

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5194535号
(P5194535)

(45) 発行日 平成25年5月8日 (2013.5.8)

(24) 登録日 平成25年2月15日 (2013.2.15)

(51) Int. Cl.	F I
C 2 2 C 38/00 (2006.01)	C 2 2 C 38/00 3 O 3 U
C 2 2 C 38/12 (2006.01)	C 2 2 C 38/12
H O 1 F 1/16 (2006.01)	H O 1 F 1/16 A
B 2 1 B 3/02 (2006.01)	B 2 1 B 3/02
C 2 1 D 8/12 (2006.01)	C 2 1 D 8/12 A

請求項の数 5 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2007-110163 (P2007-110163)	(73) 特許権者	000006655
(22) 出願日	平成19年4月19日 (2007.4.19)		新日鐵住金株式会社
(65) 公開番号	特開2008-50685 (P2008-50685A)		東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
(43) 公開日	平成20年3月6日 (2008.3.6)	(74) 代理人	100099759
審査請求日	平成21年9月15日 (2009.9.15)		弁理士 青木 篤
(31) 優先権主張番号	特願2006-203396 (P2006-203396)	(74) 代理人	100077517
(32) 優先日	平成18年7月26日 (2006.7.26)		弁理士 石田 敬
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(74) 代理人	100087413
			弁理士 古賀 哲次
		(74) 代理人	100113918
			弁理士 亀松 宏
		(74) 代理人	100140121
			弁理士 中村 朝幸
		(74) 代理人	100111903
			弁理士 永坂 友康

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高強度無方向性電磁鋼板

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

質量%で、C : 0 . 0 1 % 以上 0 . 0 5 % 以下、S i : 2 . 0 % 以上 4 . 0 % 以下、M n : 0 . 0 5 % 以上 0 . 5 % 以下、A l : 3 . 0 % 以下、N b : 0 . 0 1 % 以上 0 . 0 5 % 以下を含有し、残部 F e 及び不可避不純物からなり、M n と C の含有量が質量%で $M n \ 0 . 6 - 1 . 0 \times C$ を満たし、かつ、鋼板の再結晶部分の面積率が 5 0 % 以上、引張試験における降伏強度が 6 5 0 M P a 以上、破断伸びが 1 0 % 以上、鉄損 $W 1 0 / 4 0 0$ が 7 0 W / k g 以下であることを特徴とする無方向性電磁鋼板。

【請求項 2】

質量%で N i : 3 . 0 % 以下をさらに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。

10

【請求項 3】

鋼板断面の平均結晶粒径が 4 0 μ m 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】

請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の無方向性電磁鋼板において、該無方向性電磁鋼板が、衝撃試験における遷移温度が 7 0 以下である熱延板を用い、その後熱延板焼鈍、酸洗、冷延、仕上焼鈍からなる工程で製造されたものであることを特徴とする無方向性電磁鋼板。

【請求項 5】

20

請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の無方向性電磁鋼板において、該無方向性電磁鋼板が、衝撃試験における遷移温度が 70 以下である熱延板を用い、その後、熱延板焼鈍を省略して酸洗、冷延、仕上焼鈍からなる工程で製造されたものであることを特徴とする無方向性電磁鋼板。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は電気自動車用モータ、ハイブリッド自動車用モータや電気機器用モータの鉄心材料として使用される高強度無方向性電磁鋼板に関するものである。

【背景技術】

10

【0002】

近年、世界的な電気機器の省エネルギー化の高まりにより、回転機の鉄心材料として用いられる無方向性電磁鋼板に対しても、より高性能な特性が要求されてきている。

【0003】

特に最近では電気自動車用モータやハイブリッド自動車用モータ等において小型高出力モータのニーズが強く、モータ回転数を高速化することで、モータトルクを稼ぐ設計がなされるようになってきた。これまで高速回転モータと言えば工作機械や掃除機用に代表されたが、電気自動車用モータ、ハイブリッド自動車用モータはそれらの従来モータよりも外形が大きく、さらに DC ブラシレスモータと呼ばれるロータ外周近傍に磁石を埋め込んだ構造のために、ロータ外周部のブリッジ部(ロータ最外周 ~ 磁石間の鋼板幅)が場所によ

20

【0004】

一般に、鋼の強度は元素を添加することで高くなり、無方向性電磁鋼板においては、鉄損低減のために添加される Si や Al 等によって副次的にこの効果を享受している。また、鋼板の結晶粒径を細かくすることで高強度が得られることも一般的に知られている。

