

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6057642号  
(P6057642)

(45) 発行日 平成29年1月11日(2017.1.11)

(24) 登録日 平成28年12月16日(2016.12.16)

(51) Int. Cl.		F I	
<b>C 2 1 B</b>	<b>7/00</b>	<b>(2006.01)</b>	C 2 1 B 7/00 3 0 8
<b>F 2 7 D</b>	<b>25/00</b>	<b>(2010.01)</b>	F 2 7 D 25/00
<b>C 2 1 B</b>	<b>7/16</b>	<b>(2006.01)</b>	C 2 1 B 7/16 3 0 6
<b>C 2 1 B</b>	<b>5/00</b>	<b>(2006.01)</b>	C 2 1 B 5/00 3 1 9
<b>F 2 7 D</b>	<b>3/15</b>	<b>(2006.01)</b>	F 2 7 D 3/15 S

請求項の数 9 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2012-207275 (P2012-207275)  
 (22) 出願日 平成24年9月20日(2012.9.20)  
 (65) 公開番号 特開2014-62293 (P2014-62293A)  
 (43) 公開日 平成26年4月10日(2014.4.10)  
 審査請求日 平成27年7月29日(2015.7.29)

(73) 特許権者 000006208  
 三菱重工業株式会社  
 東京都港区港南二丁目16番5号  
 (74) 代理人 100112737  
 弁理士 藤田 考晴  
 (74) 代理人 100118913  
 弁理士 上田 邦生  
 (72) 発明者 坂口 雅一  
 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内  
 (72) 発明者 濱田 務  
 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スラグ除去装置及びスラグ除去方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

鉄鉱石から銑鉄を製造する高炉本体の羽口から熱風とともに補助燃料の微粉炭を吹き込むブローパイプに設けられ、前記微粉炭のスラグに前記熱風及び/または前記微粉炭の燃焼熱により溶融する成分を含んでいるブローパイプ用のスラグ除去装置であって、

前記ブローパイプの内部で前記微粉炭を吹き込むインジェクションランスと、

前記インジェクションランスとは別に設けられ、前記ブローパイプ内に固形物及び可燃性液体の少なくとも一つを吹き込む噴射ノズルとを備え、

前記噴射ノズルのノズル先端が、前記ブローパイプの軸方向において前記インジェクションランスの先端部と略一致する位置か、あるいは、若干上流側に設置され、前記熱風の流れ内に設けられているスラグ除去装置。

【請求項2】

前記噴射ノズルは、

前記ブローパイプ内に前記固形物を吹き込む場合に、

前記固形物を供給する固形物供給源と、前記固形物供給源から前記噴射ノズルに前記固形物を供給する固形物供給配管とを備え、前記固形物供給配管は前記固形物の供給を制御する第1の開閉制御弁を備えている請求項1に記載のスラグ除去装置。

【請求項3】

前記噴射ノズルから、前記ブローパイプ内に前記固形物を吹き込む場合に、

前記固形物は、前記羽口付近の温度より融点が高くかつ前記微粉炭より粒径が大きい請

求項 1 または請求項 2 に記載のスラグ除去装置。

【請求項 4】

前記インジェクションランスより上流側となる位置に、前記熱風の流りに旋回流を発生させる旋回流形成部を備えている請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載のスラグ除去装置。

【請求項 5】

前記噴射ノズルは、

前記ブローパイプ内に前記可燃性液体を吹き込む場合に、

前記可燃性液体を供給する液体供給源と、前記液体供給源から前記噴射ノズルに前記可燃性液体を供給する液体供給配管を備え、前記液体供給配管は前記可燃性液体の供給を制御する第 2 の開閉制御弁を備えている請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載のスラグ除去装置。

10

【請求項 6】

前記噴射ノズルから、前記ブローパイプ内に前記固形物及び前記可燃性液体を吹き込む場合に、

前記噴射ノズルは、前記固形物を噴射する第 1 の噴射ノズルと、前記可燃性液体を噴射する第 2 の噴射ノズルとを備えている請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載のスラグ除去装置。

【請求項 7】

前記噴射ノズルより上流側の熱風圧力と、前記ブローパイプの出口近傍熱風圧力との差圧により、スラグ付着状況を検出するスラグ検出手段を備えている請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載のスラグ除去装置。

