

(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2010-14319

(P2010-14319A)

(43) 公開日 平成22年1月21日(2010.1.21)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
F 2 7 B 1/16 (2006.01)	F 2 7 B 1/16	4 K O O 1
C 2 1 B 11/02 (2006.01)	C 2 1 B 11/02	4 K O 1 2
C 2 2 B 1/242 (2006.01)	C 2 2 B 1/242	4 K O 4 5
C 2 2 B 7/00 (2006.01)	C 2 2 B 7/00 H	
C 2 2 B 7/02 (2006.01)	C 2 2 B 7/02 A	
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 14 頁)		

(21) 出願番号	特願2008-174028 (P2008-174028)	(71) 出願人	000001258
(22) 出願日	平成20年7月2日 (2008.7.2)		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	岩崎 克博
			神奈川県川崎市川崎区南渡田町1番1号
			J F E 技研株式会社内
		(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	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

最終頁に続く

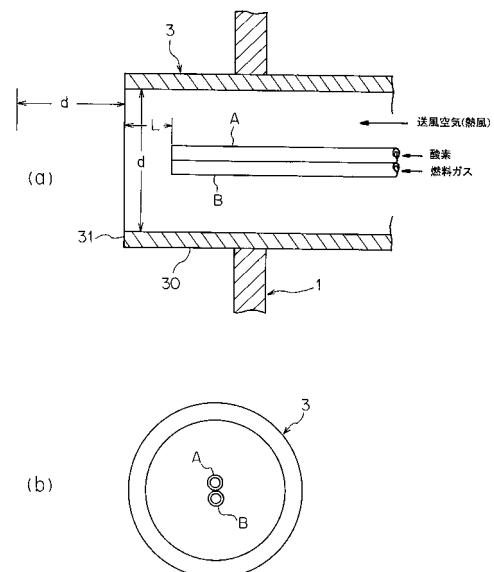
(54) 【発明の名称】 堅型溶解炉および溶銑製造方法

(57) 【要約】

【課題】炭材の燃焼・発熱を促進し、溶銑を高い生産性で製造することができる堅型溶解炉を提供する。

【解決手段】炉頂部から鉄源と炭材を装入し、炉下部に設けられた複数の羽口から熱風を吹き込み、炭材の燃焼熱で鉄源を溶解することにより溶銑を製造する堅型溶解炉において、少なくとも一部の羽口内に、酸素噴射管Aと燃料ガス噴射管Bを設置するとともに、当該羽口の先端内径をdとした場合、酸素噴射管Aから噴射される酸素と燃料ガス噴射管Bから噴射される燃料ガスとが、羽口先端から炉中心方向における距離d以内の領域（但し、羽口内部の領域を含む）で接触するように構成した。噴射管A、Bから噴射される酸素と燃料ガスとの燃焼ガスにより羽口先近傍領域の雰囲気温度が上昇し、炭材の燃焼・発熱が促進されることで溶銑の生産性が向上する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

炉頂部から鉄源と炭材を装入し、炉下部に設けられた複数の羽口から熱風を吹き込み、炭材の燃焼熱で鉄源を溶解することにより溶銑を製造する竪型溶解炉において、

少なくとも一部の羽口内に、酸素噴射管と燃料ガス噴射管を設置するとともに、当該羽口の先端内径を d とした場合、前記酸素噴射管から炉内に向けて噴射される酸素と前記燃料ガス噴射管から炉内に向けて噴射される燃料ガスとが、羽口先端から炉中心方向における少なくとも距離 d 以内の領域（但し、羽口内部の領域を含む）で接触するように構成したことを特徴とする竪型溶解炉。

【請求項 2】

酸素噴射管と燃料ガス噴射管を 2 重管状に設け、該 2 重管の外管を酸素噴射管とし、内管を燃料ガス噴射管とすることを特徴とする請求項 1 に記載の竪型溶解炉。

【請求項 3】

酸素噴射管と燃料ガス噴射管を 2 重管状に設け、該 2 重管の外管を燃料ガス噴射管とし、内管を酸素噴射管とすることを特徴とする請求項 1 に記載の竪型溶解炉。

【請求項 4】

酸素噴射管のノズル部がラバー状または先細状であ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。

【請求項 5】

請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の竪型溶解炉を用いた溶銑製造方法であって、鉄源として、鉄系スクラップ、鉄含有ダストおよび／または鉄含有スラッジの塊成化物の 1 種以上を炉に装入するとともに、酸素噴射管から酸素を、燃料ガス噴射管から燃料ガスを、それぞれ炉内に向けて噴射することを特徴とする溶銑製造方法。

【請求項 6】

燃料ガス噴射管から噴射する燃料ガスが、天然ガス、プロパンガス、製鉄プロセスガス、液体燃料気化ガスの 1 種または 2 種以上を主成分とすることを特徴とする請求項 5 に記載の溶銑製造方法。

