

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5447167号
(P5447167)

(45) 発行日 平成26年3月19日(2014.3.19)

(24) 登録日 平成26年1月10日(2014.1.10)

(51) Int.Cl.		F I	
C 2 2 C	38/00	(2006.01)	C 2 2 C 38/00 3 0 3 U
C 2 2 C	38/06	(2006.01)	C 2 2 C 38/06
C 2 2 C	38/60	(2006.01)	C 2 2 C 38/60
C 2 1 D	8/12	(2006.01)	C 2 1 D 8/12 A
H O 1 F	1/16	(2006.01)	H O 1 F 1/16 A

請求項の数 6 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2010-110851 (P2010-110851)
 (22) 出願日 平成22年5月13日(2010.5.13)
 (65) 公開番号 特開2011-236486 (P2011-236486A)
 (43) 公開日 平成23年11月24日(2011.11.24)
 審査請求日 平成24年4月25日(2012.4.25)

(73) 特許権者 000006655
 新日鐵住金株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
 (74) 代理人 100101203
 弁理士 山下 昭彦
 (74) 代理人 100104499
 弁理士 岸本 達人
 (72) 発明者 多田 裕俊
 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号
 住友金属工業株式会社内
 (72) 発明者 藤村 浩志
 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号
 住友金属工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無方向性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】

質量%で、C: 0.005%以下、Si: 1.0%以上4.0%以下、sol.Al: 2.5%未満、Mn: 0.1%以上3.0%以下、P: 0.08%以下、S: 0.005%以下およびN: 0.005%以下を含有し、残部がFeおよび不純物からなるとともに、Siおよびsol.Alの合計含有量が4.5%未満である化学組成を有し、板厚が0.10mm以上0.35mm以下であり、平均結晶粒径が30μm以上200μm以下であり、下記式(1)で規定されるX値が0.845以上であり、磁束密度1.0T、周波数1kHzで励磁した際の鉄損 $W_{10/1k}$ が80W/kg以下であることを特徴とする無方向性電磁鋼板。

$$X = (2 \times B_{50L} + B_{50C}) / (3 \times I_s) \quad (1)$$

(ここで、 B_{50L} は磁化力5000A/mで磁化した際の圧延方向の磁束密度、 B_{50C} は磁化力5000A/mで磁化した際の圧延直角方向の磁束密度、 I_s は室温における自発磁化である。)

【請求項2】

前記化学組成が、前記Feの一部に代えて、Sn: 0.1質量%以下およびSb: 0.1質量%以下からなる群から選択される1種または2種を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】

前記化学組成が、前記Feの一部に代えて、Ca: 0.01質量%以下を含有すること

を特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の無方向性電磁鋼板。

【請求項 4】

前記板厚が 0.30 mm 以下であることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 までのいずれかに記載の無方向性電磁鋼板。

【請求項 5】

下記工程 (A) ~ (D) を有し、2 次再結晶焼鈍を行わない無方向性電磁鋼板の製造方法であって、

前記無方向性電磁鋼板は、請求項 1 に記載の条件を満足する平均結晶粒径および磁気特性を有することを特徴とする無方向性電磁鋼板の製造方法：

(A) 請求項 1 から請求項 3 までのいずれかの請求項に記載された化学組成を有する熱延鋼板に 10% 以上 75% 以下の圧下率の冷間圧延を施す第 1 冷間圧延工程；

(B) 前記第 1 冷間圧延工程により得られた冷延鋼板に 700 以上 900 以下の温度域に 1 時間以上 40 時間以下保持する中間焼鈍を施す中間焼鈍工程；

(C) 前記中間焼鈍工程により得られた中間焼鈍鋼板に 50% 以上 85% 以下の圧下率の冷間圧延を施して 0.10 mm 以上 0.35 mm 以下の板厚とする第 2 冷間圧延工程；および

