.2	0.002	9.9	発明例
26	0.0023	3.59	0.64	0.031	0.0012	0.69	0.0011	0.0014	0.0014	0.0009	0.016	<0.001	0.0041	<0.0005	—	板破断のため評価不可			比較例
27	0.0019	3.65	0.60	0.007	0.0034	0.66	0.0010	0.0023	0.0014	0.0011	0.025	<0.001	0.0042	0.0063	—	0.1	0.001	10.6	発明例
28	0.0018	3.64	0.64	0.011	0.0058	0.75	0.0018	0.0013	0.0011	0.0009	0.021	<0.001	<0.0005	0.0083	—	0.2	0.002	11.2	比較例
29	0.0020	3.62	0.61	0.008	0.0018	0.46	0.0013	0.0013	0.0011	0.0007	0.015	<0.001	<0.0005	0.0064	—	0.0	0.001	10.6	発明例
30	0.0012	3.89	0.64	0.009	0.0013	1.14	0.0018	0.0013	0.0009	0.0007	0.021	0.011	<0.0005	0.0065	—	0.1	0.002	10.0	発明例
31	0.0011	3.62	0.58	0.013	0.0019	1.64	0.0024	0.0017	0.0011	0.0008	0.016	<0.001	0.0046	0.0055	—	0.2	0.004	9.6	発明例
32	0.0009	3.60	0.55	0.014	0.0012	0.73	0.0036	0.0023	0.0010	0.0013	0.026	<0.001	0.0036	0.0048	—	0.0	0.001	10.7	発明例
33	0.0023	3.60	0.59	0.006	0.0015	0.75	0.0059	0.0010	0.0013	0.0014	0.017	<0.001	0.0033	0.0042	—	0.1	0.002	11.3	比較例
34	0.0025	3.62	0.57	0.013	0.0008	0.65	0.0018	0.0035	0.0013	0.0005	0.023	<0.001	0.0045	<0.0005	—	0.0	0.002	10.6	発明例
35	0.0017	3.62	0.60	0.005	0.0015	0.71	0.0013	0.0058	0.0012	0.0006	0.021	<0.001	0.0063	<0.0005	—	0.1	0.002	11.2	比較例
36	0.0012	3.63	0.57	0.008	0.0017	0.73	0.0017	0.0023	0.0027	0.0007	0.027	<0.001	<0.0005	0.0078	—	0.1	0.002	10.7	発明例
37	0.0017	3.58	0.61	0.010	0.0011	0.73	0.0018	0.0011	0.0039	0.0011	0.021	<0.001	<0.0005	0.0092	—	0.1	0.001	11.2	比較例
38	0.0012	3.59	0.62	0.012	0.0012	0.65	0.0010	0.0014	0.0005	0.0027	0.026	<0.001	<0.0005	0.0068	—	0.1	0.001	10.5	発明例
39	0.0019	3.64	0.55	0.013	0.0018	0.72	0.0019	0.0010	0.0014	0.0039	0.028	<0.001	<0.0005	0.0056	—	板破断のため評価不可			比較例
40	0.0014	3.59	0.59	0.011	0.0014	0.73	0.0021	0.0012	0.0006	0.0013	0.018	<0.001	<0.0005	0.0072	Ca : 0.0034	0.1	0.002	10.2	発明例
41	0.0013	3.56	0.63	0.007	0.0010	0.70	0.0019	0.0015	0.0015	0.0012	0.021	<0.001	<0.0005	0.0079	REM : 0.0053	0.1	0.002	10.3	発明例
42	0.0017	3.56	0.65	0.014	0.0008	0.73	0.0013	0.0020	0.0006	0.0010	0.015	<0.001	<0.0005	0.0071	Mg : 0.0021	0.1	0.001	10.2	発明例

