

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5503472号
(P5503472)

(45) 発行日 平成26年5月28日 (2014. 5. 28)

(24) 登録日 平成26年3月20日 (2014. 3. 20)

(51) Int. Cl. F I
C 2 1 B 13/00 (2006. 01) C 2 1 B 13/00
C 2 2 B 1/24 (2006. 01) C 2 2 B 1/24

請求項の数 9 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2010-200223 (P2010-200223)	(73) 特許権者	000001199
(22) 出願日	平成22年9月7日 (2010. 9. 7)		株式会社神戸製鋼所
(65) 公開番号	特開2012-57202 (P2012-57202A)		兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号
(43) 公開日	平成24年3月22日 (2012. 3. 22)	(74) 代理人	100075409
審査請求日	平成24年8月28日 (2012. 8. 28)		弁理士 植木 久一
		(74) 代理人	100129757
			弁理士 植木 久彦
		(74) 代理人	100115082
			弁理士 菅河 忠志
		(74) 代理人	100125243
			弁理士 伊藤 浩彰
		(72) 発明者	立石 雅孝
			兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目10番26号 株式会社神戸製鋼所 神戸本社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】還元鉄の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

酸化鉄含有物質、炭素質還元剤、および酸化剤を400～900に加熱して得られたセメント含有物と、酸化鉄含有物質および炭素質還元剤とを混合し、これを塊成化した塊成物を炉に装入して加熱し、該塊成物中の酸化鉄を還元することを特徴とする還元鉄の製造方法。

【請求項 2】

前記セメント含有物から分離したセメント含有鉄分を、前記酸化鉄含有物質および前記炭素質還元剤と混合する請求項1に記載の製造方法。

【請求項 3】

前記セメント含有鉄分の分離を、磁選および/または比重分離によって行なう請求項2に記載の製造方法。

【請求項 4】

前記セメント含有物の生成過程で副生した反応ガスを、ガス分とタール分に分離する請求項1～3のいずれかに記載の製造方法。

【請求項 5】

前記タール分を、前記炭素質還元剤の少なくとも一部として用いる請求項4に記載の製造方法。

【請求項 6】

前記酸化剤として、水蒸気を用いる請求項1～5のいずれかに記載の製造方法。

【請求項 7】

前記炉で発生した廃熱を用いて前記水蒸気を生成させる請求項 6 に記載の製造方法。

【請求項 8】

前記酸化剤として、酸素含有ガスまたは二酸化炭素ガスを用いる請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の製造方法。

【請求項 9】

前記二酸化炭素ガスとして、前記炉からの排ガスを用いる請求項 8 に記載の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、鉄鉱石や酸化鉄等の酸化鉄源と炭素を含有する還元剤とを混合し、これを塊成化した塊成物を炉に装入して加熱し、該塊成物中の酸化鉄を還元して還元鉄を製造する方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

鉄鉱石や酸化鉄等の酸化鉄源（以下、酸化鉄含有物質ということがある。）と炭素を含有する還元剤（以下、炭素質還元剤ということがある。）とを含む混合物から、還元鉄を製造する直接還元製鉄法が開発されている。この製鉄法では、上記混合物を成形した塊成物を炉に装入し、炉内で加熱バーナーによるガス伝熱や輻射熱で加熱することによって塊成物中の酸化鉄が炭素質還元剤で還元され、還元鉄を得ることができる（特許文献 1）。

【0003】

上記塊成物中の酸化鉄を炭素質還元剤で還元して還元鉄を製造する際には、生産性を向上させるために、塊成物中の酸化鉄を速やかに炭素質還元剤で還元し、溶解することが望まれる。また、炉内の溶解帯では、通常、1400 ~ 1500 程度に加熱されるが、省エネルギーの観点から、溶解帯の温度を例えば 1400 よりも低い温度とし、熱効率を高めることが望まれる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 9 - 256017 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は、このような事情に着目して成されたものであり、その目的は、酸化鉄含有物質および炭素質還元剤を含む塊成物から還元鉄を製造するにあたり、酸化鉄を速やかに還元溶解して還元鉄の生産性を向上できる還元溶解促進剤を製造する方法を提供することにある。また、本発明の他の目的は、上記還元溶解促進剤を用いて還元鉄を高い生産性で製造する方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決することのできた本発明に係るセメント含有物の製造方法とは、酸化鉄含有物質、炭素質還元剤、および酸化剤を 400 ~ 900 に加熱してセメント含有物を生成させる点に要旨を有している。以下、セメント含有物を生成させる工程を第一工程ということがある。