【0005】

これらの技術を利用するものとして、例えば、特許文献 1 では、Si に Mn や Ni の元素を加えて固溶体強化を図って高強度化する方法が提案されている。この方法は、鉄と原子サイズの異なる置換型元素を固溶させることで鉄格子を歪ませて変形抵抗を大きくする

30

【0006】

【特許文献 1】特開昭 62 - 256917 号公報

【特許文献 2】特開平 06 - 330255 号公報

40

【特許文献 3】特開平 10 - 18005 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、高速回転モータ用の鉄心材料として、強度に優れた無方向性電磁鋼板を、モータコアの打抜き加工および鋼板製造における歩留まりや生産性を犠牲にすることなく提供しようとするものである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、上記課題を解決するため、以下を要旨とするものである。

50

(1) 質量%で、C：0.01%以上0.05%以下、Si：2.0%以上4.0%以下、Mn：0.05%以上0.5%以下、Al：3.0%以下、Nb：0.01%以上0.05%以下を含有し、残部Fe及び不可避不純物からなり、MnとCの含有量が質量%で $Mn = 0.6 - 1.0 \times C$ を満たし、かつ、鋼板の再結晶部分の面積率が50%以上、引張試験における降伏強度が650MPa以上、破断伸びが10%以上、鉄損 $W_{10/400}$ が70W/kg以下であることを特徴とする無方向性電磁鋼板。

【0009】

(2) 質量%でNi：3.0%以下をさらに含有することを特徴とする(1)に記載の無方向性電磁鋼板。

(3) 鋼板断面の平均結晶粒径が40μm以下であることを特徴とする(1)または(2)に記載の無方向性電磁鋼板。 10

(4) (1)～(3)のいずれかに記載の無方向性電磁鋼板において、該無方向性電磁鋼板が、衝撃試験における遷移温度が70℃以下である熱延板を用い、その後熱延板焼鈍、酸洗、冷延、仕上焼鈍からなる工程で製造されたものであることを特徴とする無方向性電磁鋼板。

(5) (1)～(3)のいずれかに記載の無方向性電磁鋼板において、該無方向性電磁鋼板が、衝撃試験における遷移温度が70℃以下である熱延板を用い、その後酸洗、冷延、仕上焼鈍からなる工程で製造されたものであることを特徴とする無方向性電磁鋼板。

【発明の効果】

【0010】

20

本発明は、モータコアや鋼板製造時の歩留まりや生産性を犠牲にすることなく、強度に優れた無方向性電磁鋼板を低コストで提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

本発明者らは、鋼を強化する元素の添加により、磁気特性および強度の向上のみならず、モータコアや鋼板製造時の歩留まりや生産性も改善する方法について研究を進めてきた。生産性の改善とは、モータコア打抜き及び鋼板製造時に発生する割れや破断を抑制することであるが、高強度化された鋼板はそもそも脆いため、例えばモータコアの打抜き端面に亀裂が入ったり、酸洗や冷延の鋼板製造工程で割れが入ったり破断したりして、歩留まりや生産性を著しく悪化させることがあった。そこで、本発明者らは、仕上焼鈍後の電磁鋼板(以下、製品板と称する場合もある)および熱延板の靱性について詳細に研究を進めてきたところ、MnとCの含有量、および製品板の破断伸びや熱延板の衝撃特性などを規定することでモータコア打抜きおよび鋼板製造の歩留まりや生産性が著しく改善することを知見し、本発明を完成させた。

30

【0012】

以上の知見に基づきなされた本発明につき、以下で順次説明する。

まず、本発明の無方向性電磁鋼板の成分組成の限定理由について説明する。なお、元素の含有量の%は質量%を意味する。

【0013】

Cは炭化物の生成に必要な元素である。高強度化に有効な結晶粒の微細化に際し、微細な炭化物は再結晶時の核生成サイトを増やし、さらに再結晶粒の成長を抑制する効果がある。このような効果を十分に享受するためにはCは0.01%以上を含有していなければならない。また0.05%を超えて添加すると効果が飽和し、かつ鉄損が悪化するので0.05%を上限とした。

40

【0014】

Siは固有抵抗を増加させるために有効であると同時に、固溶体強化としても有効な元素であるが、過度に添加すると冷延性を著しく悪くするため4.0%を上限とした。また固溶体強化と低鉄損の観点から下限を2.0%とした。

