

(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2010-13681

(P2010-13681A)

(43) 公開日 平成22年1月21日(2010.1.21)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 2 1 B 11/02 (2006.01)	C 2 1 B 11/02	4 K O O 1
F 2 7 B 1/16 (2006.01)	F 2 7 B 1/16	4 K O 1 2
C 2 2 B 1/242 (2006.01)	C 2 2 B 1/242	4 K O 4 5
F 2 7 D 13/00 (2006.01)	F 2 7 D 13/00 C	4 K O 6 3
C 2 2 B 1/16 (2006.01)	C 2 2 B 1/16 H	
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 17 頁)		

(21) 出願番号 特願2008-172872 (P2008-172872)
 (22) 出願日 平成20年7月2日(2008.7.2)

(71) 出願人 000001258
 J F E スチール株式会社
 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
 (74) 代理人 100083253
 弁理士 苅米地 正敏
 (72) 発明者 松野 英寿
 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J
 F E スチール株式会社内
 (72) 発明者 澤 義孝
 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J
 F E スチール株式会社内
 (72) 発明者 村井 亮太
 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J
 F E スチール株式会社内

最終頁に続く

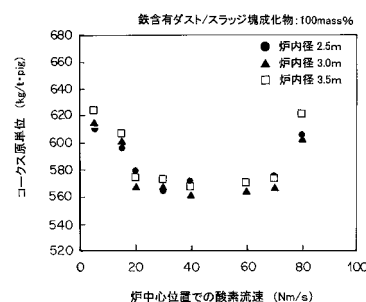
(54) 【発明の名称】 竪型溶解炉を用いた溶銑製造方法

(57) 【要約】

【課題】 竪型溶解炉を用いた鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物を原料とする溶銑の製造方法において、溶銑を高い生産性で且つ低コストに製造する。

【解決手段】 炉頂部から鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物とコークスを装入し、炉下部の複数の羽口から熱風を吹き込み、コークスの燃焼熱で鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物を溶解する方法であって、少なくとも一部の羽口内に、酸素を超音速で噴射する酸素噴射ノズルを配置し、羽口から熱風を吹き込みつつ、前記酸素噴射ノズルから炉中心位置での酸素流速が20～70Nm/secとなるように、酸素を噴射する。炉中心部を含めた炉径方向全般でのガス流れが適正化され、コークスの燃焼と鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物の溶解が炉全体で適切に生じる。このため溶銑を高い生産性で且つ低コストに製造することができる。

【選択図】 図7



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

竪型溶解炉において、炉頂部から鉄含有ダスト及び／又は鉄含有スラッジの塊成化物とコークスを装入し、炉下部に設けられた複数の羽口から熱風を吹き込み、コークスの燃焼熱で前記塊成化物を溶解することにより溶銑を製造する方法であって、

少なくとも一部の羽口内に、酸素を超音速で噴射する酸素噴射ノズルを配置し、羽口から熱風を吹き込みつつ、前記酸素噴射ノズルから炉中心位置での酸素流速が 20～70 N m/secとなるように、酸素を噴射することを特徴とする竪型溶解炉を用いた溶銑製造方法。

【請求項 2】

炉頂部からさらに鉄系スクラップを装入し、これを鉄含有ダスト及び／又は鉄含有スラッジの塊成化物とともに溶解して溶銑を製造することを特徴とする請求項 1 に記載の竪型溶解炉を用いた溶銑製造方法。

【請求項 3】

算術平均粒径が 120 mm 以下のコークスを用いることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の竪型溶解炉を用いた溶銑製造方法。

【請求項 4】

炉内に装入する鉄源（ここで、鉄源とは、鉄含有ダスト及び／又は鉄含有スラッジの塊成化物、鉄系スクラップの 1 種以上を指す。）及び／又はコークスを事前に乾燥処理及び／又は予熱することを特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載の竪型溶解炉を用いた溶銑製造方法。

【請求項 5】

鉄源及び／又はコークスを、下記 (1) 式を満足するように乾燥処理及び／又は予熱することを特徴とする請求項 4 に記載の竪型溶解炉を用いた溶銑製造方法。

$$\Delta T_s + (2 \times \Delta T_c \times C_o) / 1000 + 50 \times \Delta W_s + (50 \times C_o \times \Delta W_c) / 1000 \geq GT_t - GT_m \quad \cdots (1)$$

但し、

ΔT_s (°C) : 予熱による鉄源温度の上昇幅（但し、鉄含有ダスト及び／又は鉄含有スラッジの塊成化物、鉄系スクラップの両方を予熱する場合には、両者の配合割合に応じた加重平均値）

ΔT_c (°C) : 予熱によるコークス温度の上昇幅

ΔW_s (mass%) : 乾燥処理及び／又は予熱による鉄源水分含有率の低下幅（但し、鉄含有ダスト及び／又は鉄含有スラッジの塊成化物、鉄系スクラップの両方を乾燥処理及び／又は予熱する場合には、両者の配合割合に応じた加重平均値）

ΔW_c (mass%) : 乾燥処理及び／又は予熱によるコークス水分含有率の低下幅

C_o (kg/溶銑ton) : コークス比

GT_t (°C) : 炉頂部における目標排ガス温度

GT_m (°C) : 炉頂部における実績排ガス温度

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、鉄鋼製造プロセスなどで発生する鉄含有ダストや鉄含有スラッジを製鉄用原料としてリサイクルするために、鉄含有ダストや鉄含有スラッジの塊成化物或いはこの塊成化物を含む鉄源を竪型溶解炉を用いて溶解し、溶銑を製造するための方法に関する。