【請求項 7】

酸素噴射管から、ノズル出口流速が超音速の酸素ジェットを噴射することを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の溶銑製造方法。

【請求項 8】

炉に装入する炭材の調和平均粒径 d_p が、炉内径 D に対して $D/d_p \geq 30$ を満足することを特徴とする請求項 5 ～ 7 のいずれかに記載の溶銑製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、鉄源を炭材の燃焼熱により溶解して溶銑を製造する竪型溶解炉と、この竪型溶解炉を用いた溶銑製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、竪型溶解炉を用いて鉄系スクラップなどの鉄源を溶解するプロセスが知られている（例えば、特許文献 1）。このプロセスでは、竪型溶解炉の炉頂部から鉄系スクラップなどの鉄源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）から熱風を吹き込み、コークスの燃焼熱で鉄源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 56-156709 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

竪型溶解炉による溶銑の製造プロセスでは、炉腹断面積当たりの生産性を高めることが

10

20

30

40

50

重要である。このような生産性の観点からは、炉腹断面全体がコークスの燃焼、発熱に有効に利用されることが望ましいが、実際は必ずしも有効に利用されている訳ではない。特に、(a) 送風温度が600℃前後の場合の羽口先近傍、(b) 充填物のサイズに対して相対的に炉の径が大きい場合の炉中心部、などの領域ではコークスの燃焼、発熱が不十分になりやすく、生産性を高める上で問題となる。

【0004】

したがって本発明の目的は、このような従来技術の課題を解決し、炭材の燃焼・発熱、特に羽口先近傍領域での炭材の燃焼・発熱を促進し、溶銑を高い生産性で製造することができる縦型溶解炉を提供することにある。

また、本発明の他の目的は、羽口先近傍領域とともに、炉中心部領域での炭材の燃焼・発熱を促進し、溶銑をより高い生産性で製造することができる縦型溶解炉を提供することにある。

さらに、本発明の他の目的は、そのような縦型溶解炉を用いて、溶銑を高い生産性で安定的に製造することができる溶銑製造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】

上記課題を解決するための本発明は、以下を要旨とするものである。

[1] 炉頂部から鉄源と炭材を装入し、炉下部に設けられた複数の羽口から熱風を吹き込み、炭材の燃焼熱で鉄源を溶解することにより溶銑を製造する縦型溶解炉において、少なくとも一部の羽口内に、酸素噴射管と燃料ガス噴射管を設置するとともに、当該羽口の先端内径を d とした場合、前記酸素噴射管から炉内に向けて噴射される酸素と前記燃料ガス噴射管から炉内に向けて噴射される燃料ガスとが、羽口先端から炉中心方向における少なくとも距離 d 以内の領域（但し、羽口内部の領域を含む）で接触するように構成したことを特徴とする縦型溶解炉。

【0006】

[2] 上記[1]の縦型溶解炉において、酸素噴射管と燃料ガス噴射管を2重管状に設け、該2重管の外管を酸素噴射管とし、内管を燃料ガス噴射管とすることを特徴とする縦型溶解炉。

[3] 上記[1]の縦型溶解炉において、酸素噴射管と燃料ガス噴射管を2重管状に設け、該2重管の外管を燃料ガス噴射管とし、内管を酸素噴射管とすることを特徴とする縦型溶解炉。

[4] 上記[1]～[3]のいずれかの縦型溶解炉において、酸素噴射管のノズル部がラバー状または先細状であることを特徴とする縦型溶解炉。

【0007】

[5] 上記[1]～[4]のいずれかの縦型溶解炉を用いた溶銑製造方法であって、鉄源として、鉄系スクラップ、鉄含有ダストおよび／または鉄含有スラッジの塊成化物の1種以上を炉に装入するとともに、酸素噴射管から酸素を、燃料ガス噴射管から燃料ガスを、それぞれ炉内に向けて噴射することを特徴とする溶銑製造方法。

[6] 上記[5]の溶銑製造方法において、燃料ガス噴射管から噴射する燃料ガスが、天然ガス、プロパンガス、製鉄プロセスガス、液体燃料気化ガスの1種または2種以上を主成分とすることを特徴とする溶銑製造方法。

【0008】

[7] 上記[5]または[6]の溶銑製造方法において、酸素噴射管から、ノズル出口流速が超音速の酸素ジェットを噴射することを特徴とする溶銑製造方法。

[8] 上記[5]～[7]のいずれかの溶銑製造方法において、炉に装入する炭材の調和平均粒径 d_p が、炉内径 D に対して $D/d_p \geq 30$ を満足することを特徴とする溶銑製造方法。