20

【請求項 8】

前記スラグ検出手段で検出したスラグ付着状況がスラグ除去閾値以上と判断し、

前記噴射ノズルから、前記ブローパイプ内に前記固形物を吹き込む場合に、前記固形物の供給を制御する第 1 の開閉制御弁を開いて前記固形物が噴射され、

前記噴射ノズルから、前記ブローパイプ内に前記可燃性液体を吹き込む場合に、前記可燃性液体の供給を制御する第 2 の開閉制御弁を開いて前記可燃性液体が噴射され、

前記噴射ノズルから、前記ブローパイプ内に前記固形物及び前記可燃性液体を吹き込む場合に、前記第 1 の開閉制御弁を開いて前記固形物が噴射されるとともに、前記第 2 の開閉制御弁を開いて前記可燃性液体が噴射され、

30

前記スラグ検出手段で検出したスラグ付着量がスラグ除去停止閾値より少ないと判断し、

前記噴射ノズルから、前記ブローパイプ内に前記固形物の吹き込みを停止する場合に、前記第 1 の開閉制御弁を閉じて前記固形物の噴射が停止され、

前記噴射ノズルから、前記ブローパイプ内に前記可燃性液体の吹き込みを停止する場合に、前記第 2 の開閉制御弁を閉じて前記可燃性液体の噴射が停止され、

前記噴射ノズルから、前記ブローパイプ内に前記固形物及び前記可燃性液体の吹き込みを停止する場合に、前記第 1 の開閉制御弁を閉じて前記固形物の噴射が停止されるとともに、前記第 2 の開閉制御弁を閉じて前記可燃性液体の噴射が停止される請求項 7 に記載のスラグ除去装置。

40

【請求項 9】

前記スラグ付着状況が前記スラグ除去閾値より大きい値に設定されたアラーム出力閾値を備えている請求項 8 に記載のスラグ除去装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、高炉設備に適用されるブローパイプ用のスラグ除去装置及びスラグ除去方法に係り、特に、補助燃料として低品位炭を粉碎した微粉炭を熱風とともに炉内へ吹き込むブローパイプに好適なスラグ除去装置及びスラグ除去方法に関する。

50

## 【背景技術】

## 【0002】

高炉設備は、高炉本体の内部に、頂部から鉄鉱石や石灰石や石炭等の原料を投入するとともに、側部の下方寄りの羽口から熱風及び補助燃料として微粉炭（PCI炭）を吹き込むことにより、鉄鉱石から銑鉄を製造できるようになっている。

このような高炉設備において微粉炭の吹き込み運転をする際、微粉炭として亜瀝青炭や褐炭などの一般的に灰融点が1100～1300程度と低い低品位炭を使用した場合には、微粉炭を炉内に吹き込むために使用する約1200の熱風中に含まれる酸素と微粉炭の一部とが燃焼反応を示すことにより、この時に生じる燃焼熱で融点の低い灰（以下、「スラグ」と呼ぶ）がインジェクションランスや羽口内で溶解する。

10

## 【0003】

こうして溶解したスラグは、高炉の温度から守るために常時冷却されている羽口と接触することで急激に冷却される。この結果、固体のスラグが羽口に付着することにより、ブローパイプの流路を詰まらせるという問題がある。

このような問題を解決するため、例えば下記の特許文献1に開示されている従来技術のように、微粉炭中のスラグ軟化点（温度）が低い場合には、高炉内の温度以上の融点となるように軟化点調整処理を行い、羽口へのスラグ付着を防止することが行われている。

## 【0004】

また、下記の特許文献2には、羽口の炉外側端部から羽口内部に固球を打ち込むことでスラグを除去することが開示されている。

20

さらに、下記の特許文献3には、2本のランス先端部に形成される隙間に蓄積される付着物を除去するため、粒径1～2mmの固形チップを吹き込んでランスを振動させることが開示されている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0005】

【特許文献1】特開平5-156330号公報

【特許文献2】特開平6-192714号公報

【特許文献3】特開2006-63376号公報

## 【発明の概要】

30

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

しかしながら、上述した従来技術には、下記の問題点が指摘されている。

特許文献1に開示された従来技術の問題は、微粉炭と固体の添加物（造滓剤）とを完全に（均一に）混合させることが困難であり、この結果、添加物の混合割合が所定値より低い部分におけるスラグ形成を防止できないことである。また、添加物を用いる場合には、新たに石灰石や蛇紋岩などの酸化カルシウム（CaO）源が必要となるため、余分なコストが発生するという問題も指摘されている。