【0007】

また、本発明に係る還元鉄の製造方法は、上記製造方法で得られた（上記第一工程で得られた）セメント含有物と、酸化鉄含有物質および炭素質還元剤とを混合し、これを塊成化した塊成物を炉に装入して加熱し、該塊成物中の酸化鉄を還元する点に要旨を有している。以下、還元鉄を製造する工程を第二工程ということがある。

【0008】

10

20

30

40

50

前記セメント含有物から分離したセメント含有鉄分は、上記第二工程において前記酸化鉄含有物質および前記炭素質還元剤と混合することが好ましい。前記セメント含有鉄分の分離は、例えば、磁選および/または比重分離によって行なうことができる。

【0009】

前記セメント含有物の生成過程で副生した反応ガスは、ガス分とタール分に分離することが好ましい。このタール分は、前記炭素質還元剤の少なくとも一部として用いることができる。

【0010】

前記酸化剤としては、例えば、水蒸気を用いることができる。この水蒸気は、前記炉で発生した廃熱を用いて生成させることが推奨される。

10

【0011】

また、前記酸化剤としては、例えば、酸素含有ガスまたは二酸化炭素ガスを用いることもできる。この二酸化炭素ガスとしては、例えば、前記炉からの排ガスを用いることができる。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、酸化鉄含有物質、炭素質還元剤、および酸化剤を加熱することによってセメント含有物を生成させており、このセメント含有物は、酸化鉄の還元溶解を促進して還元鉄の生産性を向上させるのに寄与する。即ち、セメント含有物を塊成物の原料として用いることによって、セメント含有物が塊成物中の酸化鉄の還元溶解を促進するため、結果として、還元鉄の生産性を向上できる。

20

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】図1は、還元鉄を製造するときの工程を説明するための図である。

【図2】図2は、温度()と、COガスおよびCO₂ガスの合計圧力に対するCOガス分圧比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】

【0014】

本発明者らは、酸化鉄含有物質と炭素質還元剤を含む塊成物を加熱して還元鉄を製造する際の還元鉄の生産性を向上させるために、鋭意検討を重ねてきた。その結果、酸化鉄含有物質、炭素質還元剤、および酸化剤を加熱することによってセメント含有物を簡単に製造でき、このセメント含有物を上記塊成物の原料として配合することによって還元鉄の生産性を向上できることを見出し、本発明を完成した。

30

【0015】

即ち、本発明に係るセメント含有物の製造方法は、酸化鉄含有物質、炭素質還元剤、および酸化剤を400～900 に加熱してセメント含有物を生成させるところに特徴を有している(第一工程)。

【0016】

また、本発明に係る還元鉄の製造方法は、前記第一工程で得られたセメント含有物と、酸化鉄含有物質および炭素質還元剤とを混合し、これを塊成化した塊成物を炉に装入して加熱し、該塊成物中の酸化鉄を還元するところに特徴を有している(第二工程)。

40

【0017】

第一工程で、セメント含有物を生成させておき、このセメント含有物を第二工程で、酸化鉄含有物質および炭素質還元剤と混合することによって、塊成物に含まれる酸化鉄を従来よりも低温で溶解させることができる。その結果、還元鉄の生産性を向上できる。上記セメント含有物を配合することによって酸化鉄の溶解が促進される理由は、セメントの融点は純鉄よりも低いためである。

【0018】

以下、第一工程および第二工程について図面を用いて順を追って説明する。

50

【 0 0 1 9 】

図 1 は、還元鉄を製造するための工程図を示している。図 1 中、1 は酸化鉄含有物質供給手段、2 は炭素質還元剤供給手段、3 は酸化剤供給手段、4 は加熱炉、5 は混合機、6 は酸化鉄含有物質供給手段、7 は炭素質還元剤供給手段、8 は塊成機、9 は加熱炉を夫々示している。

