



(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
2013年7月4日 (04.07.2013)

W O P O | P C T

(10) 国際公開番号
W O 2013/099258 A 1

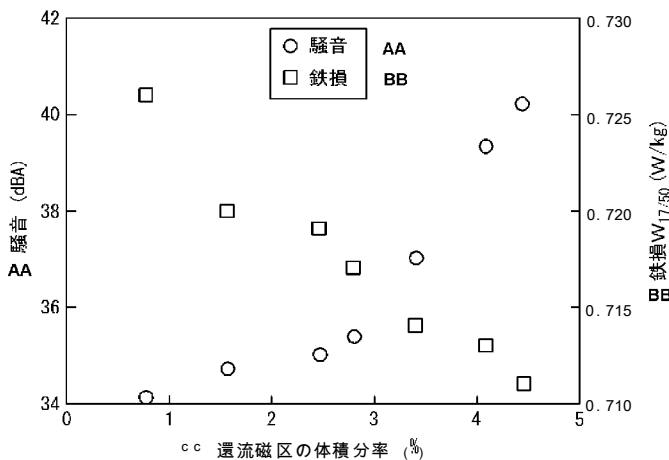
- (51) 国際特許分類 :
C22C 38/00 (2006.01) C22C 38/02 (2006.01)
C21D 8/12 (2006.01) H01F 1/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号 : PCT/JP2012/008366
- (22) 国際出願日 : 2012年12月27日 (27.12.2012)
- (25) 国際出願の言語 : 日本語
- (26) 国際公開の言語 : 日本語
- (30) 優先権データ :
特願 2011-286897 2011年12月27日 (27.12.2011) JP
- (71) 出願人 : J F E スチール株式会社 (JFE STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1000011 東京都千代田区
区内幸町二丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者 : 末廣 龍一 (SUEHIRO, Ryuichi); 〒1000011 東京都千代田区
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). 山口 広 (AMAGUCHI, Hiroi); 〒1000011 東京都千代田区
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). 岡部 誠司 (OKABE, Seiji); 〒1000011 東京都千代田区
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). 井上 博貴 (INOUE, Hiro-taka); 〒1000011 東京都千代田区
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). ▲高▼城 重尚 (TAKAJO, Shige-hiro); 〒1000011 東京都千代田区
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).
- (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (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

[続葉有]

- (54) Title: GRAIN-ORIENTED ELECTRICAL STEEL SHEET
- (54) 発明の名称 : 方向性電磁鋼板

FIG. 1



AA Noise
BB Core loss
CC Volume fraction (%) of closure domain

(57) Abstract: The present invention proposes a method that can reduce the noise generated by a transformer core and the like when formed by laminations of a grain-oriented electrical steel sheet in which core loss has been reduced by a magnetic domain refinement process. In this steel sheet, linear distortion extending with an orientation in which an angle formed with a direction perpendicular to the rolling direction of the steel sheet is an angle of 30° or less is periodic in the direction of rolling of the steel sheet, core loss (W_{nA0}) is 0.720 W/kg or less, and magnetic flux density (B_8) is 1.930 T. The volume of the closure domain arising in the distortion part is 1.00 - 3.00% of the total magnetic domain volume within the steel sheet.

(57) 要約: 磁区細分化処理により鉄損を低減させた方向性電磁鋼板において、変圧器の鉄心等に積層して使用した場合に該鉄心が発生する騒音の低減を可能とする方途について提案する。鋼板の圧延直角方向と成す角度が 30° 以内の向きに延びる線状の歪を、該鋼板の圧延方向に周期的に有し、鉄損 $W_{17/50}$ が 0.720 W/kg 以下および磁束密度 B_8 が 1.930 T 以上の方向性電磁鋼板において、前記歪部分に生じた、還流磁区が占める体積を、鋼板中の全磁区体積の 1.00% 以上 3.00% 以下とする。

2013 09 25 A1

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR,
NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：
- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称 : 方向性電磁鋼板

