

(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2005-290511

(P2005-290511A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005. 10. 20)

(51) Int.Cl.⁷

C 2 1 B 5/00

F I

C 2 1 B 5/00 3 1 1

テーマコード (参考)

4 K O 1 2

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2004-109939 (P2004-109939)

(22) 出願日 平成16年4月2日(2004. 4. 2)

(71) 出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(74) 代理人 100103481

弁理士 森 道雄

(72) 発明者 渡邊 一郎

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

住友金属工業株式会

社内

Fターム(参考) 4K012 BC03 BC04 BC08

(54) 【発明の名称】 高炉の操業方法

(57) 【要約】

【課題】 鉱石層への小塊コークスの混合効果を最大限に発揮させ、炉下部融着帯での還元効率および通気性を向上させることができるベルレス高炉の装入方法を提供する。

【解決手段】 炉内装入する鉱石の各バッチに粒径が5～40mmの小塊コークスを混合し、鉱石第2バッチ以降における小塊コークス混合量を鉱石第1バッチにおける小塊コークス混合量よりも多くするベルレス高炉への装入物装入方法。鉱石第2バッチ以降における小塊コークス混合量と第1バッチにおける小塊コークス混合量との比の値を1.5～2.5の範囲に調整することが好ましく、さらに、鉱石中に混合された小塊コークスの炉内堆積位置が炉壁から炉口半径の30%以内の領域となるように装入することが好ましい。

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

鉍石を 2 以上に分割して装入するベルレス高炉への装入物装入方法であって、装入する鉍石の分割された各バッチに粒径が 5 ～ 40 mm の小塊コークスを混合し、鉍石第 2 バッチ以降における小塊コークス混合量を鉍石第 1 バッチにおける小塊コークス混合量よりも多くすることを特徴とするベルレス高炉への装入物装入方法。

【請求項 2】

鉍石第 1 バッチにおける小塊コークス混合量を $FC1$ 、第 2 バッチ以降における小塊コークス混合量を FCm としたとき、前記鉍石第 1 バッチにおける小塊コークス混合量および鉍石第 2 バッチ以降における小塊コークス混合量が下記 (1) 式で表される関係を満足することを特徴とする請求項 1 に記載のベルレス高炉への装入物装入方法。 10

$$1. \quad 5 \leq FCm / FC1 \leq 2.5 \quad \cdots (1)$$

但し、 $2 \leq m \leq n$

【請求項 3】

鉍石に混合された小塊コークスの高炉内装入後の炉内での堆積位置と炉壁との炉半径方向距離を X 、高炉の炉口半径を R としたとき、前記小塊コークスの堆積位置と炉壁との距離および炉口半径が下記 (2) 式で表される関係を満足することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のベルレス高炉への装入物装入方法。

$$X / R \leq 0.3 \quad \cdots (2)$$

【発明の詳細な説明】 20

【技術分野】

【0001】

本発明は、高炉における装入物の装入方法に関し、詳細には、高炉炉頂部に炉頂バンカーと分配シュートを有し、炉内に装入物を装入するベルレス高炉において、鉍石に小塊コークスを混合して炉内に装入する装入方法に関する。

【背景技術】

【0002】

高炉操業においては、一般に炉上部から還元剤および燃料としてのコークス、ならびに鉄源としての焼結鉍、ペレット、塊鉍石など（以下、これらの鉄源を総称して「鉍石」と記す）が交互に装入され、炉下部の羽口からは熱風が送風されると同時に微粉炭やタールなどが吹き込まれる。 30

【0003】

高炉の安定操業を維持するためには、良好な通気性を確保し、炉内ガス流れの安定化（すなわち、安定した中心ガス流および炉壁ガス流の確保）が必要である。高炉内における通気性は、主として前記装入物（コークスおよび鉍石）の性状、粒度および装入量により大きく影響を受けるが、それ以外に、炉頂からの装入物の装入方法、つまり、炉内に装入する装入物の分布状況によっても大きく左右される。

【0004】

高炉の炉内通気性を改善するための対策として、鉍石層中に小塊コークスを混合装入することにより、高炉下部に形成される融着帯（鉍石層が軟化融着した通気抵抗の大きい領域）の通気性を改善できることが知られており、上記の方法により、高炉内における融着帯の通気性を改善するための、鉍石とコークスの適切な混合方法が多数報告されている。 40

