

(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
2021年5月6日(06.05.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/084785 A1

(51) 国際特許分類:

C21C 7/06 (2006.01) C22C 38/16 (2006.01)
C21D 8/12 (2006.01) C22C 38/60 (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01) H01F 1/147 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/019159

(22) 国際出願日: 2020年5月13日(13.05.2020)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

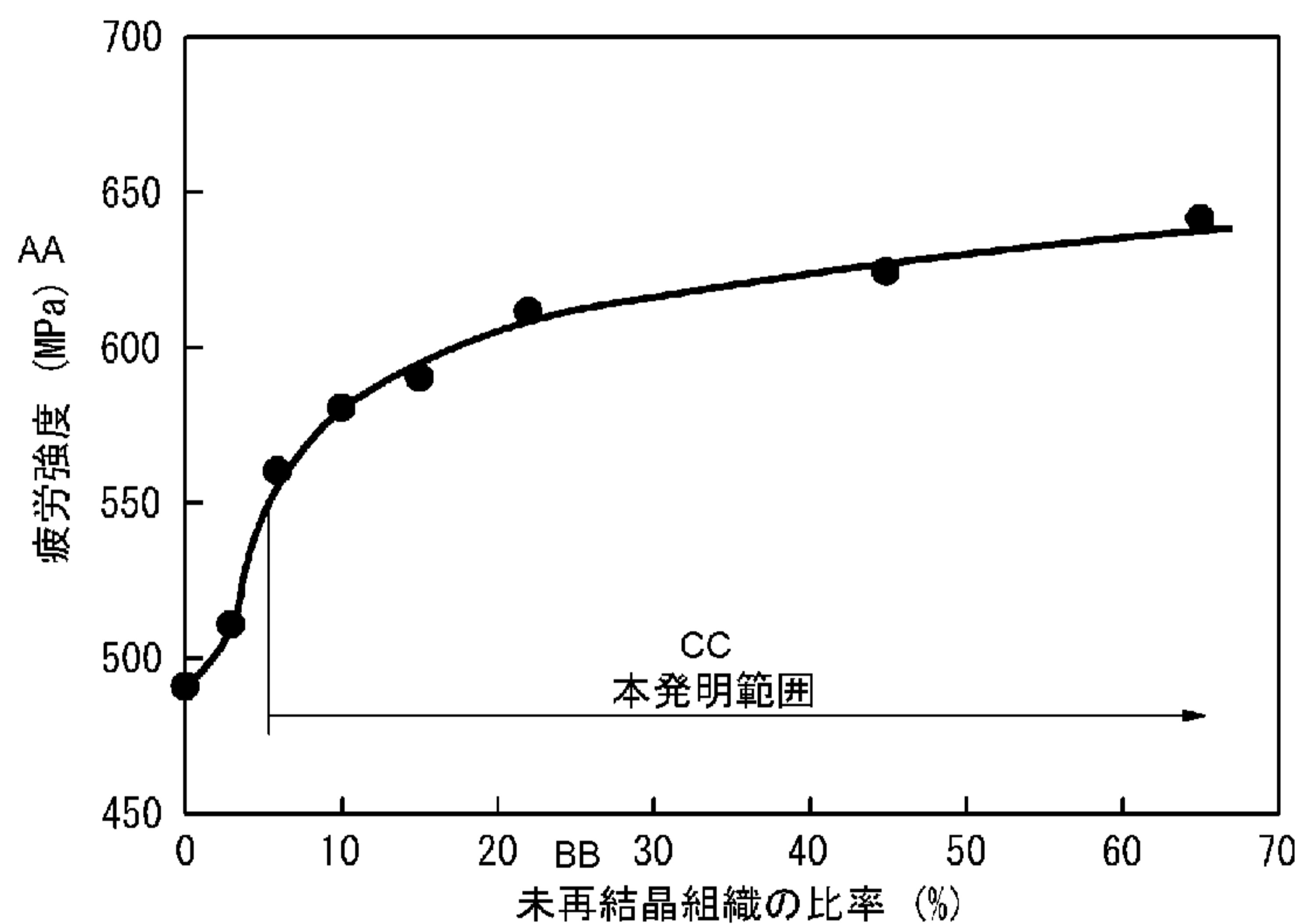
(30) 優先権データ:
特願 2019-196428 2019年10月29日(29.10.2019) JP

(71) 出願人: J F E 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: 尾田 善彦(ODA Yoshihiko); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E 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 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 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 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 田中 孝明(TANAKA Takaaki); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 宮本 幸乃(MIYAMOTO Yukino); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP).

(54) Title: NON-ORIENTED ELECTROMAGNETIC STEEL SHEET AND METHOD FOR PRODUCING SAME

(54) 発明の名称: 無方向性電磁鋼板およびその製造方法



AA Fatigue strength (MPa)
BB Ratio of non-recrystallized structure (%)
CC Range of present invention

(57) Abstract: The present invention provides a non-oriented electromagnetic steel sheet which has excellent magnetic flux density B_{50} , excellent iron loss characteristics at high frequencies, high tensile strength and high fatigue strength, while being suppressed in variation in the tensile strength, and which is suitable for use in a rotor of an IPM motor. A non-oriented electromagnetic steel sheet according to the present invention has a predetermined steel sheet component composition, while having a structure wherein the non-recrystallized structure ratio is from 5 to 70% and the number of inclusions having a diameter of 5 μm or more is 5 per mm^2 or less.

WO 2021/084785 A1

(74) 代理人: 杉村 憲司 (SUGIMURA Kenji);
〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目2番1
号霞が関コモンゲート西館36階 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, JP, 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, 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, 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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: I P M モータのロータに用いて好適な、磁束密度 B_{50} と高周波鉄損特性に優れかつ引張強度と疲労強度が高く、引張強度のばらつきが少ない無方向性電磁鋼板を提供する。無方向性電磁鋼板は、所定の鋼板成分の組成を有し、未再結晶組織の比率が5~70%であり、直径 $5\mu\text{m}$ 以上の介在物の個数が $5\text{個}/\text{mm}^2$ 以下である組織を有する。

明 細 書

発明の名称： 無方向性電磁鋼板およびその製造方法

技術分野

[0001] この発明は、成分組成と鋼板組織とを制御した高周波鉄損特性に優れかつ疲労強度の高い無方向性電磁鋼板およびその製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] 省エネルギーを重視する電気自動車やエアコンに使用されるモータには、埋め込み磁石型モータ（IPMモータ）が使用される。このIPMモータ用のロータは、電磁鋼板に形成されたスロット部に永久磁石が埋め込まれている。このロータの高速回転時には、回転の遠心力により、永久磁石を支えるスロット部のブリッジ部に大きな応力が加わることになり、ブリッジ部の破損が生じることになる。

[0003] この問題に対し、ブリッジ部の強度向上の観点からはブリッジ部の幅を広くすればよいが、ブリッジ部の幅を広くすると、永久磁石の漏れ磁束が多くなって、モータ効率が低下するという別の問題が生じる。

従って、上記ブリッジ部の幅は、ロータ強度が成立する範囲で可能な限り狭く設計されることになる。

[0004] また、電気自動車用のモータでは、車の発進や、加速、停止に対応し、ロータのブリッジ部に繰り返しの負荷が加わることとなる。

従って、上記ブリッジ部は、高速回転時の遠心力に耐え得るだけでなく、繰り返しの負荷に対応した強度を有していることも必要になる。

[0005] そのため、ロータの素材として用いられる電磁鋼板には、狭いブリッジ部の幅であっても、高速回転時の遠心力に耐え得る強度すなわち優れた引張強度と、繰り返しの負荷に対応した強度すなわち優れた疲労強度が必要となる。

[0006] さらに、永久磁石を使用したモータでは、ティース部は磁石磁束により1.50 T以上に励磁されるため、磁束密度 B_{50} は1.50 T以上が必要とされる。また

