

(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2004-68048

(P2004-68048A)

(43) 公開日 平成16年3月4日(2004.3.4)

(51) Int. Cl.⁷

C22C 33/04
H05B 7/20

F I

C22C 33/04
H05B 7/20

テーマコード(参考)

3K084

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2002-225308 (P2002-225308)
(22) 出願日 平成14年8月1日(2002.8.1)

(71) 出願人 593213342
株式会社日向製錬所
宮崎県日向市船場町5番地
(74) 代理人 100084087
弁理士 鴨田 朝雄
(74) 代理人 100108877
弁理士 鴨田 哲彰
(72) 発明者 久保 直樹
宮崎県日向市船場町5 株式会社日向製錬
所内
(72) 発明者 宮本 守
宮崎県日向市船場町5 株式会社日向製錬
所内
Fターム(参考) 3K084 AA03 AA16 BA02 BA07 BB02
BC01 BC05 BD02 BE01

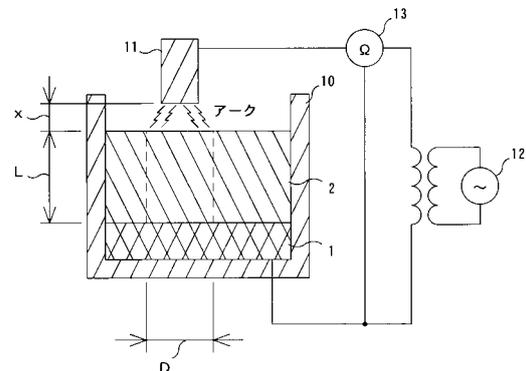
(54) 【発明の名称】 フェロニッケル製錬用電気炉の操作手法

(57) 【要約】

【課題】 所望のアーキ抵抗 R_a を維持することが可能な電気炉の操作手法を提供する。

【解決手段】 (1) 炉内スラグの組成および比電導度の相関関係を予め求め、(2) 任意時 n において、分析して得られる炉内スラグの組成から、前記相関関係により比電導度 n ($\text{cm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$) を求め、(3) 比電導度 n ($\text{cm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$)、スラグ層2の厚さ L_n (cm)、および通電領域の直径 D (cm) から、スラグ浴抵抗 R_{bn} (m) を、 $R_{bn} = 1000 \times L_n / [n \times (D/2)^2]$ で求め、(4) 得られるスラグ浴抵抗 R_{bn} (m)、および任意の一定値に設定されたアーキ抵抗 R_{a0} (m) から、炉抵抗 R_n (m) を、 $R_n = R_{a0} + R_{bn}$ で求め、(5) 炉抵抗 R_n (m) となるように、通電(電流)を調整して制御する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

メタルおよびスラグに電極を介して通電するフェロニッケル製錬用電気炉の操作方法において、

- (1) 炉内スラグの組成および比電導度の相関関係を予め求め、
 (2) 任意時 n において、分析して得られる炉内スラグの組成から、前記相関関係により比電導度 λ_n ($\text{cm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$) を求め、
 (3) 比電導度 λ_n ($\text{cm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$)、スラグ層の厚さ L_n (cm)、および通電領域の直径 D (cm) から、スラグ浴抵抗 R_{bn} (m) を、

【式 1】

$$R_{bn} = \frac{1000 \times L_n}{\lambda_n \times \pi \times (D/2)^2}$$

10

式 1 で求め、

- (4) 得られるスラグ浴抵抗 R_{bn} (m)、および任意の一定値に設定されたアーク抵抗 R_{a0} (m) から、炉抵抗 R_n (m) を、

【式 2】

$$R_n = R_{a0} + R_{bn}$$

20

式 2 で求め、

- (5) 炉抵抗 R_n (m) となるように、通電 (電流) を調整して制御することを特徴とするフェロニッケル製錬用電気炉の操作方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、フェロニッケル製錬に用いる電気炉の操作方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

30

図 1 に、フェロニッケル製錬用電気炉の断面図を示す。

【0003】

フェロニッケル製錬において、電気炉 10 の底部には熔融状態のメタル 1 (熔体) が存在し、その上にスラグ層 2 が存在する。交流電源 12 は、該スラグ層 2 から所定の間隔 x だけ離れて配置された電極 11 と、メタル 1 との間に接続し、電極 11 とスラグ層 2 の間でアークにより流れた電流が、スラグ層 2 から熔融状態のメタル 1 を流れることにより、交流電源 12 からの電力が炉内を加熱する。