実施例 2

[0049] 表１のＮｏ．１２に示した鋼スラブを、１１２０℃×２０ｍｉｎの再加熱後、粗熱延の１パス目の圧下率を１８％、歪速度を２／ｓｅｃとする粗圧延した後、仕上圧延する熱間圧延を行い、板厚１．６ｍｍの熱延板とした。なお、上記仕上圧延の終了温度は８７０℃、巻取温度は５００℃とした。次いで、上記熱延板に、９９０℃×３０ｓｅｃの熱延板焼鈍を施した後、酸洗し、冷間圧延して最終板厚０．２０ｍｍの冷延板とし、該冷延板に、表２に示した種々の雰囲気下（露点：－４５℃）で１０３０℃×１５ｓｅｃの仕上焼鈍を施した後、絶縁被膜を被成して、製品板とした。

次いで、上記製品板について、鋼板表面に発生したヘゲの発生率（不良部として除去された長さ％）を測定するとともに、試験片を採取し、鉄損$W_{10/400}$（最大磁束密度１．０Ｔ、周波数４００Ｈｚで正弦励磁したときの鉄損）および鋼板表層（表面から２．０μｍの範囲）のＡＩ系析出物の個数密度を測定した。

上記測定の結果を、表２に示した。この結果から、まずＮｏ．１～５の鋼板は本発明に適合する成分組成を有することから、ヘゲの発生率が低くなっている。さらに本発明において好適な雰囲気下で仕上焼鈍を行ったＮｏ．２～５の鋼板は、酸化や窒化が抑制された結果、ＡＩ系析出物の個数密度が０．０１０個／μm^2以下であり、より優れた鉄損特性を有していることがわかる。

[0050] [表2]

No.	雰囲気 (vol%比)	ヘゲ 発生率 (%)	Al系析出物 個数密度 (個/μm^2)	鉄損 $W_{10/400}$ (W/kg)	備考
1	H_2:N_2=30:70	0.0	0.045	10.4	発明例
2	H_2=100	0.0	0.001	9.3	発明例
3	Ar=100	0.0	0.002	9.4	発明例
4	He=100	0.0	0.002	9.4	発明例
5	Ar:N_2=90:10	0.0	0.003	9.5	発明例

実施例 3

[0051] 表１のＮｏ．７に示した鋼スラブを、１０９０℃×３０ｍｉｎの再加熱後、粗熱延の１パス目の圧下率と歪速度を表３のように種々に変化させて粗圧延した後、仕上圧延する熱間圧延を行い、板厚１．８ｍｍの熱延板とした。なお、上記仕上圧延の終了温度は８２０℃、巻取温度は５５０℃とした。次いで、上記熱延板に、９１０℃×３０ｓｅｃの熱延板焼鈍を施した後、酸洗し、冷間圧延して最終板厚０．２５ｍｍの冷延板とし、該冷延板に、H_2：１００ｖｏｌ％雰囲気下（露点：－５５℃）で１０００℃×１０ｓｅｃの仕上焼鈍を施した後、絶縁被膜を被成して、製品板とした。

次いで、上記製品板について、鋼板表面に発生したヘゲの発生率（不良部として除去された長さ％）を測定するとともに、試験片を採取し、鉄損$W_{10/400}$（最大磁束密度１．０Ｔ、周波数４００Ｈｚで正弦励磁したときの鉄損）および鋼板表層（表面から２．０μｍの範囲）のＡＩ系析出物の個数密度を測定した。

上記測定の結果を、表３に併記した。この結果から、熱間粗圧延の１パス目を低圧下率・低歪速度としたＮｏ．１～３およびＮｏ．７～１０の鋼板は、高圧下率・高歪速度としたＮｏ．４～６およびＮｏ．１１，１２の鋼板と比較し、ヘゲの発生率を大幅に低減できていることがわかる。

[0052] [表3]

No.	熱間粗圧延１パス目		ヘゲ発生率 (%)	Al系析出物個数密度 (個/μm²)	鉄損 $W_{10/400}$ (W/kg)	備考
	圧下率(%)	歪速度(1/sec)				
1	12	1.0	0.0	<0.001	10.4	発明例
2	16	1.0	0.1	<0.001	10.3	発明例
3	23	1.0	0.3	<0.001	10.4	発明例
4	27	1.0	1.2	<0.001	10.4	発明例
5	32	1.0	1.4	<0.001	10.3	発明例
6	36	1.0	1.5	<0.001	10.4	発明例
7	18	1.0	0.1	<0.001	10.4	発明例
8	18	1.6	0.1	<0.001	10.3	発明例
9	18	2.5	0.2	<0.001	10.4	発明例
10	18	3.8	0.3	<0.001	10.3	発明例
11	18	4.3	1.4	<0.001	10.4	発明例
12	18	5.6	1.5	<0.001	10.4	発明例