【0015】

AlはSi同様に固有抵抗を増加させるのに有効な元素であるが、添加量が3.0%を

50

超えると鑄造性を悪化させるため、生産性を考慮して3.0%を上限とした。下限については特に定めるものではないが、脱酸の安定化(鑄造中のノズル詰まり防止)の観点から、Al脱酸の場合は0.02%以上、Si脱酸の場合は0.01%未満が好ましい。

【0016】

Nbは炭化物を生成し、結晶粒径を微細化するのに必要な元素である。0.01%未満では十分な炭化物の析出が望めないため、0.01%を下限とした。また0.05%を超えて添加しても効果が飽和するので上限を0.05%とした。

【0017】

Niは鋼板をあまり脆化させずに高強度化できる有効な元素である。ただし高価であることから必要強度に応じて添加することとする。添加する場合、その効果が十分得られる添加量としては0.5%以上が好ましい。上限はコストを考慮して3.0%とした。

10

【0018】

MnはSiと同様に固有抵抗を増加させ、固溶体強化としても有効な元素であるが、炭化物を活用する本発明の鋼板では、Mn量の増加は鋼板の靱性に著しく影響を与えるためにその含有量は制限される。

すなわち、本発明者らは、モータコアの打抜き加工および鋼板製造における歩留まりや生産性を改善するためには、MnとCとの関係が重要であり、C量との関係で、Mn量を $(0.6 - 1.0 \times C)$ 以下とする必要があることを新たに見出した。

【0019】

その理由は必ずしも明確でないが、本発明者らは以下のように考えている。

20

Mn量が多いとMnSは高温から析出するために粗大化し、一方でMn量が少ないとMnSはより低温で析出するために微細化する。NbCはMnSと複合析出する場合が多いため、NbCの析出状態はMnSの影響を強く受ける。すなわちMn量が多いと粗大で粗に、Mn量が少ないと微細で密に分散する。鋼板の結晶粒径は微細な方が靱性に優れるが、炭化物が粗に分散した場合、結晶粒成長の抑止力が弱く、結晶粒成長が促進され、鋼板の靱性が低下するものと考えている。さらに析出物が粗大であると衝撃時に析出物まわりに応力が集中して靱性が低下すると考えられる。また炭化物のサイズや分散はC量にも影響され、C量が多いと炭化物は高温から析出するために粗大で粗に、C量が少ないと低温で析出するために微細で密になる。

【0020】

30

以上のことから、鋼板の靱性はMnSの析出形態に影響を与えるMn量、及び炭化物自身の析出に影響を与えるC量の関係で整理できることを知見し、その関係式として、質量%でMn $0.6 - 1.0 \times C$ を見出したものである。

【0021】

したがってMnについては、上述のCの下限規定値、MnとC量の規定式から0.5%を上限値とするが、鋼板の靱性の観点から0.2%以下がより好ましい。下限については製鋼における脱Mn処理のコストを考慮して0.05%以上とした。

【0022】

次に、本発明の無方向性電磁鋼板の他の数値限定の限定理由について説明する。

【0023】

40

製品板の再結晶部分の面積比率は、安定した材質強度を得る観点から50%以上に規定した。仕上焼鈍の焼鈍温度を低く、あるいは焼鈍時間を短くして、再結晶部分の面積比率を50%未満に低下させていくと、冷延組織からの回復組織が残存して高強度が得られるものの、温度や時間の僅かな変動による強度変化が大きく、所定の強度を保証するためには適していない。

【0024】

製品板の引張試験における降伏強度については、高速回転するロータの破壊限界を考慮して650MPa以上に規定した。より好ましくは700MPa以上である。ここで規定した降伏応力については上降伏点の値とする。なお引張試験片は圧延方向とし、形状はJISに基づいたものとする。

50

【0025】

また、破断伸びについては10%未満であると打抜き加工時に鋼板端面の近傍に割れが入り、応力集中して破断に至るため、10%以上と規定した。この10%以上の破断伸びを得るためにも、製品板の再結晶率は50%以上にする必要がある。なぜならば再結晶率50%未満では、未再結晶部に残存する加工歪によって、破断伸びが著しく低下するからである。

【0026】

製品板の鉄損については $W10/400$ (400Hz で 1.0T まで励磁した時の鉄損)で 70W/kg 以下と規定した。 70W/kg を超えるとロータの発熱が大きくなり、ロータに装入されている磁石の減磁によるモータ出力が低下するからである。さらに好ましくは 50W/kg 以下である。