【0005】

例えば、特許文献 1 には、鉍石ホップ群の下流側先頭複数個の鉍石ホップにコークスを装入し、鉍石類切出コンベア上の鉍石全量の前頭部分でコークスを排出開始して鉍石上にコークスを積層し、積層した鉍石とコークスを鉍石類切出ホップに装入し、これを切り出して炉頂バンカに装入し、炉頂バンカから排出した鉍石とコークスを旋回シュートを介して高炉内に装入する装入方法が開示されている。この方法は、鉍石とコークスとを炉内半径方向で均一に装入しようというものである。しかし、高炉内の通気性は、炉壁部における装入物の通気抵抗に大きく影響されるので、鉍石とコークスの混合物を炉内半径方向に 50

均一に装入するよりも、通気性の改善効果の高い炉壁部に集中して装入する方が、炉内での還元効率の向上および通気性の改善には大きな効果を発揮する。

【0006】

また、特許文献2には、高炉の炉壁から500mmの範囲の鉱石層の直上に粒径が5～30mmの小塊コークスを装入する高炉操業方法が開示されている。この方法は、炉壁部に粒度の小さな装入物を装入することにより、炉壁部の（Ore/Coke）の値（鉱石とコークスとの質量比）を低減し、炉壁流の安定化を図ろうとするものである。しかし、高炉は炉容積に応じて、炉口半径が異なり、炉壁から500mmの範囲を規定しても、高炉の炉口半径の大きさによって、小塊コークスの炉内半径方向の相対的位置が相違するため、この方法は、全ての高炉に対して適用できるものではない。大型高炉の場合には、一部の

10

小塊コークスが炉中心部に流れ込み、中心流を阻害するおそれがある。

【0007】

特許文献3には、コークスが一部混合された原料とコークスとを、それぞれ交互に高炉内へ装入する原料装入方法において、原料中の下層部でコークスの混合率が高く、上層部で混合率が低くなるように装入するか、または、各原料層を2層以上に分割して装入し、先に装入される層（下層）よりも後で装入される層（上層）の方がコークスの混合率が低くなるように装入することにより、鉱石の還元効率を高め、高炉内の融着帯における通気性の改善をも図ろうとする装入方法が開示されている。

【0008】

しかし、高炉の通常操業においては、コークス層の上に鉱石が装入されるので、鉱石層の下部は、COガス濃度が高い状態にある。したがって、鉱石の還元効率を高めるためには、上記の特許文献3に開示された方法よりも、むしろ、炉下部から上昇するCOガスが下層部の鉱石の還元を利用してCOガス濃度が低下する鉱石層上部において、または、鉱石を2バッチ以上に分けて装入する場合には、鉱石第2バッチ以降において混合する小塊コークスの混合量を増加させる方が、鉱石の還元効率の向上には有利である。

20

【0009】

さらに、特許文献4には、コークスおよび鉱石類の双方の原料をそれぞれ粒度別に2以上に分割し、粒度別のコークスと鉱石とを細粒は細粒同士、粗粒は粗粒同士で混合し、炉の中心および中間領域に粗粒の混合物を、炉壁領域に細粒の混合物を装入する方法が開示されている。しかし、ここで開示された方法においては、細粒原料同士を混合した原料を炉壁領域に装入するので、炉壁部に極端に粒度の小さい原料が集中することによる炉内通気性の大幅な悪化が予想される。

30

【0010】

そして、特許文献5には、炉内半径方向の中間部から周辺部の鉱石層中に粒径が5～40mmの中小塊コークスを混合する高炉操業方法が開示されており、さらに、鉱石を2回に分けて装入して炉内に2つの鉱石層を形成するとともに、いずれか一方の鉱石層の炉半径方向の中間部から周辺部の鉱石中に小中塊コークスを混合する方法が開示されている。しかし、ここで開示された方法は、鉱石を2バッチ以上に分け、その一方のバッチにのみ中小塊コークスを混合する方法であることから、中小塊コークスを混合しないバッチにおいては、中小塊コークス混合の効果が得られないという問題がある。

