

(51)Int.Cl.⁷

F I

C 2 2 C 38/00

C 2 2 C 38/00 3 0 3 S

B 2 1 B 3/02

B 2 1 B 3/02

C 2 1 D 8/12

C 2 1 D 8/12 A

請求項の数3 (全7頁)

(21)出願番号 特願平11-148325
 (22)出願日 平成11年5月27日(1999.5.27)
 (65)公開番号 特開2000-336464(P2000-336464A)
 (43)公開日 平成12年12月5日(2000.12.5)
 審査請求日 平成12年7月7日(2000.7.7)

(73)特許権者 594208536
 安彦 兼次
 宮城県仙台市泉区高森 6 丁目 2 7 番 9 号
 (74)代理人 100080687
 弁理士 小川 順三
 (74)代理人 100077126
 弁理士 中村 盛夫
 (73)特許権者 503360115
 独立行政法人科学技術振興機構
 埼玉県川口市本町 4 丁目 1 番 8 号
 (74)代理人 100080687
 弁理士 小川 順三
 (72)発明者 安彦 兼次
 宮城県仙台市泉区高森 6 丁目 2 7 番 9 号

最終頁に続く

(54)【発明の名称】磁気特性と耐食性に優れた熱延電磁鋼板およびその製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

Fe : 99.95mass% 以上、C + N + S : 10mass ppm以下、O : 50mass ppm以下で、残部は不可避的不純物の超高純度鉄からなり、X線回折強度比(I_{100} / I_0)が21以上である、磁気特性と耐食性に優れた熱延電磁鋼板。

【請求項 2】

Fe : 99.95 mass% 以上、

C + N + S : 10 mass ppm 以下、

O : 50 mass ppm 以下

で、残部は不可避的不純物の超高純度鉄を、 θ 域に加熱し、合計圧下率を50%以上、かつ少なくとも1パスはロールと圧延材との摩擦係数を0.3以下とする熱間圧延を θ 域にて行い、その後、 A_{r3} 変態点 ~ 300 の平均冷却速度0.5 ~ 150 /分にて冷却することを特徴とする、磁気特性と耐食性に優れた熱延電磁鋼板の製造方法。

【請求項 3】

Fe : 99.95 mass% 以上、

C + N + S : 10 mass ppm 以下、

O : 50 mass ppm 以下

で、残部は不可避的不純物の超高純度鉄を、 θ 域に加熱し、合計圧下率を50%以上、かつ少なくとも1パスは、ロールと圧延材との摩擦係数を0.3以下、かつひずみ速度を150 1 /秒以上とする熱間圧延を θ 域にて行い、その後、 A_{r3} 変態点 ~ 300 の平均冷却速度0.

5 ~ 150 /分にて冷却することを特徴とする、磁気特性と耐食性に優れる熱延電磁鋼板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、熱延電磁鋼板、特に熱延のままの状態で板面垂直方向に 1 0 0 軸が高密度に集積して磁気特性に優れるとともに、耐食性にも優れる純鉄系の熱延電磁鋼板およびその製造方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

変圧器や発電機の鉄心には、従来から、電磁特性が優れた珪素鋼板が用いられてきた。この珪素鋼板には、2次再結晶を利用して{ 1 1 0 } 0 0 1 方位粒いわゆるゴス方位粒を発達させた一方向性珪素鋼板と、板面に平行に{ 1 0 0 }面をもつ結晶粒を発達させた無方向性珪素鋼板の2種類がある。このうち、無方向性珪素鋼板は板面内の種々の方向に磁界が作用する場合に特に良好な特性を有するので、発電機や電動機などに多く使用されている。

ところで、このような用途に用いられる無方向性珪素鋼板を製造する際に、板面に平行に{ 1 0 0 }面を密度高く集積させるためには、従来、雰囲気制御した脱炭焼鈍、冷間圧延時に圧延方向を変化させる交差圧延などが必要であった。

【 0 0 0 3 】

例えば、特開平 1 - 108345号公報には、Si : 0.2 ~ 6.5 wt%の珪素鋼を、また特開平 4 - 224624号公報には、Al + Si : 0.2 ~ 6.5 wt%の鋼を冷間圧延後、弱脱炭性雰囲気、例えば、0.1 torr以下の真空中または露点 0 以下の H₂、He、Ne、Ar、Xe、Rn、N₂ の 1 種または 2 種からなる雰囲気において、850 で 1 ~ 48時間の焼鈍を行い、板表面から 5 ~ 50 μ mの深さの領域に 単相域を形成させ、次いで強脱炭性の雰囲気、例えば、露点 - 20 以上の H₂ 中、または露点 - 20 以上の H₂ に不活性ガスもしくは CO、CO₂ を添加したガス中において、650 ~ 900 で 5 ~ 20分焼鈍を行い、表層部に生成した 単相域を板厚内部に向かって成長させることにより、磁気特性を向上させる技術が開示されている。