、ロータ表面において、高調波に起因した鉄損が発生するため、かかる電磁鋼板は、高周波鉄損が低いことが求められる。

[0007] このようなロータ用材料として、例えば特許文献1には、Si : 0.2~3.5%、Al : 2.50%以下、Nb : 0.05~8.0%とした高強度電磁鋼板が開示されている。

[0008] また、特許文献2には、Si : 2.0%以上3.5%以下、Al : 0.02%以上3.0%以下、N : 0.005%以上0.020%以下を満たす成分を含有し、製品板表面から深さ10 μ mまでの平均結晶粒径が10 μ m以下の高強度電磁鋼板が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1 : 特許第5445194号公報

特許文献2 : 特開2005-113252号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] しかしながら、特許文献1に記載の電磁鋼板はNbの析出強化を活用しているため、強度は高くなるものの、鉄損が増加してしまうという課題がある。

[0011] また、特許文献2に記載の電磁鋼板は、鋼中の窒素量が高いため、この発明もまた鉄損が増加してしまうという課題がある。

[0012] さらに、電磁鋼板の引張強度および疲労強度の改善を図る手法としてC、SおよびN等の不純物元素を低減しつつ、結晶の細粒化を図る手法が有効であることが知られている。

しかし、当該手法では、C、SおよびN量のわずかな変動に応じて結晶粒径が変化するため、製造される電磁鋼板間での引張強度のばらつきが大きくなるという問題があり、その抑制が課題であった。

[0013] この発明は、これらの事情に鑑みなされたものであり、IPMモータのロ

一夕に用いて好適な、磁束密度 B_{50} と高周波鉄損特性に優れかつ引張強度と疲労強度が高く、引張強度のばらつきが少ない無方向性電磁鋼板をその製造方法と共に提案することを目的とするものである。

課題を解決するための手段

[0014] 本発明者らが上記課題の解決に関し鋭意検討したところ、未再結晶組織を含む無方向性電磁鋼板において、Zn及びMoの添加量を適切に制御し、かつ、鋼中介在物を低減することで、磁束密度 B_{50} と高周波鉄損特性に優れるだけでなく、疲労強度と引張強度が高くかつ引張強度のばらつきをも低減できることを見出した。

[0015] 本発明はかかる知見に基づきなされたもので、本発明は、以下の構成を有する。

1. 質量%で、C : 0~0.0100%、P : 0~0.100%、Si : 2.00~5.00%、Mn : 0~5.00%、Al : 0~3.00%、S : 0~0.0100%、N : 0~0.0050%以下、Zn : 0.0005~0.0030%、Mo : 0.001~0.100%、Cu : 0~0.2%、Nb : 0~0.010%、およびO : 0~0.0050%であり、残部はFeおよび不可避不純物である鋼板成分の組成を有し、未再結晶組織の比率が5~70%であり、直径 $5\mu\text{m}$ 以上の介在物の個数が5個/ mm^2 以下である組織を有する、ことを特徴とする無方向性電磁鋼板。

[0016] 2. 前記鋼板成分として、さらに、Cr : 0.010~5.000質量%を含む、前記1に記載の無方向性電磁鋼板。

[0017] 3. 前記鋼板成分として、さらに、Ca : 0.0010~0.0050質量%を含む、前記1または2に記載の無方向性電磁鋼板。

[0018] 4. 前記鋼板成分として、さらに、Sn : 0.001~0.100質量%および/またはSb : 0.0010~0.1000質量%を含む、前記1~3のいずれか1に記載の無方向性電磁鋼板。

[0019] 5. 前記1~4のいずれか1に記載の無方向性電磁鋼板を製造する方法であって、真空脱ガス時に脱酸剤を投入後、10分以上攪拌を行うことを特徴とする無方向性電磁鋼板の製造方法。

発明の効果

[0020] この発明は、磁束密度 B_{50} と高周波鉄損特性に優れるだけでなく、疲労強度が高く、高い引張強度のばらつきが少ない高速モータ用のロータ材料を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]未再結晶組織の比率と疲労強度の関係を示す図である。

[図2]直径 $5\mu\text{m}$ 以上の介在物の個数と疲労強度の関係を示す図である。

発明を実施するための形態

[0022] 以下、本発明の解明経緯並びにその詳細およびその限定理由を説明する。

無方向性電磁鋼板には、未再結晶組織を有するものがある。無方向性電磁鋼板における未再結晶組織とは、再結晶が完了していない組織のことである。再結晶とは高温で材料を保持することにより、転位密度が著しく低い結晶粒が生成、成長することであり、光学顕微鏡による観察により、再結晶粒と未再結晶粒は区別することができる。鋼中の未再結晶組織の比率が多いと、疲労強度が高まる一方、鉄損が悪化する傾向にある。

[0023] そこで、発明者らは、最初に、疲労強度に及ぼす未再結晶組織の影響について調査するため、質量%で、C : 0.0015%、Si : 3.7%、Al : 0.5%、Mn : 0.7%、P : 0.01%、S : 0.001%、N : 0.0016%、Zn : 0.0012%、O : 0.0015%とした鋼（以下、鋼成分にかかる%は質量%を意味する）を実験室にて溶解し、板厚 : 1.6mmまで熱間圧延を行い、熱間圧延板を作製した。この熱間圧延板に100vol% N_2 雰囲気中で $950^\circ\text{C} \times 30\text{s}$ の熱延板焼鈍を施し、酸洗後、板厚0.25mmまで冷間圧延し、20vol% H_2 -80vol% N_2 雰囲気中で $550\sim 800^\circ\text{C} \times 10\text{s}$ 間の仕上焼鈍を施し仕上焼鈍板とした。

[0024] 上記仕上焼鈍板より平行部の幅 : 5mm、長さ : 150mmの疲労試験片を圧延方向および圧延直角方向より切り出した。平行部は鏡面仕上げとし、さらに長手方向に800番のエメリー紙にて研磨を施した。疲労試験は、引張り-引張り応力比 : 0.1、周波数 : 20Hzにて行い、 10^7 回の繰り返しにおいても破断が生じない応力振幅を仕上焼鈍板の疲労強度とした。

なお、上記鏡面仕上げは、500番の番手のダイヤモンド砥石で研磨した表面を指す。

[0025] 図1に、鋼板の疲労強度に及ぼす未再結晶組織の影響を示す。ここで、本発明における疲労強度は圧延方向および圧延直角方向の平均値を示す。また、組織観察においては、鋼板圧延方向断面を研磨し、ナイタールでエッチングした後、光学顕微鏡にて行い、鋼板1m²当たりランダムに5箇所サンプリングし、1箇所当たり1cm²の測定範囲の未再結晶粒の比率を求めた。なお、本発明における未再結晶粒の比率は、全体の組織における比率すなわち面積率であるが、かかる比率は、この測定手法を用いた結果である。

[0026] 図1より、鋼組織における未再結晶組織の比率が5%以上になることで、HEV/EVモータ（IPMモータ）の高速ロータ用材料で必要とされる疲労強度：550MPa以上が得られることがわかる。これは、未再結晶組織では転位が多く存在しているため、転位のパイルアップが生じてより疲労強度が高くなるためと考えられる。

[0027] 以上の結果から、未再結晶組織の比率は5%以上、好ましくは15%以上とすることで、鋼板の疲労強度が高くなることがわかる。これは、未再結晶組織の比率が大きくなるにつれて、疲労強度及び引張強度が向上するからである。一方、鋼組織における未再結晶組織の比率が70%を超えた場合には鉄損が著しく高くなる。そのため、未再結晶組織の比率は70%以下、好ましくは60%以下とする。