【背景技術】

【0002】

鉄鋼製造プロセスでは、種々の工程で鉄含有ダストが発生するが、このような鉄含有ダストを塊成化し、これをキューボラなどの竪型溶解炉に鉄源としてリサイクル装入する方法が知られている（例えば、特許文献 1）。この方法では、竪型溶解炉の炉頂部から鉄含有ダスト塊成化物とコークスを装入し、炉下部に設けられた複数の羽口（送風羽口）から熱

10

20

30

40

50

風を吹き込み、コークスの燃焼熱で鉄含有ダスト塊成化物を溶解することにより溶銑が得られる。

【特許文献1】特開昭55-125211号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

上記のようなプロセスにおいて鉄含有ダスト塊成化物を溶解し、溶銑を製造する場合、以下のような問題がある。

(1) 生産量を高めるには炉径を大きくする必要があるが、炉径を大きくすると羽口から吹き込まれる熱風が炉中心部まで十分に届かないため、炉中心部側の領域でのガス流れが少なくなり、このため同領域でのコークスの燃焼や鉄含有ダスト塊成化物の溶解が不十分となり、場合によっては操業自体に支障を来すおそれもある。

(2) 使用するコークスの粒径が小さいと、コークスが早く燃焼してしまうため、燃焼により生じた CO_2 が炉内を上昇する過程でコークスと反応する、所謂ソリューションロス反応（吸熱反応）が生じやすくなり、このため発熱量が下がり、出銑量が低下するという問題がある。これを防止するためには、高価な鋳物用コークスの使用比率を高める必要があり、製造コストの上昇を招いてしまう。

(3) 生産量を高めるには送風酸素富化が有効であるが、この酸素富化を行うと炉頂温度が低下し、腐食性ガスが結露して排ガス管の腐食を引き起こしたり、ダストが排出されずに炉内に蓄積し、ガス通気性が低下するなどの問題を生じる。

【0004】

したがって本発明の目的は、以上のような課題を解決し、竪型溶解炉を用いて鉄含有ダストや鉄含有スラッジの塊成化物（或いはこの塊成化物を含む鉄源）を溶解し、溶銑を製造する方法において、安定した操業を行いつつ、溶銑を高い生産性で且つ低コストに製造することができ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】

【0005】

本発明者らは、上記課題を解決すべく検討を重ねた結果、羽口内に配置された酸素噴射ノズルから超音速酸素を噴射することで送風酸素富化を行うとともに、その噴射条件を最適化すること、さらには、炉装入原料（鉄含有ダストや鉄含有スラッジの塊成化物、コークスなど）を乾燥・予熱し、好ましくはその条件を最適化することにより、上記課題を適切に解決できることを見出した。

本発明は、このような知見に基づきなされたもので、以下を要旨とするものである。

【0006】

[1] 竪型溶解炉において、炉頂部から鉄含有ダスト及び／又は鉄含有スラッジの塊成化物とコークスを装入し、炉下部に設けられた複数の羽口から熱風を吹き込み、コークスの燃焼熱で前記塊成化物を溶解することにより溶銑を製造する方法であって、

少なくとも一部の羽口内に、酸素を超音速で噴射する酸素噴射ノズルを配置し、羽口から熱風を吹き込みつつ、前記酸素噴射ノズルから炉中心位置での酸素流速が $20 \sim 70 \text{ N m/sec}$ となるように、酸素を噴射することを特徴とする竪型溶解炉を用いた溶銑製造方法。

【0007】

[2] 上記[1]の製造方法において、炉頂部からさらに鉄系スクラップを装入し、これを鉄含有ダスト及び／又は鉄含有スラッジの塊成化物とともに溶解して溶銑を製造することを特徴とする竪型溶解炉を用いた溶銑製造方法。

[3] 上記[1]又は[2]の製造方法において、算術平均粒径が 120 mm 以下のコークスを用いることを特徴とする竪型溶解炉を用いた溶銑製造方法。

[4] 上記[1]～[3]のいずれかの製造方法において、炉内に装入する鉄源（ここで、鉄源とは、鉄含有ダスト及び／又は鉄含有スラッジの塊成化物、鉄系スクラップの1種以上を指す。）及び／又はコークスを事前に乾燥処理及び／又は予熱することを特徴とする

豎型溶解炉を用いた溶銑製造方法。

【0008】

[5] 上記[4]の製造方法において、鉄源及び／又はコークスを、下記(1)式を満足するように乾燥処理及び／又は予熱することの特徴とする豎型溶解炉を用いた溶銑製造方法。

$$\Delta T_s + (2 \times \Delta T_c \times C_o) / 1000 + 50 \times \Delta W_s + (50 \times C_o \times \Delta W_c) / 1000 \geq GT_t - GT_m \quad \cdots (1)$$

但し、

ΔT_s (°C) : 予熱による鉄源温度の上昇幅 (但し、鉄含有ダスト及び／又は鉄含有スラッジの塊成化物、鉄系スクラップの両方を予熱する場合には、両者の配合割合に応じた加重平均値)

ΔT_c (°C) : 予熱によるコークス温度の上昇幅

ΔW_s (mass%) : 乾燥処理及び／又は予熱による鉄源水分含有率の低下幅 (但し、鉄含有ダスト及び／又は鉄含有スラッジの塊成化物、鉄系スクラップの両方を乾燥処理及び／又は予熱する場合には、両者の配合割合に応じた加重平均値)