## 【0007】

次に、特許文献2に開示された従来技術の問題は、必ずしも全ての固球がスラグに衝突するとは限らないことである。従って、スラグに衝突しない固球が存在すると、この固球がブローパイプ内面に直接衝突することもあるので、固球の衝突によりパイプ等を傷つけることが懸念されている。なお、この特許文献2において、固球により破損するスラグの対象は、送風羽口及び断熱リングである。

40

なお、特許文献3に開示された従来技術はランスを振動させるものであり、ブローパイプや羽口への適用は困難である。

## 【0008】

このような背景から、高炉設備に適用されるブローパイプ用のスラグ除去装置は、軟化点調整を行わなくても簡単な装置構成で容易かつ確実にスラグ除去を可能にすることが望まれる。また、高炉設備に適用されるブローパイプ用のスラグ除去装置は、パイプ破損等

50

のリスクを極力低減し、できるだけ簡単な装置構成で容易かつ確実なスラグ除去を可能にすることが望まれる。

本発明は、上記の課題を解決するためになされたもので、その目的とするところは、軟化点調整を行わない微粉炭を用いた場合でも、簡単な装置構成で容易かつ確実にスラグ除去を達成でき、さらに、パイプ破損等のリスクを極力低減できる高炉設備のスラグ除去装置及びスラグ除去方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は、上記の課題を解決するため、下記的手段を採用した。

本発明に係るスラグ除去装置は、鉄鉱石から銑鉄を製造する高炉本体の羽口から熱風とともに補助燃料の微粉炭を吹き込むブローパイプに設けられ、前記微粉炭のスラグに前記熱風及び/または前記微粉炭の燃焼熱により溶融する成分を含んでいるブローパイプ用のスラグ除去装置であって、前記ブローパイプの内部で前記微粉炭を吹き込むインジェクションランスと、前記インジェクションランスとは別に設けられ、前記ブローパイプ内に固形物及び可燃性液体の少なくとも一つを吹き込む噴射ノズルとを備え、前記噴射ノズルのノズル先端が、前記ブローパイプの軸方向において前記インジェクションランスの先端部と略一致する位置か、あるいは、若干上流側に設置され、前記熱風の流れ内に設けられていることを特徴とするものである。

10

上記の発明において、前記噴射ノズルは、前記ブローパイプ内に前記固形物を吹き込む場合に、前記固形物を供給する固形物供給源と、前記固形供給源から前記噴射ノズルに前記固形物を供給する固形物供給配管とを備え、前記固形物供給配管は前記固形物の供給を制御する第1の開閉制御弁を備えていてもよい。

20

また、上記の発明において、前記噴射ノズルから、前記ブローパイプ内に前記固形物を吹き込む場合に、前記固形物は、前記羽口付近の温度より融点が高くかつ前記微粉炭より粒径が大きいことが好ましい。

【0010】

このような本発明のスラグ除去装置によれば、ブローパイプ内を流れる微粉炭及び熱風の中に羽口付近の温度より融点が高くかつ微粉炭より粒径の大きい固形物を吹き込む噴射ノズルを設け、該噴射ノズルは、固形物を供給するとともに開閉制御弁を設けた固形物供給系を備えているので、噴射ノズルからブローパイプの内部に吹き込まれた固形物は、熱風の流れを推進力として溶融することなく進み、羽口付近に付着しているスラグに力学的な衝撃を与えることによって除去することができる。この場合、ブローパイプ内における固形物の推進力として、熱風の流れを利用できる。

30

なお、好適な固形物としては、粒状石炭、スラグ、石灰粒、ペレット粒、焼結鉱、鉄粉等を例示でき、これらの中から1種または複数種を混合して使用すればよい。

【0011】

上記の発明において、前記ブローパイプの内部で前記微粉炭を吹き込むインジェクションランスより上流側となる位置に、前記熱風の流れに旋回流を発生させる旋回流形成部を備えていることが好ましく、これにより、吹き出された固形物は、ブローパイプ内に形成された旋回流により遠心力を受け、スラグが付着しているパイプ内面または羽口内面に対して集中的に衝突するようになる。