請求の範囲

[請求項1] Ｃ：０．００５０ｍａｓｓ％以下、Ｓｉ：３．２～４．５ｍａｓｓ％、Ｍｎ：０．１～２．０ｍａｓｓ％、Ｐ：０．０２０ｍａｓｓ％以下、Ｓ：０．００５０ｍａｓｓ％以下、Ａｌ：０．４～２．０ｍａｓｓ％、Ｎ：０．００５０ｍａｓｓ％以下、Ｔｉ：０．００３０ｍａｓｓ％以下、Ａｓ：０．００３０ｍａｓｓ％以下、Ｓｎ＋Ｓｂ：０．００５～０．１０ｍａｓｓ％およびＯ：０．００５０ｍａｓｓ％以下を含有し、さらに、ＭｏおよびＷのうちから選ばれる１種または２種を合計で０．００２０～０．１０ｍａｓｓ％の範囲で含有し、残部がＦｅ及び不可避不純物からなる成分組成を有する無方向性電磁鋼板。

[請求項2] 上記成分組成に加えてさらに、Ｃａ，ＭｇおよびＲＥＭのうちから選ばれる１種または２種以上を合計で０．０００５～０．０２０ｍａｓｓ％の範囲で含有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。

[請求項3] 鋼板断面の表面から深さ２．０μｍまでの範囲内に存在する５０～５００ｎｍのＡｌ系析出物の個数密度が０．０１０個／μm^2以下であ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。

[請求項4] 板厚が０．３０ｍｍ以下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。

[請求項5] 請求項１または２に記載の成分組成を有する鋼スラブを熱間圧延し、熱延板焼鈍し、あるいは熱延板焼鈍を行わず、１回もしくは中間焼鈍を挟む２回以上の冷間圧延して最終板厚とした後、仕上焼鈍を施す無方向性電磁鋼板の製造方法において、

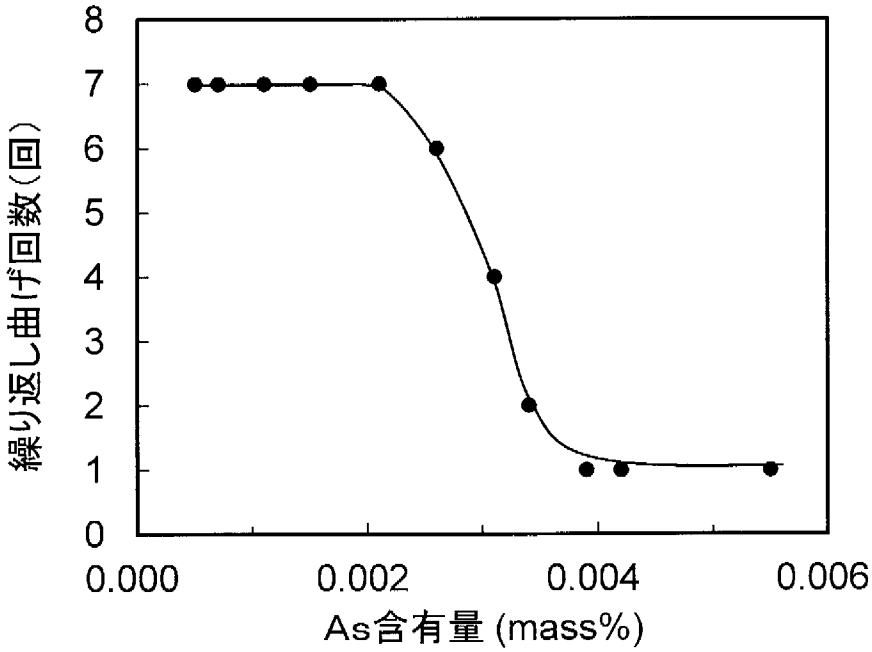
上記仕上焼鈍の雰囲気をN_2、H_2および希ガスから選ばれる１種または２種以上の混合ガスとし、かつ、上記雰囲気中のN_2含有量を２０ｖｏｌ％以下とすることを特徴とする無方向性電磁鋼板の製造方法。