[0028] 次に、製造安定性を調査するため、介在物のばらつきに着目し、C：0.0018%、Si：3.5%、Al：0.65%、Mn：0.4%、P：0.01%、S：0.0008%、N：0.0016%およびZn：0.0011%を含有する鋼を実験室にて10チャージ溶解し、板厚：2mmまで熱間圧延を行い、熱間圧延板を作製した。引き続き、この熱間圧延板に、100vol% N₂雰囲気中で1000℃×30sの熱延板焼鈍を施し、酸洗後、板厚：0.25mmまで冷間圧延し、20vol% H₂-80vol% N₂雰囲気中で650℃×10s間の仕上焼鈍を施した。

かくして得られた鋼板の疲労特性を評価したところ、一部材料で疲労強度

が著しく低い材料が認められた。

[0029] そこで、この原因を調査するため、鋼板板面をアルミナ研磨し、ナイタールで腐食した材料をSEM（走査電子顕微鏡）で観察したところ、粗大な介在物が観察された。この粗大な介在物が疲労強度の測定時に鋼板の亀裂の発生源となるため、疲労強度が著しく低下したものと考えられる。なお、上記介在物とは、無方向性電磁鋼板の結晶粒成長を阻害するものであり、例えば、硫化銅（CuS）や硫化マンガン（MnS）等の硫化物、シリカ（SiO₂）やアルミナ（Al₂O₃）等の酸化物、窒化アルミ（AlN）や窒化チタン（TiN）等の窒化物等が知られている。本発明において、介在物とは、これら酸化物、硫化物、窒化物等の非金属析出物を意味することとする。

[0030] そこで、疲労強度に及ぼす介在物個数の影響を調査するため、鋼板板面を表面から50μmおよび板厚中央まで研磨して、介在物の個数をそれぞれ調査し平均値を求めた。図2に、疲労強度に及ぼす介在物個数の影響を示す。ここで、介在物のサイズおよび個数の評価は、以下のようにした。介在物のサイズとしては、介在物の円相当直径を求めた。介在物の個数としては、鋼板1m²当たりランダムに20箇所サンプリングし、かかるサンプリング1箇所の観察視野：0.1mm²に存在する介在物個数をカウントし、10倍して1mm²当たりの個数を求めた。また、介在物としては、疲労強度に影響を及ぼす直径5μm以上のものを測定した。なお、本発明における介在物の個数は、全体の組織における個数の平均であるが、かかる個数は、この測定手法を用いた結果を用いる。

[0031] 図2より、直径5μm以上の介在物の個数が5個/mm²を超えると、疲労強度が大きく低下することがわかる。従来の電磁鋼板では、疲労強度は介在物の影響をそれほど受けないが、高強度電磁鋼板では、介在物に起因する亀裂の発生に伴い疲労強度が低下するものと考えられ、粗大介在物の量を低減する必要がある。また、直径5μm未満の介在物は、亀裂を生じさせる要因として作用しないため、影響はほとんどないと考えられる。

以上のことから、疲労強度を550MPa以上に安定して維持するためには、直

径 $5\mu\text{m}$ 以上の介在物の個数を $5\text{個}/\text{mm}^2$ 以下とする必要があることがわかる。

[0032] なお、図2に記載の結果を求めるための試験に用いた材料の酸素濃度を測定したところ、 $10\sim 100\text{ppm}$ であった。一般に、酸素量低減により鋼中の介在物量は少なくなることが知られている。しかしながら、上記の試験では、直径 $5\mu\text{m}$ 以上の介在物の個数と酸素量は必ずしも相関が認められない結果であった。そのため、酸素量を制限するだけでは疲労強度のばらつきを抑制するには不十分であり、介在物を制御することが重要であることがわかった。

[0033] 本発明において鋼板の成分（以下、鋼板の成分にかかる％は質量％を意味する）は以下の範囲とする。

$\text{Si} : 2.00\sim 5.00\%$

Si は、鋼板の固有抵抗を上げるために有効な元素であるため下限を 2.00% とし、より好ましくは 3.50% 以上とする。一方、 5.00% を超えると飽和磁束密度の低下に伴い磁束密度が低下するだけでなく疲労強度が低下する、そのため上限は 5.00% とする。

[0034] $\text{Al} : 3.00\%$ 以下

Al は、 Si と同様、固有抵抗を上げるために有効な元素である。しかしながら、 3.00% を超えると、飽和磁束密度の低下に伴う磁束密度の低下だけでなく疲労強度が低下する。そのため上限を 3.00% とする。下限は特に規定しないが、鉄損の観点から好ましくは 0.30% 以上、より好ましくは 0.50% 以上である。

[0035] $\text{C} : 0.0100\%$ 以下

C は、炭化物析出により鉄損増大を引き起こす。従って鉄損増大を抑制するため 0.0100% 以下とし、好ましくは 0.0050% 以下とする。なお、下限は特に限定せず 0% であっても良い。

[0036] $\text{Mn} : 5.00\%$ 以下

Mn は、鋼板の固有抵抗を上げるために有効な元素である。しかしながら 5.00% を超えると磁束密度を低下させるので上限を 5.00% とした。下限は特に規定しないが、鉄損低減の観点から好ましくは 0.10% 以上である。

[0037] P : 0.100%以下

Pは、0.100%を超えて添加すると鋼板が脆化し、冷間圧延が困難となるため0.100%以下とする。なお、下限は特に限定せず0%であっても良い。

[0038] N : 0.0050%以下

Nは、含有量が多い場合には窒化物の析出量が多くなり、鉄損を増大させるため0.0050%以下とする。なお、下限は特に限定せず0%であっても良い。

[0039] O : 0.0050%以下

Oは、0.0050%を超えると酸化物を形成して磁気特性を劣化させるため、上限を0.0050%とする。なお、下限は特に限定せず0%であっても良い。

[0040] S : 0.0100%以下

Sは、0.0100%を超えるとMnSの析出により鉄損が増大するため、上限を0.0100%とする。なお、下限は特に限定せず0%であっても良い。

[0041] Mo : 0.001~0.100%

Moは、未再結晶組織を安定させるため下限を0.001%とする。一方、0.100%を超えると鉄損が著しく増加するため、上限を0.100%、好ましくは0.010%とする。

[0042] Cu : 0.2%以下

Cuは0.2%を超えると磁束密度を低下させるため上限を0.2%、より好ましくは0.1%とする。なお、下限は特に限定せず0%であっても良い。

[0043] Nb : 0.010%以下

Nbは、NbC等の析出物を形成し、高強度化に寄与する元素であるが、析出物を形成すると鉄損が著しく増加するため、上限を0.010%とし、好ましくは0.005%以下とする。下限は特に限定しないが、高強度化のためには0.001%以上であることが望ましい。

[0044] Zn : 0.0005~0.0030%

Znは、蒸気圧が高く揮発しやすいため、通常は電磁鋼板に混入しない元素である。しかしながら、脱酸後に溶鋼の温度調整等をスクラップ添加により行うと鋼中に混入することがある。一般の電磁鋼板では、十分に再結晶さ

せた材料を製品として出荷しているため、Znが混入しても強度特性は安定している。しかしながら、本発明のように未再結晶組織が残存する材料では強度がばらつく原因となる。

[0045] ここで、鋼板の強度ばらつきに及ぼすZnの影響を調査するため、C : 0.0021%、Si : 3.7%、Al : 0.6%、Mn : 0.8%、P : 0.01%、S : 0.001%、N : 0.0013%、Zn : 0.0003~0.0060%およびO : 0.0015%を含有し、残部Feおよび不可避不純物とした鋼を、実験室にて溶解し、板厚 : 2mmまで熱間圧延を行った。引き続き、これら熱間圧延を行った鋼板に100 vol% N₂雰囲気中で1000°C × 30 sの熱延板焼鈍を施し、酸洗後、板厚 : 0.25mmまで冷間圧延し、20vol% H₂-80vol% N₂雰囲気中で680°C × 10 s間の仕上焼鈍を施した。かかる仕上焼鈍後の鋼板よりJIS5号試験片を20本採取し引張試験を行った。この引張試験の結果から、標準偏差σを求めZn量とσの関係をプロットしたところ、Zn量が0.0030%を超えるとσが20MPa以上となりばらつきが大きくなった。これは、Zn混入により再結晶挙動が不安定となり、再結晶率が20本の中でばらつくためと考えられる。