このように、従来から、板面に平行に{ 1 0 0 }面を高密度に集積させるためには、熱間圧延 - 冷間圧延の工程に加えて脱炭焼鈍を含む複雑な工程が必須とされてきた。また、3 % Si鋼を始めとする従来の電磁鋼板は、耐食性が極めて低いため、最終製品には耐食性に優れた絶縁被膜が施されており、製品コストを上昇させる要因となっていた。

【 0 0 0 4 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、近年、電気製品の普及にともない、より安価で高性能な特性が求められるようになり、上述した従来技術では対応できないようになってきた。かかる要請に応えるには、製造工程をより単純化することが考えられるが、従来の技術では、熱間圧延のまま、板面に平行に{ 1 0 0 }方位の集積を高めることは困難であった。

【 0 0 0 5 】

そこで、本発明は、熱間圧延を終了した時点で、板面に平行に{ 1 0 0 }方位を集積させ、磁気特性に優れ、しかも耐食性に優れる熱延電磁鋼板およびその製造方法を提案することを目的とする。

【 0 0 0 6 】

【課題を解決するための手段】

発明者らは、熱延電磁鋼板における上記課題の解決に向けて鋭意研究を重ねた結果、鋼を高純度化して純鉄系の成分組成にするとともに、熱延条件（特に、所定温度域での圧下率、摩擦係数）および熱延後の 域での冷却速度を適正にすれば、板面に平行に{ 1 0 0 }の方位、すなわち鋼板の < 1 0 0 > // ND（板面垂直方向）の方位、の形成が促進されることを見だし、本発明を完成させるに至った。すなわち、本発明は、Fe : 99.95mass

10

20

30

40

50

%以上、C + N + S : 10mass ppm以下、O : 50mass ppm以下で、残部は不可避的不純物の超高純度鉄からなり、X線回折強度比(I_{100} / I_0)が21以上である、磁気特性と耐食性に優れた熱延電磁鋼板である。

【 0 0 0 7 】

また、本発明は、上記熱延電磁鋼板を製造するための方法として、Fe : 99.95 mass%以上、C + N + S : 10 mass ppm以下、O : 50 mass ppm以下で、残部は不可避的不純物の超高純度鉄を、 γ 域に加熱し、合計圧下率を50%以上、かつ少なくとも1パスはロールと圧延材との摩擦係数を0.3以下とする熱間圧延を γ 域にて行い、その後、 A_{r3} 変態点 \sim 300の平均冷却速度0.5 \sim 150 /分にて冷却することを特徴とする、磁気特性と耐食性に優れた熱延電磁鋼板の製造方法を提案する。

10

さらに、本発明は、より好ましい製造方法として、Fe : 99.95 mass%以上、C + N + S : 10 mass ppm以下、O : 50 mass ppm以下で、残部は不可避的不純物の超高純度鉄を、 γ 域に加熱し、合計圧下率を50%以上、かつ少なくとも1パスは、ロールと圧延材との摩擦係数を0.3以下、かつひずみ速度を150 1 /秒以上とする熱間圧延を γ 域にて行い、その後、 A_{r3} 変態点 \sim 300の平均冷却速度0.5 \sim 150 /分にて冷却することを特徴とする、磁気特性と耐食性に優れた熱延電磁鋼板の製造方法を提案する。

【 0 0 0 8 】

【 発明の実施の形態 】

以下、本発明の実施の形態について説明する。

まず、本発明の純鉄系電磁鋼板の化学組成の限定理由について説明する。

20

・ Fe : 99.95 mass%以上

$< 1 0 0 > // N D$ の方位粒は、高純度Feの素材を γ 域で熱間圧延し、その後の γ 域での冷却中に発達する。Feの純度は本発明において特に重要であり、99.95 mass%に満たない純度では上記 $< 1 0 0 > // N D$ の方位粒が冷却中に発達しにくくなる。よって、Feは99.95 mass%以上、好ましくは99.98 mass%以上とする。