40

【0012】

上記の発明において、前記噴射ノズルは、前記ブローパイプ内に前記可燃性液体を吹き込む場合に、前記可燃性液体を供給する液体供給源と、前記液体供給源から前記噴射ノズルに前記可燃性液体を供給する液体供給配管を備え、前記液体供給配管は前記可燃性液体の供給を制御する第2の開閉制御弁を備えていてもよい。

なお、上述した固形物の噴射ノズル及び液体の噴射ノズルは、各々別体に設けたものでもよいし、あるいは、開閉制御弁の開閉操作で流路を切り換えて噴射物を選択できる一体型のノズルでもよい。

また、前記噴射ノズルから、前記ブローパイプ内に前記固形物及び前記可燃性液体を吹

50

き込む場合に、前記噴射ノズルは、前記固形物を噴射する第1の噴射ノズルと、前記可燃性液体を噴射する第2の噴射ノズルとを備えていてもよい。

【0013】

上記の発明において、前記噴射ノズルより上流側の熱風圧力と、前記ブローパイプの出口近傍熱風圧力との差圧により、スラグ付着状況を検出するスラグ検出手段を備えていることが望ましい。このようなスラグ検出手段は、スラグの付着が流路断面積を減少させ、この結果、圧力損失の増加により差圧が大きくなることを検出できる。

【0014】

上記の発明において、前記スラグ検出手段で検出したスラグ付着状況がスラグ除去閾値以上と判断し、前記噴射ノズルから、前記ブローパイプ内に前記固形物を吹き込む場合に、前記固形物の供給を制御する第1の開閉制御弁を開いて前記固形物が噴射され、前記噴射ノズルから、前記ブローパイプ内に前記可燃性液体を吹き込む場合に、前記可燃性液体の供給を制御する第2の開閉制御弁を開いて前記可燃性液体が噴射され、前記噴射ノズルから、前記ブローパイプ内に前記固形物及び前記可燃性液体を吹き込む場合に、前記第1の開閉制御弁を開いて前記固形物が噴射されるとともに、前記第2の開閉制御弁を開いて前記可燃性液体が噴射され、前記スラグ検出手段で検出したスラグ付着量がスラグ除去停止閾値より少ないと判断し、前記噴射ノズルから、前記ブローパイプ内に前記固形物の吹き込みを停止する場合に、前記第1の開閉制御弁を閉じて前記固形物の噴射が停止され、前記噴射ノズルから、前記ブローパイプ内に前記可燃性液体の吹き込みを停止する場合に、前記第2の開閉制御弁を閉じて前記可燃性液体の噴射が停止され、前記噴射ノズルから、前記ブローパイプ内に前記固形物及び前記可燃性液体の吹き込みを停止する場合に、前記第1の開閉制御弁を閉じて前記固形物の噴射が停止されるとともに、前記第2の開閉制御弁を閉じて前記可燃性液体の噴射が停止されることが好ましい。これにより、スラグ付着量が多い必要時にのみ液体噴射ノズルからの液体や噴射ノズルからの固形物を噴射できる。

【0015】

上記の発明において、前記スラグ付着状況が前記スラグ除去閾値より大きい値に設定されたアラーム出力閾値を備えていれば、液体噴射ノズルや噴射ノズルによるスラグ除去が予定通り行われていないことを検出できる。

【発明の効果】

【0019】

上述した本発明のスラグ除去装置及びスラグ除去方法によれば、液体噴射や固形物噴射によりスラグを破壊して除去するので、軟化点調整を行わない微粉炭を用いた場合でも、簡単な装置構成で容易かつ確実にスラグ除去を達成でき、さらに、液体噴射を優先することでパイプの摩耗や破損等のリスク低減が可能になる。

【0020】

この結果、亜瀝青炭や褐炭などのように灰融点が1100～1300程度と低い低品位炭についても、これを原料炭とする改質などにより、補助燃料の微粉炭として使用可能となる。すなわち、補助燃料を吹き込む約1200の熱風中に含まれる酸素が微粉炭と燃焼反応するので、この燃焼反応によって生じる燃焼熱で溶解した低融点のスラグが低温の羽口に接触することによって急冷され、固体のスラグとなって羽口に付着するような場合であっても、液体噴射や固形物噴射によって付着したスラグを容易に破壊・除去してブローパイプの流路が詰まることを防止できる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明に係るスラグ除去装置及びスラグ除去方法の一実施形態を示す概略構成図である。