技術分野

[0001] 本発明は、変圧器などの鉄心材料に好適な方向性電磁鋼板に関するものである。

背景技術

[0002] 方向性電磁鋼板は、主に変圧器の鉄心として利用され、その磁化特性が優れていること、特に鉄損の低いことが求められている。

そのためには、鋼板中の二次再結晶粒を $(110)[001]$ 方位（ゴス方位）に高度に揃えることや製品中の不純物を低減することが重要である。さらに、結晶方位の制御や不純物の低減には限界があることから、鋼板の表面に対して物理的な手法で不均一性を導入し、磁区の幅を細分化して鉄損を低減する技術、すなわち磁区細分化技術が開発されている。

たとえば、特許文献 1 には、最終製品板にレーザを照射し、鋼板表層に高転位密度領域を導入することにより、磁区幅を狭くし鉄損を低減する技術が提案されている。また、特許文献 2 には、電子ビームの照射により磁区幅を制御する技術が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献 1 : 特公昭 57-2252 号公報

特許文献 2 : 特公平 06-072266 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、近年では、変圧器の鉄心として積層したときに発生する、騒音が小さいことも強く求められている。特に、上記した磁区細分化により低鉄損を実現した方向性電磁鋼板を変圧器の鉄心に供した際の、変圧器の騒音を抑制することが希求されていた。

[0005] そこで、本発明は、磁区細分化処理により鉄損を低減させた方向性電磁鋼板において、変圧器の鉄心等に積層して使用した場合に該鉄心が発生する騒音の低減を可能とする方途について提案することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] さて、変圧器の騒音は、電磁鋼板が磁化した時に生じる磁歪挙動が主な原因である。例えば、3質量%程度のSiを含有する電磁鋼板においては、磁化した方向に鋼板が伸長するのが一般的である。

ところで、連続レーザあるいは電子ビーム等で鋼板の圧延方向に対し、直交方向あるいは直交方向から一定の角度を持った線状の歪を与えると、この歪部分に還流磁区が発生する。この鋼板中の還流磁区が一切存在せず、かつ鋼板の磁区構造が圧延方向を向く 180° 磁区のみで構成される理想的な場合、鋼板を磁化した時の磁区構造の変化は、既に磁歪によって圧延方向に伸びきった 180° 磁区の磁壁移動のみで完結し、それ故磁歪の変化による鋼板の伸縮は発生しない。しかし、鋼板中に還流磁区が存在すると、鋼板を磁化した時の磁区構造の変化は、 180° 磁区の磁壁移動に、還流磁区の生成・消滅が加わる。ここで、還流磁区は板幅方向に伸長するため、還流磁区の生成・消滅によって鋼板は圧延方向および板幅方向・板厚方向への磁歪の変化による伸縮を示す。従って、鋼板中の還流磁区の量が異なると、磁化によって生じる磁歪、および変圧器鉄心として積層した時の騒音も変化することが考えられる。

[0007] そこで、発明者らは鋼板中に含まれる還流磁区の体積分率に着目し、鉄損および変圧器の騒音に与える影響を調査した。

まず、鋼板の磁束密度 B_0 と騒音との関係について調べた。すなわち、 180° 磁区内で磁化が圧延方向からずれていると、電磁鋼板を磁化した時に飽和磁化付近で磁化の回転が生じる。このような回転は圧延方向および板幅方向の伸縮を大きくし、磁歪の増大につながるため、変圧器鉄心における騒音の観点からは不利である。このことから、結晶粒の $[00\ 1]$ 方位が圧延方向に集積した高配向性のものが有利であり、発明者等は $B_0 \geq 1.930\text{ T}$ であるときに、

磁化の回転による変圧器鉄心の騒音増大を抑えられることを見出した。

[0008] 次に、還流磁区の体積分率について述べる。鋼板の圧延方向に生じる磁歪の要因は、先に述べたように還流磁区の発生である。この還流磁区が存在すると、還流磁区中の磁化は 180° 磁区の磁化とは直交した向きを持つため、鋼板は縮むことになる。還流磁区が体積分率にして ξ で存在するとき、還流磁区がない状態に対する圧延方向の磁歪変化は、 $\mu_{100}\xi$ に比例する。ここで、 μ_{100} は $[100]$ 方向の磁歪定数 23×10^{-6} である。