10

【0027】

製品板断面の平均結晶粒径については $40\mu\text{m}$ 以下の細粒にすることで、より高い降伏強度と破断伸びが得られるため、 $40\mu\text{m}$ 以下に規定した。

【0028】

本発明では、生産性をより向上させるために、電磁鋼板を製造する過程で、衝撃試験における遷移温度が 70 以下である熱延板を用いるのがより好ましい。

【0029】

本発明者らは、電磁鋼板の熱延後の製造過程やモータコアの打抜き過程などで割れや破断が生じた場合、熱延板の遷移温度が高く、その熱延後の製造工程そのものが鋼板の脆性領域であったとの考えに基づき、条件を調整して熱延板の遷移温度を下げ、熱延後、延性領域で製造するようにしたところ、割れや破断が生じないことを見出した。

20

そして、酸洗、冷延、仕上焼鈍の各製造工程において、 70 の鋼板温度は確保できることから、熱延板の遷移温度がこの温度より低ければ、熱延以降の各製造工程で割れや破断が生じるような問題はなく、したがって熱延板の遷移温度の上限を 70 に規定した。もちろんさらに安定的に通板するためには、遷移温度はより低いことが好ましい。

【0030】

ここで規定した遷移温度とはJISに規定されている通り、試験温度と延性破面率の関係を示す遷移曲線において延性破面率50%と内挿できる温度である。または延性破面率0%と100%の吸収エネルギーの平均値となる温度を内挿しても構わない。なお試験片はJISに規定されたサイズを基本とするが、試験片の幅については熱延板の厚みとする。したがってサイズとしては圧延方向に長さ 55mm 、高さ 10mm 、幅は熱延板の厚みに応じて $1.5\sim 3.0\text{mm}$ 程度である。さらに試験に際しては試験片を複数本重ね、フルサイズ試験片の厚みである 10mm に近づける方が好ましい。

30

【0031】

本発明の無方向性電磁鋼板は、製鋼、熱延(あるいは、熱延、熱延板焼鈍)、酸洗、冷延、仕上焼鈍からなる通常の工程で製造でき、その際の製造条件についても、特別の条件を必要とするものではなく、例えば、熱延のスラブ加熱温度については $1000\sim 1200$ 、仕上温度は $800\sim 1000$ 、巻取り温度は 700 以下の標準的な条件でよい。特に、熱延板衝撃試験温度の遷移温度を 70 以下にする場合には、熱延板の再結晶およびCの偏析を抑制することが重要で、巻取り温度を 600 以下、更に好ましくは 550 以下にすることが好ましい。

40

【0032】

熱延板の厚みについては薄い方が酸洗通板や冷延通板時の割れや破断防止に有利であるため、熱延板の靱性と生産効率等を勘案して適宜調整できるものとする。また熱延板焼鈍については、熱延板の靱性、仕上焼鈍時の結晶粒成長、機械特性や磁気特性を勘案して実施の有無を決定すればよい。仕上焼鈍については製品の結晶粒径を介して機械特性や鉄損を左右するため、必要特性に応じて適宜調整できるものとする。特に平均結晶粒径を $40\mu\text{m}$ 以下とし、かつ再結晶部分の面積比率を50%以上とするためには、仕上焼鈍を焼鈍温度 $790\sim 900$ で焼鈍時間 $10\sim 60$ 秒の条件で行うことが好ましい。

50

【 0 0 3 3 】

以上説明したように、本発明は、電磁鋼板の化学組成を、質量%で、C：0.01%以上0.05%以下、Si：2.0%以上4.0%以下、Mn：0.05%以上0.5%以下、Al：3.0%以下、Nb：0.01%以上0.05%以下を含有し、あるいは、さらにNi：0.5%以上3.0%以下を含有し、残部Fe及び不可避不純物からなり、MnとCの含有量が質量%で $Mn = 0.6 - 10 \times C$ を満たすものとし、かつ、仕上焼鈍後の電磁鋼板の再結晶部分の面積比率を50%以上、引張試験における降伏強度を650MPa以上、破断伸びを10%以上、鉄損W10/400を70W/kg以下とし、さらに好ましくは、鋼板断面の平均結晶粒径を40μm以下とするとともに、電磁鋼板製造時に、衝撃試験における遷移温度が70以下である熱延板を用いことにより、モータコアや鋼板製造時の歩留まりや生産性を犠牲にすることなく、強度に優れた無方向性電磁鋼板を低コストで提供することができる。