ここで、本発明において酸素噴射管から噴射される酸素と燃料ガス噴射管から噴射される燃料ガスとが「接触する」とは、酸素噴射管および燃料ガス噴射管の噴射口（ノズル）から噴出する各々のガスが、噴射方向中心に対して片側10°（両側20°）の角度で拡

がるガス拡散領域を形成した際に、酸素と燃料ガスのガス拡散領域どうしが一部でも重なり合う状態を指す。したがって、酸素噴射管の噴射口と燃料ガス噴射管の噴射口とが隣接していれば、実質的にそれら噴射口（ノズル先）の位置が、ガスどうしの「接触する」位置ということになる。

【発明の効果】

【0009】

本発明の豎型溶解炉によれば、羽口内に設置された酸素噴射管と燃料ガス噴射管からそれぞれ噴射される酸素と燃料ガスが羽口先で燃焼することにより、羽口先近傍領域の雰囲気温度を上昇させることができ、その領域での炭材の燃焼・発熱を効果的に促進させることができる。このため溶銑の生産性を向上させることができる。

10

また、本発明において、酸素噴射管と燃料ガス噴射管を2重管状に設け、この2重管の外管を酸素噴射管、内管を燃料ガス噴射管とする構造とした場合には、酸素と燃料ガスの接触状態が高まるため燃焼効率がより向上し、このため、羽口先近傍領域での炭材の燃焼・発熱をより効果的に促進させることができる。

【0010】

また、本発明において、酸素噴射管と燃料ガス噴射管を2重管状に設け、この2重管の外管を燃料ガス噴射管、内管を酸素噴射管とする構造とした場合には、上述したような、羽口先近傍領域において雰囲気温度が上昇してコークスの燃焼・発熱を促進させるという効果が得られるだけでなく、羽口先で生じる燃焼ガスが酸素噴射管から噴射される酸素流を外側から包み込むことで、酸素流がそれほど拡散しない状態で炉中心部領域に到達でき、この酸素により炉中心部領域でのコークスの燃焼・発熱を促進させることができる。その結果、羽口先から炉中心部までの広い領域で、コークスの燃焼・発熱を促進でき、溶銑の生産性をより高めることができる。

20

【0011】

また、本発明において、酸素噴射管のノズル部をラバール状または先細状の構造とした場合には、酸素噴射管から超音速またはそれに近い高速酸素流を吐出できるので、酸素流を炉中心部領域まで到達させることが容易になり、同領域での発熱・溶解をより促進させることができる。そして、特に、酸素噴射管と燃料ガス噴射管を2重管状に設け、この2重管の外管を燃料ガス噴射管、内管を酸素噴射管とする構造とした場合における上述した効果を、さらに高めることができる。

30

また、以上のような豎型溶解炉を用いた本発明の溶銑製造方法によれば、羽口先近傍領域の雰囲気温度を上昇させて、同領域での炭材の燃焼・発熱を促進させることができ、さらには羽口先から炉中心部までの広い領域で炭材の燃焼・発熱を促進させることができるので、溶銑を高い生産性で安定的に製造することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

本発明が対象とする豎型溶解炉は、炉頂部から鉄源と炭材を装入し、炉下部に設けられた複数の羽口から熱風を吹き込み、炭材の燃焼熱で鉄源を溶解することにより溶銑を製造する豎型溶解炉である。この豎型溶解炉は、炉内径Dと原燃料充填層高さHの比 H/D が2以上、好ましくは2.5以上とすることが望ましい。これにより、原燃料充填層下部に安定した赤熱炭材充填層を形成することができ、羽口からの送風で炭材を燃焼・発熱させ、充填物を効率よく溶解できる。

40

【0013】

使用する鉄源としては、鉱石類、鉄系スクラップ、鉄含有ダストまたは／および鉄含有スラッジの塊成化物などの1種以上が使用され、また炭材としては、一般にコークスが用いられる。したがって、本発明が対象とする豎型溶解炉には高炉も含まれるが、特に本発明は、後述するような理由により、鉄源として鉄含有ダストまたは／および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。）を用いる豎型溶解炉に好適なものである。なお、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物などの炉装入物については後に詳述する。

50

【0014】

図1は、本発明が適用される堅型溶解炉とその基本的な操業形態を模式的に示したもので、この例では、鉄系スクラップ、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物の1種以上を主たる鉄源とする堅型溶解炉を示している。

図において、1は炉体、2は炉頂に設けられる原料装入部、3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）、4はこの羽口3に熱風を供給する熱風管、5は炉体上部に接続される排気ダクト、6は前記排気ダクト5の途中に設けられる集塵装置である。

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5～10m程度である。羽口数に制限はないが、通常、4～12本程度である。