また、理想的な電磁鋼板は全ての結晶粒の $[001]$ 方位が圧延方向と平行、かつ 180° 磁区の磁化も圧延方向と平行になるが、現実には結晶粒の方位は圧延方向からのずれ角をもつ。そのため、圧延方向への磁化によって 180° 磁区の磁化回転が生じ、圧延方向の磁歪が発生する。このとき、 180° 磁区の磁化が圧延方向と平行である場合に対して、磁化回転による圧延方向の磁歪変化は $\mu_{100}(1 - \cos^2\theta)$ に比例する。鋼板を励磁して圧延方向の磁歪を測定すると、上記2つの要因が混在したものが観測される。ここで、 $B_8 \geq 1.930\text{ T}$ のとき、結晶粒の $[001]$ 方位のずれは圧延方向に対して 4° 以下であるが、磁化回転による磁歪への寄与は $(6 \times 10^{-4})\mu_{100}$ 以下であり、3% Siを含む電磁鋼板の磁歪に比べて非常に小さい。従って、騒音特性に優れた $B_8 \geq 1.930\text{ T}$ である鋼板においては、磁歪の要因として磁化の回転は無視することができ、還流磁区の体積分率の変化のみによって支配されていると考えて差し支えない。従って、圧延方向の磁歪を測定することによって、還流磁区の体積分率を評価することができる。

[0009] さて、還流磁区の体積分率を求めるためには、鋼板中に還流磁区が全くない状態と最大量の還流磁区が生じている状態とを比較する必要がある。しかしながら、従来の磁歪評価では鋼板を磁気飽和させることなく測定を行っており、このような状態では鋼板中の還流磁区が残存しており、還流磁区の体積分率を正しく評価できない。そこで、発明者らは、飽和磁束密度下での磁歪測定から、還流磁区の体積分率を評価した。飽和磁束密度下では鋼板の磁区は全て 180° 磁区となっており、交流磁場によって磁束密度が0（ゼロ）に

近づくと還流磁区が発生して磁歪が生じる。このときの磁歪の最大値と最小値との差 λ_{p-p} を用いて、以下の式 (A) で還流磁区の体積分率 ξ を求めた。

$$\xi = -\frac{2}{3} \frac{\lambda_{p-p}}{\lambda_{100}} \quad \dots (A)$$

[00 10] 次いで、鋼板の還流磁区の体積分率を計算し、単板磁気試験器 (SST) による $W_{17/50}$ の測定と変圧器鉄心の騒音測定とを実施した。これら測定結果を、図 1 に整理して示す。還流磁区の体積分率は上記方法を用いて計算し、圧延方向の磁歪測定は、周波数 50Hz および飽和磁束密度下でレーザドップラ振動計を用いて行った。 $W_{17/50}$ は周波数 50 Hz、最大磁束密度 1.7 T における鉄損である。また、変圧器鉄心の励磁条件は周波数 50 Hz、最大磁束密度 1.7 T である。試料は、板厚 0.23mm の方向性電磁鋼板で、 $B_0 \geq 1.930$ T を満たすものである。歪を導入する方法は、レーザビームの出力 100W、走査速度 10 m/s、鋼板表面におけるビーム径を変化させた種々の条件にて、鋼板表面に連続レーザビームを照射した。

なお、ビーム径を変化させる方法としては、鋼板表面上でレーザビームを照射したい点およびその周辺領域にレーザを収束させるための、集光レンズに入射するレーザビームの径を変化させることで対応した。これにより、発明者らはビーム径を拡大していくと、試料に導入される還流磁区の体積分率は低下していき、それに伴って鉄心の騒音も減少していくことを見出した。

[00 11] 一方で、 $W_{17/50}$ はビーム径が、レーザ照射装置で可能なビーム径の最小値に近いところで最小となり、ビーム径を拡大すると、 $W_{17/50}$ は劣化する傾向にあることが判明した。特に、ビーム径の拡大によって還流磁区の体積分率が 1.00% 未満になると、 $W_{17/50}$ は 0.720W/kg よりも劣化し、良好な磁気特性が得られなくなった。ビーム径拡大による還流磁区の体積分率低下は、鋼板に導入された歪の減少を意味することから、このような磁気特性の劣化は磁区細分化効果が薄れたためであると考えられる。