40

【0011】

【特許文献1】特許第2820478号公報（特許請求の範囲および第2頁左欄40行～右欄2行）

【0012】

【特許文献2】特開平8-239705号公報（特許請求の範囲および段落【0006】）

【特許文献3】特開2003-171705号公報（特許請求の範囲、段落【0010】および【0011】）

【特許文献4】特開昭63-140006号公報（特許請求の範囲および第2頁右下欄2～15行）

50

【特許文献5】特開2002-3910号公報（特許請求の範囲および段落[0020]）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

前述したとおり、高炉の安定操業のためには、高炉内における鉱石の還元効率を高め、炉下部の融着帯における通気性を良好に維持することが不可欠であり、そのためには、鉱石層中に小塊コークスを混合することが有効である。しかしながら、鉱石層中に小塊コークスを混合する方法を採用しても、小塊コークスの混合方法および炉内への装入位置によっては、その効果が十分に発揮されないという問題がある。

10

【0014】

本発明は、鉱石を2バッチ以上に分け、各バッチ中への小塊コークスの混合量および炉内への装入位置の適正化を図ることにより、小塊コークス混合の効果を最大限に発揮させて炉下部融着帯領域における通気性を改善し、炉内ガス流れを安定化して高炉の安定操業を図ることができるベルレス高炉の装入物装入方法を提供することを課題としている。

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明者らは、前記の課題を解決するために、従来の問題点を踏まえて、高炉内における温度、ガス組成および装入物荷重条件にシミュレートした高温までの昇温荷重軟化試験を主体とした種々の検討を重ね、下記の(a)～(d)に示す知見を得て、本発明を完成させた。

20

【0016】

(a) 鉱石を2以上のバッチ（炉内装入後には2以上の層を形成）に分割し、その分割されたバッチに小塊コークスを混合して高炉内に装入するに際して、各々の鉱石層中に小塊コークスを混合すると、特定の鉱石層にのみ小塊コークスを混合した場合に比べて、鉱石の還元反応が速やかに進行し、高温荷重軟化特性（コークスおよび鉱石充填層におけるガスの圧力損失を昇温試験温度にわたって積分した値を意味し、詳述については後述する）は向上する。

【0017】

(b) 上層の鉱石層中における小塊コークスの混合率を、下層の鉱石層中における小塊コークスの混合率よりも高くすると、鉱石の還元反応が速やかに進行し、高温荷重軟化特性も向上する。

30

【0018】

(c) 高炉内に装入する鉱石の第2バッチ以降における小塊コークス混合量 FC_m と鉱石第1バッチにおける小塊コークス混合量 FC_1 との比、 (FC_m/FC_1) の値は1.5～2.5とするのが好ましい。前記の値が1.5未満では、鉱石第2バッチ以降の小塊コークス混合量が少なくなるため、第2バッチ以降における鉱石の還元反応が速やかに進行しなくなって好ましくなく、また、前記の値が2.5を超えて大きくなると、鉱石第1バッチの小塊コークス混合量が少なくなるため、第1バッチにおける鉱石の還元反応が速やかに進行しなくなり好ましくないからである。

40

【0019】

(d) 鉱石に混合された小塊コークスの装入後の堆積位置は、炉壁から炉口半径の30%以内の領域とするのが好ましい。前記の堆積位置が炉壁から炉口半径の30%を超えて大きくなると、小塊コークスがストックレベルの傾斜面に沿って炉中心部に流れ込み、高炉の断面積に占める比率の大きな炉壁部における融着帯の通気性改善効果が低減するからである。

【0020】

本発明は、上記の知見に基づいて完成されたものであり、その要旨は、下記の(1)～(3)に示すベルレス高炉への装入物の装入方法にある。

【0021】

50

(1) 鉱石を2以上に分割して装入するベルレス高炉への装入物装入方法であって、装入する鉱石の分割された各バッチに粒径が5～40mmの小塊コークスを混合し、鉱石第2バッチ以降における小塊コークス混合量を鉱石第1バッチにおける小塊コークス混合量よりも多くするベルレス高炉への装入物装入方法（以下、「第1発明」ともいう）。

