

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-298846  
(P2005-298846A)

(43) 公開日 平成17年10月27日(2005.10.27)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
C 2 1 C 7/00	C 2 1 C 7/00	4 K O 1 3
H O 1 F 1/16	H O 1 F 1/16	5 E O 4 1
// C 2 2 C 38/00	C 2 2 C 38/00	3 O 3 U

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2004-112803 (P2004-112803)	(71) 出願人	000006655 新日本製鐵株式会社 東京都千代田区大手町2丁目6番3号
(22) 出願日	平成16年4月7日(2004.4.7)	(74) 代理人	100099759 弁理士 青木 篤
		(74) 代理人	100077517 弁理士 石田 敬
		(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	100082898 弁理士 西山 雅也

最終頁に続く

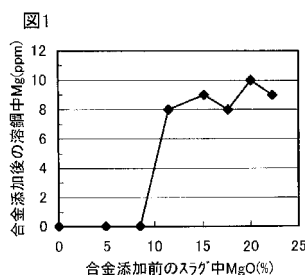
(54) 【発明の名称】 磁気特性に優れた無方向性電磁鋼板の溶製方法

(57) 【要約】

【課題】 溶鋼中に不可避免的に混入しているSの無害化を図りながら、Sと同じく磁性に有害なTiの増加を抑制できる低コストで生産性に優れた無方向性電磁鋼板の溶製方法を提供する。

【解決手段】 質量%で、Si:3.5%以下Al:0.2%以上3.0%以下を含む鋼にMgを含有させる無方向性電磁鋼板の溶製に際し、脱ガス処理終了後で合金添加前の溶鋼スラグのMgOを質量%で10%以上、更にTiO<sub>2</sub>を質量%で0.3%以下、また合金添加完了後の溶鋼スラグのMgOを質量%で10%以上にする。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

質量%で、Si:3.5%以下、Al:0.2%以上3.0%以下を含む鋼にMgを含有させるに際し、脱ガス処理終了後で合金添加前の溶鋼スラグのMgOを質量%で10%以上にすることを特徴とする無方向性電磁鋼板の溶製方法。

## 【請求項 2】

合金添加完了後の溶鋼スラグのMgOを質量%で10%以上に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の溶製方法

## 【請求項 3】

脱ガス処理終了後で合金添加前の溶鋼スラグのTiO<sub>2</sub>を質量%で0.3%以下にすることを特徴とする請求項 1 もしくは請求項 2 に記載の無方向性電磁鋼板の溶製方法。 10

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、電気機器の鉄心材料として使用される無方向性電磁鋼板の製造方法に関するものであり、特に磁気特性に優れた無方向性電磁鋼板の溶製方法に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、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おり、その溶製方法として不可避混入元素、特にSやTiを極力減らす高純度鋼化が進んできている。しかしながら、不可避混入元素を皆無にすることは工業上難しく、特許文献 1 ではREMを添加してSをREM-Sとして粗大析出させる方法、特許文献 2 ではCaを添加してSをCaSとして粗大析出させる方法、特許文献 3 ではMgあるいは、Mg, Ca, REMを複合添加してSを粗大析出させる方法が提案されている。これらはいずれも鋼中の不可避混入物であるSを親和力の強いREM, Ca, Mgで粗大化して無害化する方法ではあるが、同時に強脱酸元素でもあるため、その弊害として溶鋼スラグ中のTiO<sub>2</sub>を還元し、Sと同様に磁性に有害なTiの溶鋼中濃度を上昇させてしまうという問題があった。 20

## 【0003】

【特許文献 1】特開平 8 - 3 2 5 6 7 8 号公報

【特許文献 2】特開平 1 0 - 1 8 3 3 0 9 号公報 30

【特許文献 3】特開 2 0 0 2 - 3 0 2 7 4 6 号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

本発明は、上述の問題を鑑み、Sの無害化を図りながら、Sと同じく磁性に有害なTiの上昇を抑制する無方向性電磁鋼板の溶製方法を提供するものである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0005】