10

【 0 0 3 4 】

以下、実施例を用いて、本発明の実施可能性及び効果についてさらに説明する。

なお、実施例に用いた条件はその確認のための一条件例であり、本発明は、この一条件例に限定されるものではない。本発明を逸脱せず、本発明の目的を達成する限りにおいて、本発明は種々の条件を採用し得るものである。

【実施例】

【 0 0 3 5 】

(実施例1)

20

実験室の真空溶解炉にて、表1に示す成分の鋼片を作製し、1100で60分の加熱を施した後、直ちに熱延して板厚2.0mmとし、900で1分の熱延板焼鈍の後に酸洗を施し、一回の冷延にて板厚0.35mmとした。こうして得られた冷延板に790で30秒間の仕上焼鈍を施した。表1に示す通り、本発明の条件を満たす試料A2, A5, A7, A8, A11において降伏強度650MPa以上でかつ、破断伸び10%以上の良好な特性が得られた。また、これらの試料では再結晶部分の面積比率は50%以上であった。なお本発明の条件を満たさない試料A1, A4, A10では降伏強度650MPa未満、試料A6では破断伸びが10%未満、試料A3, A12は鉄損が70W/kg超で基準を満たさなかった。

【 0 0 3 6 】

30

【表1】

表1

試料	C (%)	Si (%)	Mn (%)	Al (%)	Nb (%)	$0.6-10 \times C$ (%)	降伏強度 (MPa)	破断伸び (%)	W10/400 (W/kg)	備考
A1	0.008	2.93	0.33	0.49	0.027	0.52	623	19	41	比較例
A2	0.015					0.45	667	20	46	発明例
A3	0.055					0.05	689	17	78	比較例
A4	0.032	1.55	0.23	1.42	0.041	0.28	513	31	65	比較例
A5		2.21					678	23	53	発明例
A6		4.15					876	5	36	比較例
A7	0.041	3.13	0.05	0.024	0.015	0.19	667	25	56	発明例
A8			0.18				678	18	54	発明例
A9			0.56				685	8	57	比較例
A10	0.029	2.54	0.12	0.003	0.007	0.31	582	27	51	比較例
A11					0.021		655	24	57	発明例
A12					0.058		676	21	79	比較例

40

【 0 0 3 7 】

50

(実施例 2)

実験室の真空溶解炉にて、質量%でC：0.032%、Si：3.0%、Mn：0.12～1.0%、Al：0.3%、Nb：0.035%を含有した鋼片を作製した。これらの鋼片に対し、1100 で60分の加熱を施した後、直ちに熱延して板厚2.0mmとし、酸洗を施し、一回の冷延にて板厚0.50mmとした。こうして得られた冷延板に800 で30秒間の仕上焼鈍を施した。表2に示す通り、全ての試料で降伏強度650MPa以上、鉄損70W/kg以下と良好であったが、本発明の条件を満たす試料B1～B3においては、破断伸びが10%以上でかつ熱延板の遷移温度70 以下の良好な靱性が得られ、また、再結晶部分の面積比率も50%以上であった。なお、本発明の条件を満たさない試料B4では破断伸びが10%未満、試料B5～B8では破断伸びが10%未満でかつ熱延板の遷移温度が70 超であった。

10

【0038】

【表2】

表2

試料	Mn (%)	0.6-10×C (%)	降伏強度 (MPa)	破断伸び (%)	W10/400 (W/kg)	熱延板の遷移温度 (°C)	備考
B1	0.12	0.28	664	21	45	40	発明例
B2	0.18		668	18	46	60	
B3	0.25		672	14	45	65	
B4	0.31		675	9	44	70	比較例(破断伸び外れ)
B5	0.48		678	8	47	80	比較例 (破断伸び+遷移温度外れ)
B6	0.75		683	8	45	90	
B7	0.88		687	7	45	110	
B8	1.00		692	6	43	130	

20

【0039】

(実施例 3)

実験室の真空溶解炉にて、質量%でC：0.005～0.095%、Si：2.7%、Mn：0.24%、Al：0.6%、Nb：0.045%を含有した鋼片を作製した。これらの鋼片に対し、1120 で60分の加熱を施した後、直ちに熱延して板厚1.8mmとし、酸洗を施し、一回の冷延にて板厚0.35mmとした。こうして得られた冷延板に820 で30秒間の仕上焼鈍を施した。表3に示す通り、全ての試料で降伏強度650MPa以上であったが、本発明の条件を満たす試料C1～C4においては、破断伸びが10%以上でかつ熱延板の遷移温度70 以下の良好な靱性が得られた。また、これらの試料では再結晶部分の面積比率は50%以上であった。なお、本発明の条件を満たさない試料C5では破断伸びが10%未満、試料C6～C8では破断伸びが10%未満でかつ熱延板の遷移温度が70 超であった。