【0022】

(2) 鉱石第1バッチにおける小塊コークス混合量をFC1、第2バッチ以降における小塊コークス混合量をFCmとしたとき、前記鉱石第1バッチにおける小塊コークス混合量および鉱石第2バッチ以降における小塊コークス混合量が下記(1)式で表される関係を満足する前記(1)に記載のベルレス高炉への装入物装入方法（以下、「第2発明」ともいう）。

10

【0023】

$$1.5 \leq FCm / FC1 \leq 2.5 \quad \dots (1)$$

但し、 $2 \leq m \leq n$

(3) 鉱石に混合された小塊コークスの高炉内装入後の炉内での堆積位置と炉壁との炉半径方向距離をX、高炉の炉口半径をRとしたとき、前記小塊コークスの堆積位置と炉壁との距離および炉口半径が下記(2)式で表される関係を満足する前記(1)または(2)に記載のベルレス高炉への装入物装入方法（以下、「第3発明」ともいう）。

【0024】

$$X / R \leq 0.3 \quad \dots (2)$$

本発明において、「鉱石に混合された小塊コークスの高炉内装入後の堆積位置」とは、鉱石の各バッチ中に混合された小塊コークスが高炉内に装入された後、炉頂の装入物面（ストックレベル面）上で静止し、堆積した炉内半径方向の位置を意味する。

20

【発明の効果】

【0025】

本発明のベルレス高炉への装入物装入方法によれば、鉱石を2バッチ以上に分け、各バッチ中への小塊コークスの混合量、または、さらに炉内への装入位置の適正化を図ることにより、小塊コークス混合の効果を最大限に高めて炉下部融着帯領域における通気性を改善し、安定した炉内ガス流れを確保して高炉の安定操業を図ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

本発明のベルレス高炉への装入物装入方法についてさらに詳細に説明する。本発明は、前記のとおり、鉱石を2分割以上で装入するベルレス高炉への装入物装入方法であって、装入する鉱石の各バッチに粒径が5～40mmの小塊コークスを混合し、鉱石第2バッチ以降における小塊コークス混合量を鉱石第1バッチにおける小塊コークス混合量よりも多くするベルレス高炉への装入物装入方法である。

30

【0027】

本発明者は、高炉内における温度、ガス組成および装入物荷重条件にシミュレートした高温までの昇温荷重軟化試験を行い、鉱石の還元性および高温荷重軟化特性におよぼす小塊コークスの混合方法の影響を調査した。

【0028】

図1は、高炉装入物の高温荷重軟化試験装置を示す図であり、同図(a)は試験装置の縦断面図を表し、同図(b)は試料充填層部分の縦断面の拡大図を表す。また、図2は、高炉装入物の高温荷重軟化試験条件を示す図であり、同図(a)は試料温度の時間的変化を、同図(b)は還元ガス流量の時間的変化を、そして同図(c)は荷重の時間的変化をそれぞれ表す。

40

【0029】

底部に還元ガス流通用の貫通孔を多数設けた黒鉛坩堝2の中に高炉装入物試料3として、コークス試料31および鉱石試料32、33を装入し、これらを堅型電気炉1中に装入後、堅型電気炉1の下部から還元ガス4を導入して、黒鉛坩堝2内の高炉装入物試料3の充填層に還元ガス4を通じながら、荷重制御装置6により試料充填層に荷重を負荷し、昇

50

温加熱条件下にて荷重軟化および還元試験を行った。

【0030】

ここで、温度測定装置7により測定される試料充填層の温度は、堅型電気炉1の黒鉛発熱体5に供給する電力を制御することにより、また、還元ガス組成はガス流量制御装置10によりCOガス、CO₂ガスおよびN₂ガスの流量を制御することにより、そして、荷重は荷重制御装置により、それぞれ、図2に示される条件で時間的に変化させた。また、試料充填層のガス圧力損失については、充填層入側および出側のガスの圧力差を、圧力測定装置8を用いて測定した。試料の溶融滴下物は、堅型電気炉1の下方に設けたターンテーブル9により回収した。なお、鉬石の還元性を示す還元率は、還元前後の鉬石の質量変化により求めた。

10

【0031】

試料充填層の形成に当たっては、下記のとおり行った。すなわち、鉬石は粒径15～20mmのものを、また、鉬石への混合用コークスは粒径10～15mmのものを、下層用鉬石および上層用鉬石にコークスを所定量混合し、コークスを混合した上層鉬石層の層高を30mm、同下層鉬石層の層高を70mmに調整して、図1(b)に示される充填層構造を黒鉛坩堝中に形成させた。