[0046] このため、Znの上限を0.0030%とする。これにより、未再結晶組織が残存する電磁鋼板において標準偏差σを20MPa以下に抑制することができる。下限は少ないほうが好ましいが、0.0005%以下に安定させることはコストアップとなるため、下限を0.0005%とする。

[0047] なお、本発明の鋼板成分の残部はFeおよび不可避不純物である。

[0048] 本発明では、上記鋼板成分の他に以下の成分を適宜含有することができる。

Cr : 0.010~5.000%

Crは、Si同様固有抵抗を上げるために効果的な元素である。そのため、添加する場合は下限を0.010%とする。望ましくは、下限は0.100%である。一方、5.000%を超えると飽和磁束密度の低下に伴い磁束密度が低下するため上限を5.000%とした。

[0049] Ca : 0.0010~0.0050%

C a は、C a S として S を固定し、鉄損低減に寄与する元素である。そのため、添加する場合は下限を 0.0010% とする。一方、0.0050% を超えると効果が飽和し、いたずらにコストアップを招くため上限を 0.0050% とする。

[0050] S n : 0.001~0.100% および / または S b : 0.0010~0.1000%

S n は、集合組織改善により磁束密度向上に効果的な元素である。そのため、添加する場合は下限を 0.001% とする。一方、0.100% を超えると材料が脆化するため、上限を 0.100% とする。また、S b も、集合組織改善により磁束密度向上に効果的な元素である。そのため、添加する場合は下限を 0.0010% とする。一方、0.1000% を超えると材料が脆化するため、上限を 0.1000% とする。

[0051] ここで、ロータが過回転した場合には、前記ブリッジ部に過大な応力がかかり、瞬時破壊することがある。この瞬時破壊を防止するためには、材料に十分高い引張強度が必要となる。具体的には、高速駆動される HEV/EV モータで引張応力：700MPa 以上が必要であるが、本発明を満足することにより安定して 700MPa 以上の引張強度を得ることが可能となる。

[0052] 加えて、高速回転におけるモータ効率を改善するには鉄損を小さくすることが有効であるが、本発明を満足することにより、高周波での鉄損すなわち $W_{5/3K}$ が 120.0W/Kg 以下という優れた特性を備えることが可能となる。

[0053] さらに、埋め込み磁石型モータでは、電流増加に伴って鉄損が増す傾向にあり、これを避けるために高磁束密度化が求められているが、本発明を満足することによって、磁束密度が B_{50} で 1.50 T 以上の高磁束密度を備えることが可能となる。

[0054] 次に本発明の鋼板の製造方法について説明する。

本発明においては、鋼板の組成成分を本発明の範囲内とし、さらに製造方法を以下のとおりに制限する必要がある。

本発明では、まず、転炉で吹錬した溶鋼に対して、順次、脱ガス（二次精錬）、鑄造、熱間圧延を行う。脱ガス（真空脱ガス）、すなわち二次精錬は、RH (Ruhrstahl-Heraeus) もしくは DH (Dortmund-Horde) を用いて行われ

る。その際、介在物を十分に分離浮上させるため、Al等の脱酸元素（脱酸剤）を投入した後、10分以上攪拌する（本発明においてRH還流時間またはDH還流時間とも言う）。また、スクラップや合金鉄からのZn混入を防止するため、スクラップや合金鉄を投入した後5分以上攪拌しZnを蒸発させることが望ましい。

- [0055] 上記熱間圧延時の仕上焼鈍温度、巻取り温度は特に規定されない。また、熱間圧延後の熱延板焼鈍は行っても良いし行わなくても良い。次いで一回の冷間圧延、もしくは中間焼鈍をはさんだ2回以上の冷間圧延により所定の板厚とし、さらに仕上焼鈍を行って本発明に従う無方向性電磁鋼板とする。なお、冷間圧延後の仕上焼鈍は、本発明の特徴である鋼板組織中の未再結晶粒を適切に残存させるため、620℃以上720℃以下が望ましい。

実施例

- [0056] 転炉で吹錬した溶鋼に真空脱ガス処理を施し、脱ガス中に脱酸剤を投入後、表2および表4に示す時間（RH還流時間）攪拌し、表1および表3に示す鋼成分に鑄造した。なお、表中「tr.」とは、含まれているが極めて微量である（ゼロではない）ことを意味する。

上記鑄造後、1140℃×1hの条件のスラブ加熱を行い、熱間圧延を行った。熱間圧延の仕上げ温度は800℃、巻取り温度は610℃とした。巻取り後、100vol% N₂雰囲気条件で熱延板焼鈍を施した。その後、板厚：0.30mmまで冷間圧延を行い、20vol% H₂-80vol% N₂雰囲気並びに表2および4に示す仕上焼鈍温度で仕上焼鈍を行い仕上焼鈍板とした。

- [0057] ここで、磁気測定は、上記仕上焼鈍板の、圧延方向および圧延直角方向よりエプスタインサンプルを切り出してエプスタイン測定で行った。

- [0058] 疲労試験は、引張り-引張り応力比：0.1、周波数：20Hzにて行い、10⁷回の繰り返しにおいても破断が生じない応力振幅を求め、かかる値を疲労強度とした。なお、疲労試験片は、平行部の幅：5mm、長さ：150mmとして、上記仕上焼鈍板の、圧延方向および圧延直角方向より切り出し、平行部は鏡面仕上げとし、さらに長手方向に800番のエメリー紙にて研磨を施し作製した。

[0059] 引張試験は J I S 5号試験片を圧延方向が長手方向になるように加工し、J I S Z 2241に準拠して行った。また、引張強度 (TS) のばらつき (σ) を調査するため、J I S 5号試験片を20本採取して引張試験を行い、標準偏差 σ を求めた。

[0060] さらに、磁束密度は、磁界の強さ5000 A/mにおける磁束密度 B_{50} を測定した。鉄損は、周波数：3 k H z、磁束密度：0.5 Tで励磁したときの鉄損 $W_{5/3K}$ を測定した。

上記の試験結果を、表2および表4にそれぞれ併記する。

[0061] 表2および表4より、本発明の条件を満たしている鋼板は、いずれも疲労強度が550 M P a以上、引張強度が700 M P a以上、引張強度の標準偏差 σ が20 M P a以内、磁束密度 B_{50} が1.5 T以上、かつ、鉄損 $W_{5/3K}$ が120 W/k g以下の優れた特性を有していることが分かる。

[0062]

[表1]

鋼成分(質量%)