【図2】図1に示したスラグ除去装置及びスラグ除去方法について、旋回流形成部の変形例を示す概略構成図である。

【図3】図1に示したスラグ除去装置及びスラグ除去方法について、スラグ検出手段の構

10

20

30

40

50

成例を説明する要部拡大図である。

【図4】図1に示したスラグ除去装置及びスラグ除去方法が適用される高炉設備の構成例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、本発明に係るスラグ除去装置及びスラグ除去方法の一実施形態を図面に基づいて説明する。

本実施形態のスラグ除去装置及びスラグ除去方法は、原料炭が低品位炭の微粉炭を羽口から高炉内に熱風とともに吹き込む高炉設備に用いられる。

例えば図4に示すような高炉設備において、鉄鉱石、石灰石及び石炭等の原料1は、原料定量供給装置10から搬入コンベア11を介して高炉本体20の頂部に設けた炉頂ホッパ21に供給される。高炉本体20の下部側壁には、円周方向に略等ピッチで配設された複数の羽口22を備えている。各羽口22には、高炉本体20の内部へ熱風2を供給するブローパイプ30の下流側端部が連結されている。また、各ブローパイプ30の上流側端部は、高炉本体20の内部へ供給する熱風2の供給源である熱風送給装置40と接続されている。

10

【0023】

高炉本体20の近傍には、原料炭（亜瀝青炭や褐炭等のような低品位炭）から石炭中の水分を蒸発させるなどの前処理（改質）を行い、この前処理後に低品位炭を粉碎して微粉炭とする微粉炭製造装置50が設置されている。

20

微粉炭製造装置50で製造された改質後の微粉炭（改質炭）3は、窒素ガス等の搬送ガス4によりサイクロンセパレータ60へと気体搬送される。気体搬送された微粉炭3は、サイクロンセパレータ60で搬送ガス4を分離した後、貯蔵タンク70内に落下して貯蔵される。このような改質後の微粉炭3は、高炉本体20の高炉吹込炭（PCI炭）として使用される。

【0024】

貯蔵タンク70内の微粉炭3は、上述したブローパイプ30のインジェクションランス（以下、「ランス」と呼ぶ）31内へ供給される。この微粉炭3は、ブローパイプ30を流れる熱風中に供給されることで燃焼し、ブローパイプ30の先端で火炎となってレースウェイを形成する。これにより、高炉本体20内に投入された原料1の中に含まれる石炭等を燃焼させる。この結果、原料1の中に含まれる鉄鉱石が還元され、銑鉄（溶銑）5となって出銑口23から取り出される。

30

【0025】

上述したランス31からブローパイプ30の内部へ供給されて高炉吹込炭となる微粉炭3の好適な性状は、すなわち、低品位炭を改質して粉碎した改質微粉炭（補助燃料）の好適な性状は、酸素原子含有割合（ドライベース）が10～18重量%であり、かつ、平均細孔径が10～50nm（ナノメートル）である。なお、改質微粉炭のより好ましい平均細孔径は、20～50nm（ナノメートル）である。

このような微粉炭3は、含酸素官能基（カルボキシル基、アルデヒド基、エステル基、水酸基等）のタール生成基が離脱して大きく減少しているものの、主骨格（C、H、Oを中心とする燃焼成分）の分解（減少）が大きく抑制されている。このため、高炉本体20の内部に羽口22から熱風2とともに吹き込むと、主骨格中に酸素原子を多く含むとともに、径の大きい細孔によって、熱風2の酸素が炭の内部にまで拡散しやすいだけでなく、タール分が非常に生じにくくなっているため、未燃炭素（煤）をほとんど生じることなく完全燃焼することができる。

40

【0026】

このような微粉炭3を製造（改質）するには、上述した微粉炭製造装置50において、原料炭である亜瀝青炭や褐炭等の低品位炭（ドライベースの酸素原子含有割合：18重量%超、平均細孔径：3～4nm）を酸素濃度が5体積%以下の低酸素雰囲気中で加熱（110～200×0.5～1時間）して乾燥する乾燥工程が実施される。