【0032】

図3は、高炉装入物の高温荷重軟化特性の評価方法を示す図である。同図に示されるとおり、装入物試料のガス圧力損失は、温度上昇にともなって鉬石の軟化融着が進行するにつれて上昇し、鉬石の溶融滴下が進行するにつれて低下する。そこで、図3に示すとおり、溶融滴下完了温度(Tmf)までの圧力損失(ΔP)を試験温度にわたって積分し、その値を高温荷重軟化特性値(°C・kPa)(「S値」と称する)として、鉬石の高温荷重軟化特性を評価する指標とした。

20

【0033】

上記の高温荷重軟化特性値(S値)は、その値が低いほど、鉬石が狭い温度範囲において、低い圧力損失のもとに軟化溶融し、さらに滴下完了することを意味する。したがって、このような特性を有する鉬石を高炉に装入した場合には、高炉下部における通気性は良好に維持されることを意味する。

【0034】

上層および下層の鉬石層中に混合するコークスの混合率を種々に変化させて、上記に述べた高温荷重軟化試験を行った結果を表1に示した。

30

【0035】

【表 1】

表 1

試験番号	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5
上層鉍石層中の小塊コークス混合量(g)	0	35	0	18	25
下層鉍石層中の小塊コークス混合量(g)	0	0	35	18	10
鉍石の還元率(%)	30.0	34.5	37.9	39.9	44.3
高温荷重軟化特性:S 値(℃・kPa)	3.4×10^3	3.0×10^3	2.9×10^3	2.4×10^3	2.0×10^3
試験結果	×	×	×	△	○

(注) 試験結果の評価:

- ×: S 値が 2.9×10^3 (℃・kPa) 以上で、還元率が 38.0% 未満、
- △: S 値が 2.4×10^3 (℃・kPa) 以上 2.9×10^3 (℃・kPa) 未満で、還元率が 38.0% 以上 40.0% 未満、
- : S 値が 2.4×10^3 (℃・kPa) 未満で、還元率が 40.0% 以上

【0036】

同表において、試験結果は、表 1 の欄外に示したとおりの方法で、鉍石の還元率および高温荷重軟化特性値により 3 段階に区分した。

【0037】

表 1 の結果から、鉍石を 2 以上のバッチに分割し、その分割されたバッチに小塊コークスを混合して高炉内に装入する装入方法に関して、下記の事項が判明した。

【0038】

(1) 試験番号 1-2 および 1-3 と、試験番号 1-4 および 1-5 との比較によれば、各々の鉍石層中に小塊コークスを混合した場合には、特定の鉍石層にのみ小塊コークスを混合した場合に比べて、鉍石の還元反応が速やかに進行し、高温荷重軟化特性は向上する。

【0039】

(2) 試験番号 1-4 と 1-5 との比較から、上層の鉍石層中における小塊コークスの混

10

20

30

40

50

合率を、下層の鉱石層中における小塊コークスの混合率よりも高くした場合に、鉱石の還元反応が速やかに進行し、高温荷重軟化特性も向上する。

【0040】

上記で得られた高温荷重軟化試験結果に基づく実高炉への適用形態について以下に説明する。

【0041】

近年、高炉装入物の分布制御性の向上のため、多バッチ装入法が主流になりつつある。ここで、多バッチ装入法とは、装入物を複数回に分けて炉内に装入することにより、炉内で装入物の堆積層を形成させる装入方法であり、例えば、鉱石を2バッチに分けて炉内に装入する場合には、炉内において2つの鉱石層が形成されることになる。特に鉱石バッチの多バッチ化は、炉内におけるコークス崩れ現象を有効利用した炉内通気性の改善や、安価装入物または細粒装入物の使用量増加に好適な装入方法であり、ベルレス高炉においては不可欠な装入方法となっている。