No.	C	Si	Mn	P	S	Al	Mo	Sb	Sn	Zn	Cr	Nb	Ca	N	O
1	0.0018	3.80	0.60	0.010	0.0015	0.60	0.002	tr.	0.030	0.0020	tr.	0.001	tr.	0.0015	0.0015
2	0.0018	3.80	0.60	0.010	0.0015	0.60	0.002	tr.	0.030	0.0020	tr.	0.001	tr.	0.0015	0.0016
3	0.0018	3.80	0.60	0.010	0.0015	0.60	0.002	tr.	0.030	0.0020	tr.	0.001	tr.	0.0015	0.0018
4	0.0018	3.80	0.60	0.010	0.0015	0.60	0.002	tr.	0.030	0.0020	tr.	0.001	tr.	0.0015	0.0015
5	0.0018	3.80	0.60	0.010	0.0015	0.60	0.002	tr.	0.030	0.0020	tr.	0.001	tr.	0.0015	0.0016
6	0.0018	3.80	0.60	0.010	0.0015	0.60	0.002	tr.	0.030	0.0020	tr.	0.001	tr.	0.0015	0.0018
7	0.0018	3.80	0.60	0.010	0.0015	0.60	0.002	tr.	0.030	0.0020	tr.	0.001	tr.	0.0015	0.0020
8	0.0020	3.81	0.61	0.010	0.0015	0.61	0.002	tr.	0.032	0.0020	tr.	0.001	tr.	0.0016	0.0042
9	0.0021	3.82	0.59	0.010	0.0017	0.62	0.002	tr.	0.030	0.0020	tr.	0.001	tr.	0.0017	0.0058
10	0.0016	3.83	0.50	0.016	0.0012	0.70	0.002	tr.	0.033	0.0005	tr.	0.001	tr.	0.0016	0.0025
11	0.0016	3.84	0.51	0.008	0.0012	0.71	0.002	tr.	0.029	0.0011	tr.	0.001	tr.	0.0015	0.0023
12	0.0018	3.86	0.50	0.007	0.0016	0.72	0.002	tr.	0.031	0.0026	tr.	0.001	tr.	0.0014	0.0026
13	0.0012	3.82	0.50	0.010	0.0016	0.73	0.002	tr.	0.031	0.0037	tr.	0.001	tr.	0.0021	0.0024
14	0.0021	1.80	0.52	0.010	0.0009	1.10	0.002	tr.	0.035	0.0010	tr.	0.001	tr.	0.0017	0.0018
15	0.0020	3.21	1.00	0.005	0.0008	1.20	0.002	tr.	0.034	0.0010	0.100	0.001	tr.	0.0015	0.0017
16	0.0020	3.70	0.53	0.005	0.0008	0.70	0.002	tr.	0.035	0.0010	0.100	0.001	tr.	0.0016	0.0019
17	0.0021	4.00	0.56	0.004	0.0009	1.11	0.002	tr.	0.041	0.0010	0.100	0.001	tr.	0.0013	0.0015
18	0.0022	4.50	0.50	0.010	0.0007	1.12	0.002	tr.	0.036	0.0010	0.100	0.001	tr.	0.0022	0.0012
19	0.0019	5.50	0.50	0.010	0.0012	1.09	0.002	tr.	0.035	0.0010	0.010	0.001	tr.	0.0026	0.0013
20	0.0021	3.81	0.65	0.010	0.0008	0.67	0.002	tr.	0.035	0.0010	0.100	0.001	tr.	0.0015	0.0021
21	0.0042	3.82	0.65	0.005	0.0008	0.69	0.002	tr.	0.035	0.0010	0.100	0.001	tr.	0.0019	0.0022
22	0.0075	3.80	0.65	0.004	0.0008	0.69	0.002	tr.	0.035	0.0010	0.100	0.001	tr.	0.0016	0.0040
23	0.0110	3.80	0.65	0.004	0.0008	0.69	0.002	tr.	0.035	0.0010	0.100	0.001	tr.	0.0016	0.0042
24	0.0019	3.80	0.20	0.010	0.0021	0.71	0.002	tr.	0.035	0.0010	0.110	0.001	tr.	0.0015	0.0023
25	0.0018	3.80	1.60	0.010	0.0020	0.70	0.002	tr.	0.035	0.0010	0.120	0.001	tr.	0.0016	0.0020
26	0.0017	3.32	2.50	0.008	0.0022	0.50	0.002	tr.	0.035	0.0010	0.120	0.001	tr.	0.0017	0.0021
27	0.0018	3.20	5.50	0.010	0.0023	0.40	0.002	tr.	0.035	0.0010	0.130	0.003	tr.	0.0015	0.0023
28	0.0017	3.80	1.10	0.010	0.0007	0.31	0.002	tr.	0.035	0.0010	0.100	0.003	tr.	0.0015	0.0022
29	0.0018	3.60	1.20	0.009	0.0007	0.55	0.002	tr.	0.035	0.0010	0.100	0.003	tr.	0.0020	0.0023

[0063]

[表2]

表 2

No.	RH還流時間 (min)	板厚 (mm)	仕上焼鈍温度 (°C)	未再結晶部の比率 (%)	5 μ m以上の 介在物個数 (個/mm ²)	鉄損 W _{5/3k} (W/kg)	磁束密度 B ₅₀ (T)	引張強度 TS (MPa)	ばらつき σ (MPa)	疲労強度 (MPa)	備考
1	22	0.25	800	-	2	74.0	1.65	650	12	490	比較例
2	22	0.25	750		2	80.0	1.65	680	13	520	比較例
3	22	0.25	720	5	2	92.0	1.63	700	15	560	発明例
4	22	0.25	680	15	2	105.0	1.60	840	15	600	発明例
5	22	0.25	650	45	2	109.3	1.58	850	15	610	発明例
6	22	0.25	630	60	2	118.0	1.55	900	16	620	発明例
7	22	0.25	610	80	2	150.0	1.47	930	16	625	比較例
8	12	0.25	660	30	4	105.0	1.60	850	15	600	発明例
9	8	0.25	660	30	7	129.0	1.60	820	22	530	比較例
10	16	0.25	660	32	3	104.0	1.60	850	15	595	発明例
11	16	0.25	660	31	3	105.0	1.60	850	15	595	発明例
12	16	0.25	660	29	3	105.4	1.60	851	16	596	発明例
13	16	0.25	660	30	3	105.0	1.60	845	21	592	比較例
14	20	0.25	660	30	2	136.0	1.71	675	16	486	比較例
15	20	0.25	660	30	2	106.0	1.62	828	16	579	発明例
16	20	0.25	660	30	2	103.5	1.60	849	15	594	発明例
17	20	0.25	660	30	2	102.3	1.58	897	16	628	発明例
18	20	0.25	660	29	2	100.8	1.56	947	15	620	発明例
19	20	0.25	660	31	2	92.3	1.48	850	17	480	比較例
20	15	0.25	660	32	3	105.0	1.60	860	15	602	発明例
21	15	0.25	660	32	3	106.0	1.60	862	15	604	発明例
22	12	0.25	660	32	4	108.0	1.59	860	16	602	発明例
23	11	0.25	660	32	4	125.0	1.59	860	16	602	比較例
24	15	0.25	660	32	3	105.0	1.61	856	15	599	発明例
25	15	0.25	660	30	3	103.2	1.59	873	14	611	発明例
26	15	0.25	680	32	3	101.5	1.55	829	15	580	発明例
27	15	0.25	710	31	3	94.2	1.42	851	15	596	比較例
28	15	0.25	660	30	3	106.4	1.62	850	15	612	発明例
29	15	0.25	660	31	3	105.0	1.60	841	15	589	発明例

[0064]

[表3]

鋼成分(質量%)