50

## 【 0 0 2 7 】

上述した乾燥工程で水分を除去した後、原料炭を低酸素雰囲気中（酸素濃度：2体積%以下）で再度加熱（460～590（好ましくは、500～550）×0.5～1時間）する乾留工程が実施される。この乾留工程により原料炭が乾留されることにより、生成水、二酸化炭素及びタール分が乾留ガスや乾留油として除去される。

この後、冷却工程に進んだ原料炭は、酸素濃度が2体積%以下の低酸素雰囲気中で冷却（50以下）された後、微粉碎工程で微粉碎（粒径：77μm以下（80%パス））されることによって容易に製造される。

## 【 0 0 2 8 】

本実施形態では、例えば図1及び2に示すように、スラグ付着領域であるブローパイプ30の内壁面や羽口22及びその近傍の内壁面に付着したスラグSの除去を目的として、ブローパイプ30の内部に対して液体6または固形物7を吹き込むための噴射ノズル80が設けられている。この噴射ノズル80は、例えばブローパイプ30の内周面に沿って、円周方向に1または複数個が適宜設けられている。

この場合、噴射ノズル80から噴射する好適な液体6としては、水または重油等の可燃性液体を例示できる。また、噴射ノズル80から噴射する好適な固形物7としては、粒状石炭、スラグ、石灰粒、ペレット粒、焼結鉱、鉄粉等を例示でき、これらの中から1種または複数種を混合して使用すればよい。

## 【 0 0 2 9 】

噴射ノズル80から噴射される液体6は、その蒸発潜熱を有効利用してブローパイプ30や羽口22の付近に付着したスラグを急冷するものである。液体6の噴射を受けて急冷されたスラグSは、熱収縮により破壊されるため容易に除去することができる。

これに対し、噴射ノズル80から噴射される固形物7は、熱風2の流れを推進力としてブローパイプ30内を溶融することなく進むので、羽口22の付近に付着しているスラグSに衝突する。従って、固形物7は、スラグSに衝突して力学的な衝撃を与えることができる。この結果、固形物7の衝突を受けたスラグSは、衝突時の衝撃により破壊されるため容易に除去することができる。

## 【 0 0 3 0 】

噴射ノズル80は、液体6や固形物7の流体を噴射するノズル先端81の出口開口が微粉炭3やスラグS等によって塞がれないようにするため、ブローパイプ30の軸方向において微粉炭3を供給するランス31の先端部31aと略一致する位置か、あるいは、若干上流側に設置されることが望ましい。この場合、噴射ノズル80のノズル先端81は、羽口22の方向へ流体を、特に液体を棒状に噴射するノズル形状が好ましく、必要に応じて噴射方向を可変としてもよい。なお、ノズル先端81の噴射方向を可変とする場合には、例えば液体や固形物搬送ガスの供給圧力を利用して揺動や旋回をさせるものがある。

また、噴射ノズル80を設置する半径方向の位置は、熱風2の流路抵抗とならないように、そして、ブローパイプ30の壁面に付着したスラグSに向けて直射できるようにするため、ブローパイプ30の壁面から近い位置が望ましい。

## 【 0 0 3 1 】

噴射ノズル80は、例えば図3に示すように、液体供給源83と液体供給配管84を介して接続されている。

液体供給配管84には、主な構成要素として、液体供給源83内の液体を噴射ノズル80へ圧送するための送出ポンプ85と、開閉状態の切替操作によって噴射ノズル80への液体供給（オン・オフ）を制御する開閉制御弁86と、が設けられている。

## 【 0 0 3 2 】

さらに、噴射ノズル80は、固形物供給源87と固形物供給配管88を介して接続されている。

固形物供給源87の固形物は、例えば窒素ガス等のように、図示しない固形物搬送ガス供給源を備えている。また、固形物供給配管88には、主な構成要素として、開閉状態の切替操作によって噴射ノズル80への固形物供給（オン・オフ）を制御する開閉制御弁8