[00 12] 以上の結果から、発明者らは B_0 に優れ、かつ導入された歪の量を、歪部分

に生じる還流磁区の体積分率にして1.00%以上3.00%以下の範囲とすることで、変圧器鉄心等として好適な騒音特性および磁気特性に優れた方向性電磁鋼板を提供するに至った。

[001 3] すなわち、本発明の要旨構成は、次のとおりである。

(1) 鋼板の圧延直角方向と成す角度が 30° 以内の向きに延びる線状の歪を、該鋼板の圧延方向に周期的に有し、鉄損 $W_{17/50}$ が 0.720W/kg 以下および磁束密度 B_8 が 1.930T 以上の方向性電磁鋼板であって、前記歪部分に生じた、還流磁区の占める体積が、鋼板中の全磁区体積の1.00%以上3.00%以下であることを特徴とする騒音特性に優れた方向性電磁鋼板。

[0014] (2) 前記線状の歪が、連続レーザビームの照射により導入されてなることを特徴とする前記(1)に記載の方向性電磁鋼板。

[001 5] (3) 前記線状の歪が、電子ビームの照射により導入されてなることを特徴とする前記(1)に記載の方向性電磁鋼板。

発明の効果

[001 6] 本発明によれば、歪み付与を用いて鉄損が低減された、方向性電磁鋼板を積層した変圧器において、より低い騒音を達成できることが可能になった。

図面の簡単な説明

[001 7] [図1]本発明における還流磁区の体積分率について好適な範囲を示すものである。

発明を実施するための最良の形態

[001 8] まず、変圧器騒音すなわち鋼板の磁歪振動に関しては、素材結晶粒の磁化容易軸への集積度が高いほど振動振幅が小さくなることから、騒音抑制には磁束密度 B_8 で 1.930T 以上であることが必要である。磁束密度 B_8 が 1.930T 未満の場合、磁化過程において磁化を励磁磁界と平行とするために磁区の回転運動が必須となるが、このような磁化回転は大きな磁歪の変化を生じて変圧器騒音を増大させる。

また、付与する歪の向きや間隔あるいは領域を変えると、得られる鉄損低減効果が変化する。適切な歪付与がなされない場合、鉄損が十分に低減され

ずに良好な磁気特性が得られなかったり、還流磁区の体積分率を制御しても磁歪が減少せず変圧器騒音を抑制できない場合がある。そこで、歪が適切に付与されて、鉄損 $W_{17/50}$ が 0.720W/kg 以下である鋼板を使うことによって、還流磁区の制御による騒音低減効果を得ることができるようになる。

[001 9] 次に、歪を導入する方法としては、連続レーザビーム照射や電子ビーム照射等が適している。照射方向は圧延方向を横切る方向、好適には圧延方向に対して $60^\circ \sim 90^\circ$ の方向（圧延直角方向と成す角度が 30° 以内の向き）であり、この照射を圧延方向へ $3 \sim 15\text{mm}$ 程度の間隔で行う。歪の導入量は飽和磁束密度を与える交番磁場の下で圧延方向の磁歪を測定し、上記した式 (A) によって還流磁区の体積分率を計算することで評価できる。磁歪の測定は電磁鋼板単板を用意し、レーザドップラ振動計あるいは歪ゲージを用いた方法で測定するのが望ましい。

[0020] ここで、連続レーザビームを用いる場合の照射条件は、ビーム径が $0.1\text{mm} \sim 1\text{mm}$ 、パワー密度は走査速度に依存するが、 $100 \sim 10000\text{ W/mm}^2$ の範囲が好ましい。レーザビームの集光径については、レーザ照射装置の機器構成で決定される最小径が 0.1mm 以下となるような細いビームをそのまま直接鋼板表面に照射すると、歪の導入量が大きくなり、還流磁区の体積分率も大きくなって、変圧器鉄心における騒音が増大してしまう。従って、レーザ収束用の集光レンズに入射するレーザビームの径を変化させることによって、還流磁区の体積分率を調整する。例えば、鋼板表面におけるビーム径を最小径の2倍程度に大きくした条件で照射することが好ましい。また、集光径が大きくなりすぎると、磁区細分化効果が薄れ、鉄損の改善が抑制されてしまうため、集光径の拡大は5倍程度までにとどめることが望ましい。励起源としては半導体レーザ励起のファイバーレーザ等が有効である。