本発明は、上記課題を解決するため、以下(1)~(3)を要旨とするものである。

(1)質量%で、Si:3.5%以下、Al:0.2%以上3.0%以下を含む鋼にMgを含有させるに際し、脱ガス処理終了後で合金添加前で溶鋼スラグのMgOを質量%で10%以上にすることを特徴とする無方向性電磁鋼板の溶製方法。 40

(2)合金添加完了後の溶鋼スラグのMgOを質量%で10%以上にすることを特徴とする(1)に記載の無方向性電磁鋼板の溶製方法

(3)脱ガス処理終了後で合金添加前の溶鋼スラグのTiO<sub>2</sub>を質量%で0.3%以下にすることを特徴とする請求項 1 もしくは請求項 2 に記載の無方向性電磁鋼板の溶製方法。

## 【発明の効果】

## 【0006】

本発明は、不可避混入元素で磁気特性に有害なSとTiについて、磁性目的で必然的に添加される元素と溶鋼スラグの相互作用によって、無害化および低減を可能ならしめる方法 50

であって、低コストでかつ生産性に優れた製造方法である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0007】

以下に本発明について詳細に説明する。本発明者らは、無方向性電磁鋼板の溶鋼における不可避混入元素で磁気特性に有害なSとTiの対策について、鋼板の磁性向上を目的として必然的に多量添加されるAlに着目した。すなわち、脱ガス処理後、溶鋼中濃度が0.2%以上になるように多量添加されるAlと、溶鋼スラグ中のMgOとの相互作用を促進することで、鋼中のSを磁性に無害なサイズまで粗大化し、かつ鋼中のTi増加を抑制できることを知見し、本発明を完成させた。以下、本発明に至った実験結果について述べる。

【0008】

図1は脱ガス処理後で合金添加前における溶鋼スラグ中のMgO濃度と、合金添加後における溶鋼中のMgとTi濃度の関係である。いずれの処理も同一鋼種であり、Si, Mn, Al等の合金添加完了後の溶鋼成分は、Si:1.9~2.1%、Mn:0.15~0.25%、Al:0.25~0.30%、S:0.0010~0.0015%、Ti:0.0007~0.0009%、O:0.0035~0.0046%の範囲にあった。図1から判るように、合金添加前における溶鋼スラグのMgO濃度を10%以上にすると、合金添加後の溶鋼サンプルから0.0007%以上のMgが検出された。

【0009】

このMgが確認された溶鋼のTi濃度を図2に示すが、Mg含有量とは無関係に0.0007~0.009%で低く安定していた。さらに、Mg未検出の溶鋼については合金添加の完了直後にMg合金をワイヤーで添加した。結果を図2に併記するが、Mg添加によって溶鋼中のMg濃度は高まるものの、溶鋼中のTi濃度は添加前の0.0007~0.0009%に対し、0.0015~0.0035%まで増加した。

【0010】

次に溶鋼サンプルの硫化物について電子顕微鏡で観察した。Mgが検出されたサンプルでは直径1 $\mu$ m程度のMg, S、あるいはAl, Mg, Sを含む複合酸化物が観察された。一方、Mg未検出のサンプルからは直径1 $\mu$ m程度のMgを含まないAlの酸化物が観察されたが、この酸化物からSは検出されず、一方で直径0.1 $\mu$ m以下のMnSが多数観察された。

【0011】

このように、脱ガス処理後で合金添加前の溶鋼スラグのMgO濃度を高めることで、溶鋼中にMgの酸化物あるいはMg, Alの複合酸化物を生成すること、さらにこれらの酸化物は、Mgを含まないAlの酸化物では不可能であったSとの複合析出を可能ならしめることを知見した。このMg酸化物あるいはMg, Al複合酸化物の成因については、溶鋼に多量に添加されるAlによって、MgOスラグが一部還元され、溶鋼中のAl酸化物と複合化、あるいは置換するためと考えている。さらに本手法においては、溶鋼中にMg合金を添加する方法とは異なり、溶鋼中のTiはほとんど増加しないことを知見した。