【 0 0 2 0 】

酸化鉄含有物質供給手段 1 と加熱炉 4 は経路 1 0 0 a、炭素質還元剤供給手段 2 と加熱炉 4 は経路 1 0 0 b、酸化剤供給手段 3 と加熱炉 4 は経路 1 0 0 c で接続されている。加熱炉 4 と混合機 5 は経路 1 0 1 で接続されている。加熱炉 4 は、経路 1 0 8 を介してスクラバー 1 0 と接続されており、このスクラバー 1 0 は、経路 1 0 9 を介して加熱炉 9 と接続されており、経路 1 1 0 を介して炭素質還元剤供給手段 7 と接続されている。加熱炉 4 の出口には、加熱炉 4 内で得られたセメント含有物を混合機 5 へ供給するためのホッパー（供給手段）が設けられている（図示しない）。この混合機 5 は、経路 1 0 6 を介して酸化鉄含有物質供給手段 6、経路 1 0 7 を介して炭素質還元剤供給手段 7 と接続されている。また、混合機 5 と塊成機 8 は経路 1 0 2、塊成機 8 と加熱炉 9 は経路 1 0 3 で夫々接続されている。加熱炉 9 で生成した還元鉄は、経路 1 0 4 から排出される。

10

【 0 0 2 1 】

なお、図 1 では、酸化鉄含有物質供給手段を 2 つ（酸化鉄含有物質供給手段 1、6）と、炭素質還元剤供給手段を 2 つ（炭素質還元剤供給手段 2、7）設けたが、酸化鉄含有物質供給手段と炭素質還元剤供給手段は、夫々一つずつで兼ねるように構成してもよい。

20

【 0 0 2 2 】

還元鉄を製造する手順は、下記（1）、（2）の通りである。

【 0 0 2 3 】

（1）まず、酸化鉄含有物質、炭素質還元剤、および酸化剤を夫々経路 1 0 0 a ~ 経路 1 0 0 c を通して加熱炉 4 へ供給し、加熱する。

【 0 0 2 4 】

（2）次に、加熱炉 4 で加熱して得られたセメント含有物を、経路 1 0 1 を通して混合機 5 へ供給する。混合機 5 には、酸化鉄含有物質を酸化鉄含有物質供給手段 6 から経路 1 0 6 を通して供給すると共に、炭素質還元剤を炭素質還元剤供給手段 7 から経路 1 0 7 を通して供給する。混合機 5 で混合して得られた混合物は、経路 1 0 2 を通して塊成機 8 へ供給し、塊成化する。塊成機 8 で塊成化して得られた塊成物は、経路 1 0 3 を通して加熱炉 9 へ供給して加熱し、還元鉄を製造する。

30

【 0 0 2 5 】

以下、上記（1）、（2）の各手順について詳細に説明する。

【 0 0 2 6 】

〔（1）第一工程〕

第一工程では、酸化鉄含有物質、炭素質還元剤、および酸化剤を 4 0 0 ~ 9 0 0 に加熱することによって、該酸化鉄含有物質の表面にセメント（ Fe_3C ）を生成させることができる。即ち、酸化剤の存在下で酸化鉄含有物質と炭素質還元剤を固体接触させた状態で加熱することによって、酸化鉄の一部が還元され、セメントが形成される。本発明では、酸化鉄含有物質、炭素質還元剤、および酸化剤を加熱して得られたものをセメント含有物と呼ぶ。このセメント含有物には、セメント以外に、C を 2 . 0 3 質量% 以下の範囲で含有している Fe、チャー、灰分などが含まれている。また、上記炭素質還元剤の一部は、上記酸化剤（例えば、 H_2O 、 O_2 、 Fe_2O_3 など）と反応し、 H_2 や CO などの可燃性ガスが発生する。

40

【 0 0 2 7 】

上記図 1 では、酸化鉄含有物質、炭素質還元剤、および酸化剤を別々の経路で加熱炉 4 へ供給し、加熱炉 4 で加熱してセメント含有物を製造する構成を示した。本発明はこの構成に限定されるものではなく、例えば、酸化鉄含有物質と炭素質還元剤を予め混合しておき、この混合原料に酸化剤を添加したものを加熱炉 4 で加熱してセメント含有物

50

を製造してもよい。

【0028】

なお、セメントタイトの製造方法としては、アイアンカーバイド法が知られている。しかし、このアイアンカーバイド法では、還元剤として CH_4 等のガスを用いているため、セメントタイトの生成に8～12時間程度必要といわれている。一方、本発明によれば、上述したように、還元剤として固体の炭素質還元剤を用いて酸化鉄含有物質と直接反応させており、酸化鉄含有物質の表面のみにセメントタイトを生成させているため、セメントタイト含有物を簡便に製造できる。