ΔW_c (mass%) : 乾燥処理及び／又は予熱によるコークス水分含有率の低下幅

C_o (kg/溶銑ton) : コークス比

GT_t (°C) : 炉頂部における目標排ガス温度

GT_m (°C) : 炉頂部における実績排ガス温度

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、溶銑の生産量確保のために炉径を十分に大きくしても、送風酸素富化を行い且つこの酸素富化の形態として羽口内に配置された酸素噴射ノズルから超音速酸素を噴射するとともに、その噴射条件を最適化することにより、炉内でのガスの流れと酸素の供給が適正化され、これによりコークスの燃焼と鉄含有ダスト及び／又は鉄含有スラッジの塊成化物 (或いはこの塊成化物を含む鉄源) の溶解が炉全体で適切に生じる。このため溶銑を高い生産性で且つ低コストに製造することができる。また、算術平均粒径が120mm以下の小粒径のコークスを使用しても同様の効果が得られる。

また、炉装入原料を事前に乾燥・予熱することにより、炉頂温度の低下が抑えられ、このため排ガスパ管内での腐食性ガスの結露やダストの炉内蓄積が抑えられ、排ガスパ管の腐食や操業上のトラブルを生じることなく、安定した操業を行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

図1は、本発明で用いる豎型溶解炉 (以下、単に「溶解炉」という) とその基本的な操業形態を模式的に示している。図において、1は炉頂に設けられる原料装入部、2は炉下部の周方向において適当な間隔で設けられる複数の羽口 (送風羽口)、3はこの羽口2に熱風を供給する熱風管、4は排ガス出口、5は出銑口である。この溶解炉の大きさ等に本質的な制限はないが、実質的に操業可能若しくは操業上有利なサイズとして、通常は、羽口位置での炉内径が2～4m程度、炉高が6～10m程度である。

図2は、羽口2の拡大図であり、この例では、羽口2を構成する羽口管20の先端部が炉内壁7から炉内に突き出ている。この羽口数に制限はないが、通常、4～10本程度である。

【0011】

このような溶解炉では、炉頂の原料装入部1から鉄源である鉄含有ダスト及び／又は鉄含有スラッジの塊成化物 (以下、説明の便宜上「鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物」という。) とコークスを装入するとともに、複数の羽口2から熱風を吹き込み、コークスの燃焼ガスの熱で鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物を溶解し、溶銑とする。生成した溶銑は炉底部の出銑口5から炉外に取り出される。また、炉頂の原料装入部1からは、さらに鉄源として鉄系スクラップを装入し、これを鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物とともに溶解して溶銑を製造してもよい。鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物と鉄系スクラップとを併せて

装入する際の炉内への装入方法は任意であるが、なるべく均一に装入する方が操業の安定性には良い。

鉄源として鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物を使用すると、鉄源として鉄系スクラップを使用する場合に比べてコークス原単位が増加するため、排ガス量が増加する。送風酸素富化により排ガス量を低減できるため、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物を使用する場合は、送風酸素富化の制御がより重要となる。

【0012】

鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物は、鉄含有ダスト、鉄含有スラッジの1種以上又はこれを主体とする原料を塊状に固めたものであればよく、したがって塊成化物の種類や製法を問わないが、一般には、鉄含有ダスト、鉄含有スラッジの1種以上に水硬性バインダーを配合し、さらに必要に応じて還元用の炭材粉などを配合した原料に水を加えて混合した後、成形し、この成形物を水和硬化させて塊成化物としたものが用いられる。なお、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物の構成成分や製法については、後に詳述する。

鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物（又は鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物を含む鉄源）とコークスは、炉内に同時に装入してもよいし、交互に装入してもよい。また、炉装入原料としては、上記以外に、例えば、銑鉄、還元鉄、鉄鉱石等の鉄源、木炭や無煙炭等の炭材などを装入してもよい。

【0013】

溶銑の生産量を十分に確保すること（さらに、鉄系スクラップを装入する場合に、大サイズの鉄系スクラップを切断することなく装入すること）により経済的な操業を行うためには、溶解炉の炉径はなるべく大きいことが好ましく、具体的には羽口高さ位置での炉内径が3m以上であることが望ましい。しかし、炉径を大きくすると羽口から吹き込まれる熱風が炉中心部まで十分に届かないため、炉中心部側の領域でのガス流れが少なくなり、このため同領域でのコークスの燃焼が不十分となって鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物（又は鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物を含む鉄源）が十分に溶解できなくなり、出銑量が低下するだけでなく、最終的に操業自体に支障を来すおそれもある。図3は、炉径が小さい溶解炉と炉径が大きい溶解炉のガス流れの違いを示したものであり、図4は、炉径（羽口高さ位置での炉内径）が異なる溶解炉について、半径方向位置におけるガス流速比を示したものであり、これらによれば、炉径が大きくなると羽口から吹き込まれる熱風が炉中心部まで到達できなくなるため、炉中心部側でのガス流れが小さくなることが判る。

【0014】

このような問題に対して本発明では、少なくとも一部の羽口内に、酸素を超音速で噴射する酸素噴射ノズルを配置し、羽口から熱風を吹き込みつつ、前記酸素噴射ノズルから炉中心位置での酸素流速が20～70Nm/secとなるように、酸素を噴射する。このように羽口内に配置された酸素噴射ノズルから超音速酸素を噴射することで送風酸素富化し且つその噴射条件を最適化することにより、炉中心部を含めた炉径方向全般でのガス流れが適正化され、これによりコークスの燃焼と鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物（又は鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物を含む鉄源）の溶解が炉全体で適切に生じることになる。

【0015】

図5及び図6は、羽口内に配置される酸素噴射ノズルの一実施形態を示すものであり、図5は羽口2内での酸素噴射ノズル6の配置構造を、図6は酸素噴射ノズル6の断面を示している。

この酸素噴射ノズル6は、スロート部60を有する所謂ラバーノズルであり、通常、スロート径 d_t ：4～20mm、出口径 d_e ：4～20mm程度、背圧：0.2～1.0Mpa程度の条件において、音速超～500Nm/sec程度の出口流速（初期流速）で酸素ジェットを噴射することができる。このような酸素噴射ノズル6は、羽口管20内のほぼ中央に同心状に配置される。この酸素噴射ノズル6は、複数ある羽口2の全部に配置してもよいし、一部の羽口2にのみ配置してもよい。