[0021] 一方、電子ビームを用いる場合の照射条件は、加速電圧 $10 \sim 200\text{kV}$ 、ビーム電流 $0.005 \sim 10\text{mA}$ が好ましい。ここで、ビーム電流量を調整することによって、還流磁区の体積分率を調整することができる。加速電圧にも依存するが、電流がこの範囲を上回ると、歪の導入量が大きくなって変圧器鉄心における

騒音が増大する。

[0022] なお、方向性電磁鋼板は、鉄損 $W_{17/50}$ が0.720W/kg以下および磁束密度 B_g が1.930 T以上の特性を有していれば特に成分組成は問わないが、例えば質量%で、C :0.002~0.10%、Si :1.0~7.0%およびMn :0.01~0.8%を含み、さらにAL :0.005~0.050%、N :0.003~0.020%、Se :0.003~0.030%およびS :0.002~0.03%のうちの1種または2種以上を含有する成分組成が好適である。

実施例 1

[0023] 質量%で、C :0.07%、Si :3.4%および 1^{\wedge} :0.12%、AL :0.025%、Se :0.025%およびN :0.015%を含み、残部がFeおよび不可避的不純物からなる鋼スラブを連続鋳造にて製造し、このスラブを1400℃に加熱してから熱間圧延を施して熱延板とし、この熱延板に熱延板焼鈍を施した後、中間焼鈍を挟む2回の冷間圧延を施して、最終板厚0.23mmの方向性電磁鋼板用冷延板を得た。次いで、この方向性電磁鋼板用冷延板を、脱炭、一次再結晶焼鈍した後、MgOを主成分とした焼鈍分離剤を塗布し、二次再結晶過程と純化過程を含む最終焼鈍を施し、フォスフェイト被膜を有する方向性電磁鋼板を得た。そして、この方向性電磁鋼板に60%のコロイダルシリカとリン酸アルミニウムからなる絶縁コーティングを塗布し、800℃にて焼付けた。ついで圧延方向と直角に連続ファイバーレーザーを照射する磁区細分化処理を施した。レーザー照射については、レーザー平均出力100 W、ビームの走査速度10m/sとし、鋼板表面でのビーム径を変えた種々の条件を適用した。得られた試料のSST測定器による $W_{17/50}$ 測定を行うとともに、幅100 mmおよび長さ280 mmの長方形にせん断して、レーザードップラ振動計を用いて圧延方向の磁歪を測定し、上記した式(A)に従って鋼板中の還流磁区の体積分率を算出した。また、試料を幅100 mmの斜角材として、厚さ15 mmに積層して3相変圧器鉄心を作製し、コンデンサマイクروفオンを使用して最大磁束密度1.7 T、周波数50 Hzにおける騒音を測定した。その際、聴感補正としてAスケール補正を行っている。

[0024] 計測された変圧器鉄心の騒音を、レーザービームのフォーカスおよび鋼板表

面でのビーム径の条件や、鋼板の B_8 および還流磁区の体積分率の算出結果と併せて、表 1 に示す。同表から明らかなように、 $B_8 \geq 1.930$ T で、還流磁区の体積分率が指定の範囲内にある鋼板では変圧器鉄心の騒音が 36 dBA よりも低く、 $W_{17/50}$ も 0.720 W/kg 以下の良好な特性が得られている。

[0025] 一方で、ビーム径が細すぎる領域では還流磁区の体積分率が発明範囲から外れており、騒音も劣化している。また、ビーム径が太すぎると、還流磁区の体積分率は発明範囲内でも騒音特性も良好であるが、 $W_{17/50}$ が高くなる。また、還流磁区の体積分率が発明範囲内にあり、かつ鉄損も良好なものであっても、 B_8 が 1.930 T より低い鋼板では変圧器鉄心の騒音が劣化している。これから、変圧器鉄心等として好適な方向性電磁鋼板であるためには、磁束密度 B_8 、鉄損 $W_{17/50}$ および還流磁区の体積分率の 3 つがすべて発明の範囲に収まることが重要である。

[0026] [表 1]