No.	C	Si	Mn	P	S	Al	Mo	Sb	Sh	Zn	Cr	CU	Nb	Ca	N	O
30	0.0021	3.30	0.65	0.010	0.0007	1.50	0.002	tr.	0.035	0.0010	0.120	tr.	0.003	tr.	0.0014	0.0022
31	0.0019	3.20	0.65	0.010	0.0006	3.50	0.002	tr.	0.035	0.0010	0.110	tr.	0.003	tr.	0.0014	0.0020
32	0.0015	3.50	0.80	0.010	0.0008	1.20	0.002	tr.	0.035	0.0010	0.100	tr.	0.003	tr.	0.0014	0.0021
33	0.0020	3.81	0.65	0.150	0.0008	0.70	0.002	tr.	0.035	0.0010	0.130	tr.	0.001	tr.	0.0015	0.0020
34	0.0016	3.80	0.65	0.010	0.0050	0.70	0.002	tr.	0.035	0.0010	0.100	tr.	0.001	tr.	0.0021	0.0013
35	0.0017	3.80	0.65	0.010	0.0050	0.70	0.002	tr.	0.035	0.0036	0.100	tr.	0.001	tr.	0.0019	0.0014
36	0.0021	3.72	0.65	0.010	0.0150	0.71	0.002	tr.	0.035	0.0010	0.100	tr.	0.001	tr.	0.0014	0.0041
37	0.0025	3.75	0.65	0.010	0.0008	0.69	0.002	tr.	0.035	0.0010	0.100	tr.	0.001	tr.	0.0060	0.0023
38	0.0029	3.75	0.65	0.011	0.0008	0.72	0.002	tr.	tr.	0.0010	0.100	tr.	0.001	tr.	0.0012	0.0010
39	0.0030	3.71	0.80	0.013	0.0010	0.73	0.002	0.0020	tr.	0.0010	0.100	0.0020	0.001	tr.	0.0015	0.0011
40	0.0030	3.68	0.80	0.009	0.0011	0.74	0.002	0.0480	tr.	0.0010	0.100	0.0480	0.001	tr.	0.0016	0.0009
41	0.0010	3.73	0.79	0.008	0.0013	0.73	0.002	tr.	0.002	0.0010	0.100	tr.	0.001	tr.	0.0021	0.0010
42	0.0011	3.81	0.78	0.007	0.0011	0.68	0.002	tr.	0.049	0.0010	0.100	tr.	0.001	tr.	0.0022	0.0011
43	0.0025	3.84	0.80	0.011	0.0015	0.72	0.002	0.0020	0.030	0.0010	0.250	0.0020	0.001	tr.	0.0024	0.0012
44	0.0026	3.83	0.78	0.011	0.0014	0.72	0.002	0.0020	0.030	0.0010	0.490	0.0020	0.001	tr.	0.0025	0.0009
45	0.0020	3.75	0.79	0.009	0.0016	0.71	0.002	tr.	0.035	0.0010	2.510	tr.	0.001	tr.	0.0027	0.0011
46	0.0017	3.76	0.78	0.008	0.0015	0.71	0.002	tr.	0.035	0.0010	0.100	tr.	0.001	0.0018	0.0020	0.0011
47	0.0015	3.80	0.79	0.010	0.0016	0.71	0.002	tr.	0.035	0.0010	0.100	tr.	0.001	0.0046	0.0017	0.0012
48	0.0016	3.80	0.77	0.010	0.0008	0.71	0.002	tr.	0.035	0.0010	0.100	tr.	0.001	tr.	0.0013	0.0010
49	0.0017	3.75	0.60	0.010	0.0015	0.60	tr.	tr.	0.030	0.0020	tr.	tr.	0.001	tr.	0.0016	0.0015
50	0.0019	3.75	0.60	0.010	0.0015	0.60	0.002	tr.	0.030	0.0020	tr.	tr.	0.001	tr.	0.0014	0.0016
51	0.0019	3.75	0.61	0.010	0.0015	0.60	0.005	tr.	0.030	0.0020	tr.	tr.	0.001	tr.	0.0013	0.0018
52	0.0020	3.80	0.60	0.010	0.0015	0.60	0.009	tr.	0.030	0.0020	tr.	tr.	0.001	tr.	0.0012	0.0015
53	0.0022	3.75	0.62	0.010	0.0016	0.60	0.030	tr.	0.030	0.0020	tr.	tr.	0.001	tr.	0.0013	0.0014
54	0.0020	3.75	0.60	0.010	0.0017	0.60	0.060	tr.	0.030	0.0020	tr.	tr.	0.001	tr.	0.0014	0.0015
55	0.0020	3.75	0.60	0.010	0.0017	0.60	0.160	tr.	0.030	0.0020	tr.	tr.	0.001	tr.	0.0014	0.0016
56	0.0020	3.80	0.60	0.010	0.0015	0.60	0.002	tr.	0.030	0.0020	0.120	tr.	0.004	tr.	0.0012	0.0015
57	0.0020	3.80	0.60	0.010	0.0015	0.60	0.002	tr.	0.030	0.0020	0.120	tr.	0.007	tr.	0.0012	0.0016
58	0.0021	3.80	0.60	0.010	0.0015	0.60	0.002	tr.	0.030	0.0020	0.120	tr.	0.016	tr.	0.0013	0.0015
59	0.0022	3.75	0.62	0.010	0.0016	0.60	0.030	tr.	0.030	0.0020	0.010	tr.	0.001	tr.	0.0013	0.0042
60	0.0022	3.75	0.62	0.010	0.0016	0.60	0.030	tr.	0.030	0.0020	0.010	tr.	0.001	tr.	0.0013	0.0043
61	0.0022	3.95	0.30	0.010	0.0014	0.31	0.002	tr.	0.030	0.0020	tr.	0.080	0.001	tr.	0.0016	0.0008
62	0.0020	3.95	0.30	0.010	0.0015	0.31	0.002	tr.	0.030	0.0020	tr.	0.150	0.001	tr.	0.0015	0.0009
63	0.0021	3.95	0.30	0.010	0.0016	0.30	0.002	tr.	0.030	0.0020	tr.	0.300	0.001	tr.	0.0025	0.0010
64	0.0019	4.00	0.30	0.010	0.0013	0.10	0.002	tr.	0.030	0.0020	tr.	tr.	0.001	tr.	0.0020	0.0011
65	0.0018	4.00	0.30	0.010	0.0015	0.18	0.002	tr.	0.030	0.0020	tr.	tr.	0.001	tr.	0.0021	0.0015
66	0.0017	4.00	0.30	0.010	0.0017	0.28	0.002	tr.	0.030	0.0020	tr.	tr.	0.001	tr.	0.0023	0.0008

[0065]

[表4]