【0012】

次に、本発明における成分の限定理由について述べる。単位は質量%である。

【0013】

Siは電気抵抗を増加させるために有効な元素であるため、要求特性に応じて添加量を調整することができるものとするが、添加量が3.5%を超えると圧延性が極端に悪化するので、3.5%を上限とした。

【0014】

Alは溶鋼中にMgとAlの複合酸化物の生成させるために有効な元素である。0.2%に満たないとMgとの複合化には不十分なため0.2%を下限としたが、より安定的にMgとAlの複合酸化物を生成するためには0.5%以上が望ましい。ただし3.0%を超えると铸造性に問題が生じることから、3.0%を上限とした。

【0015】

その他の元素については、無方向性電磁鋼板として周知の範囲で任意に添加してかまわない。

【0016】

10

20

30

40

50

次に、本発明における製鋼条件の限定理由について述べる。

【0017】

合金添加前の溶鋼スラグのMgO濃度は、10%未満では溶鋼中にMg酸化物あるいはMg,Alの複合酸化物を十分に生成できないため、10%以上と規定した。MgO源は特に規定するものではないが、転炉吹錬中に単独、あるいはCaO,Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等との混合フラックスにて添加することが、溶融させるための熱源確保の点から望ましい。さらに合金添加前のみならず、合金添加完了後の溶鋼スラグのMgO濃度も10%以上を維持することで、より安定的にMg酸化物あるいはMg,Alの複合酸化物を生成することができる。

【0018】

合金添加前の溶鋼スラグのTiO<sub>2</sub>濃度を下げておくことは、合金添加によって溶鋼のTi量が増加するのを抑制する効果がある。特にAlを0.2%以上添加する本発明においては、TiO<sub>2</sub>濃度が0.3%を超えるとTi増加の抑制が不十分となるため、0.3%以下と規定した。

10

【実施例1】

【0019】

無方向性電磁鋼板の溶製に際し、吹錬後に脱ガス処理した溶鋼について、溶鋼成分がSi:2.0~2.2%、Mn:0.2~0.4%、Al:2.2~2.4%の範囲になるように合金添加した。合金添加前の溶鋼スラグにおけるMgO濃度は、転炉吹錬中にMgOを含む混合フラックスの添加量を調整して2.4~25.5%まで8水準とした。またこの時のTiO<sub>2</sub>濃度はいずれも0.15~0.22%の範囲にあった。

【0020】

合金添加完了後、Arバブリングにて3分間攪拌の後、溶鋼のMgおよびTi濃度を分析した。結果は表1に示す通り、合金添加前の溶鋼スラグのMgO濃度が10%以上であるサンプル4~8について、溶鋼のTi濃度は低位を維持しつつ、Mgを含有することができた。

20

【0021】

【表1】

表1

符号	合金添加前のスラグ成分		合金添加後の溶鋼成分		備考
	MgO (%)	TiO <sub>2</sub> (%)	Mg (ppm)	Ti (ppm)	
1	2.4	0.16	<1	7	比較例
2	5.8	0.17	<1	8	比較例
3	8.9	0.22	<1	8	比較例
4	11.5	0.15	6	7	発明例
5	15.8	0.21	8	6	発明例
6	19.2	0.16	9	8	発明例
7	22.1	0.20	13	7	発明例
8	25.5	0.19	11	8	発明例

30

【実施例2】

【0022】

無方向性電磁鋼板の溶製に際し、吹錬後に脱ガス処理した溶鋼について、溶鋼成分がSi

50

:3.0~3.2%、Mn:0.1~0.2%、Al:1.0~1.2%の範囲になるように合金を添加した。合金添加前の溶鋼スラグにおけるTiO<sub>2</sub>濃度は、溶銑のTi量やスラグ排滓等の調整によって0.05~0.98%まで8水準とした。またこの時のMgO濃度はいずれも15.7~18.9%の範囲にあった。