【0029】

上記酸化鉄含有物質、炭素質還元剤、および酸化剤を加熱する温度は、400～900とする。加熱温度が400を下回るか、900を超えると、酸化鉄やFeの形態で存在する方が安定であるために、セメントタイトを生成しにくい。このことは図2から明らかである。図2は、Fe-C-O系の還元平行図を示している。図2に斜線で示されているように、400～750では、セメントタイトが安定して生成することが分かる。一方、750～900では、やや生成しにくくなるもののこの温度域においてもセメントタイトが生成することが分かる。なお、750～900では、セメントタイト以外に、Cを2.03質量%以下の範囲で含有するFeが生成し、このC含有Feについても酸化鉄の還元溶解促進効果が発揮される。上記加熱は、セメントタイトの生成を一層促進するために、400～750とすることが好ましい。

【0030】

上記酸化鉄含有物質、炭素質還元剤、および酸化剤を加熱する時間は上記加熱温度を考慮し、セメントタイトが生成するように設定すればよく、例えば5～60分程度である。

【0031】

上記酸化鉄含有物質としては、例えば、鉄鉱石、砂鉄、製鉄ダスト、非鉄製錬残渣、製鉄廃棄物などを用いることができる。上記炭素質還元剤としては、炭素含有物質を用いることができ、例えば、石炭やコークスなどを用いることができる。上記石炭としては、例えば、瀝青炭や褐炭を用いることができる。上記酸化剤としては、例えば、水蒸気、酸素含有ガス（例えば、空気や酸素ガス）、二酸化炭素ガス、またはこれらの混合ガスなどを用いることができる。

【0032】

上記酸化鉄含有物質粉末としては、平均粒子径が例えば10～600 μm 程度、上記炭素質還元剤粉末としては、平均粒径が例えば30 μm ～1mm程度のものを用いることが好ましい。

【0033】

上記酸化剤を添加して加熱する方法は特に限定されず、水蒸気、酸素含有ガス、または二酸化炭素ガスを上記酸化鉄含有物質および上記炭素質還元剤に吹き付けながら加熱すればよい。

【0034】

上記水蒸気としては、後述する第二工程で用いる炉で発生した廃熱を利用して生成させたものを用いることが好ましい。廃熱を利用することで、省エネルギー化できる。

【0035】

上記二酸化炭素ガスとしては、例えば、後述第二工程で用いる炉からの排ガス（或いは、当該排ガスから精製分離した二酸化炭素ガス）を用いることができる。

【0036】

上記酸化鉄含有物質と炭素質還元剤を酸化剤の存在下で加熱すると、反応ガス（シingas）が副生する。この反応ガスには、可燃性ガスやタールが含まれるため、例えば、後述する第二工程で用いる炉の燃料ガスや炭素源として用いることができる。

【0037】

但し、タールを含む反応ガスを上記燃料ガスとして用いると、配管内や燃焼バーナーノズル、炉壁に付着し、問題となる。そこで、上記反応ガスは、上記図1に示す経路108

10

20

30

40

50

からスクラバー 10 へ供給し、このスクラバー 10 でガス分とタール分に分離し、回収したガス分を経路 109 を介して加熱炉 9 へ供給して上記燃料ガスとして利用することが推奨される。このとき回収したガス分は、精製してから上記燃料ガスとして利用してもよい（図示しない）。一方、スクラバー 10 で分離されたタール分は、図 1 に示す経路 110 から炭素質還元剤供給手段 7 へ搬送し、第二工程で用いる炭素質還元剤として利用できる。

【0038】

なお、一般に、ガス化プロセスでは、加熱温度を 1000 以上とすることによってタールを分解除去している。このとき 1000 以上の高温に加熱するとセメントの生成が難しいだけでなく、還元生成した鉄が髭のように延びて鉄ウィスカーが生成する。鉄ウィスカーは、炉内や配管等に付着し、閉塞する原因となる。一方、本発明では、上記炭素質還元剤と酸化鉄含有物質の加熱を 900 以下の低温で行なっているため、鉄ウィスカーの生成を防止できる。従って加熱炉 4 や配管等の閉塞を抑制できる。

10

【0039】

〔(2) 第二工程〕

第二工程では、上記第一工程で得られたセメント含有物と、酸化鉄含有物質および炭素質還元剤とを混合し、これを塊成化した塊成物を炉に装入して加熱し、塊成物中の酸化鉄を還元して還元鉄を製造する。