表 4

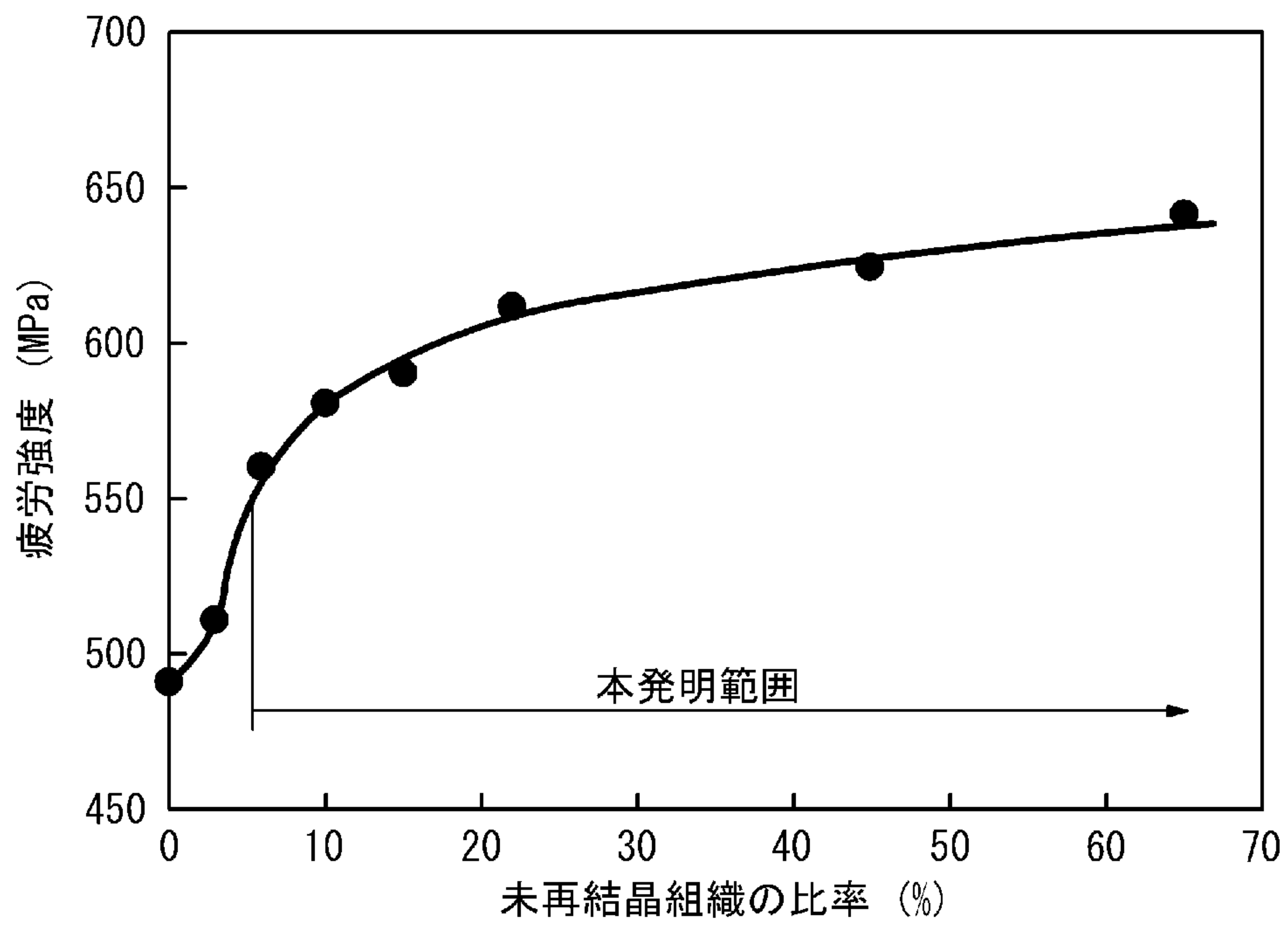
No.	RH還流 時間 (min)	板厚 (mm)	仕上焼鈍 温度 (°C)	未再結晶 部の比率 (%)	5 μ m以上の 介在物個数 (個/mm ²)	鉄損 W _{5/3k} (W/kg)	磁束 密度 B ₅₀ (T)	引張 強度 TS (MPa)	ばら つき σ (MPa)	疲労 強度 (MPa)	備考
30	15	0.25	680	29	3	99.8	1.59	846	15	592	発明例
31	15	0.25	700	29	3	95.3	1.46	921	15	520	比較例
32	15	0.25	660	32	3	100.0	1.60	854	15	598	発明例
33	15										比較例(冷延時割れ)
34	20	0.25	660	30	2	107.0	1.60	861	14	603	発明例
35	20	0.25	660	30	2	108.6	1.60	861	22	590	比較例
36	22	0.25	660	31	5	135.6	1.57	853	16	530	比較例
37	22	0.25	660	30	3	121.8	1.58	855	15	560	比較例
38	22	0.25	660	30	1	106.2	1.59	857	15	600	発明例
39	22	0.25	660	28	1	105.0	1.61	855	15	599	発明例
40	22	0.25	660	27	1	104.6	1.63	852	15	597	発明例
41	22	0.25	660	30	1	105.0	1.61	857	16	600	発明例
42	22	0.25	660	29	1	104.3	1.62	863	15	604	発明例
43	22	0.25	660	28	1	104.2	1.60	870	16	609	発明例
44	22	0.25	660	28	1	101.3	1.58	874	16	612	発明例
45	22	0.25	660	25	1	99.7	1.56	904	15	633	発明例
46	22	0.25	660	32	1	104.3	1.62	859	14	601	発明例
47	22	0.25	660	35	1	103.2	1.62	863	15	604	発明例
48	22	0.20	660	30	1	90.3	1.62	863	16	604	発明例
49	22	0.25	700	-	2	105.0	1.62	690	12	540	比較例
50	23	0.25	700	15	2	105.0	1.60	840	15	600	発明例
51	23	0.25	700	22	2	105.9	1.60	850	15	610	発明例
52	23	0.25	700	30	2	106.3	1.60	855	15	615	発明例
53	23	0.25	700	60	2	108.0	1.54	880	15	620	発明例
54	23	0.25	700	60	2	112.0	1.50	880	15	620	発明例
55	23	0.25	700	60	2	135.9	1.47	895	15	635	比較例
56	22	0.25	680	15	2	113.2	1.58	845	15	602	発明例
57	22	0.25	680	15	2	115.6	1.57	846	15	603	発明例
58	22	0.25	680	15	2	136.1	1.48	850	15	610	比較例
59	12	0.25	650	70	4	118.0	1.54	860	15	630	発明例
60	12	0.25	610	80	4	130.0	1.53	870	16	630	比較例
61	23	0.25	700	15	2	115.0	1.60	825	15	595	発明例
62	23	0.25	700	15	2	115.0	1.58	825	15	595	発明例
63	23	0.25	700	15	2	116.0	1.50	823	15	591	発明例
64	23	0.25	700	15	2	120.0	1.59	826	16	592	発明例
65	23	0.25	700	15	2	119.5	1.59	824	16	591	発明例
66	23	0.25	700	15	2	116.0	1.60	824	15	591	発明例

請求の範囲

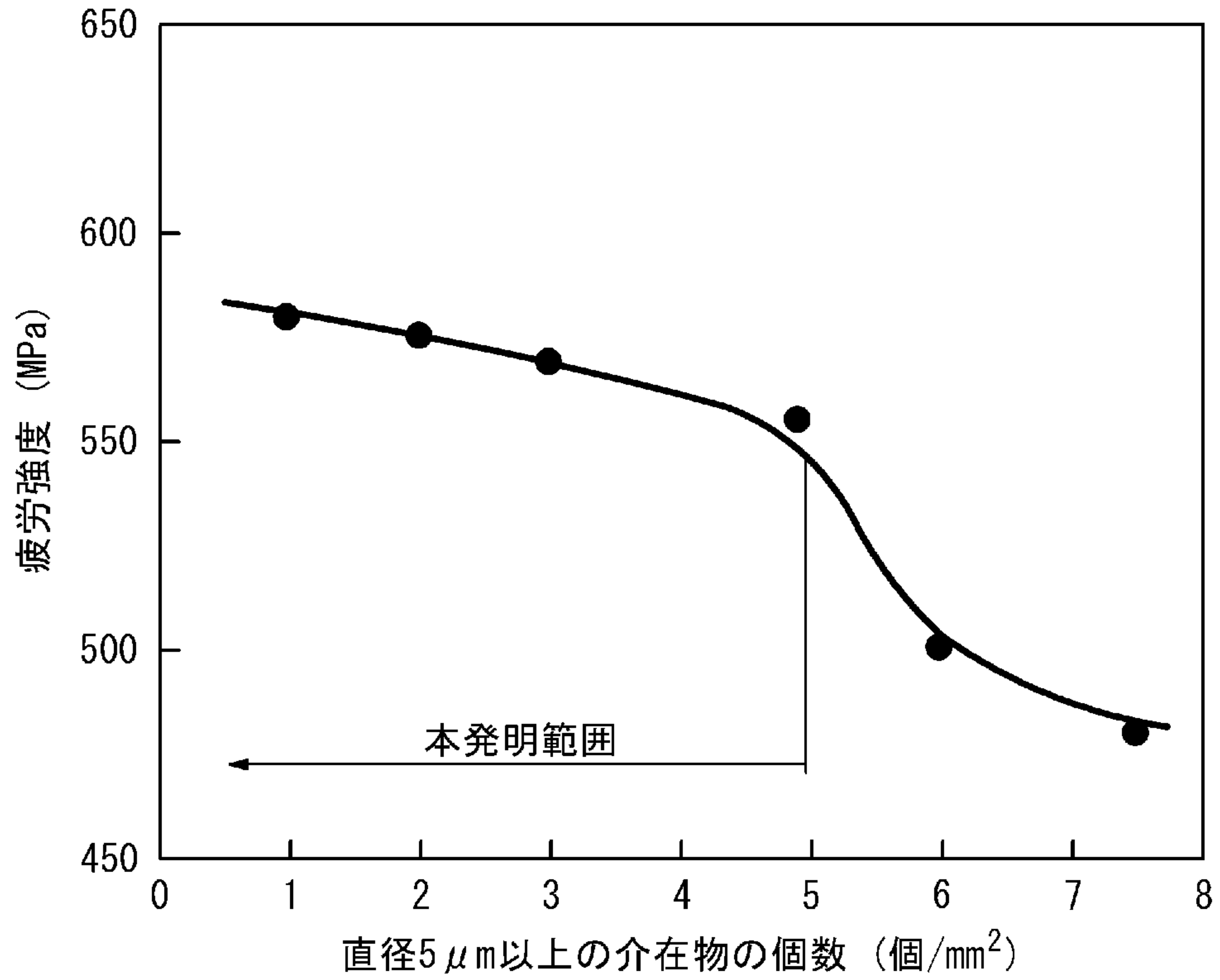
- [請求項1] 質量%で、
C : 0~0.0100%、
P : 0~0.100%、
S i : 2.00~5.00%、
M n : 0~5.00%、
A l : 0~3.00%、
S : 0~0.0100%、
N : 0~0.0050%、
Z n : 0.0005~0.0030%、
M o : 0.001~0.100%、
C u : 0~0.2%、
N b : 0~0.010%、 および
O : 0~0.0050%
であり、残部はF eおよび不可避不純物である鋼板成分の組成を有し、
、
未再結晶組織の比率が5~70%であり、直径5 μ m以上の介在物の個数が5個/mm²以下である組織を有する、ことを特徴とする無方向性電磁鋼板。
- [請求項2] 前記鋼板成分として、さらに、C r : 0.010~5.000質量%を含む、請求項1に記載の無方向性電磁鋼板。
- [請求項3] 前記鋼板成分として、さらに、C a : 0.0010~0.0050質量%を含む、請求項1または2に記載の無方向性電磁鋼板。
- [請求項4] 前記鋼板成分として、さらに、S n : 0.001~0.100質量%および/またはS b : 0.0010~0.1000質量%を含む、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1~4のいずれか1項に記載の無方向性電磁鋼板を製造する方法であって、真空脱ガス時に脱酸剤を投入後、10分以上攪拌を行う