【0023】

合金添加完了後、Arバブリングにて3分間攪拌の後、溶鋼のMgおよびTi濃度を分析した。結果は表2に示す通り、合金添加前の溶鋼スラグのTiO<sub>2</sub>濃度が0.3%以下であるサンプル1~4について、合金添加完了後の溶鋼Ti量は10ppm以下に低位安定化することができた。

【0024】

【表2】

表2

符号	合金添加前のスラグ成分		合金添加後の溶鋼成分		備考
	MgO (%)	TiO <sub>2</sub> (%)	Mg (ppm)	Ti (ppm)	
1	15.8	0.05	7	5	発明例
2	15.7	0.11	8	7	発明例
3	16.7	0.24	10	7	発明例
4	18.9	0.29	9	8	発明例
5	16.4	0.35	8	17	比較例
6	16.2	0.59	11	19	比較例
7	18.4	0.76	9	21	比較例
8	17.6	0.98	8	26	比較例

【実施例3】

【0025】

無方向性電磁鋼板の溶製に際し、吹錬後に脱ガス処理した溶鋼について、溶鋼成分がSi:2.0~2.1%、Mn:0.1~0.2%、Al:0.2~0.3%の範囲になるように合金を添加した。合金添加前の溶鋼スラグのMgO濃度は11.7~28.9%まで8水準とした。またこの時のTiO<sub>2</sub>濃度は0.12~0.19%の範囲にあった。

【0026】

合金添加完了後、Arバブリングにて3分間攪拌の後、溶鋼のMgおよびTi濃度を分析するのに加え、1時間経過した鑄造前の溶鋼について同様の分析を行なった。結果は表3に示す通り、いずれのサンプルにおいても合金添加完了後の溶鋼からMg量が検出されたが、合金添加後の溶鋼スラグのMgO濃度が10%以上であったサンプル5~8については、1時間経過後にMg量を更に増加させることができた。

【0027】

10

20

30

40

【表 3】

表 3

符号	スラグ中のMgO濃度 (%)		溶鋼中のMgO濃度 (%)		備考
	合金添加前	合金添加後	添加直後	1時間経過後	
1	11.7	5.8	7	8	比較例
2	12.5	7.6	8	7	比較例
3	13.4	8.9	9	8	比較例
4	15.3	9.7	8	8	比較例
5	18.7	11.3	7	15	発明例
6	21.5	15.4	8	18	発明例
7	25.6	17.5	7	17	発明例
8	28.9	18.6	9	20	発明例

10

20

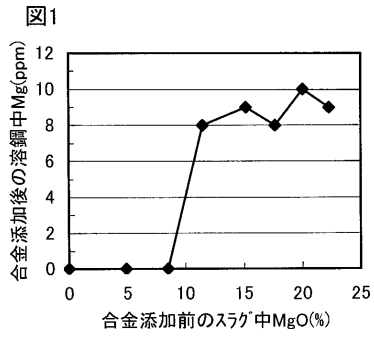
【図面の簡単な説明】

【0028】

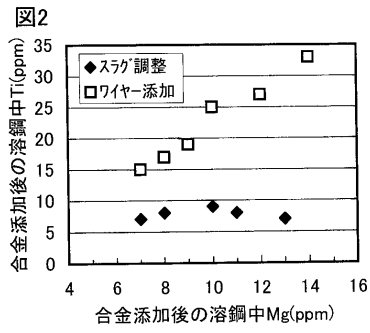
【図1】脱ガス処理後で合金添加前における溶鋼スラグ中のMgO濃度と、合金添加後における溶鋼中のMgとTi濃度の関係を示す図。

【図2】脱ガス処理後で合金添加前における溶鋼中のMg濃度と、合金添加後における溶鋼中のTi濃度の関係を示す図。

【 図 1 】



【 図 2 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 有田 吉宏

福岡県北九州市戸畑区飛幡町1-1 新日本製鐵株式会社八幡製鐵所内

(72)発明者 切敷 幸一

福岡県北九州市戸畑区飛幡町1-1 新日本製鐵株式会社八幡製鐵所内

Fターム(参考) 4K013 AA04 BA01 BA05 CB09 EA01

5E041 AA04 CA01 NN01