(D) 前記第 2 冷間圧延工程により得られた冷延鋼板に 900 以上 1200 以下の温度域に保持する仕上焼鈍を施す仕上焼鈍工程。

【請求項 6】

前記第 1 冷間圧延工程に供する熱延鋼板に、700 以上 900 以下の温度域に 1 時間以上 20 時間以下保持する箱焼鈍による、または、900 以上 1100 以下の温度域に 1 秒間以上 180 秒間以下保持する連続焼鈍による、熱延板焼鈍を施す熱延板焼鈍工程を有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。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、無方向性電磁鋼板およびその製造方法に関する。より詳しくは、本発明は、エアコンや冷蔵庫などのコンプレッサーモータ、電気自動車やハイブリッド自動車などの駆動モータや発電機などの高効率分割鉄心型モータの固定子（ステータ）鉄心に好適な、圧延方向の磁気特性が良好な無方向性電磁鋼板およびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

地球温暖化ガスを削減する必要性から、自動車、家電製品等の分野では消費エネルギーの少ない製品が開発されている。例えば、自動車分野においては、ガソリンエンジンとモータとを組み合わせたハイブリッド駆動自動車、モータ駆動の電気自動車等の低燃費自動車がある。また、家電製品分野においては、年間電気消費量の少ない高効率エアコン、冷蔵庫等がある。これらの共通した技術はモータであり、モータの高効率化が重要な技術となっている。

【0003】

従来のモータでは固定子は一体打抜き型鉄心が採用されるケースが多く、このようなモータの鉄心材料としては異方性が小さく、全周方向の磁気特性が良好な無方向性電磁鋼板が求められてきた。

一方、近年では、固定子に巻き線設計の面で有利な分割鉄心が採用されるケースが増加しており、このようなモータの鉄心材料としては、圧延方向（以下、「L 方向」ともいう。）の磁気特性が良好な無方向性電磁鋼板が求められている。

【0004】

ところで、L 方向の磁気特性が良好な電磁鋼板として方向性電磁鋼板がある。しかしながら、方向性電磁鋼板は圧延垂直方向（以下、「C 方向」ともいう。）の磁気特性が極めて悪いため、C 方向にも磁束が流れるモータ鉄心材料としては適していない。

【0005】

10

20

30

40

50

そこで、特許文献1には、分割鉄心用の電磁鋼板であって、L方向の鉄損は方向性電磁鋼板と同等で、C方向の鉄損は方向性電磁鋼板よりも低い無方向性電磁鋼板に関する技術が開示されている。しかしながら、このような無方向性電磁鋼板を製造するためには高温長時間の2次再結晶焼鈍や脱炭焼鈍が可能な特殊な設備を要するため、著しく製造コストが嵩むという問題がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2004-100026号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであり、エアコンや冷蔵庫などのコンプレッサーモータ、電気自動車やハイブリッド自動車などの駆動モータや発電機などの高効率分割鉄心型モータの固定子（ステータ）鉄心に好適な、圧延方向の磁気特性が良好な無方向性電磁鋼板およびその製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明者は上記課題を解決するために、L方向の磁気特性が特に優れるとともに、C方向の磁気特性が良好である無方向性電磁鋼板を得るために鋭意検討を行った。その結果、無方向性電磁鋼板の製造工程において、第1冷間圧延工程、中間焼鈍工程、第2冷間圧延工程および仕上げ焼鈍工程を順に行い、第1冷間圧延工程および第2冷間圧延工程における圧下率ならびに中間焼鈍工程および仕上げ焼鈍工程における焼鈍条件を適正化することにより、L方向の磁気特性が特に優れるとともに、C方向の磁気特性が良好である無方向性電磁鋼板を得られることが可能になることを新たに知見した。また、適正量のSi、Al、Mnを複合添加し、板厚を薄くし、平均結晶粒径を適正に制御することにより、良好なL方向およびC方向の磁気特性が得られることを知見した。

20

本発明は上記新知見に基づいてなされたものであり、その要旨は以下のとおりである。

【0009】

すなわち、本発明は、質量%で、C：0.005%以下、Si：1.0%以上4.0%以下、sol.Al：2.5%未満、Mn：0.1%以上3.0%以下、P：0.2%以下、S：0.005%以下およびN：0.005%以下を含有し、残部がFeおよび不純物からなるとともに、Siおよびsol.Alの合計含有量が4.5%未満である化学組成を有し、板厚が0.10mm以上0.35mm以下であり、平均結晶粒径が30μm以上200μm以下であり、下記式(1)で規定されるX値が0.845以上であり、磁束密度1.0T、周波数1kHzで励磁した際の鉄損 $W_{10/1k}$ が80W/kg以下であることを特徴とする無方向性電磁鋼板を提供する。