【0016】

酸素噴射ノズル6が配置された羽口2では、羽口2のほぼ中央に位置する酸素噴射ノズ

10

20

30

40

50

ル6から酸素ジェットが超音速で噴射され、その外側の羽口先端から熱風が吹き込まれる。このような酸素噴射ノズル6による超音速酸素ジェットの噴射により、送風酸素富化がなされる。

酸素富化率（＝送風中の酸素濃度の増加分）に特に制限はないが、送風酸素富化の効果をj得るためには、一般には2 vol%以上の酸素富化率とすることが好ましい。一方、酸素富化率が過剰であると、羽口前温度の上昇によって羽口抜熱量が徒に増大するとともに、羽口耐火物の溶損頻度が増大するおそれがある。また、炉径方向での温度分布が大きくなってガス流れの制御が困難になる等の問題を生じやすい。このため酸素富化率は50 vol%程度を上限とするのが好ましい。

【0017】

表1は、炉内径Dが2.5 m、3.0 m、3.5 mの各溶解炉を用いた操作において、酸素噴射ノズル6から噴射された酸素（ジェット）の炉中心位置での流速とコークス原単位との関係を示したものであり、図7～図10はそれらの結果をグラフにまとめたものである。使用した各溶解炉は羽口本数が8本であり、うち4本の羽口（炉周方向で1本おきの羽口）に酸素噴射ノズルを設置した。コークスとしては算術平均粒径が160 mmのものを用いた。一方、鉄源については、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物のみを用いる場合と、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物と鉄系スクラップとを併用する場合のそれぞれについて操作を行った。鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物としては、次のようなものを用いた。鉄含有ダストである転炉OGダストに水硬性バインダーであるポルトランドセメント（配合量10 mass%）と還元用の炭材粉であるコークス粉（配合量15 mass%）を配合した粉状原料に水を加えてミキサーでよく混練した後、圧縮成形して大きさが100 mm×100 mm×100 mmの成形体とし、この成形体を1週間放置（養生）して塊成化物とした。使用した転炉OGダスト、ポルトランドセメントおよびコークス粉の組成を表2に示す。

【0018】

10

20

A: 鉄含有ダスト/スラッジ塊成化物
B: 鉄系スラップ

表 1

酸素流速 (m/s)	コークス原単位 (kg/t)								区分
	A: 100mass%配合による操業				A: 90mass%, B: 10mass%配合による操業				
	炉内径2.5m	炉内径3.0m	炉内径3.5m	炉内径2.5m	炉内径3.0m	炉内径3.5m	炉内径2.5m	炉内径3.0m	
5	610	615	624	538	537	551	537	551	比較例
15	595	602	606	525	526	532	526	532	比較例
20	579	569	574	500	495	505	495	505	本発明例
30	564	568	572	491	496	496	496	496	本発明例
40	572	561	567	492	491	495	491	495	本発明例
60	561	564	570	490	494	498	494	498	本発明例
70	575	567	573	498	497	499	497	499	本発明例
80	606	603	622	539	533	549	533	549	比較例
酸素流速 (m/s)	A: 50mass%, B: 50mass%配合による操業				A: 10mass%, B: 90mass%配合による操業				区分
	炉内径2.5m	炉内径3.0m	炉内径3.5m	炉内径2.5m	炉内径3.0m	炉内径3.5m	炉内径2.5m	炉内径3.0m	
	炉内径2.5m	炉内径3.0m	炉内径3.5m	炉内径2.5m	炉内径3.0m	炉内径3.5m	炉内径2.5m	炉内径3.0m	
5	330	336	343	204	213	220	204	220	比較例
15	315	318	324	194	199	203	194	203	比較例
20	291	286	295	169	166	174	169	174	本発明例
30	284	284	286	163	164	165	163	165	本発明例
40	284	280	288	161	157	166	161	166	本発明例
60	279	284	288	161	162	164	161	164	本発明例
70	284	286	291	166	164	170	166	170	本発明例
80	329	321	339	207	203	216	207	216	比較例

【表 2】

表2

	T.C	M.Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO
転炉OGダスト	0.9	54.6	20.5	35.1	3.2	1.5	0.5	1.4
ポルトランドセメント	<0.1	<0.1	<0.1	3.2	65.1	22.2	5.1	1.4
コークス粉	88.3	<0.1	<0.1	0.6	0.4	6.2	3.4	0.1

【0020】

ここで、炉中心位置での酸素流速Vは、羽口の前にコークスが充填されていない自由工程での計算値であり、下式により求めたものである。

10

20

30

【数 1】

$$\frac{V}{V_o} = \frac{de}{2 \cdot C \cdot Lh} \cdot \cos \theta$$

$$C = 0.016 + \frac{0.19}{Po - Pe}$$

$$V_o = K_v \sqrt{1 - \left(\frac{Pe}{Po} \right)^{\frac{2}{7}}}$$

$$K_v = 42.66 \cdot \sqrt{T_o} = 739$$

10

- ・V: 炉中心での流速(m/s)
- ・d_e: ノズル出口径(mm)
- ・L_h: ノズル出口から炉中心までの距離(mm)
- ・θ: ノズル傾角(deg)
- ・P_e: 雰囲気気圧(kgf/cm²)
- ・P₀: ノズル前圧力(kgf/cm²)
- ・T₀: 300(K)