ことを特徴とする無方向性電磁鋼板の製造方法。

[図1]



[図2]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/019159

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. C21C7/06(2006.01)i, C21D8/12(2006.01)i, C22C38/00(2006.01)i, C22C38/16(2006.01)i, C22C38/60(2006.01)i, H01F1/147(2006.01)i
 FI: C22C38/00 303U, C22C38/16, C22C38/60, C21D8/12 A, C21C7/06, 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)

Int. Cl. C21C7/00-7/10, C21D8/12, C22C38/00-38/60, 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 1971-2020
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2020
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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.
Y A	JP 2012-149337 A (JFE STEEL CORP.) 09 August 2012, claims, paragraphs [0001], [0056]-[0070], [0079]-[0083]	3-5 1-2
Y A	WO 2014/024222 A1 (JFE STEEL CORP.) 13 February 2014, claims, paragraphs [0001], [0056]-[0070], [0079]-[0083]	3-5 1-2
Y A	JP 11-233328 A (NKK CORP.) 27 August 1999, claims, paragraphs [0001]-[0004], [0007]-[0012], [0015]-[0023], fig. 1	3-5 1-2
A	JP 2018-204052 A (JFE STEEL CORP.) 27 December 2018	1-5

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search
27.07.2020

Date of mailing of the international search report
18.08.2020

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInternational application No.
PCT/JP2020/019159

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2018/179871 A1 (JFE STEEL CORP.) 04 October 2018	1-5
A	WO 2018/117597 A1 (POSCO) 28 June 2018	1-5
A	WO 2018/117640 A1 (POSCO) 28 June 2018	1-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/019159

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2012-149337 A	09.08.2012	(Family: none)	
WO 2014/024222 A1	13.02.2014	EP 2883975 A1 claims, paragraphs [0001], [0089]- [0105], [0121]-[0125]	
		US 2015/0213928 A1 CN 104520458 A KR 10-2015-0038420 A CN 106957994 A	
JP 11-233328 A	27.08.1999	(Family: none)	
JP 2018-204052 A	27.12.2018	WO 2018/221126 A1 KR 10-2019-0142357 A CN 110678568 A	
WO 2018/179871 A1	04.10.2018	EP 3572535 A1 US 2019/0382867 A1 CN 110536971 A KR 10-2019-0118611 A	
WO 2018/117597 A1	28.06.2018	EP 3556882 A1 KR 10-2018-0070950 A CN 110088328 A JP 2020-509185 A	
WO 2018/117640 A1	28.06.2018	EP 3561102 A1 US 2019/0345576 A1 KR 10-2018-0071587 A CN 110114489 A JP 2020-503444 A	

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） C21C 7/06(2006.01)i; 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: C22C38/00 303U; C22C38/16; C22C38/60; C21D8/12 A; C21C7/06; H01F1/147 175</p>										
<p>B. 調査を行った分野</p>										
<p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） C21C7/00-7/10; C21D8/12; C22C38/00-38/60; H01F1/147</p>										
<p>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</p> <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年									
<p>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）</p>										
<p>C. 関連すると認められる文献</p>										
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								
Y A	JP 2012-149337 A（JFEスチール株式会社）09.08.2012（2012 - 08 - 09） 特許請求の範囲，[0001]，[0056]-[0070]，[0079]-[0083]	3-5 1-2								
Y A	WO 2014/024222 A1（JFEスチール株式会社）13.02.2014（2014 - 02 - 13） 請求の範囲，[0001]，[0056]-[0070]，[0079]-[0083]	3-5 1-2								
Y A	JP 11-233328 A（日本鋼管株式会社）27.08.1999（1999 - 08 - 27） 特許請求の範囲，[0001]-[0004]，[0007]-[0012]，[0015]-[0023]，[図1]	3-5 1-2								
A	JP 2018-204052 A（JFEスチール株式会社）27.12.2018（2018 - 12 - 27）	1-5								
A	WO 2018/179871 A1（JFEスチール株式会社）04.10.2018（2018 - 10 - 04）	1-5								
A	WO 2018/117597 A1（POSCO）28.06.2018（2018 - 06 - 28）	1-5								
A	WO 2018/117640 A1（POSCO）28.06.2018（2018 - 06 - 28）	1-5								
<p><input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p>										
<p>* 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</p>										
<p>国際調査を完了した日 27.07.2020</p>		<p>国際調査報告の発送日 18.08.2020</p>								
<p>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</p>		<p>権限のある職員（特許庁審査官） 伊藤 真明 4K 3640 電話番号 03-3581-1101 内線 3435</p>								

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/JP2020/019159

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2012-149337	A	09.08.2012	(ファミリーなし)	
WO	2014/024222	A1	13.02.2014	EP 2883975 A1 請求の範囲, [0001], [0089]-[0105], [0121]- [0125] US 2015/0213928 A1 CN 104520458 A KR 10-2015-0038420 A CN 106957994 A	
JP	11-233328	A	27.08.1999	(ファミリーなし)	
JP	2018-204052	A	27.12.2018	WO 2018/221126 A1 KR 10-2019-0142357 A CN 110678568 A	
WO	2018/179871	A1	04.10.2018	EP 3572535 A1 US 2019/0382867 A1 CN 110536971 A KR 10-2019-0118611 A	
WO	2018/117597	A1	28.06.2018	EP 3556882 A1 KR 10-2018-0070950 A CN 110088328 A JP 2020-509185 A	
WO	2018/117640	A1	28.06.2018	EP 3561102 A1 US 2019/0345576 A1 KR 10-2018-0071587 A CN 110114489 A JP 2020-503444 A	