30

$$X = (2 \times B_{50L} + B_{50C}) / (3 \times I_s) \quad (1)$$

(ここで、 B_{50L} は磁化力5000A/mで磁化した際の圧延方向の磁束密度、 B_{50C} は磁化力5000A/mで磁化した際の圧延直角方向の磁束密度、 I_s は室温における自発磁化である。)

40

【0010】

上記発明においては、上記化学組成が、上記Feの一部に代えて、Sn：0.1質量%以下およびSb：0.1質量%以下からなる群から選択される1種または2種を含有していてもよい。無方向性電磁鋼板の集合組織を改善して磁気特性を向上させることができるからである。

【0011】

また本発明においては、上記化学組成が、上記Feの一部に代えて、Ca：0.01質量%以下を含有していてもよい。結晶粒成長性を向上させて磁気特性を向上させることができるからである。

50

【0012】

本発明は、下記工程(A)～(D)を有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供する。

(A) 上述の化学組成を有する熱延鋼板に10%以上75%以下の圧下率の冷間圧延を施す第1冷間圧延工程

(B) 上記第1冷間圧延工程により得られた冷延鋼板に700以上900以下の温度域に1時間以上40時間以下保持する中間焼鈍を施す中間焼鈍工程

(C) 上記中間焼鈍工程により得られた中間焼鈍鋼板に50%以上85%以下の圧下率の冷間圧延を施して0.10mm以上0.35mm以下の板厚とする第2冷間圧延工程

(D) 上記第2冷間圧延工程により得られた冷延鋼板に900以上1200以下の温度域に保持する仕上焼鈍を施す仕上焼鈍工程

10

【0013】

上記発明においては、上記第1冷間圧延工程に供する熱延鋼板に、700以上900以下の温度域に1時間以上20時間以下保持する箱焼鈍による、または、900以上1100以下の温度域に1秒間以上180秒間以下保持する連続焼鈍による、熱延板焼鈍を施す熱延板焼鈍工程を有していてもよい。磁気特性をさらに高めることができるからである。

【発明の効果】

【0014】

本発明においては、分割鉄心型モータのモータ効率の向上が期待できる。また、本発明においては、特殊な設備を要しないため、製造コスト面でも優れている。

20

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】実施例における第1冷間圧延工程および第2冷間圧延工程の圧下率とX値との関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の無方向性電磁鋼板およびその製造方法について詳細に説明する。

【0017】

A. 無方向性電磁鋼板

30

本発明の無方向性電磁鋼板は、質量%で、C:0.005%以下、Si:1.0%以上4.0%以下、sol.Al:2.5%未満、Mn:0.1%以上3.0%以下、P:0.2%以下、S:0.005%以下およびN:0.005%以下を含有し、残部がFeおよび不純物からなるとともに、Siおよびsol.Alの合計含有量が4.5%未満である化学組成を有し、板厚が0.10mm以上0.35mm以下であり、平均結晶粒径が30μm以上200μm以下であり、下記式(1)で規定されるX値が0.845以上であり、磁束密度1.0T、周波数1kHzで励磁した際の鉄損 $W_{10/1k}$ が80W/kg以下であることを特徴とするものである。

$$X = (2 \times B_{50L} + B_{50C}) / (3 \times I_s) \quad (1)$$

(ここで、 B_{50L} は磁化力5000A/mで磁化した際の圧延方向の磁束密度、 B_{50C} は磁化力5000A/mで磁化した際の圧延直角方向の磁束密度、 I_s は室温における自発磁化である。)

40

【0018】

以下、本発明の無方向性電磁鋼板における各構成について説明する。

【0019】

(化学組成)

まず、本発明の無方向性電磁鋼板の化学組成の限定理由について説明する。なお、各元素の含有量を示す「%」は、特に断りのない限り「質量%」を意味するものである。

【0020】

Cは、不純物として含有され、磁気特性を劣化させる元素である。したがって、C含有

50

量は0.005%以下とする。好ましくは、0.003%以下である。

【0021】

Siは、鋼板の比抵抗を高めて鉄損を低減させるのに有効な元素である。したがって、Si含有量は1.0%以上とする。一方、過剰に含有させると磁束密度が著しく低下する。したがって、Si含有量は4.0%以下とする。好ましくは3.5%以下である。