表 1

| 鋼板 No. | 鋼板表面でのビーム径 (mm) | 還流磁区の体積分率 (%) | B_8 (T) | 鉄損 $W_{17/50}$ (W/kg) | 騒音 (dBA) | 備考 |
|--------|-----------------|---------------|-----------|-----------------------|----------|-----|
| 1 | 0.08 | 4.47 | 1.931 | 0.711 | 40.2 | 比較例 |
| 2 | 0.11 | 4.11 | 1.934 | 0.713 | 39.3 | 比較例 |
| 3 | 0.17 | 3.42 | 1.932 | 0.714 | 37.0 | 比較例 |
| 4 | 0.19 | 3.00 | 1.935 | 0.715 | 35.9 | 発明例 |
| 5 | 0.21 | 2.93 | 1.924 | 0.716 | 37.2 | 比較例 |
| 6 | 0.21 | 2.81 | 1.930 | 0.717 | 35.4 | 発明例 |
| 7 | 0.24 | 2.48 | 1.921 | 0.717 | 36.6 | 比較例 |
| 8 | 0.24 | 2.48 | 1.935 | 0.719 | 35.0 | 発明例 |
| 9 | 0.28 | 1.58 | 1.933 | 0.720 | 34.7 | 発明例 |
| 10 | 0.30 | 1.00 | 1.934 | 0.720 | 34.5 | 発明例 |
| 11 | 0.40 | 0.79 | 1.936 | 0.726 | 34.1 | 比較例 |

実施例 2

[0027] 実施例 1 でレーザービーム照射に用いたレーザー照射前の電磁鋼板と同じ試料に、加速電圧 60 kV、ビーム速度 30 m/s の条件下でビーム電流を変えた種々の条件の電子ビームを照射した。得られた試料を実施例 1 と同様にして、鋼板中の還流磁区の体積分率、 $W_{17/50}$ および変圧器鉄心の騒音を測定した。

計測された変圧器鉄心の騒音を、ビーム電流、 B_8 、還流磁区の体積分率とあわせて表2にまとめた。電子ビームにおいても、 $B_8 \geq 1.930$ Tかつ、ビーム電流を下げて還流磁区の体積分率が指定の範囲内にあるものは、騒音が36 dBA以下で低騒音化されている。

[0028] 一方、電流密度を上げた条件では、還流磁区の体積分率が発明範囲を上回った結果、騒音が増大し、電流密度を下げていくと、還流磁区の体積分率が発明範囲を下回って $W_{17/50}$ が劣化した。また、還流磁区の体積分率が発明範囲内、かつ $W_{17/50}$ が0.720W/kg以下であっても、 $B_8 < 1.930$ Tであるものについては騒音が36 dBAより大きくなっており、電子ビーム照射においても、磁束密度 B_8 、鉄損 $W_{17/50}$ および還流磁区の体積分率の3つがすべて発明の範囲に収めることにより、初めて磁気特性と騒音特性が両立できる。

[0029] [表2]