【0004】

従って、電極 11 およびメタル 1 の間の炉抵抗 R は、スラグ浴抵抗 R_b と、アーク抵抗 R_a とにより、

40

【0005】

【式 3】

$$R = R_a + R_b$$

式 3 のように表され、炉抵抗 R を一定にするように通電 (電流) 制御を行うことが、比較的容易で一般的に行われている。

【0006】

フェロニッケル製錬の電気炉操作において、スラグ浴抵抗 R_b は、スラグ層 2 の組成に依存し、アーク抵抗 R_a は、電極 11 の先端とスラグ層 2 の表面との間隔 x に依存する。

50

【0007】

装入量などが変化して、電極11の先端とスラグ層2の表面とが接する場合には、 $R_a = 0$ となり、交流電源12の供給エネルギーは、ほとんどスラグ浴抵抗 R_b による発熱になり、アークによる発熱はほとんどなくなる。この状態を継続すると、スラグ層2の全体の温度が上がり、その結果としてスラグ層2の流動が激しくなり、炉体温度が過度に上昇するという問題を起こす。

【0008】

逆に、電極11の先端とスラグ層2の表面とが離れすぎると、交流電源12の供給エネルギーは、主にアークによる発熱となるため、スラグ層2の温度が低下したり、電気炉10の側壁のコーティング層が異常成長して、電気炉操業が困難となる問題があった。

10

【0009】

一方、実際の電気炉操業では、熔体1の温度や熔体1の流れ性といった因子が重要な操業因子となる。こうした操業因子は、スラグ層2の温度と大きく関連するので、前述のように、熱が発生する領域を決定する主要因となるアーク抵抗 R_a を所望の値に調整することができれば、スラグ層2の温度が一定になり、電気炉操業を安定して継続することができる。実際に、電極位置を上下する操作でアーク抵抗 R_a を変えることはできる。

【0010】

しかし、アーク抵抗 R_a を状況に応じて正しく制御することは、困難である。また、フェロニッケル製錬の電気炉操業では、炉内スラグの性状に起因する「適切なスラグ浴抵抗 R_b 」を知る方法が確立されておらず、スラグ浴抵抗 R_b は、装入する鉍石の種類の変化や、電気炉の還元度などに起因するスラグ組成の変化によって、大きく変動する。そのため、アーク抵抗 R_a ではなく、炉抵抗 R が変化しないようにほぼ一定とする従来の電気炉の操業方法を行うことは、式3に従ってアーク抵抗 R_a を大きく変化させることになり、以下に示す(1)および(2)などのようなトラブルに見舞われることが多くなる。

20

【0011】

(1)スラグ浴抵抗 R_b が大きくなった場合は、電極先端が熔融スラグ浴に浸漬されすぎた前述の状態と同様に、スラグ層が過剰に加熱されて、電気炉の炉体温度が上昇する。

【0012】

(2)スラグ浴抵抗 R_b が小さくなった場合は、電極先端が熔融スラグ浴から離れすぎた前述の状態と同様に、スラグ層の温度が低下して、電気炉側壁へのスラグコーティング層が異常成長したり、スラグの半凝固層が炉内に発生したりする。

30

【0013】

従って、これらのようなトラブルを防ぐために、装入する鉍石の種類や、該鉍石の配合比を、急激に変化しないように決定しなければならないという大きな制約を設けていた。

【0014】

従来の電気炉操業において、問題が発生した一例を図3に示す。

【0015】

図3におけるグラフ4は、従来の方法による電気炉操業を行った際のスラグの比電導度の推移を示すグラフであり、グラフ5は、電気炉の炉抵抗の推移を示すグラフであり、グラフ6は、電気炉の炉体(側壁)温度の推移を示すグラフである。

40

【0016】

グラフ4に示されるスラグの比電導度の推移から、この期間の途中でスラグ組成が変化し、比電導度が低下し、スラグ浴抵抗 R_b が上昇したことが分かる。この期間中も、グラフ5に示したように、炉抵抗 R が変化しないようにほぼ一定とする制御をした結果、グラフ6に示したように、電気炉の炉体(側壁)温度の急上昇を招いた。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、前述の問題に鑑みてなされたものであり、スラグ浴抵抗 R_b の変動にかかわらず、所望のアーク抵抗 R_a に維持する電気炉の操業方法を提供することを目的とする。

【0018】

50

【課題を解決するための手段】

本発明のフェロニッケル製錬用電気炉の操作方法は、

- (1) 炉内スラグの組成および比電導度の相関関係を予め求め、
 (2) 任意時 n において、分析して得られる炉内スラグの組成から、前記相関関係により比電導度 λ_n ($\text{cm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$) を求め、
 (3) 比電導度 λ_n ($\text{cm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$)、スラグ層の厚さ L_n (cm)、および通電領域の直径 D (cm) から、スラグ浴抵抗 R_{bn} (m) を、