10

【0015】

このような溶解炉では、炉頂の原料装入部2から鉄源（鉄系スクラップ、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物の1種以上を主体とする鉄源）とコークスを装入するとともに、複数の羽口3から熱風を吹き込み、コークスの燃焼ガスの熱で鉄源を溶解し、溶銑とする。生成した溶銑は炉底部の出銑口から炉外に取り出される。また、炉内では上昇する熱風に伴いダストも生成し、このダストは排気ダクト5を経由して集塵装置6で捕集される。

【0016】

本発明では、少なくとも一部の羽口3内に、酸素噴射管Aと燃料ガス噴射管Bを設置するとともに、当該羽口の先端内径をdとした場合、酸素噴射管Aから炉内に向けて噴射される酸素と燃料ガス噴射管Bから炉内に向けて噴射される燃料ガスとが、羽口先端から炉中心方向における距離d以内の領域（但し、羽口内部の領域を含む）で接触するように構成する。燃料ガス噴射管Bから噴射する燃料ガスには、後述するように、天然ガスやプロパンガスなどが用いられる。

20

酸素噴射管Aと燃料ガス噴射管Bを設置するのは、炉体1が有する全部の羽口3でもよいし、一部の羽口3でもよい。また、適用する羽口を周期的に変えてもよい。

【0017】

以下の各実施形態については、炭材としてコークスを用いる場合を例に説明する。

図2は、本発明の一実施形態における羽口構造を示すもので、図2（a）は羽口の縦断面図、図2（b）は羽口の正面図である。図において、30が羽口管、31が羽口先端である。

30

この実施形態では、酸素噴射管Aと燃料ガス噴射管Bを並列状に設置したものである。上記のように酸素噴射管Aと燃料ガス噴射管Bは、それぞれから噴射される酸素と燃料ガスとが、羽口先端31から炉中心方向における距離d以内の領域で接触する（したがって、少なくとも一部において混合し、燃焼する）ように配置される。ここで、羽口先端31から炉中心方向における距離d以内の領域には、羽口内部の領域も含まれる。本実施形態では、両噴射管A、Bからそれぞれ噴射される酸素と燃料ガスは、噴射後すぐに羽口内部の領域で接触し、燃焼する。

【0018】

ここで、酸素噴射管Aと燃料ガス噴射管Bからそれぞれ噴射される酸素と燃料ガスが接触する位置が、羽口先端31から炉中心方向で距離dを超えると、燃料ガスが主に送風空気と燃焼することになり、純酸素は送風空気中に希釈されてしまうので、燃焼温度の増大が抑制されてしまう。化学平衡計算によれば、例えば、都市ガスの主成分であるメタンガスの断熱火炎温度は、空気（25℃）では1954℃（2227K）、熱風（600℃）でも2216℃（2489K）にとどまるので、羽口先におけるコークス表面温度2000℃（2273K）前後の温度と大差ない。一方、純酸素燃焼であれば、断熱火炎温度は2781℃（3054K）まで上昇するので、温度上昇による燃焼速度向上効果が期待できる。

40

【0019】

また、酸素噴射管Aと燃料ガス噴射管Bから噴射される酸素と燃料ガスが接触する位置

50

は、羽口内部であってもよいが、羽口先端 3 1 から羽口内方に距離 2 d 以上離れた位置で接触すると、純酸素燃焼による高温火炎からの熱が羽口内面に負荷され、羽口内面の損耗や熱損失の増大につながるので望ましくない。このため酸素噴射管 A と燃料ガス噴射管 B から噴射される酸素と燃料ガスが接触する位置は、羽口先端 3 1 から羽口内方に距離 2 d 未満の範囲であることが好ましい。

酸素噴射管 A と燃料ガス噴射管 B は、その各先端が羽口先端 3 1 から突出しないように設置される。これら噴射管 A, B の先端が羽口先端 3 1 から突出すると、羽口先のコークス充填層内を流下する流鉄によって損耗を生じるので望ましくない。

【0020】

一方、本実施形態のように酸素噴射管 A と燃料ガス噴射管 B の各先端が羽口内部に位置する場合、その先端と羽口先端 3 1 との間隔 L は、下記の条件を満足することが好ましい。これは酸素や燃料ガスの噴流ないし火炎が直接羽口内面に接触することを避け、羽口内面への熱負荷を軽減するためである。