【0022】

Alは、鋼板の比抵抗を高めて鉄損を低減させるのに有効な元素であるが、過剰に含有させると磁束密度が著しく低下する。このため、sol・Al含有量は2.5%未満とする。上記作用による効果をより確実に得るにはsol・Al含有量を0.1%以上とすることが好ましい。

10

【0023】

ここで、SiおよびAlは、固溶強化能が高いので、過剰に含有させると冷間圧延が困難になる。したがって、Siとsol・Alの合計含有量は4.5%未満とする。

【0024】

Mnは、鋼板の比抵抗を高めて鉄損を低減させるのに有効な元素である。したがって、Mn含有量は0.1%以上とする。一方、MnはSiやAlに比べて合金コストが高いため、Mn含有量が多くなると経済的に不利となる。このため、Mn含有量は3.0%以下とする。好ましくは2.5%以下である。

【0025】

Pは、一般に不純物として含有される元素であるが、無方向性電磁鋼板の集合組織を改善して磁気特性を向上させる作用を有するので、積極的に含有させてもよい。しかしながら、Pは固溶強化元素でもあるため、P含有量が過剰になると、鋼板が硬質化して冷間圧延が困難になる。このため、P含有量は0.2%以下とする。上記作用による効果をより確実に得るにはP含有量を0.015%以上とすることが好ましい。

20

【0026】

Sは、不純物として含有され、鋼中のMnと結合して微細なMnSを形成し、焼鈍時の結晶粒の成長を阻害し、無方向性電磁鋼板の磁気特性を劣化させる。このため、S含有量は0.005%以下とする。好ましくは0.003%以下である。

【0027】

Nは、不純物として含有され、Alと結合して微細なAlNを形成し、焼鈍時の結晶粒の成長を阻害し、磁気特性を劣化させる。このため、N含有量を0.005%以下とする。好ましくは0.003%以下である。

30

【0028】

SnおよびSbは、無方向性電磁鋼板の集合組織を改善して磁気特性を向上させる作用を有するので、含有させてもよい。しかしながら、過剰に含有させると却って磁気特性を劣化させる。このため、SnおよびSbの含有量はそれぞれ0.1%以下とする。上記作用による効果をより確実に得るにはいずれかの元素を0.01%以上含有させることが好ましい。

【0029】

Caは、介在物制御に有効な元素であり、適度に添加すると結晶粒成長性を向上させて磁気特性を向上させる作用を有する。しかしながら、過剰に含有させると上記作用による効果は飽和して徒にコストの増加を招く。したがって、Ca含有量は0.01%以下とする。上記作用による効果をより確実に得るにはCa含有量を0.0003%以上とすることが好ましい。

40

【0030】

(磁気特性)

磁束密度に関しては、分割鉄心の場合、C方向よりもL方向が重視される。そこで、下記式(1)で規定されるX値が0.845以上とする。

$$X = (2 \times B_{50L} + B_{50C}) / (3 \times I_s) \quad (1)$$

ここで、 B_{50L} は磁化力5000 A/mで磁化した際の圧延方向の磁束密度、 B_{50}

50

I_c は磁化力 5000 A/m で磁化した際の圧延直角方向の磁束密度、 I_s は室温における自発磁化である。

I_s は、下記式 (2) および (3) により求める。なお、式 (2) は、鋼板の自発磁化が Fe 以外の元素によって単純に希釈されると仮定して自発磁化を求めるものである。また、式 (2) における鋼板の密度は JIS Z 8807 に従って測定すればよい。

$$I_s = 2.16 \times \{ (\text{鋼板の密度}) / (\text{Feの密度}) \} \times [\text{Feの含有量(質量\%)}] / 100 \quad (2)$$

$$\text{Feの含有量(質量\%)} = 100 (\text{質量\%}) - [\text{C、Si、Mn、sol. Al、P、S、N、Sn、Sb、Caの合計含有量(質量\%)}] \quad (3)$$