20

【0021】

この試験では、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物 100mass% 配合の鉄源による操業（図 7）、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物 90mass%、鉄系スクラップ 10mass% 配合の鉄源による操業（図 8）、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物 50mass%、鉄系スクラップ 50mass% 配合の鉄源による操業（図 9）、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物 10mass%、鉄系スクラップ 90mass% 配合の鉄源による操業（図 10）をそれぞれ行ったものであるが、表 1 および図 7～図 10 によれば、溶解炉の炉内径 D に関わりなく、且つ鉄源に鉄系スクラップを併用することやその配合割合に関わりなく、炉中心位置での酸素流速 V が 20～70Nm/sec においてコークス原単位が顕著に低減していることが判る。ここで、コークス原単位が低いということは、炉中心部側の領域を含めた炉径方向全般でのガス流れが適正化し、これによりコークスの燃焼と鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物または鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物＋鉄系スクラップの溶解が炉全体で適切に生じていることを意味する。

30

40

【0022】

炉中心位置での酸素流速 V が 20Nm/sec 未満では、酸素噴射ノズル 6 から供給された酸素が炉中心部に十分に届かないため、炉中心部側のガス流れが少なく、熱不足となるためコークス原単位が高くなる。一方、炉中心位置での酸素流速 V が 70Nm/sec を超えると、複数の羽口の酸素噴射ノズル 6 から噴射された酸素ジェットが干渉し合い、ガスの流れが不安定となるため、コークスの燃焼と鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物または鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物＋鉄系スクラップの溶解が不十分となるものと考えられる。

【0023】

50

なお、表 1 及び図 7～図 10 によると、鉄源中での鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物の配合割合が多いほど鉄酸化物の量が多くなり、それを還元するための熱源が必要となるため、コークス原単位が増加する。但し、上述したように図 7～図 10 のどの操業においても、炉中心位置での酸素流速が 20～70 Nm/s において、コークス原単位が顕著に低減している。また、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物の配合割合が多くなるとコークス原単位が増加し、排ガス量もコークス原単位にほぼ比例して増加するため、出銑量が一定の場合では、豎型溶解炉の排ガス処理能力を超える量の排ガスが発生することになる。そのため、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物の配合割合を多くするにしたがい、出銑速度を低下させる操業を行った。鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物を全く配合しない時の出銑速度を 1 とした場合、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物の割合が 10 mass%、50 mass%、90 mass%、100 mass% となるにしたがい、それぞれおよそ 0.8、0.5、0.35、0.32 となった。

10

【0024】

鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物（又は鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物を含む鉄源）の溶解を低コストに行うためには、製鉄用コークスのような粒径の小さい安価なコークスの使用比率を高める必要がある。このような観点からは、本発明でも算術平均粒径が 120 mm 以下のコークスを用いるのが好ましい。しかし、使用するコークスの径が小さいとコークスが早く燃焼してしまうために、コークスの燃焼で生じた CO_2 が炉内を上昇する過程でコークス（C）と反応する、所謂ソリューションロス反応（ $\text{CO}_2 + \text{C} \rightarrow 2\text{CO}$ ：吸熱反応）が生じやすくなり、このソリューションロス反応により発熱量が下がり、出銑量が低下するという問題がある。

20

【0025】

図 11 は、算術平均粒径がそれぞれ 160 mm と 65 mm のコークスを用いて操業を行った場合の炉高方向でのガス組成分布の一例を示したものであり、これによれば、大粒径のコークスを用いると、コークスの燃焼速度が遅いため、羽口から炉中段にかけて徐々に O_2 濃度が低下し、一方、 CO_2 濃度は上昇する。 O_2 濃度が相当分低下した炉中段より上方ではソリューションロス反応が起こり得るが、コークス粒径が大きいと反応速度が遅く、このため炉中段より上方では CO_2 濃度がピークを維持し、 CO 濃度は低レベルを維持する。これに対して小径のコークスを用いると、 CO_2 濃度は炉下部でピークとなり、そこから炉中段にかけてソリューションロス反応によって急激に低下（したがって、 CO 濃度が急増）している。

30

【0026】

このようなコークスの小径化に伴う問題に対して、本発明のように酸素噴射ノズルからの超音速酸素噴射による送風酸素富化を行うことが有効である。このような送風酸素富化を行うことにより、単位時間当たりの発熱量が増加し、コークス小径化に伴う発熱量の低下を補うことができるとともに、酸素供給条件が最適化されることにより、炉内でのガスの流れと酸素の供給が適正化され、これによりコークスの燃焼と鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物（又は鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物を含む鉄源）の溶解が炉全体で適切に生じることになる。

【0027】

40

本発明において算術平均粒径が 120 mm 以下の安価なコークスを用いる場合、コークスの粒径があまりに小さいと、送風酸素富化を行って出銑量の低下が避けられないため、使用するコークスの算術平均粒径は 40 mm 以上であることが好ましい。算術平均粒径が 120 mm 以下のコークスとしては、通常、製鉄用コークス（通常、算術平均粒径：25～80 mm 程度）と鋳物用コークス（通常、算術平均粒径：150～250 mm 程度）を適宜混合して用いる。

なお、算術平均粒径とは、平均粒径 $= (\sum a_i \times X_i) / (\sum a_i)$ （但し、 X_i ：代表粒径、 a_i ：割合）で求められる粒径である。

送風酸素富化を行うと熱風中の N_2 の割合が少なくなるため着熱効率が上昇し、炉頂温度が低下する。炉頂温度が低下すると、腐食性ガスが結露して排ガス管の腐食が引き起こ

50

されたり、ダストが排出されずに炉内に蓄積し、ガス通気性が低下するなどの問題を生じる。ここで、炉頂温度が130℃を下回ると腐食性ガス（NO_x、SO_x）の結露などが生じやすくなるため、炉頂温度は130℃以上に維持されることが好ましい。ここで、炉頂温度とは炉頂出口における排ガス温度のことである。