お

表2

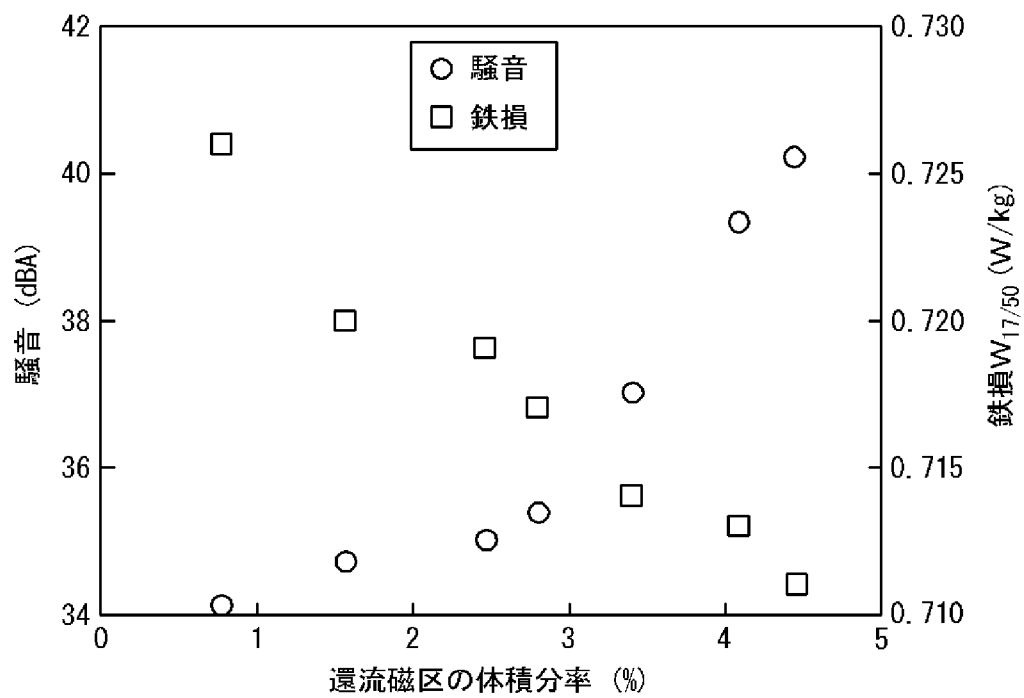
| 鋼板 No. | ビーム電流 (mA) | 還流磁区の体積分率 (%) | B_8 (T) | 鉄損 $W_{17/50}$ (W/t) | 騒音 (dBA) | 備考 |
|--------|------------|---------------|-----------|----------------------|----------|-----|
| 1 | 10 | 4.70 | 1.932 | 0.704 | 41.4 | 比較例 |
| 2 | 9 | 3.76 | 1.930 | 0.707 | 41.1 | 比較例 |
| 3 | 8 | 3.45 | 1.934 | 0.711 | 38.6 | 比較例 |
| 4 | 7.5 | 3.00 | 1.936 | 0.712 | 35.8 | 発明例 |
| 5 | 7 | 2.88 | 1.920 | 0.720 | 36.7 | 比較例 |
| 6 | 7 | 2.46 | 1.930 | 0.714 | 35.5 | 発明例 |
| 7 | 6 | 2.12 | 1.935 | 0.717 | 35.2 | 発明例 |
| 8 | 4 | 1.24 | 1.933 | 0.719 | 35.0 | 発明例 |
| 9 | 3.5 | 1.00 | 1.934 | 0.720 | 34.7 | 発明例 |
| 10 | 3 | 0.86 | 1.931 | 0.731 | 34.5 | 比較例 |

請求の範囲

- [請求項1] 鋼板の圧延直角方向と成す角度が 30° 以内の向きに延びる線状の歪を、該鋼板の圧延方向に周期的に有し、鉄損 $W_{17/50}$ が 0.720 W/kg 以下および磁束密度 B_8 が 1.930 T 以上の方向性電磁鋼板であつて、前記歪部分に生じた、還流磁区の占める体積が、鋼板中の全磁区体積の 1.00% 以上 3.00% 以下であることを特徴とする騒音特性に優れた方向性電磁鋼板。
- [請求項2] 前記線状の歪が、連続レーザービームの照射により導入されてなることを特徴とする請求項1に記載の方向性電磁鋼板。
- [請求項3] 前記線状の歪が、電子ビームの照射により導入されてなることを特徴とする請求項1に記載の方向性電磁鋼板。

[図1]