$$L < d / (2 \tan \theta)$$

但し、 θ ：ノズル（噴射口）先での噴出ガスの片側の拡がり角度（ガス噴射方向中心に対する片側の拡がり角度）であって、 10° とする。

【0021】

本発明による羽口構造を有する溶解炉では、酸素噴射管 A と燃料ガス噴射管 B から炉内に向けてそれぞれ酸素と燃料ガスが噴射され、この酸素と燃料ガスは羽口先で接触して燃焼し、羽口先近傍に高温の燃焼ガスが供給され、その領域の雰囲気温度を効果的に上昇させることができる。例えば、一般のキュボラ等の縦型溶解炉の送風温度は 600°C 前後であるが、このような温度の送風空気（熱風）が赤熱コークスに当たっても、燃焼速度はそれほど大きくはなく、送風空気が有効に燃焼に寄与するのは炉内部で生成する高温の CO ガスと接触・燃焼する段階においてである。それ故、羽口先近傍におけるコークスの燃焼・発熱は、あまり活発ではない。これに対して本発明によれば、燃料ガスを純酸素燃焼させる領域が羽口先に形成され、雰囲気ガス温度をコークス燃焼に適切な温度である 2000°C 前後ないしそれ以上まで高めることができる。燃料ガスを効率的に燃焼させ、羽口先近傍に高温の燃焼ガスを存在させるには、本発明のように燃料ガスと酸素を別々の噴射手段で噴射し、燃料ガスを純酸素燃焼させることが必要である。以上のように、羽口先の雰囲気温度が高められる結果、羽口先近傍領域でのコークスの燃焼・発熱が促進され、溶鉄の生産性を向上させることができる。

【0022】

また、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物を構成するダストやスラッジは、鉄系スクラップに較べて酸化鉄を多く含んでいる。したがって、溶解炉の鉄源として鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物を用いる場合、コークスおよび炉内の CO ガスにより塊成化物中の酸化鉄が還元され、この還元反応部分では吸熱が生じ、そのままでは温度降下して燃焼・発熱反応が遅滞する恐れがある。これに対して本発明では、上述したようにコークスの燃焼・発熱作用を高めることができるので、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物を鉄源として使用する際の上記課題を有利に解決できる。

【0023】

図 3 は、本発明の他の実施形態における羽口構造を示すもので、図 3 (a) は羽口の縦断面図、図 3 (b) は羽口の正面図である。

本実施形態では、酸素噴射管 A と燃料ガス噴射管 B を 2 重管状（断面同心円状）に設け、この 2 重管構造の外管を酸素噴射管 A とし、内管を燃料ガス噴射管 B としたものである。

このような構造とすることにより、酸素噴射管 A から噴射される酸素と燃料ガス噴射管 B から噴射される燃料ガスの接触状態がより高まるため、燃焼効率がより向上する。このため、羽口先近傍領域でのコークスの燃焼・発熱をより効果的に促進させることができる。

【0024】

図４は、本発明の他の実施形態における羽口構造を示すもので、図４（ａ）は羽口の縦断面図、図４（ｂ）は羽口の正面図である。

本実施形態では、酸素噴射管Ａと燃料ガス噴射管Ｂを２重管状（断面同心円状）に設け、この２重管構造の外管を燃料ガス噴射管Ｂとし、内管を酸素噴射管Ａとしたものである。

このような構造とすることにより、上述したように、燃焼ガスにより羽口先近傍領域の雰囲気温度が上昇し、その領域でのコークスの燃焼・発熱が促進されるという効果が得られるとともに、さらに、次のような効果が得られる。羽口先で生じる燃焼ガス（燃料ガスと酸素および送風空気との燃焼で生じる燃焼ガス）が、酸素噴射管Ａから噴射される酸素流を外側から包み込むことで酸素流の膨張・拡散が抑制される。すなわち、酸素噴射管Ａから噴射される酸素流の外側に生成する燃焼ガスは、酸素ガスに較べて密度が小さく且つ動粘性係数が大きいいため、酸素流の流速を減衰させず且つ酸素流の拡散を抑制し、酸素流の流速および直進性を維持させるに役立つ。このため酸素流は、十分な速度を保ちつつ、それほど拡散しない状態で炉内中心部領域に到達でき、炉中心部領域でのコークスの燃焼・発熱を促進させることができる。その結果、羽口先から炉中心部までの広い領域で、コークスの燃焼・発熱を促進でき、溶銑の生産性をより高めることができる。

【００２５】

また、さきに述べたように、元々酸化鉄を多く含んでいる鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物を溶解炉の鉄源として用いる場合、コークスおよび炉内のＣＯガスにより酸化鉄が還元され、この還元反応部分では吸熱が生じ、そのままでは温度降下して燃焼・発熱反応が遅滞する恐れがある。特に、炉内径Ｄが充填層の炭材粒径（調和平均粒径） d_p に対して相対的に大きい、 $D/d_p \geq 30$ のような条件では、炉中心部領域に送風空気（酸素）が届きにくいので、その懸念が大きくなる。これに対して図４に示すような実施形態では、上述したように炉内中心部領域でのコークスの燃焼・発熱作用を高めることができるので、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物を鉄源として使用する際の上記課題を有利に解決できる。

【００２６】

図５は、本発明の他の実施形態における羽口構造を示すもので、図５（ａ）は羽口の縦断面図、図５（ｂ）は羽口の正面図である。また、図５（ａ）には、両噴射管Ａ、Ｂのノズル部の拡大断面図を示してある。