【0028】

本発明では、送風酸素富化によって炉頂温度の低下が問題となる場合には、炉頂温度を確保するために、炉内に装入する鉄源（ここで、鉄源とは、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物、鉄系スクラップの1種以上を指す。以下同様）及び／又はコークスを事前に乾燥処理及び／又は予熱することが好ましく、その場合、例えば、炉頂温度が130℃以上に維持されるよう、鉄源及び／又はコークスを乾燥処理及び／又は予熱する。炉装入時における原料の水分含有率が低いほど、また原料温度が高いほど炉頂温度を高くすることができる。

10

【0029】

また、鉄源及び／又はコークスを事前に乾燥処理及び／又は予熱する際、下記（1）式を満足するように乾燥処理又は予熱することが好ましい。

$$\Delta Ts + (2 \times \Delta Tc \times Co) / 1000 + 50 \times \Delta Ws + (50 \times Co \times \Delta Wc) / 1000 \geq GTt - GTm \quad \cdots (1)$$

但し、

ΔTs（℃）：予熱による鉄源温度の上昇幅（但し、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物、鉄系スクラップの両方を予熱する場合には、両者の配合割合に応じた加重平均値）

20

ΔTc（℃）：予熱によるコークス温度の上昇幅

ΔWs（mass%）：乾燥処理及び／又は予熱による鉄源水分含有率の低下幅（但し、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物、鉄系スクラップの両方を乾燥処理及び／又は予熱する場合には、両者の配合割合に応じた加重平均値）

ΔWc（mass%）：乾燥処理及び／又は予熱によるコークス水分含有率の低下幅

Co（kg/溶鉄ton）：コークス比

GTt（℃）：炉頂部における目標排ガス温度

GTm（℃）：炉頂部における実績排ガス温度

【0030】

鉄源及び／又はコークスを事前に乾燥処理及び／又は予熱するに当たり、炉頂温度を測定し、この実績炉頂温度に基づいて上記（1）式にしたがい乾燥処理及び／又は予熱することにより、炉頂温度を目標温度、すなわち腐食性ガスが結露しない温度或いはダストの排出が円滑になされる温度とすることができる。

30

なお、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物、鉄系スクラップの両方を予熱する場合、両者の予熱による温度上昇幅が異なることがあるので、ΔTsは両者の配合割合に応じた加重平均値とする。同じく、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物、鉄系スクラップの両方を乾燥処理及び／又は予熱する場合、両者の乾燥処理及び／又は予熱による鉄源水分含有率の低下幅が異なることがあるので、ΔWsは両者の配合割合に応じた加重平均値とする。

【0031】

ここで、上記（1）式は、炉装入物の潜顕熱の差（炉装入物温度、水分蒸発熱）が排ガス温度の差になって現れることを関連づけたものである。上記（1）式において、左辺第一項は予熱による鉄源顕熱上昇分であり、1℃の上昇で排ガス温度は1℃の上昇が見込まれる。左辺第二項は予熱によるコークス顕熱上昇分であり、これも1℃の上昇で排ガス温度は1℃の上昇が見込まれる。但し、このコークス顕熱上昇分はコークス比により変化するため、コークス比を考慮するとともに、排ガス温度への影響も考慮して係数を掛けている。左辺第三項は乾燥処理又は予熱による鉄源の水分蒸発熱分であり、排ガス温度への影響を考慮して係数を掛けている。左辺第四項は乾燥処理又は予熱によるコークスの水分蒸発熱分であり、コークス比により変化するためコークス比を考慮するとともに、排ガス温度への影響も考慮して係数を掛けている。

40

鉄源やコークスを事前に乾燥処理又は予熱する方法に特別な制限はなく、例えば、乾燥

50

処理は、適当な熱源を用いて乾燥してもよいし、屋根付きヤードで長期間保管して自然乾燥を行ってもよい。また、予熱はロータリーキルン等の加熱設備を用いて行ってもよい。

【0032】

以下、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物の構成成分や製法などについて、それらの好ましい実施形態を説明する。

前記鉄含有ダストは、酸化鉄及び／又は金属鉄を含むダストであり、その種類に特に制限はないが、代表的なものとしては、鉄鋼製造プロセスで生じる製鋼ダストを挙げることができる。この製鋼ダストには、溶銑予備処理工程で生じる溶銑予備処理ダスト、転炉脱炭工程で生じる転炉ダスト、電気炉で生じる電気炉ダストなどが含まれる。これらの製鋼ダストは、製鋼工程で発生した排ガスから集塵することにより回収されたものである。また、これらの中でも、転炉脱炭工程で生じる転炉ダスト、いわゆるOGダストが、不純物の含有量が少なく、したがって鉄含有量が高いため特に好ましい。また、製鋼ダスト以外の鉄含有ダストとしては、例えば、高炉ダスト、圧延ダストなどがある。

また、前記鉄含有スラッジは、酸化鉄及び／又は金属鉄を含むスラッジであり、その種類に特に制限はないが、上述したような各種ダストが湿式集塵機で捕集されることでスラッジ化したものが、代表例として挙げられる。

【0033】

さきに述べたように、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物は、一般には、鉄含有ダスト及び／又は鉄含有スラッジに水硬性バインダーを配合し、さらに必要に応じて還元用の炭材粉などを配合した原料に水を加えて混合した後、成形し、この成形物を水和硬化させることにより得られる。

前記水硬性バインダーとしては、例えば、ポルトランドセメント、高炉セメント、アルミナセメント、フライアッシュセメントなどの各種セメント、高炉水砕スラグ微粉末、生石灰などの1種以上を用いることができる。原料中の水硬性バインダーの配合量は、強度の発現及びスラグ生成量の抑制の観点から、一般に2～25mass%程度とすることが好ましい。