【0040】

上記第一工程で予め生成させておいたセメント含有物を、酸化鉄含有物質および炭素質還元剤と混合し、これを加熱すると、セメントが 1252 で溶融する。セメントが溶融して形成された液体と未溶融の鉄（固体分）が接触することによって、未溶融の鉄は、セメントに含まれる C により浸炭される。そのため鉄中の C 量が増加し、融点が低下するため、酸化鉄の溶融が促進される。このように本発明によれば、第一工程で予め生成させておいたセメント含有物が、低温で溶融して液状化することによって、固液接触となるため、接触面積が増大する。その結果、還元溶融促進剤として作用し、塊成物全体の溶融が促進される。

20

【0041】

上記塊成物に配合する上記セメント含有物の割合は特に限定されず、上記セメント含有物を配合することによって、酸化鉄を低温で溶融させることができる。上記塊成物に配合する上記セメント含有物の割合の上限は、例えば、30 質量% 以下程度とすることが好ましく、好ましくは 20 質量% 以下、より好ましくは 10 質量% 以下、更に好ましくは 5 質量% 以下である。

30

【0042】

上記第一工程で得られたセメント含有物は、そのまま上記酸化鉄含有物質および炭素質還元剤と混合してもよいが、上記セメント含有物からセメント含有鉄分を分離し、このセメント含有鉄分を上記第二工程の上記セメント含有物として用いることが好ましい。即ち、上記第一工程で得られたセメント含有物には、表面にセメントが形成された酸化鉄含有物質の他、チャー（固定炭素と灰分の塊）が含まれる。このチャーには、灰分が含まれるため、チャーを上記塊成物の原料に配合するとスラグが多量に生成する原因となる。

40

【0043】

そこで、上記第一工程で得られたセメント含有物からセメント含有鉄分を選択的に分離し（即ち、チャーを選択的に除去し）、このセメント含有鉄分を塊成物の原料として用いることが推奨される。

【0044】

なお、上記セメント含有物から分離したチャーには、固定炭素が含まれるため、還元剤（セミコークス）として利用できる。

【0045】

上記セメント含有物からセメント含有鉄分を分離する方法としては、例えば、

50

磁選や比重分離が挙げられる。比重分離は、上記セメント含有物を、例えば、水槽に入れて行なうことができる。

【0046】

上記第二工程で用いる酸化鉄含有物質は、上記第一工程で用いた酸化鉄含有物質と同じ種類でもよいし、異なる種類でもよい。また、第二工程で用いる炭素質還元剤は、上記第一工程で用いた炭素質還元剤と同じ種類でもよいし、異なる種類でもよい。

【0047】

上記第二工程では、上記酸化鉄含有物質と上記炭素質還元剤を含む原料混合物に、その他の成分として、バインダーやMgO含有物質、CaO含有物質などを配合してもよい。上記バインダーとしては、例えば、多糖類（例えば、コーンスターチや小麦粉等の澱粉など）などを用いることができる。上記MgO含有物質としては、例えば、MgO粉末や天然鉱石や海水などから抽出されるMgO含有物質、或いはドロマイトや炭酸マグネシウム（ $MgCO_3$ ）などを用いることができる。上記CaO含有物質としては、例えば、生石灰（CaO）や石灰石（主成分は $CaCO_3$ ）などを用いることができる。

10

【0048】

上記原料混合物を混合する混合機としては、例えば、回転容器形混合機や固定容器形混合機を用いることができる。回転容器形混合機としては、例えば、回転円筒形、二重円錐形、V形などの混合機を用いることができる。固定容器形混合機としては、例えば、混合槽内に回転羽（例えば、鋤など）を設けた混合機を用いることができる。

【0049】

上記原料混合物を塊成化する塊成機としては、例えば、皿形造粒機（ディスク形造粒機）やドラム形造粒機（円筒形）造粒機などを用いることができる。

20

【0050】

上記塊成物の形状は特に限定されず、例えば、塊状、粒状、ブリケット状、ペレット状、棒状などであればよく、好ましくはペレット状やブリケット状であればよい。

【0051】

上記塊成物を加熱する炉としては、公知の加熱炉を用いればよく、例えば、移動炉床式加熱炉を用いればよい。移動炉床式加熱炉とは、炉床がベルトコンベアのように炉内を移動する加熱炉であり、具体的には、回転炉床炉が例示できる。回転炉床炉は、炉床の始点と終点と同じ位置になるように、炉床の外観形状が円形（ドーナツ状）に設計されており、炉床上に供給された塊成物は、炉内を一周する間に加熱還元されて還元鉄を生成する。従って、回転炉床炉には、回転方向の最上流側に塊成物を炉内に供給する装入手段が設けられ、回転方向の最下流側（回転構造であるため、実際には装入手段の直上流側になる）に排出手段が設けられる。