10

【0042】

前述のとおり、本発明は、上記の鉱石の多バッチ化に際して、鉱石バッチへの小塊コークスの混合方法を改善することにより、高炉内における鉱石の還元効率の向上および軟化融着帯での通気性の改善を図ったものであり、鉱石を2バッチ以上に分割し、その分割された鉱石の各バッチに小塊コークスを混合し、鉱石第2バッチ以降における小塊コークス混合量を鉱石第1バッチにおける小塊コークス混合量よりも多くする装入方法である。

【0043】

20

以下に、本発明を前記の範囲に限定した理由および好ましい範囲について説明する。

【0044】

1) 鉱石の各バッチに小塊コークスを混合し、鉱石第1バッチよりも第2バッチ以降に多量の小塊コークスを混合：

鉱石の各バッチ中に小塊コークスを混合する理由は、小塊コークスを各バッチの鉱石層に混合すると、小塊コークスを混合する鉱石層と小塊コークスを混合しない鉱石層とが存在する場合よりも、炉内を上昇する還元ガス中のCO濃度の低下が抑制され、鉱石の還元が速やかに進行するからである。

【0045】

また、前記の高温荷重軟化試験結果から明らかになったとおり、鉱石を2以上のバッチに分割して装入した場合に、第2バッチ以降における鉱石層中の小塊コークス混合率を、第1バッチにおける鉱石中の小塊コークス混合率よりも高くした場合に、鉱石の還元効率は向上する。この理由は下記のとおりである。すなわち、第1バッチの鉱石層はコークス層上に堆積していることから、その鉱石はCO濃度の高い還元ガスにさらされるのに対して、下層から上昇して第2バッチ以降の鉱石層に達する還元ガスは、第1バッチの鉱石層中を通過する間に鉱石を還元した結果、還元ガス中のCO濃度が低下している。そこで、この第2バッチ以降の鉱石層中に小塊コークスを多量に混合することにより、第2バッチ以降の鉱石層中におけるCOガス濃度を高めれば、鉱石の還元を速やかに進行させることができるからである。

30

【0046】

すなわち、第1バッチ中の鉱石を還元することによりCO濃度が低下し、CO₂濃度が上昇した還元ガスが第2バッチ以降の鉱石層に侵入したとき、還元ガス中のCO₂が第2バッチ以降に多量に混合されている小塊コークスと、下記(3)式により表されるソーリューションロス反応を起こしてCOを生成し、そのCOガスにより鉱石の還元が速やかに進行するからである。

40

【0047】



なお、小塊コークスとして、粒径が5～40mmのものを用いる理由は、この粒子径の範囲であれば高炉内の通気性に大きな影響を与えることはなく、かつ、小塊コークスとして必要量を確保できるからである。

50

【0048】

2) 第1バッチにおける小塊コークス混合量と第2バッチ以降における小塊コークス混合量との比、 $(FCm/FC1)$ の値が1.5～2.5:

比 $(FCm/FC1)$ の値は1.5～2.5の範囲とすることが好ましい。前記の比の値が1.5以上では、後述する実施例に示されるとおり、高炉におけるガス利用率が一層高く、高炉内通気抵抗指数も低下して炉内通気性が大幅に改善され、また、 $(FCm/FC1)$ の値が2.5以下では、2.5を超える場合に比べて、高炉におけるガス利用率が高く、高炉内通気抵抗指数も改善されることが判明した。したがって、 $(FCm/FC1)$ の値を1.5～2.5の範囲とすることにより、高炉におけるガス利用率をより向上させるとともに、炉内通気性も良好に維持することができ、好ましいからである。

10

【0049】

3) 小塊コークスの炉内装入後の堆積位置と炉壁との炉半径方向距離の比、 (X/R) の値が0.3以下:

比 (X/R) の値は0.3以下とすることが好ましい。前記の比の値が0.3以下では、小塊コークスがストックレベルの傾斜面に沿って炉中心部に流れ込むことも少なく、高炉の断面積に占める比率の大きな炉壁部における融着帯の通気性改善作用がより顕著に発揮されるからである。

【実施例】

【0050】

本発明の装入方法の効果を確認するため、炉内容積が 4800 m^3 の高炉で試験操業を行い、その結果を評価した。なお、試験操業は、出銑比: 2.1 t/d/m^3 、 $(Ore/Coke)$ 比:4.3、微粉炭吹込量: 100 kg/t-pig 、コークベース:30tを基準条件として、同一操業条件にて5日間の継続操業を行い、その後、次の操業条件による操業に移行して5日間の継続操業を行った。鉱石は1チャージ(ch)を2バッチに分割して装入し、鉱石1チャージ当たりの小塊コークス混合量を 3.5 t/ch で一定として、鉱石の各バッチ中の小塊コークス混合量を種々に変更して、操業を行った。試験操業条件および操業結果を表2に示した。