【0034】

前記炭材粉とは炭素を主成分とする粉体のことであり、堅型溶解炉中で酸化鉄の還元材となる。一般に、製鉄用の堅型溶解炉では還元材として塊コークスが用いられるが、塊コークスよりもコークス粉などの炭材粉の方が価格が安く、コスト的に有利なことに加え、酸化鉄と炭素の接触面積が増大するため、酸化鉄の還元反応も速やかに進行する利点がある。炭材粉としては、コークス粉、石炭粉（好ましくは無煙炭粉）、プラスチック粉などの1種以上を用いることができるが、特に、コークス粉などのように揮発分が少ないものが好ましい。また、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物中に大きな炭材が存在すると、その部分から亀裂が生じ、強度を低下させる原因となるため、炭材粉は粒径3mm以下が好ましい。原料中の炭材粉の配合量は、一般に2～25mass%程度が好ましい。

【0035】

また、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物の原料中には、上述した鉄含有ダスト及び／又は鉄含有スラッジ、水硬性バインダー及び炭材粉以外の材料を必要に応じて適宜配合してもよい。例えば、硬化速度調整剤、界面活性剤、ベントナイト、さらには、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物の圧縮強度を高めるための塩化物、原料に適度な粒度分布を与えて成型性を高めるための材料として焼結篩下粉、ミルスケールなどの鉄含有粉粒物、スラグの塩基度を調整するための石灰石、珪石などの粉粒物などの1種以上を配合してもよい。

また、生成するスラグ量をなるべく少なくするという観点から、原料中でのSiO₂、Al₂O₃、CaO、MgOの合計量を25mass%以下とすることが好ましい。当然、これら成分は水硬性バインダーなどに含有されるものも含まれる。

【0036】

水硬性バインダーを用いて鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物を得るには、上述した原料に水を加えて混合した後、成形し、この成形物を水和硬化させる。

水の量は原料の配合によっても異なるが、成形時に圧縮しても水がしみ出てこない最大

10

20

30

40

50

水量が望ましい。定量的には、J I S - A - 1 1 0 1（コンクリートのスランプ測定方法）に準じた測定においてスランプが0である最大水量となるように調整することが好ましい。水の量が少なすぎると適切に成形できず、また水硬性バインダーの硬化も進行しない。一方、水の量が多すぎて成形時に水がしみ出してくると、その水の処理などに特別な対応が必要になるからである。

【0037】

成形工程は、型枠を用いた成形、押し出し成形、ロールプレス成形など任意の方式で行うことができるが、成形物を高密度にすると鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物は高強度化する傾向があるため、できるだけ高密度化に成形することが好ましい。このため原料と水の混合物を圧縮成形し、または加振しつつ圧縮成形することが好ましい。具体的には、ブ
リケット成形機、プレス成形機、押出成形機などのような圧縮成形機や、これに加振機能
を持たせたものなどを用いて成形することが好ましい。

成形物の形状は任意であるが、炉に装入した際の粉化をなるべく抑えるために角部が少ない方が好ましい。また、成形物の大きさも任意であるが、あまり小さいと豎型溶解炉に装入した際に炉の圧力損失を増大させ、一方、あまり大きいと豎型溶解炉に装入した際に塊成化物の中心部の昇温遅れによる還元・溶解遅れを生じるので、一般には容積で20～2000cc程度のサイズが好ましい。

【0038】

原料と水の混合物を成形して得られた成形物は、水硬性バインダーにより水和硬化させるため、一定期間養生させる。この養生の方法や期間は任意であり、例えば、蒸気による一次養生を行った後、大気下での二次養生を行ってもよい。養生期間は、養生スペースや生産性などの面からはなるべく短い方が好ましいが、養生後の必要強度に応じて適宜選択すればよい。一般には1～7日間程度が好ましい。

また、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物としては、上述したような水硬性バインダーを用いて成形体を水和硬化させる製法以外の方法で製造されたものでもよい。例えば、水硬性バインダー以外のバインダー（例えば、糖蜜や有機バインダー）を用いて成形体を固化させることにより得られたものでもよい。

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図1】本発明で使用する豎型溶解炉とその基本的な操業形態を模式的に示す説明図

【図2】図1の豎型溶解炉の羽口の拡大図

【図3】炉径が小さい豎型溶解炉と炉径が大きい豎型溶解炉のガス流れの違いを示す説明図

【図4】炉内径が異なる豎型溶解炉の半径方向位置におけるガス流速比を示す説明図

【図5】羽口内での酸素噴射ノズルの配置構造の一実施形態を示す説明図

【図6】図5の酸素噴射ノズルの断面を示す説明図

【図7】炉内径が異なる豎型溶解炉を用い、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物100mass%配合の鉄源による操業において、酸素噴射ノズルから噴射された酸素ジェット炉中心位置での流速とコークス原単位との関係を示すグラフ

【図8】炉内径が異なる豎型溶解炉を用い、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物90mass%、鉄系スクラップ10mass%配合の鉄源による操業において、酸素噴射ノズルから噴射された酸素ジェット炉中心位置での流速とコークス原単位との関係を示すグラフ

【図9】炉内径が異なる豎型溶解炉を用い、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物50mass%、鉄系スクラップ50mass%配合の鉄源による操業において、酸素噴射ノズルから噴射された酸素ジェット炉中心位置での流速とコークス原単位との関係を示すグラフ

【図10】炉内径が異なる豎型溶解炉を用い、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物10mass%、鉄系スクラップ90mass%配合の鉄源による操業において、酸素噴射ノズルから噴射された酸素ジェット炉中心位置での流速とコークス原単位との関係を示すグラフ