【0019】

【式4】

$$R_{bn} = \frac{1000 \times L_n}{\lambda_n \times \pi \times (D/2)^2}$$

10

式4で求め、

- (4) 得られるスラグ浴抵抗 R_{bn} (m)、および任意の一定値に設定されたアーク抵抗 R_{a0} (m) から、炉抵抗 R_n (m) を、

【0020】

【式5】

$$R_n = R_{a0} + R_{bn}$$

20

式5で求め、

- (5) 炉抵抗 R_n (m) となるように、通電(電流)を調整して制御する。

【0021】

【発明の実施の形態】

図1に示したフェロニッケル製錬用電気炉の断面図を基に、本発明の方法を説明する。

【0022】

- (1) 炉内スラグの組成および比電導度の相関関係を予め求めておく。

【0023】

さらに、操業開始時に、目標値のアーク抵抗 R_{a0} (m) を設定する。

30

【0024】

- (2) 任意時 n において、炉内スラグを採取して、組成を分析する。分析は一定時間毎に行えばよいが、炉況の変化が激しい時などは頻繁に行ってもよい。

【0025】

得られる炉内スラグの組成から、前記相関関係により比電導度 λ_n ($\text{cm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$) を求める。

【0026】

- (3) 一方、電気炉内の電流は、電極11の先端から、炉底に存在するメタル1に向かって流れるものとして計算することが可能である。従って、得られた比電導度 λ_n ($\text{cm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$)、スラグ層の厚さ L_n (cm)、および電極11を中心とした通電領域の直径 D (cm) から、

40

【0027】

【式6】

$$R_{bn} = \frac{1000 \times L_n}{\lambda_n \times \pi \times (D/2)^2}$$

式6によりスラグ浴抵抗 R_{bn} (m) を求める。

【0028】

通電領域の直径 D (cm) は、例えば電極の外径に対して一定の比で与えればよい。

50

【0029】

(4) 次に、得られるスラグ浴抵抗 R_{bn} (Ω)、および前記アーク抵抗 R_{a0} (Ω) とから、炉抵抗 R_n (Ω) を、

【0030】

【式7】

$$R_n = R_{bn} + R_{a0}$$

式7で求め、

(5) 炉抵抗 R_n (Ω) となるように、通電(電流)を調整して制御する。

【0031】

以上により、アーク抵抗 R_a (Ω) が一定となるように制御可能となる。

【0032】

【実施例】

本発明の方法を、実施例によりさらに説明する。

【0033】

(実施例)

本実施例では、電気炉の外径が18.5m、内径が16.5mであり、電極は3本で外径がそれぞれ1.7mであり、交流電源のトランス容量を60MVAとした。

【0034】

装入した鉱石(焼鉱)は70ton/hで、スラグは61ton/hで、産出粗メタルは8.6ton/hであった。

【0035】

(1) 炉内スラグの組成および比電導度の相関関係を予め求める。

【0036】

さらに、操業開始時に、目標値のアーク抵抗 R_{a0} (Ω) を設定した。

【0037】

(2) 操業中の8時間毎に、分析計(島津製作所製、蛍光X線分析装置、型式VXQ-150A)で炉内スラグの組成を分析した。

【0038】

焼鉱の組成、スラグの組成および産出粗メタルの組成の一例を、表1に示す。

【0039】

【表1】

	組成(質量%)
焼鉱	Ni:2.71、Fe:17.0、MgO:27.4、SiO ₂ :44.9
スラグ	FeO:10.9、MgO:31.1、SiO ₂ :50.9
粗メタル	Ni:22.3、C:1.55、Si:0.65

【0040】

任意時 n にて得られたスラグの組成と、前記相関関係とにより、実施例の操業条件固有の比電導度 n' ($\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$) を求める。

【0041】

(3) 任意時 n におけるスラグ層の厚さ L_n (cm)、前記比電導度 n' ($\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$)、および通電領域の直径 D (cm) から、

【0042】

【式8】

10

20

30

40

$$R b n' = \frac{1000 \times L n'}{\lambda n' \times \pi \times (D/2)^2}$$

式 8 のように、実施例の操業固有のものであるスラグ浴抵抗 $R b n'$ (m) を求めることができる。

【0043】

(4) 得られるスラグ浴抵抗 $R b n'$ (m)、および目標値のアーキ抵抗 $R a 0$ (m) から、

【0044】

10

【式 9】

$$R n' = R a 0 + R b n'$$

式 9 のように、調整する炉抵抗 $R n$ (m) を求める。

【0045】

(5) 抵抗計 13 により測定される炉抵抗が、 $R n'$ (m) となるように、トランスのタップ電圧および $R n$ (m) から目標電流を設定し、二次電流が目標電流と等しくなるよう、電極高さを調整して制御した。