【 0 0 0 9 】

・ C + N + S : 10 mass ppm以下、O : 50 mass ppm以下

純鉄中のこれらのガス成分は、同じく純鉄中に数 \sim 数十mass ppmの単位で極微量に含まれる金属元素(Al、Ti、Nb、Mnなど)と炭化物、酸化物などを形成し、 $< 1 0 0 > // N D$ の方位粒の核発生および成長を阻害する。また、純鉄系材料の腐食は、主として粒界に偏析したC、N、Sや粒界、粒内に存在する酸化物を起点にして発錆する。

30

C、N、SおよびOによるこのような悪影響は、C + N + Sが10 mass ppmを超えても、Oが50 mass ppmを超えても現れるので、C + N + S : 10 mass ppm以下およびO : 50 mass ppm以下をとともに満たすことが必要である。なお、好ましい含有範囲は、C + N + S : 5 mass ppm以下、O : 20 mass ppm以下である。

【 0 0 1 0 】

つぎに、本発明の純鉄系電磁鋼板の製造条件について説明する。

・ 熱間圧延

上記成分組成の純鉄系の鋼素材を γ 域で熱延すると結晶粒が微細化して、 $< 1 0 0 > // N D$ 方位粒がまったく発達しない。このため熱延は γ 域の温度で行う必要がある。この γ 域圧延において、ロールと素材との摩擦係数が0.3を超えると、板厚の1/10近傍の位置に $< 1 1 0 > // N D$ 方位粒が発生し易く、 $< 1 0 0 > // N D$ 方位粒の発生と成長が抑制される。このため摩擦係数を0.3以下、好ましくは0.2以下として熱延する。この条件での圧延(いわゆる、潤滑圧延)は、熱延の少なくとも1パスで行えば効果が現れるが、特に最終パスで行うと、変態前に鋼板表層に剪断ひずみが集中しないので、より大きい効果もたらされる。さらに、潤滑圧延時に、圧延のひずみ速度を150 1 /秒以上とすると、 $< 1 0 0 > // N D$ 方位粒の形成が促進される。このような傾向がもたらされるのは、鋼板表層部に形成されやすい $< 1 1 0 > // N D$ など、 $< 1 0 0 > // N D$ 以外の方位粒の形成が抑制されるからであると考えられる。なお、ひずみ速度を200 1 /秒以上とすればさらに大きな効果が得られる。

40

50

【 0 0 1 1 】

上述した 域における熱間圧延は、合計圧下率を50%以上とする必要がある。というのは、 域熱延時の合計圧下率を50%以上とすることにより、熱延中の再結晶が促進され、粒径が微細化して、 域の変態後の冷却過程において、 $\langle 100 \rangle // ND$ 方位粒が優先的に板厚方向に成長するからである。合計圧下率が50%未満では、等軸でランダムな方位を有する結晶粒が板厚中心部に残留し、磁気特性が低下してしまう。

【 0 0 1 2 】

・熱延後の冷却

超高純度鉄中の $\langle 100 \rangle // ND$ 方位粒は、 域の変態後の 域で鋼板表面から中心に向かって、新たに変態して発生した 粒を浸食しながら成長する。このとき、 $A_{r3} \sim 300$ の冷却速度が150 /分を超えると粒成長速度が冷却速度に追いつかず、板厚中心部に等軸粒が残存する。一方、冷却速度が0.5 /分よりも遅くなると、 $\langle 100 \rangle // ND$ 方位粒が粗大化し、かえって磁気特性の低下を招いてしまう。したがって、圧延後の $A_{r3} \sim 300$ の温度範囲での冷却速度は0.5 ~ 150 /分とする必要がある。なお、好ましい冷却速度は1.0 ~ 100 /分である。

【 0 0 1 3 】

以上述べたように、本発明は、純鉄系の鋼を素材として、所定の条件で製造することによって始めてその効果が現れ、そのうちのいずれかの条件が満たされないと、 $\langle 100 \rangle // ND$ 方位粒の集積度を高めることはできない。なお、耐食性は製造条件には殆ど影響を受けず、成分組成に依存する。

【 0 0 1 4 】

【実施例】

本発明を実施例により、具体的に説明する。

表1に示す化学組成の純鉄系の鋼を水冷式銅坩堝を備えた超高真空(10^{-8} Torr)溶解炉で溶解し、10Kgのインゴットとした。これらインゴットを 域で熱間鍛造し、厚さ25 mmの棒状の素材とした。この棒状素材を1100 に加熱後、熱間圧延により板厚1 mm(一部、板厚5 mmおよび13mm)まで熱延した。この際、最終パスにおいて、ロールと素材との摩擦係数、ひずみ速度等を変えて熱延した。さらに、圧延後の冷却速度も広い範囲で変更した。これら製造条件を表2に示す。