[請求項6] 熱間圧延の粗圧延における１パス目の圧下率を２５％以下、平均歪速

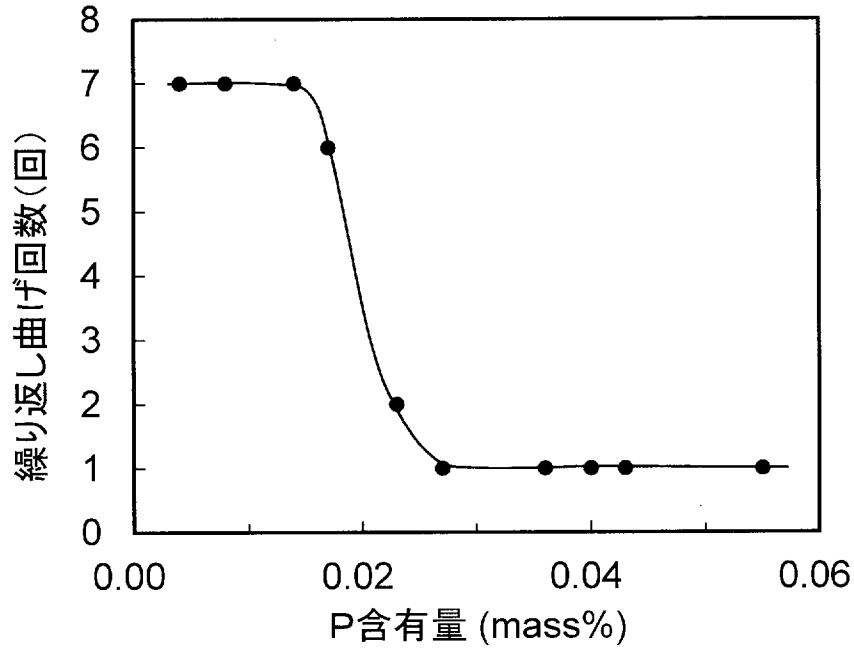
度を４／ｓｅｃ以下とすることを特徴とする請求項５に記載の無方向性電磁鋼板の製造方法。

[請求項7] 冷間圧延後の板厚を０．３０ｍｍ以下とすることを特徴とする請求項５または６に記載の無方向性電磁鋼板の製造方法。

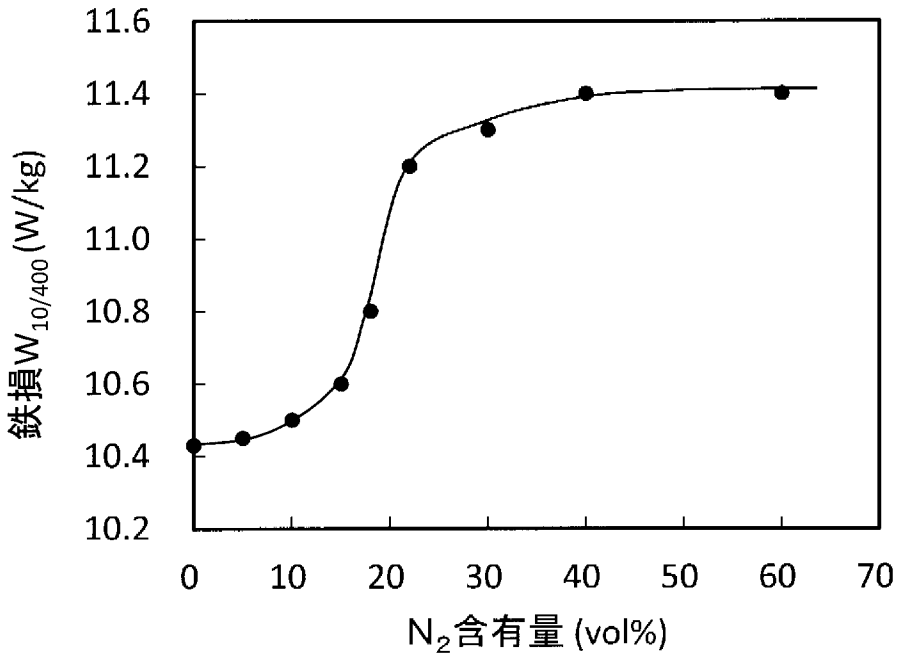
[図1]