本実施形態では、酸素噴射管Ａと燃料ガス噴射管Ｂを２重管状（断面同心円状）に設け、この２重管構造の外管を燃料ガス噴射管Ｂとし、内管を酸素噴射管Ａとするとともに、酸素噴射管Ａのノズル部（吐出部）を、酸素を超音速で吐出可能なラバール状（図中、７が絞り部）としたものである。

【００２７】

このような構造とすることにより、酸素噴射管Ａから超音速（ノズル出口流速）の酸素ジェットを噴射することができ、炉中心部領域まで酸素を到達させることがさらに容易となる。これにより、図４の実施形態で述べた効果をさらに高めることができる。特に、炉内径Ｄとコークス（炭材）の調和平均粒子径 d_p との比 D/d_p が、 $D/d_p \geq 50$ というような条件で炉を操業する場合には、従来法では、炉中心部領域にまで酸素が到達しにくいいため、炉中心部領域のコークスが燃焼ガス中の炭酸ガス等によりソリューションロス反応（ $CO_2 + C = 2CO$ ，吸熱反応）を起こし、炉中心部領域での発熱・溶解が停滞する傾向があった。これに対して図５に示すような本発明の実施形態では、 $D/d_p \geq 50$ のような条件で操業を行っても、炉中心部領域まで酸素を容易に到達させ、同領域での発熱・溶解を促進させることができる。

【００２８】

また、さきに述べたように、元々酸化鉄を多く含んでいる鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物を溶解炉の鉄源として用いる場合、コークスおよび炉内のＣＯガスにより酸化鉄が還元され、この還元反応部分では吸熱が生じ、そのままでは温度降下して燃焼・発熱反応が遅滞する恐れがあり、特に、上記のような $D/d_p \geq 50$ の条件では、炉中心部領域に送

風空気（酸素）が届きにくいので、その懸念が大きくなる。これに対して図 5 に示すような実施形態では、上述したように炉内中心部領域でのコークスの燃焼・発熱作用を特に高めることができるので、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物を鉄源として使用する際の上記課題を特に有利に解決できる。

酸素噴射管 A のノズル部（吐出部）は、ラバール状ではなく、先細状としてもよい。また、噴射される高速酸素流は、音速以下の流速であってもよい。また、図 2，図 3 の実施形態においても、酸素噴射管 A のノズル部をラバール状または先細状とすることができる。

【0029】

次に、以上述べたような豎型溶解炉を用いた溶銑製造方法について説明する。

この溶銑製造方法では、炉頂部 2 から鉄源と炭材を装入し、羽口 3 から熱風を吹き込み、さらに酸素噴射管 A から酸素を、燃料ガス噴射管 B から燃料ガスをそれぞれ噴射し、炭材の燃焼熱で鉄源を溶解することにより溶銑を製造する。

燃料ガス噴射管 B から噴射する燃料ガスに特別な制限はないが、通常、天然ガス、プロパンガス、製鉄プロセスガス、液体燃料気化ガスの 1 種または 2 種以上を主成分とするものが用いられる。燃料ガス噴射管 B から噴射する燃料ガス量は、酸素噴射管 A から噴射する酸素によって完全燃焼する量以下とすることが好ましい。

【0030】

なお、酸素富化率に特に制限はないが、本発明の効果を得心するためには、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、羽口先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。

炉に装入する炭材（コークスなど）の調和平均粒径 d_p は、炉内径 D に対して $D/d_p \geq 30$ 、好ましくは $D/d_p \geq 40$ 、より好ましくは $D/d_p \geq 50$ を満足することが望ましい。 d_p の小さい炭材の方が安価であるので、できるだけ D/d_p の大きい条件で操業することが、経済性の面からは好ましい。一方で、 D/d_p が大きいほど、炉中心部側には送風空気（酸素）が届きにくくなるので、炉中心部側での燃焼・発熱が不十分となるとともに、カーボンソリューションロス反応による吸熱が進みやすくなり、炉腹断面積当たりの生産性が低減傾向となる。したがって、本発明はこのような D/d_p の大きい条件において、その有用性が特に大きいと言える。

【0031】

鉄源としては、例えば、鉱石類、鉄系スクラップ、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物などの 1 種以上が使用され、また炭材としては、一般にコークスが使用されるが、さきに述べたように、本発明の豎型溶解炉は、特に、鉄系スクラップ、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物の 1 種以上を主たる鉄源とする溶銑製造プロセスに好適なものであるので、以下、この溶銑の製造プロセスについて説明する。

【0032】

鉄源として鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物を装入すると、鉄系スクラップ単独装入の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が、本発明のように送風酸素富化を実施することにより、排ガス量を低減できる。鉄系スクラップと鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物を併せて装入する場合、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、主たる炉装入原料は、鉄系スクラップ、鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物の 1 種以上の鉄源とコークスであるが、それ以外に、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。