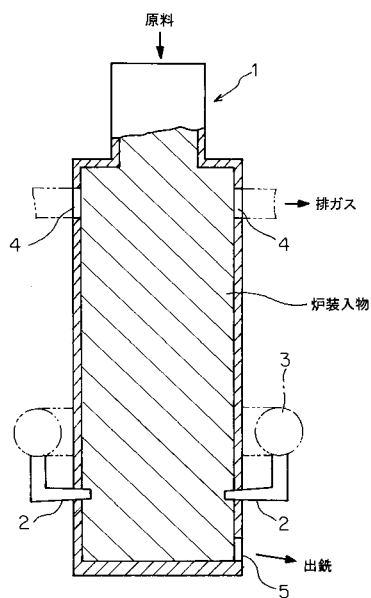
【図11】算術平均粒径がそれぞれ160mmと65mmのコークスを用いて操業を行った場合の炉高方向でのガス組成分布の一例を示す説明図

【符号の説明】

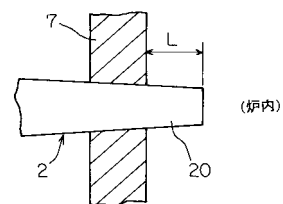
【0040】

- 1 原料装入部
- 2 羽口
- 3 熱風管
- 4 排ガス出口
- 5 出鉄口
- 6 酸素噴射ノズル
- 7 炉内壁
- 20 羽口管
- 60 スロート部

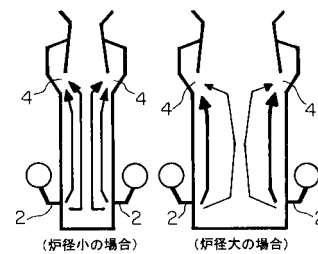
【図1】



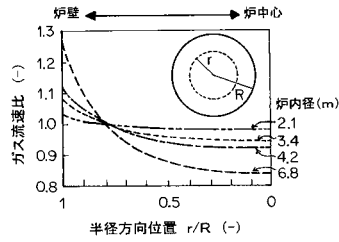
【図2】



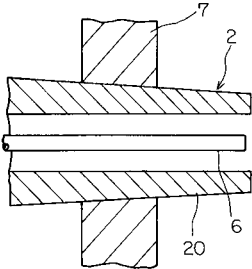
【図3】



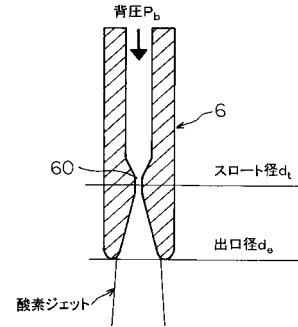
【図 4】



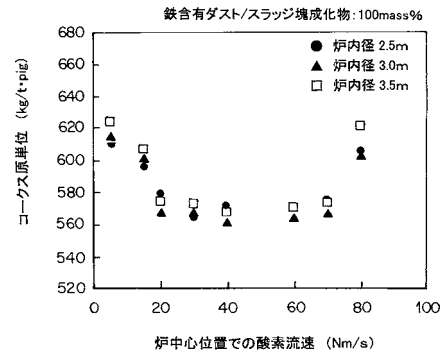
【図 5】



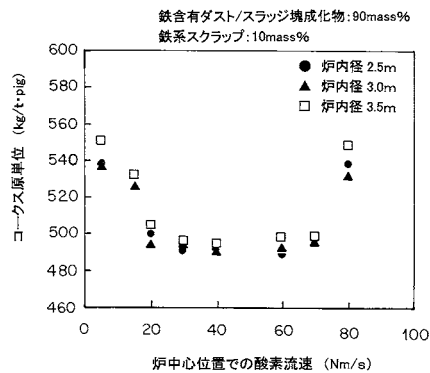
【図 6】



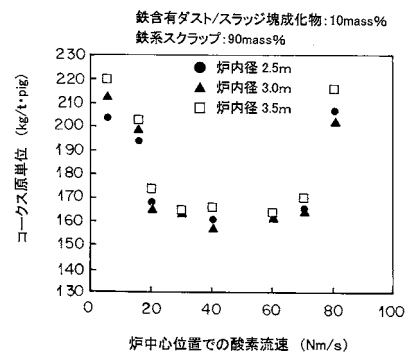
【図 7】



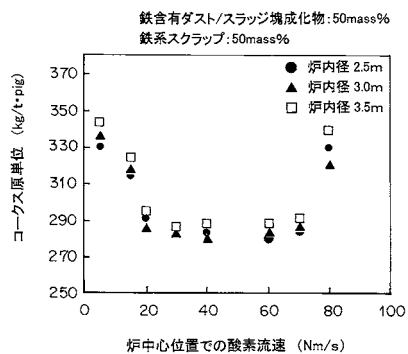
【図 8】



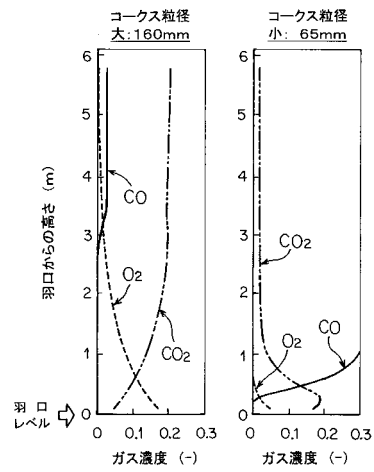
【図 10】



【図 9】



【図 11】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4K001 AA10 BA02 BA14 BA15 BA22 CA09 CA29 CA30 CA31 GA01
HA01
4K012 CB02 CB07
4K045 AA02 BA02 BA07 GB16
4K063 AA02 BA02 CA06 GA11