繰り返し曲げ回数（回）
0
1
2
3
4
5
6
7
8
0.000
0.002
0.004
0.006
As含有量 (mass%)

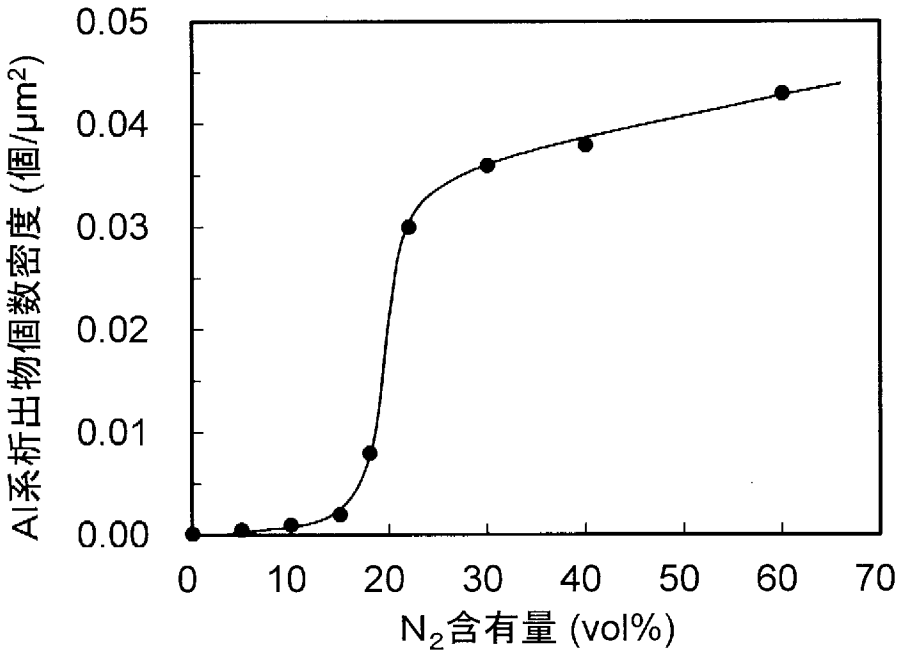
[図2]


繰り返し曲げ回数（回）
0
1
2
3
4
5
6
7
8
0.00
0.02
0.04
0.06
P含有量 (mass%)

[図3]


11.6
11.4
11.2
11.0
10.8
10.6
10.4
10.2
鉄損$W_{10/400}$ (W/kg)
0
10
20
30
40
50
60
70
N_2含有量 (vol%)

[図4]


0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0.00
Al系析出物個数密度 (個/μm^2)
0
10
20
30
40
50
60
70
N_2含有量 (vol%)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/017716

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. C22C38/00(2006.01)i, C21D8/12(2006.01)i, C22C38/60(2006.01)i, H01F1/147(2006.01)i

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)
Int.Cl. C22C38/00-38/60, C21D8/12

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	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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.
X A	WO 2014/129106 A1 (JFE STEEL CORPORATION) 28 August 2014, claims, paragraphs [0031]-[0044], examples, table 1, steel no. H & US 2015/0348686 A1, claims, paragraphs [0059]-[0087], examples, table 1, steel no. H & EP 2960352 A1 & CA 2897921 A1 & CN 105008568 A & KR 10-2015-0108387 A & TW 201439336 A	1-2, 4 3, 6-7