30

【0052】

上記塊成物中の酸化鉄を炉内で加熱還元するときの温度条件は特に限定されないが、本発明によれば、上記原料混合物にセメント含有物を配合しているため、炉温を従来よりも低くすることができる。即ち、酸化鉄を還元するには、従来では、塊成物を1400～1500程度に加熱する必要があったが、本発明によれば、上記原料混合物にセメントを配合することによって、酸化鉄の融点を降下させているため、加熱温度を1200～1400程度と比較的低温に設定しても酸化鉄を熔融できる。生成した還元鉄は、炉内で更に加熱し、浸炭熔融させて粒状の還元鉄を製造してもよい。

40

【0053】

上記炉内の加熱には、バーナーを用い、該バーナーの燃焼条件を制御すれば、塊成物の加熱温度を調整できる。

【0054】

上記塊成物を炉床上に供給するに先立って、炉床上には、床敷材として炭材を予め敷いておくことが好ましい。床敷材は、炉床保護材として作用すると共に、塊成物に含まれる炭素が不足したときの炭素供給源となる。

【0055】

50

上記床敷材の厚みは特に限定されないが、例えば、3～30mmとすることが好ましい。上記床敷材として用いる炭材としては、上記炭素質還元剤として例示したものをを用いることができる。上記炭材としては、粒子直径が0.5～3.0mm程度のものをを用いることが推奨される。

【0056】

得られた還元鉄は、製鋼炉へ供給して鉄源として用いることができる。製鋼炉としては、電気炉が例示できる。

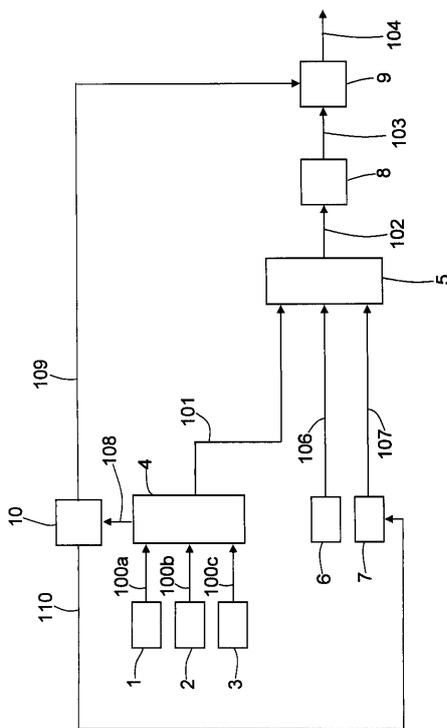
【0057】

なお、上記第二工程では、還元鉄以外にスラグが副生する。副生したスラグは、路盤材として再利用できる。

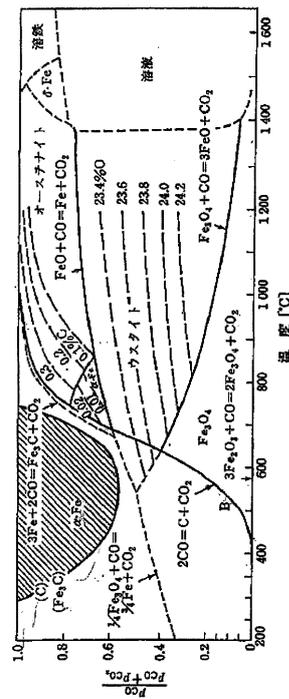
【0058】

以上の通り、本発明によれば、第一工程でセメント含有物を製造し、得られたセメント含有物を、第二工程で塊成物の原料として用いることによって、塊成物に含まれる酸化鉄の溶融を促進でき、結果として、還元鉄の生産性を向上できる。

【図1】



【図2】



フロントページの続き

審査官 守安 太郎

(56)参考文献 特表平11-509511(JP,A)
特表平06-501983(JP,A)
特開平10-237520(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C21B 13/00