20

【0051】

【表 2】

表 2

試験番号	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7	2-8	2-9
小塊コークス混含量:FC1 (t/ch)	3.5	1.8	1.6	1.4	1.2	1.2	1.0	0.9	0.0*
小塊コークス混含量:FC2 (t/ch)	0.0*	1.8	1.9	2.1	2.3	2.3	2.5	2.6	3.5
FC2/FC1 (-)	0.0	1.0*	1.2	1.5	1.9	1.9	2.5	2.9	—
小塊コークス堆積位置:X/R(-)	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.25	0.35	0.35	0.35
炉壁部ガス利用率(%)	40.9	43.0	48.0	50.0	51.0	52.0	50.0	45.0	40.0
高炉内通気抵抗指数:KR (1/m)	12800	12300	12000	11900	11800	11500	11900	12100	12700
試験結果の評価	×	△	○	◎	◎	●	◎	○	×

(注) *: 本発明で規定する範囲を外れることを示す。

試験結果の評価:

- ×: KRが12400(1/m)以上で、ガス利用率が41%未満、
- △: KRが12200(1/m)以上12400(1/m)未満で、ガス利用率が41%以上45%未満、
- : KRが12000(1/m)以上12200(1/m)未満で、ガス利用率が45%以上50%未満、
- ◎: KRが11600(1/m)以上12000(1/m)未満で、ガス利用率が50%以上52%未満、
- : KRが11600(1/m)未満で、ガス利用率が52%以上

【0052】

同表において、炉壁部ガス利用率とは、シャフト上段ガスサンプラーにて採取した炉壁部のガス分析値に基き、下記(4)式により算出される値であり、その値が大きいほど還元効率が高いことを意味する。

$$\text{炉壁部ガス利用率} = \text{CO}_2(\%) \times 100 / (\text{CO}(\%) + \text{CO}_2(\%)) \cdots (4)$$

また、高炉内通気抵抗指数(KR)は、下記(5)式により算出される指数であり、その値が小さいほど炉内通気性が良好なことを示す。

10

20

30

40

50

【0053】

$$KR = (P_B - P_T) / L / (k \mu^\beta \rho^{1-\beta} u^{2-\beta}) \quad \dots (5)$$

ここで、KRは高炉通気抵抗指数（1/m）、 P_B および P_T はそれぞれ送風圧力および炉頂圧力（Pa）、Lは羽口と炉頂間の距離（m）、 β およびkはガス流れの形態などにより定まる定数、 μ はガスの粘度（Pa・s）、 ρ はガスの密度（kg/m³）、そしてuは炉内のガス流速（m/s）をそれぞれ表す。

【0054】

なお、試験結果は、表2の欄外に示したとおりの方法で、炉壁部ガス利用率および高炉内通気抵抗指数の値により5段階に区分して評価した。

【0055】

試験番号2-1、2-2および2-9は、本発明で規定する範囲を外れた比較例の試験であり、試験番号2-3～2-8は、本発明で規定する範囲を満足する本発明例である。

【0056】

本発明例である試験番号2-3および2-8は、鉱石第2バッチ中の小塊コークス混合量と鉱石第1バッチ中の小塊コークス混合量との比、（FC2/FC1）の値が1を超え、第1発明で規定する範囲を満たしていることから、炉下部融着帯における鉱石の還元促進効果および通気抵抗の低減効果が発揮された結果、比較例に比べて炉壁部ガス利用率が高く、また、高炉内通気抵抗指数（KR）も低い値となって炉内通気性は良好であった。

【0057】

本発明例の試験番号2-4～2-7は、前記の（FC2/FC1）の値が1.5～2.5の範囲内にあり、第2発明で規定する範囲を満たしていることから、試験番号2-3および2-8よりもさらにガス利用率が高く、また、炉内通気性も良好であった。