【0031】

さらに、鉄損に関しては、エアコンや冷蔵庫などのコンプレッサーモータ、電気自動車やハイブリッド自動車などの駆動モータや発電機などの高効率分割鉄心型モータは高速回転域で使用される場合が多いので、高周波条件下における鉄損が低いことが求められる。したがって、磁束密度 1.0 T、周波数 1 kHz で励磁した際の鉄損 $W_{10/1k}$ は 80 W/kg 以下とする。好ましくは 70 W/kg 以下である。

【0032】

(平均結晶粒径)

上述したように、エアコンや冷蔵庫などのコンプレッサーモータ、電気自動車やハイブリッド自動車などの駆動モータや発電機などの高効率分割鉄心型モータは高速回転域で使用される場合が多いので、高周波条件下における鉄損が低いことが求められる。結晶粒径が過大であっても過小であっても高周波条件での鉄損が劣化するため、平均結晶粒径は 30 μm 以上 200 μm 以下とする。

【0033】

ここで、平均結晶粒径とは、縦断面組織写真において、板厚方向および圧延方向について切断法により測定した結晶粒径の平均値を用いればよい。この縦断面組織写真としては光学顕微鏡写真を用いることができ、例えば 50 倍の倍率で撮影した写真を用いればよい。

【0034】

(板厚)

高周波条件下における鉄損を低減するには板厚が薄いほど好ましいので、板厚は 0.35 mm 以下とする。好ましくは 0.30 mm 以下である。一方、過度の薄肉化は鋼板やモータの生産性を著しく低下させるので、板厚は 0.10 mm 以上とする。好ましくは、0.15 mm 以上である。

【0035】

(製造方法)

上記磁気特性を備える無方向性電磁鋼板は、後述する無方向性電磁鋼板の製造方法により製造することが好適である。

【0036】

B. 無方向性電磁鋼板の製造方法

本発明の無方向性電磁鋼板の製造方法は、下記工程 (A) ~ (D) を有することを特徴とするものである。

(A) 上述の化学組成を有する熱延鋼板に 10% 以上 75% 以下の圧下率の冷間圧延を施す第 1 冷間圧延工程

(B) 第 1 冷間圧延工程により得られた冷延鋼板に 700 以上 900 以下の温度域に 1 時間以上 40 時間以下保持する中間焼鈍を施す中間焼鈍工程

(C) 中間焼鈍工程により得られた中間焼鈍鋼板に 50% 以上 85% 以下の圧下率の冷間圧延を施して 0.10 mm 以上 0.35 mm 以下の板厚とする第 2 冷間圧延工程

(D) 第 2 冷間圧延工程により得られた冷延鋼板に 900 以上 1200 以下の温度域に保持する仕上焼鈍を施す仕上焼鈍工程

【0037】

10

20

30

40

50

以下、本発明の無方向性電磁鋼板の製造方法における各工程について説明する。

【0038】

(第1冷間圧延工程)

第1冷間圧延工程においては、上記化学組成を有する熱延鋼板に10%以上75%以下の圧下率の冷間圧延を施す。

第1冷間圧延工程における圧下率が10%未満もしくは75%超であると、目的とする磁気特性を得ることができない場合がある。したがって、第1冷間圧延工程における圧下率は10%以上75%以下とする。

【0039】

冷間圧延時の鋼板温度、圧延ロール径など、冷間圧延の他の条件は特に限定されるものではなく、熱延鋼板の化学組成、目的とする鋼板の板厚などにより適宜選択するものとする。

10

【0040】

熱延鋼板は、通常、熱間圧延の際に鋼板表面に生成したスケールを酸洗により除去してから冷間圧延に供される。後述するように熱延鋼板に熱延板焼鈍を施す場合には、熱延板焼鈍前あるいは熱延板焼鈍後のいずれかにおいて酸洗すればよい。

【0041】

(中間焼鈍工程)

中間焼鈍工程においては、上記第1冷間圧延工程により得られた冷延鋼板に700以上900以下の温度域に1時間以上40時間以下保持する中間焼鈍を施す。

20

中間焼鈍工程における中間焼鈍温度が700未満であったり、700以上の温度域に保持する時間が1時間未満であったりすると、目的とする磁気特性を得ることができない場合がある。一方、中間焼鈍温度を900超とするには特殊な設備が必要となり、700以上の温度域に保持する時間を40時間超としても効果が飽和してしまうので、いずれもコストの増加を招く。したがって、中間焼鈍工程は700以上900以下の温度域に1時間以上40時間以下保持するものとする。