30

【0040】

40

【表 3】

表 3

試料	C (%)	0.6-10×C (%)	降伏強度 (MPa)	破断伸び (%)	W10/400 (W/kg)	熱延板の遷移温度 (°C)	備考
C2	0.012	0.48	653	18	46	10	発明例
C3	0.022	0.38	661	16	45	30	発明例
C4	0.035	0.25	662	14	44	50	発明例
C5	0.044	0.16	663	8	47	65	比較例 (破断伸び外れ)
C6	0.051	0.09	674	8	63	110	比較例 (破断伸び+遷移温度外れ)
C7	0.062	-0.02	679	7	73	120	比較例
C8	0.095	-0.35	681	6	87	130	(破断伸び+鉄損+遷移温度外れ)

10

【0041】

(実施例4)

実験室の真空溶解炉にて、質量%でC：0.021%、Si：3.5%、Mn：0.18%、Al：0.03%、Nb：0.025%、Ni：0.01~2.7%を含有した鋼片を作製した。これらの鋼片に対し、1120 で60分の加熱を施した後、直ちに熱延して板厚1.8mmとし、酸洗を施し、一回の冷延にて板厚0.35mmとした。こうして得られた冷延板に830 で30秒間の仕上焼鈍を施した。表4に示す通り、すべての試料で降伏強度650MPa以上、破断伸び10%以上、鉄損70W/kg以下、熱延板の遷移温度70 以下と良好であり、再結晶部分の面積比率も50%以上であったが、特に、Niを0.5%以上添加した試料D4~D10においては非常に高い降伏応力が得られた。

20

【0042】

【表4】

表 4

試料	Ni (%)	0.6-10×C (%)	降伏強度 (MPa)	破断伸び (%)	W10/400 (W/kg)	熱延板の遷移温度 (°C)	備考
D1	0.01	0.39	664	26	45	65	○
D2	0.12		666	25	46	65	○
D3	0.34		669	24	45	65	○
D4	0.56		701	22	44	60	◎
D5	0.76		721	21	47	55	◎
D6	0.97		757	20	45	55	◎
D7	1.23		789	19	43	55	◎
D8	1.78		803	17	43	60	◎
D9	2.33		856	16	45	60	◎
D10	2.70		877	14	43	60	◎

30

○条件を満たすもの

◎特に高い降伏応力が得られたもの

40

【0043】

(実施例5)

実験室の真空溶解炉にて、質量%でC：0.024%、Si：2.8%、Mn：0.17%、Al：0.8%、Nb：0.028%を含有した鋼片を作製した。これらの鋼片に

50

対し、1120 で60分の加熱を施した後、直ちに熱延して板厚1.8mmとし、酸洗を施し、一回の冷延にて板厚0.35mmとした。こうして得られた冷延板に700 から900 の異なる温度で30秒間の仕上焼鈍を施した。表5に示す通り、再結晶部分の面積比率が低いE1以外のすべての試料で、降伏強度650MPa以上、破断伸び10%以上、鉄損70W/kg以下の良好な特性であったが、特に、平均結晶粒径が40μm未満で、かつ再結晶部分の面積比率が50%以上の試料E2～E4においては非常に高い降伏応力が得られ、また破断伸びも特に良好であった。

【0044】

【表5】

10

表5

試料	平均結晶粒径 (μm)	再結晶の 面積比率 (%)	製品板の 降伏応力 (MPa)	破断伸び (%)	W10/400 (W/kg)	備考
E1	未測	20	753	5	70	×
E2	未測	60	692	23	50	◎
E3	21	100	689	22	48	◎
E4	38	100	689	21	46	◎
E5	46	100	659	17	42	○
E6	65	100	655	13	39	○

20

×条件を満たさないもの（再結晶の面積比率不足）

○条件を満たすもの

◎特に高い降伏応力が得られたもの

フロントページの続き

- (72)発明者 有田 吉宏
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 村上 英邦
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 松本 穰
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 原中 沙緒理
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 久保田 猛
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内

審査官 伊藤 真明

- (56)参考文献 特開平02-008346(JP,A)
特開2003-342698(JP,A)
特開平06-330255(JP,A)
特開2003-183734(JP,A)
特開2007-039721(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C22C 38/00-38/60