【0033】

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 種以上または

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。

【0034】

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。

【0035】

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、鉄含有ダストまたは／および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。

【0036】

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。

【0037】

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または／および鉄含有スラッジ、水硬性バインダーおよ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 SiO_2 、 Al_2O_3 、 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。

【0038】

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。

【0039】

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20～2000cm³程度のサイズが好ましい。

【0040】

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。

【実施例】

【0041】

図1に示す構造を有する炉床径約2m、羽口数6本、羽口からの有効高さ5mの豎型溶解炉を用いて、以下のような試験を行った。この試験の発明例では、全羽口に図2～図5のいずれかの構造の酸素噴射管Aと燃料ガス噴射管Bを設置し、羽口送風に加えて、酸素と燃料ガス（天然ガス）の噴射供給を行った。一方、比較例では羽口送風のみを行った。

鉄源には鉄系スクラップ90mass%＋鉄含有ダスト／スラッジ塊成化物10mass%を用い、炭材には鋳物コークス40mass%＋篩目40mmで篩った篩上の高炉コークス60mass%を用い、出銑温度1500～1550℃、コークス比130～200kg/t・pigの条件で操業を行った。

なお、発明例4で用いた酸素噴射管Aは、ノズル部がラバー状のものであり、酸素流のノズル出口流速が超音速（マッハ2程度）となるものである。

【0042】

操業結果を、操業条件とともに表1に示す。表1において、生産インデックスとは、比較例1（従来例）の出銑量を100としたときの出銑量を指数化したものである。本発明例は、いずれも生産性が大きく向上していることが判る。

【表 1】

表 1	発明例 1	発明例 2	発明例 3	発明例 4	比較例 1	比較例 2	比較例 3
炉腹断面積当りの送風量 ($\text{Nm}^3/\text{h}/\text{m}^2$)	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
送風温度 ($^{\circ}\text{C}$)	600	600	600	600	600	600	600
炉腹断面積当りの送酸量 ($\text{Nm}^3/\text{h}/\text{m}^2$) *2	700	700	700	700	—	—	400
燃料ガス種	天然ガス	天然ガス	天然ガス	天然ガス	—	—	—
炉腹断面積当りの燃料ガス吹込み量 ($\text{Nm}^3/\text{h}/\text{m}^2$)	100	100	100	100	—	—	—
D/dp (—) *1	25	32	40	52	10	50	50
生産性インデックス (—)	≥ 120	≥ 140	≥ 160	≥ 160	100	80	90
羽口部の構造	図 2	図 3	図 4	図 5	—	—	—

*1 (炉内径D)/(コークスの調和平均粒径dp)

*2 酸素噴射管からの送酸量

【0043】

【図1】本発明が適用される縦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】本発明の縦型溶解炉の一実施形態における羽口構造を示すもので、図2（a）は羽口の縦断面図、図2（b）は羽口の正面図