【 0 0 1 5 】

【表1】

鋼	Fe /mass %	C /mass ppm	N /mass ppm	S /mass ppm	C+N+S /mass ppm	O /mass ppm	A_{r3} 変態点 ($^{\circ}C$)	摘 要
A	99.99	0.2	0.5	1.2	1.9	21	908	発明例
B	99.98	1.1	1.3	1.7	4.1	18	905	発明例
C	99.96	2.1	1.9	4.3	8.3	33	900	発明例
D	99.97	8.4	9.2	12.1	<u>29.7</u>	28	898	比較例
E	99.96	3.1	2.7	4.1	9.9	<u>80</u>	900	比較例
F	<u>99.91</u>	4.2	2.3	3.1	9.6	16	895	比較例

【 0 0 1 6 】

【表2】

10

20

30

40

No	鋼	熱延最終パス			熱延合計 圧下率 (%)	仕上げ 板厚 (mm)	A _{r3} ~ 300℃間 冷却速度 (℃/分)	X線回折 強度比 I ₁₀₀ /I ₀	磁束密度 B ₅₀ (T)	鉄損 W15/50 (W/kg)	腐食減量 (g/m ²)	摘要
		熱延温度 (℃)	摩擦係数	ひずみ速度 (1/秒)								
1	A	930	0.1	250	96	1.0	20	53	1.78	1.5	0.55	発明例
2	A	930	0.3	210	95	1.0	70	49	1.77	1.6	0.51	発明例
3	A	910	0.1	320	96	1.0	1.5	61	1.79	1.4	0.45	発明例
4	A	850	0.2	180	96	1.0	20	1.1	1.55	3.3	0.87	比較例
5	A	910	無潤滑(0.6)	180	96	1.0	20	1.6	1.55	3.4	0.96	比較例
6	B	920	0.2	210	96	1.0	40	45	1.76	1.7	0.68	発明例
7	B	940	0.2	160	48	13.0	80	1.2	1.52	3.6	0.98	比較例
8	C	920	0.1	260	96	1.0	90	40	1.75	1.7	0.79	発明例
9	C	920	0.2	260	96	1.0	0.3	13	1.68	2.1	0.98	比較例
10	C	940	0.2	210	80	5.0	40	21	1.75	1.8	0.98	発明例
11	D	920	0.2	240	96	1.0	50	1.3	1.38	8.5	21.4	比較例
12	E	920	0.1	260	96	1.0	50	3.4	1.60	2.9	14.2	比較例
13	F	930	0.3	260	96	1.0	50	1.2	1.53	3.5	36.2	比較例

【 0 0 1 7 】

得られた熱延板の板厚 1 / 4 位置において、X線による集合組織測定をおこなった。また、各熱延板の板厚中心部より板厚 1.0 mm の試験片を切り出して、これからさらに内径 50 mm、外径 60mm のリング状試験片を打ち抜き、各試験片に 1 次コイル、2 次コイルを 100 ターンづつ巻いて磁気特性を測定した。採用した磁気特性としては、50000 A/m の外部磁界をかけた場合の磁束密度 (B 50) と、50Hz の交流磁界中で 1.5 T まで磁化した場合の鉄損 (W 15/50) である。

耐食性は、20 の王水 (濃硝酸と濃塩酸を体積比で 1 : 3 で混合した溶液) 中に 100 秒間浸漬し、腐食速度を測定することによって行った。腐食速度が 1.0 g/m² 以下であれば通常の使用環境で十分な耐食性を有していると言える。

【 0 0 1 8 】

試験結果を表 2 に合わせて示す。表 2 から、発明例は磁気特性と耐食性の両者とも優れて

いることがわかる。これに対し、比較例は磁気特性または耐食性の少なくとも一方の特性が発明例よりも大幅に劣っていることがわかる。

【 0 0 1 9 】

【 発明の効果 】

以上説明したように、本発明によれば、冷間圧延後の脱炭焼鈍などの複雑な工程を経なくとも、熱間圧延終了時にすでに板面に平行に{ 1 0 0 }方位を集積させることが可能となるので、安価で磁気特性に優れる熱延電磁鋼板を提供することが可能となる。

フロントページの続き

審査官 佐藤 陽一

(56)参考文献 特開平05 - 101919 (JP, A)
特開平07 - 048657 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

C22C 38/00-38/60

C21D 8/12

C21D 9/46,501

B21B 3/02