中間焼鈍の他の条件は特に限定されるものではない。

【0042】

(第2冷間圧延工程)

第2冷間圧延工程においては、上記中間焼鈍工程により得られた中間焼鈍鋼板に50%以上85%以下の圧下率の冷間圧延を施して0.10mm以上0.35mm以下の板厚とする。

30

【0043】

第2冷間圧延工程における圧下率が50%未満または85%超であると、目的とする磁気特性を得ることができない場合がある。したがって、第2冷間圧延工程における圧下率は50%以上85%以下とする。

【0044】

上述の「A.無方向性電磁鋼板」の項に記載したように、高周波条件下における鉄損を低減するには板厚が薄いほど好ましく、一方で過度の薄肉化は鋼板やモータの生産性を著しく低下させるので、板厚は0.10mm以上0.35mm以下、好ましくは0.15mm以上0.30mm以下である。板厚は0.10mm以上とする。

40

【0045】

冷間圧延時の鋼板温度、圧延ロール径など、冷間圧延の他の条件は特に限定されるものではなく、鋼板の化学組成、目的とする鋼板の板厚などにより適宜選択するものとする。

【0046】

(仕上焼鈍工程)

仕上焼鈍工程においては、上記第2冷間圧延工程により得られた冷延鋼板に900以上1200以下の温度域に保持する仕上焼鈍を施す。

仕上焼鈍工程における仕上焼鈍温度が900未満では、粒成長不足により平均結晶粒径が30μm未満となって十分な磁気特性が得られない場合がある。したがって、仕上焼

50

鈍温度は900 以上とする。一方、仕上焼鈍温度が1200 超では、粒成長が過度に進行してしまい平均結晶粒径が200 μm超となって十分な磁気特性が得られない場合がある。したがって、仕上焼鈍温度は1200 以下とする。

900 以上1200 以下の温度域に保持する仕上焼鈍時間は特に規定せずともよいが、良好な磁気特性をより確実に得るには1秒間以上とすることが好ましい。一方、生産性の観点からは仕上焼鈍時間を120秒間以下とすることが好ましい。

仕上焼鈍の他の条件は特に限定されるものではない。

【0047】

(熱延板焼鈍工程)

上記第1冷間圧延工程に供する熱延鋼板には、熱延板焼鈍を施してもよい。熱延板焼鈍を施すことにより、一層良好な磁気特性が得られる。

熱延板焼鈍は箱焼鈍および連続焼鈍のいずれによって行ってもよい。箱焼鈍により行う場合には、700 以上900 以下の温度域に1時間以上20時間以下保持することが好ましい。連続焼鈍により行う場合には、900 以上1100 以下の温度域に1秒間以上180秒間以下保持することが好ましい。

熱延板焼鈍の他の条件は特に限定されるものではない。

【0048】

(熱間圧延工程)

上記第1冷間圧延工程に供する熱延鋼板は、上記化学組成を有する鋼塊または鋼片(以下、「スラブ」ともいう。)に熱間圧延を施すことにより得ることができる。

【0049】

熱間圧延においては、上記化学組成を有する鋼を、連続鋳造法あるいは鋼塊を分塊圧延する方法など一般的な方法によりスラブとし、加熱炉に装入して熱間圧延を施す。この際、スラブ温度が高い場合には加熱炉に装入しないで熱間圧延を行ってもよい。

熱間圧延の各種条件は特に限定されるものではない。

【0050】

(その他の工程)

上記仕上焼鈍工程後に、一般的な方法に従って、有機成分のみ、無機成分のみ、あるいは有機無機複合物からなる絶縁皮膜を鋼板表面に塗布するコーティング工程を行ってもよい。環境負荷軽減の観点から、クロムを含有しない絶縁皮膜を塗布しても構わない。また、コーティング工程は、加熱・加圧することにより接着能を発揮する絶縁コーティングを施す工程であってもよい。接着能を発揮するコーティング材料としては、アクリル樹脂、フェノール樹脂、エポキシ樹脂またはメラミン樹脂などを用いることができる。