【図3】本発明の縦型溶解炉の一実施形態における羽口構造を示すもので、図3（a）は羽口の縦断面図、図3（b）は羽口の正面図

【図4】本発明の縦型溶解炉の一実施形態における羽口構造を示すもので、図4（a）は羽口の縦断面図、図4（b）は羽口の正面図

【図5】本発明の縦型溶解炉の一実施形態における羽口構造を示すもので、図5（a）は羽口の縦断面図、図5（b）は羽口の正面図

10

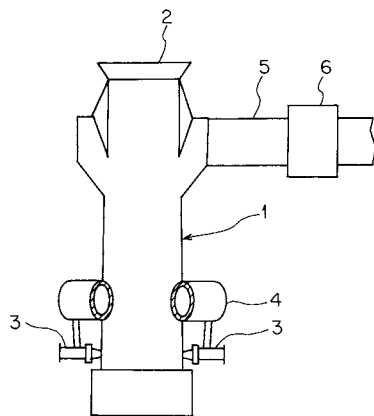
【符号の説明】

【0044】

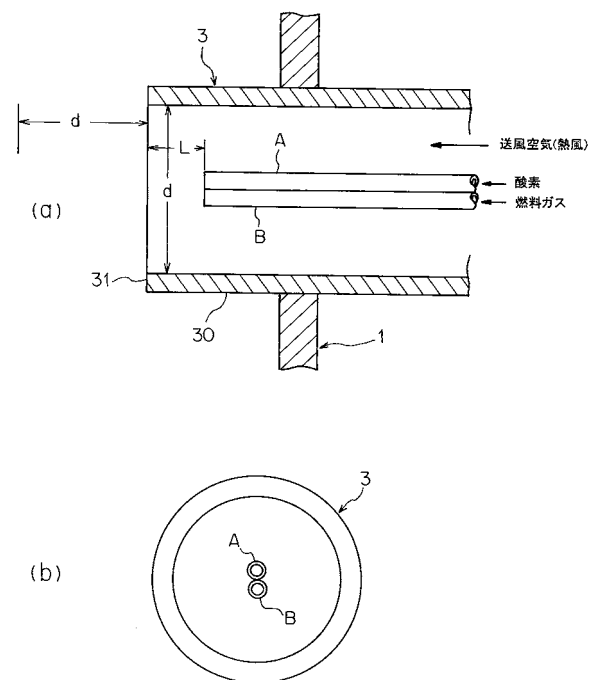
- 1 炉体
- 2 原料装入部
- 3 羽口
- 4 熱風管
- 5 排気ダクト
- 6 集塵装置
- 7 絞り部
- 30 羽口管
- 31 羽口先端
- A 酸素噴射管
- B 燃料ガス噴射管

20

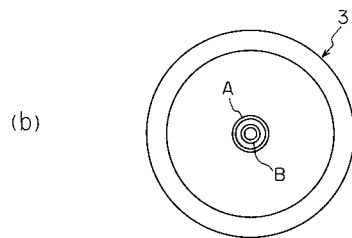
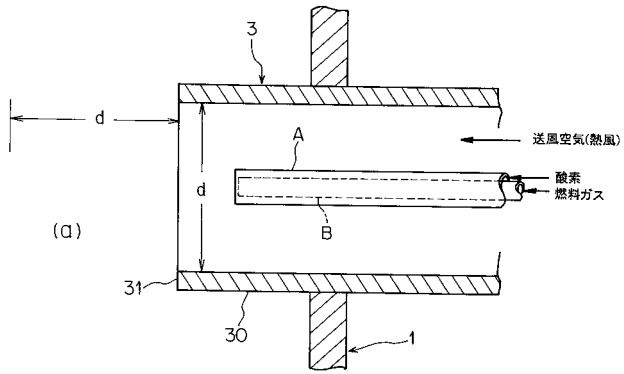
【図1】



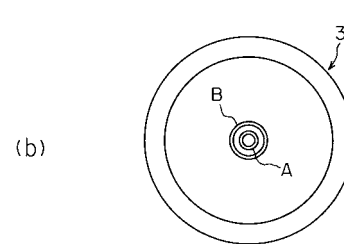
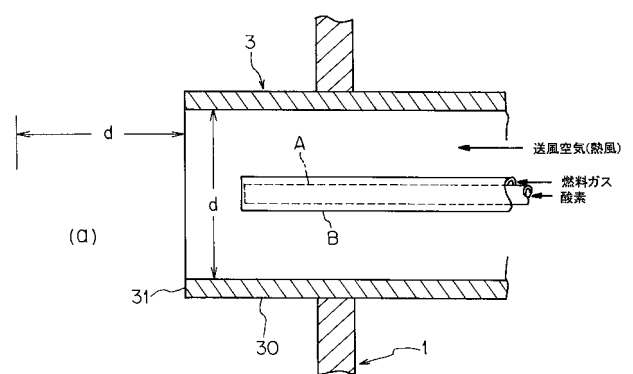
【図2】



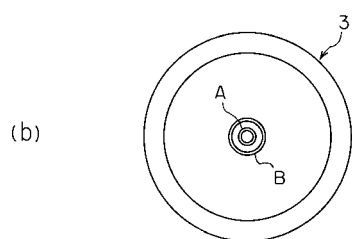
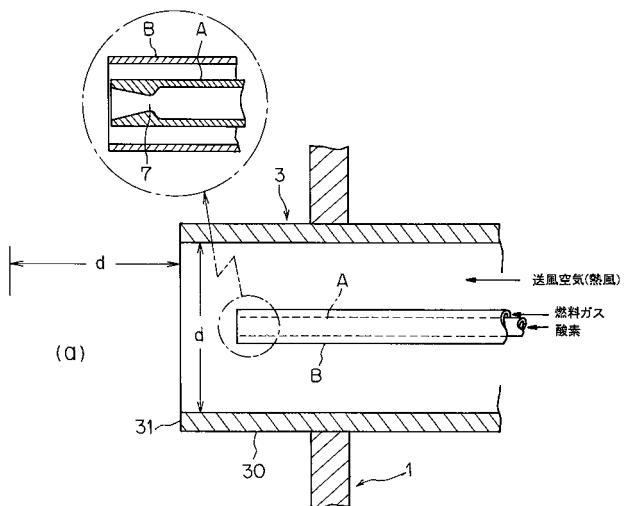
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4K001 AA10 BA02 BA14 BA15 BA22 CA29 CA30 CA31 GA01 GB03
HA01
4K012 CB02 CB05 CB07
4K045 AA02 BA02 BA07 GB08 GB11 GB16