FIG. 1



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT / JP2 012 / 008366

| A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER C22C3 8/00(2006.01)i, C21D8/12(2006.01)i, C22C3 8/02(2006.01)i, H01F1/16(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) C22C38/00-38/60, C21D8/12 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched <table border="0"> <tr> <td>Jitsuyo</td><td>Shinan</td><td>Koho</td><td>1922-1996</td><td>Jitsuyo</td><td>Shinan</td><td>Toroku</td><td>Koho</td><td>1996-2013</td> </tr> <tr> <td>Kokai</td><td>Jitsuyo</td><td>Shinan</td><td>Koho</td><td>1971-2013</td><td>Toroku</td><td>Jitsuyo</td><td>Shinan</td><td>Koho</td><td>1994-2013</td> </tr> </table> | | | Jitsuyo | Shinan | Koho | 1922-1996 | Jitsuyo | Shinan | Toroku | Koho | 1996-2013 | Kokai | Jitsuyo | Shinan | Koho | 1971-2013 | Toroku | Jitsuyo | Shinan | Koho | 1994-2013 |
| Jitsuyo | Shinan | Koho | 1922-1996 | Jitsuyo | Shinan | Toroku | Koho | 1996-2013 | | | | | | | | | | | | | |
| Kokai | Jitsuyo | Shinan | Koho | 1971-2013 | Toroku | Jitsuyo | Shinan | Koho | 1994-2013 | | | | | | | | | | | | |
| 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 | WO 2011/158519 AI (JFE Steel Corp.), 22 December 2011 (22.12.2011), example 4; table 4 & JP 2012-21229 A | 1-3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | JP 2006-144058 A (Nippon Steel Corp.), 08 June 2006 (08.06.2006), tables 2, 3; paragraph [0033]; fig. 2 (Family: none) | 1-3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | JP 4-83823 A (Kawasaki Steel Corp.), 17 March 1992 (17.03.1992), example 1 & US 5244511 AI & US 5690868 AI & EP 468819 AI | 1-3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 | | "I" 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 28 February, 2013 (28.02.13) | | Date of mailing of the international search report 12 March, 2013 (12.03.13) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office | | Authorized officer | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Facsimile No. | | Telephone No. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT / JP2 012 / 008366

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A | Masahiro FUJIKURA et al., "Effect of Laser Irradiation on the Magnetostriction of Grain-Oriented Electrical Steels", Journal of Magnetism Society of Japan, vol. 25, no. 4-2, 15 April 2001 (15.04.2001), pages 895 to 898 | 1-3 |
| P, A | JP 2012-36442 A (JFE Steel Corp.), 23 February 2012 (23.02.2012), examples & WO 2012/017675 A1 | 1-3 |
| P, A | JP 2012-57218 A (JFE Steel Corp.), 22 March 2012 (22.03.2012), examples (Family: none) | 1-3 |
| P, A | JP 2012-31516 A (JFE Steel Corp.), 16 February 2012 (16.02.2012), examples & WO 2012/001971 A1 | 1-3 |

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 , C22C38/02 (2006. 01) i , H01F1/16 (2006. 01) i

B. 一 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 1922-19
 日本国公開実用新案公報 1971-20
 日本国実用新案登録公報 1996-20
 日本国登録実用新案公報 1994-20

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)
 年

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 | wo 2011/158519 AI (JFEスチール株式会社) 2011. 12. 22.; 実施例 4、表 4 & JP 2012-21229 A | 1 - 3 |
| A | JP 2006- 144058 A (新日本製鐵株式会社) 2006. 06. 08, 表 2, 表 3, 【0033】欄, 図 2 (ファミリーなし) | 1 - 3 |
| A | JP 4-83823 A (川崎製鉄株式会社) 1992. 03. 17, 実施例 1 & US 5244511 AI & US 5690868 AI & EP 468819 AI | 1 - 3 |

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
 IA 「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」
 IE 「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」
 I 「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)」
 Iθ 「口頭による開示、使用、展示等に言及する文献」
 IP 「国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献」
 IT 「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」
 IX 「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」
 IY 「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」
 I& 「同一パテントファミリー文献」

| | |
|----------------------------|----------------------------|
| 国際調査を完了した日 28. 02. 2013 | 国際調査報告の発送日 12. 03. 2013 |
|----------------------------|----------------------------|

| | | | |
|---|---|----|------|
| 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) 本多 仁 電話番号 03-3581-1101 内線 3435 | 4K | 3447 |
|---|---|----|------|

| 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 |
| A | 藤倉昌浩、他 2 名、レーザー照射による方向性電磁鋼板の磁歪の変化、日本応用磁気学会誌、Vol. 25 No. 4-2, 2001. 04. 15, Page. 895-898 | 1 — 3 |
| P, A | JP 2012-36442 A (J F E スチール株式会社) 2012. 02. 23, 実施例 & wo 2012/017675 AI | 1 — 3 |
| P, A | JP 2012-57218 A (J F E スチール株式会社) 2012. 03. 22, 実施例 (ファミリーなし) | 1 — 3 |
| P, A | JP 2012-31516 A (J F E スチール株式会社) 2012. 02. 16, 実施例 & wo 2012/001971 AI | 1 — 3 |