【0058】

鉱石層中に混合された小塊コークスの装入後の堆積位置、（X/R）の値が0.3以下であって、第3発明の範囲を満足する本発明例の試験番号2-6では、小塊コークスが炉壁から炉口半径の30%以内の領域に堆積したことによる炉壁部融着帯での還元促進効果および通気性改善効果が加わり、ガス利用率はさらに一段と高く、炉内通気性も極めて良好な結果となった。

【0059】

これらに対して、鉱石第2バッチ中に小塊コークスを混合しなかった比較例の試験番号2-1、前記（FC2/FC1）の値が1を超えない比較例の試験番号2-2および鉱石第1バッチ中に鉱石を混合しなかった比較例の試験番号2-9は、いずれも、ガス利用率が低く、また、炉内通気性も劣った結果であった。

【産業上の利用可能性】

【0060】

本発明の装入方法によれば、鉱石を2バッチ以上に分け、各バッチ中への小塊コークスの混合量および炉内への装入位置の適正化を図ることにより、小塊コークス混合の効果を最大限に高めて炉下部融着帯領域における通気性を改善し、炉内ガス流れを安定化してベルレス高炉の安定操業を図ることができる。したがって、本発明の装入物装入方法は、小塊コークスを効果的に鉱石層に混合することにより高い操業効率を狙うベルレス高炉の操

【図面の簡単な説明】

【0061】

【図1】高炉装入物の高温荷重軟化試験装置を示す図であり、同図（a）は試験装置の縦断面図を表し、同図（b）は試料部分の縦断面の拡大図を表す。

【図2】高炉装入物の高温荷重軟化試験条件を示す図であり、同図（a）は試料温度の時間的変化を、同図（b）は還元ガス流量の時間的変化を、そして同図（c）は荷重の時間的変化をそれぞれ表す。

【図3】高炉装入物の高温荷重軟化特性の評価方法を示す図である。

【符号の説明】

10

20

30

40

50

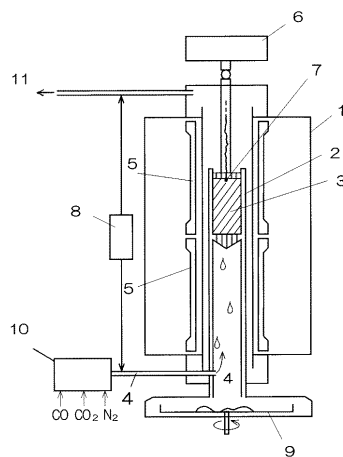
【 0 0 6 2 】

- 1 : 竪型電気炉
- 2 : 黒鉛坩堝
- 3 : 高炉装入物試料
- 3 1 : コークス試料
- 3 2、3 3 : 鉱石試料
- 4 : 還元ガス
- 5 : 黒鉛発熱体
- 6 : 荷重制御装置
- 7 : 温度測定装置
- 8 : ガス圧力測定装置
- 9 : ターンテーブル
- 1 0 : ガス流量制御装置
- 1 1 : 排ガス

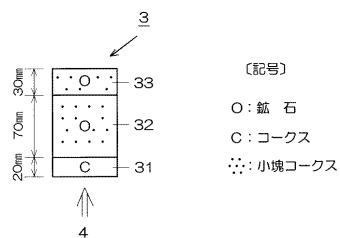
10

【 図 1 】

(a)

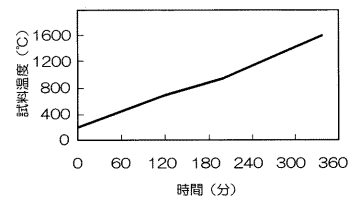


(b)

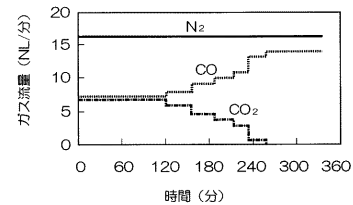


【 図 2 】

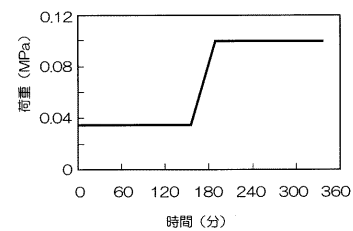
(a)



(b)



(c)



【図 3】