【0046】

以上のように、フェロニッケル製錬の電気炉操業を、約 1 年間、行った。電気炉操業の結果の一部を図 2 に示す。

20

【0047】

図 2 におけるグラフ 1 は、本実施例のスラグの比電導度の推移を示すグラフであり、グラフ 2 は、電気炉の炉抵抗の推移を示すグラフであり、グラフ 3 は、電気炉の炉体 (側壁) 温度の推移を示すグラフである。

【0048】

グラフ 1 に示されるスラグの比電導度の推移から、この期間の途中でスラグ組成が一時的に変化し、比電導度が低下し、スラグ浴抵抗が一時的に上昇したことが分かる。この期間中も、前述のように本発明の方法により、アーキ抵抗 $R a$ を一定とするように制御した。グラフ 2 に、炉抵抗 R の推移を示す。

30

【0049】

このような本発明の電気炉の操業方法を行った結果の電気炉の炉体 (側壁) 温度の推移を、グラフ 3 に示す。

【0050】

グラフ 3 から、側壁温度の変化が少なく、電気炉内が安定していることが分かる。

【0051】

【発明の効果】

本発明の方法により、スラグ組成の変動などがあっても、アーキ抵抗を一定に制御することが可能で、極めて安定した電気炉操業が可能となる。

【0052】

40

さらに、電気炉の寿命を大きく延長することができるので、得られる経済的効果は極めて大きい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】フェロニッケル製錬用電気炉の断面図である。

【図 2】グラフ 1 は、本発明の方法による電気炉操業を行った際のスラグの比電導度の推移を示すグラフであり、グラフ 2 は、電気炉の炉抵抗の推移を示すグラフであり、グラフ 3 は、電気炉の炉体 (側壁) 温度の推移を示すグラフである。

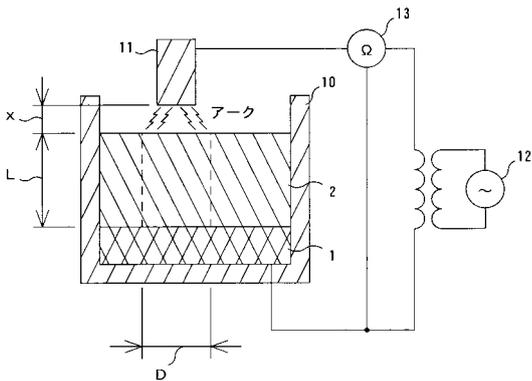
【図 3】グラフ 4 は、従来の方法による電気炉操業を行った際のスラグの比電導度の推移を示すグラフであり、グラフ 5 は、電気炉の炉抵抗の推移を示すグラフであり、グラフ 6 は、電気炉の炉体 (側壁) 温度の推移を示すグラフである。

50

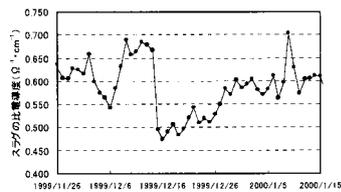
【符号の説明】

- 1 メタル
- 2 スラグ層
- 10 電気炉
- 11 電極
- 12 交流電源
- 13 抵抗計
- D 通電領域の直径
- L スラグ層の厚さ
- x 間隔

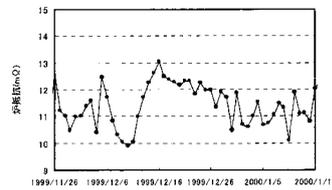
【図1】



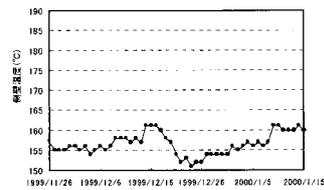
【図2】



グラフ1 本発明の方法:スラグの比電導度の推移

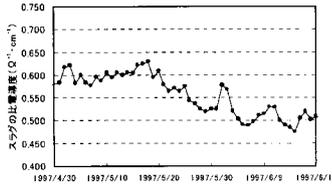


グラフ2 本発明の方法:電気炉の炉抵抗の推移

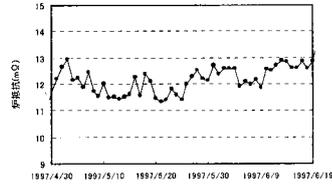


グラフ3 本発明の方法:電気炉の側壁温度の推移

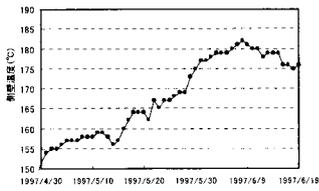
【 図 3 】



グラフ4 従来の方法:スラグの比電導度の推移



グラフ5 従来の方法:電気炉の炉抵抗の推移



グラフ6 従来の方法:電気炉の側壁温度の推移