【0051】

なお、本発明により製造される無方向性電磁鋼板については、上述した「A.無方向性電磁鋼板」の項に記載したものと同様であるので、ここでの説明は省略する。

【0052】

本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

【実施例】

【0053】

以下、実施例および比較例を例示して、本発明を具体的に説明する。

下記表1に示す化学組成を有するスラブを熱間圧延によって板厚2.0mm~2.3mmの熱延鋼板とし、酸洗を施した。これらの酸洗鋼板について、一部を除いて熱延板焼鈍を施さずに中間焼鈍を挟む第1冷間圧延工程および第2冷間圧延工程によって仕上板厚0.20mm~0.50mmの冷延鋼板とした。一部は、800 10時間の箱焼鈍または950 20秒間の連続焼鈍による熱延板焼鈍を施して、中間焼鈍を挟む第1冷間圧延工程および第2冷間圧延工程によって仕上板厚の冷延鋼板とした。残りは、900 10時間の箱焼鈍による熱延板焼鈍を施して、1回の冷間圧延工程により仕上板厚の冷延鋼板と

10

20

30

40

50

した。これらの冷延鋼板に950 以上1180 以下の温度で30 秒間保持する仕上焼鈍を施して、平均結晶粒径51 μm ~ 162 μm の無方向性電磁鋼板とした。

【0054】

これらの無方向性電磁鋼板について、磁束密度1.0 T、周波数1 kHzで磁化した際の鉄損 $W_{10/1k}$ と、磁化力5000 A/mで磁化した際のL方向の磁束密度 B_{50L} およびC方向の磁束密度 B_{50C} を測定した。上述の式(1)に B_{50L} と B_{50C} を代入してX値を算出した。この結果を製造条件と併せて下記表2に示す。また、図1に第1冷間圧延工程および第2冷間圧延工程の圧下率とX値との関係を示す。

【0055】

【 表 1 】

鋼	化学組成 (単位:質量%、残部:Feおよび不純物)											密度 (g/cm ³)	Is (T)
	C	Si	Mn	sol.Al	P	S	N	Sn	Sb	Ca	Si+sol.Al		
A	0.002	1.8	0.2	2.3	0.01	0.003	0.002	tr.	tr.	tr.	4.1	7.516	1.973
B	0.002	2.0	2.0	2.0	0.01	0.003	0.002	tr.	tr.	tr.	4.0	7.520	1.939
C	0.002	2.9	0.2	1.1	0.01	0.001	0.002	tr.	tr.	tr.	4.0	7.570	1.989
D	0.002	2.0	0.2	1.0	0.08	0.003	0.002	tr.	tr.	tr.	3.0	7.640	2.027
E	0.002	2.3	1.2	1.7	0.01	0.003	0.002	0.02	tr.	tr.	4.0	7.554	1.964
F	0.002	2.3	1.2	1.7	0.01	0.003	0.002	0.02	tr.	0.003	4.0	7.546	1.962
G	0.002	2.3	1.2	1.7	0.01	0.003	0.002	tr.	0.03	tr.	4.0	7.542	1.960
H	0.002	2.3	1.2	1.7	0.01	0.003	0.002	tr.	0.03	0.003	4.0	7.532	1.958