☒ 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
06 July 2018 (06.07.2018)	17 July 2018 (17.07.2018)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/017716

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	WO 2014/142149 A1 (JFE STEEL CORPORATION) 18 September 2014, claims, paragraphs [0025]-[0038] & US 2016/0020007 A1, claims, paragraphs [0027]-[0045] & EP 2975147 A1 & CA 2903035 A1 & KR 10-2015-0119304 A & CN 105189800 A & MX 2015012932 A & RU 2015139083 A & TW 201502288 A & BR 112015022261 A2	1-2, 4 3, 6-7
X A	WO 2013/046661 A1 (JFE STEEL CORPORATION) 04 April 2013, claims, paragraphs [0022]-[0039] & US 2014/0345751 A1, claims, paragraphs [0023]-[0041] & EP 2762591 A1 & KR 10-2014-0044929 A & CN 103827333 A & MX 2014003083 A & TW 201319273 A	1-2, 4 3, 6-7
A	JP 2016-151063 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) 22 August 2016 (Family: none)	1-7
A	WO 2016/002904 A1 (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) 07 January 2016 & US 2017/0194082 A1 & EP 3165624 A1 & KR 10-2017-0002605 A & CN 106661686 A & MX 2016015754 A & TW 201606093 A & BR 112016028787 A2	1-7
A	WO 2014/030512 A1 (JFE STEEL CORPORATION) 27 February 2014 & US 2015/0187475 A1 & EP 2889389 A1 & CN 104302801 A & KR 10-2015-0023770 A & TW 201413007 A & IN 825DEN2015 A	1-7

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／０１７７１６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C22C38/00(2006.01)i, C21D8/12(2006.01)i, C22C38/60(2006.01)i, H01F1/147(2006.01)i

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））

Int.Cl.　C22C38/00-38/60, C21D8/12

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	１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１８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
X A	WO 2014/129106 A1（ＪＦＥスチール株式会社）2014.08.28, 請求の範囲、段落００３１－００４４、実施例、表１の鋼記号H & US 2015/0348686 A1, claims, paragraphs 0059-0087, EXAMPLES, TABLE 1, Steel No. H & EP 2960352 A1 & CA 2897921 A1 & CN 105008568 A & KR 10-2015-0108387 A & TW 201439336 A	1-2, 4 3, 5-7

☑　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矛盾するものではなく、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
０６．０７．２０１８	１７．０７．２０１８

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　４Ｋ　５２７６
静野　朋季
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４３５

Ｃ（続き）．　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
X A	WO 2014/142149 A1（ＪＦＥスチール株式会社）2014.09.18, 請求の範囲、段落００２５－００３８ & US 2016/0020007 A1, claims, paragraphs 0027-0045 & EP 2975147 A1 & CA 2903035 A1 & KR 10-2015-0119304 A & CN 105189800 A & MX 2015012932 A & RU 2015139083 A & TW 201502288 A & BR 112015022261 A2	1-2, 4 3, 5-7
X A	WO 2013/046661 A1（ＪＦＥスチール株式会社）2013.04.04, 請求の範囲、段落００２２－００３９ & US 2014/0345751 A1, claims, paragraphs 0023-0041 & EP 2762591 A1 & KR 10-2014-0044929 A & CN 103827333 A & MX 2014003083 A & TW 201319273 A	1-2, 4 3, 5-7
A	JP 2016-151063 A（新日鐵住金株式会社）2016.08.22,（ファミリーなし）	1-7
A	WO 2016/002904 A1（新日鐵住金株式会社）2016.01.07, & US 2017/0194082 A1 & EP 3165624 A1 & KR 10-2017-0002605 A & CN 106661686 A & MX 2016015754 A & TW 201606093 A & BR 112016028787 A2	1-7
A	WO 2014/030512 A1（ＪＦＥスチール株式会社）2014.02.27, & US 2015/0187475 A1 & EP 2889389 A1 & CN 104302801 A & KR 10-2015-0023770 A & TW 201413007 A & IN 825DEN2015 A	1-7