【 0 0 5 6 】

10

20

30

40

【 表 2 】

No.	鋼	熱延鋼板 板厚 (mm)	熱延板 焼鈍条件	第1 冷間圧延工程 圧下率(%)	中間板厚 (mm)	中間焼鈍 条件	第2 冷間圧延工程 圧下率(%)	仕上板厚 (mm)	仕上焼鈍 温度 (°C)	仕上焼鈍後の 平均結晶粒径 (µm)	W _{10/1k} (W/kg)	B ₅₀ (T)		X値	備考
												L方向	C方向		
1	A	2.20	未実施	31.8	1.50	800°C10h	80.0	0.30	1050	78	65	1.709	1.621	0.851	発明例
2	A	2.30	未実施	65.2	0.80	800°C10h	75.0	0.20	1180	162	47	1.720	1.609	0.853	発明例
3	A	2.30	未実施	73.9	0.60	800°C10h	66.8	0.20	1080	90	42	1.708	1.593	0.846	発明例
4	A	2.20	未実施	68.2	0.70	750°C30h	64.3	0.25	950	51	56	1.707	1.590	0.846	発明例
5	A	2.20	未実施	60.9	0.86	900°C10h	65.1	0.30	1050	80	67	1.736	1.610	0.859	発明例
6	A	2.30	未実施	56.5	1.00	800°C10h	59.9	<u>0.40</u>	1000	65	<u>89</u>	1.705	1.598	0.846	比較例
7	A	2.20	900°C10h	*	—	未実施	*	0.30	1050	73	70	1.681	1.632	<u>0.844</u>	比較例
8	A	2.19	未実施	56.5	0.95	800°C10h	<u>47.4</u>	<u>0.50</u>	950	55	<u>110</u>	1.684	1.592	<u>0.838</u>	比較例
9	A	2.16	未実施	65.2	0.75	800°C10h	<u>46.7</u>	<u>0.40</u>	1140	120	<u>91</u>	1.701	1.596	<u>0.844</u>	比較例
10	A	2.30	未実施	<u>78.3</u>	0.50	800°C10h	60.0	0.20	1000	70	44	1.689	1.580	<u>0.838</u>	比較例
11	B	2.00	未実施	55.0	0.90	750°C10h	72.2	0.25	1050	82	51	1.681	1.579	0.850	発明例
12	C	2.00	未実施	57.0	0.86	800°C10h	65.1	0.30	1100	98	62	1.721	1.607	0.846	発明例
13	D	2.00	未実施	55.0	0.90	800°C10h	66.7	0.30	1140	115	69	1.753	1.643	0.847	発明例
14	E	2.00	未実施	20.0	1.60	800°C4h	81.3	0.30	1100	95	60	1.705	1.624	0.855	発明例
15	F	2.00	未実施	20.0	1.60	800°C4h	81.3	0.30	1100	107	63	1.686	1.618	0.848	発明例
16	G	2.00	未実施	20.0	1.60	800°C4h	81.3	0.30	1100	111	61	1.691	1.623	0.851	発明例
17	H	2.00	未実施	20.0	1.60	800°C4h	81.3	0.30	1100	90	62	1.679	1.616	0.847	発明例
18	B	2.00	未実施	55.0	0.90	800°C10h	72.2	0.25	1100	101	50	1.692	1.582	0.854	発明例
19	B	2.00	800°C10h	55.0	0.90	800°C10h	72.2	0.25	1100	96	48	1.709	1.599	0.862	発明例
20	B	2.00	950°C20s	55.0	0.90	800°C10h	72.2	0.25	1100	89	49	1.704	1.593	0.860	発明例

※1) * : 中間焼鈍を挟まずに仕上板厚まで圧下率86.4%の冷間圧延を施したものの

※2) 下線部は本発明範囲外を示す。

【 0 0 5 7 】

No. 1 ~ 5 および 11 ~ 20 は第1冷間圧延工程および第2冷間圧延工程における圧

10

20

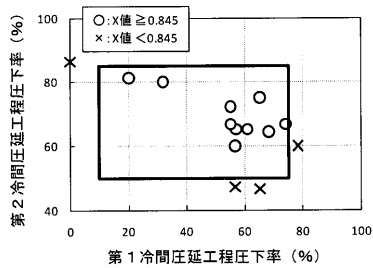
30

40

50

下率、仕上板厚、平均結晶粒径が所定の範囲内であるため、所望の磁気特性を得られている。また、No. 18 ~ 20 に示すように、熱延板焼鈍を施すことにより磁気特性が向上した。一方、No. 6 は仕上板厚が所定の範囲から外れているため、No. 7 は中間焼鈍を挟む 2 回の冷間圧延を施していないため、No. 8 および 9 は第 2 冷間圧延工程における圧下率および仕上板厚が所定の範囲から外れているため、No. 10 は第 1 冷間圧延工程における圧下率が所定の範囲から外れているため、いずれも所望の磁気特性を得られなかった。

【図 1】



フロントページの続き

- (72)発明者 田中 一郎
大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社内
- (72)発明者 屋鋪 裕義
大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社内
- (72)発明者 岩本 繁夫
大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社内

審査官 田口 裕健

- (56)参考文献 特開平11-350032(JP,A)
特開平08-088114(JP,A)
特開2005-200756(JP,A)
特開昭59-083723(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- C22C 38/00 - 38/60
C21D 8/12、9/46