10

20

30

40

50

9 が設けられている。

【 0 0 3 3 】

開閉制御弁 8 6 , 8 9 の開閉制御は、差圧計 9 0 で計測した差圧  $P$  の値により行われる。この差圧計 9 0 には、例えば熱風母管 3 2 とブローパイプ 3 0 の羽口 2 2 近傍であるブローパイプ下流位置との差圧  $P$  を測定するように、2 本の圧力導入管 9 0 a , 9 0 b が接続されている。

【 0 0 3 4 】

このように、噴射ノズル 8 0 は、噴射する液体 6 を供給するとともに開閉制御弁 8 6 を備えた液体供給系と、噴射する固形物 7 を供給するとともに開閉制御弁 8 9 を備えた固形物供給系と、スラグ付着領域のスラグ状況を検出する差圧計 (スラグ検出手段) 9 0 とを備えている。従って、図示の噴射ノズル 8 0 は、開閉制御弁 8 6 , 8 9 の開閉状態に応じて、1 つのノズル先端 8 1 から液体 6 または固形物 7 のいずれか一方を選択して、あるいは、液体 6 及び固形物 7 の両方を同時に噴射することができる。

【 0 0 3 5 】

以下の説明では、図示されたように、1 つの噴射ノズル 8 0 に液体供給系及び固形物供給系を接続した構成について説明するが、この構成に限定されることはない。すなわち、液体供給系及び固形物供給系が、各々独立した液体噴射ノズルまたは固形物噴射ノズルを備えた構成としてもよい。

【 0 0 3 6 】

そして、スラグ付着量の判断は、噴射ノズル 8 0 より上流側の熱風圧力と、ブローパイプ 3 0 の出口近傍熱風圧力との差圧によりなされる。

すなわち、ブローパイプ 3 0 の内壁面や羽口 2 2 の付近にスラグ S が付着していると、ブローパイプ 3 0 の流路断面積低下により圧力損失が生じるので、熱風母管 3 2 から供給されて高炉本体 2 0 へ流出する熱風の流れには圧力低下が生じることとなる。従って、熱風母管 3 2 に接続された圧力導入管 9 0 a と、ブローパイプ 3 0 のブローパイプ下流位置に接続された圧力導入管 9 0 b とにより、差圧計 9 0 によりスラグ付着領域の前後に生じる熱風の差圧  $P$  を計測し、差圧  $P$  の大小からスラグ S の付着状況を推測する。

こうして計測した差圧  $P$  は、予め定めた閾値との比較により、上述した開閉制御弁 8 6 , 8 9 の開閉操作に使用される。

【 0 0 3 7 】

ところで、上述した噴射ノズル 8 0 は、液体 6 または固形物 7 を単独で噴射してスラグ除去を実施してもよいし、あるいは、液体 6 及び固形物 7 の両方を同時に噴射してスラグ除去を実施してもよい。

しかし、好ましいスラグ除去方法としては、第 1 段階のスラグ除去工程として、最初に噴射ノズル 8 0 から液体を単独噴射してスラグ除去を実施し、第 1 段階のスラグ除去工程で所定のスラグ除去を達成できない場合には、第 2 段階のスラグ除去工程として、噴射ノズル 8 0 から固形物 7 を単独で噴射する。

また、必要に応じて、第 2 段階のスラグ除去工程で所定のスラグ除去を達成できない場合に実施するように、噴射ノズル 8 0 から液体 6 及び固形物 7 を同時に噴射してスラグ除去をする第 3 段階のスラグ除去工程を設けてもよい。

【 0 0 3 8 】

すなわち、液体 6 を噴射するスラグ除去には、固形物 7 を衝突させるスラグ除去と比較すれば、パイプの摩耗や破損等のリスクが小さいという利点がある。

従って、液体噴射による第 1 段階のスラグ除去工程を優先的に実施し、この液体噴射ではスラグ S を除去できなかった場合にのみ、例えば所定時間継続して液体噴射をしてもスラグ除去が完了したことを確認できないような場合にのみ、第 2 段階のスラグ除去工程を実施する。この結果、液体 6 では除去できなかったスラグ S についても、固形物 7 による衝撃力を利用して確実に除去することが可能になる。

【 0 0 3 9 】

より好ましいスラグ除去方法は、第 2 段階のスラグ除去工程として噴射ノズル 8 0 から

10

20

30

40

50

固形物 7 を単独で噴射し、第 2 段階の固形物 7 を単独噴射するスラグ除去工程でも所定のスラグ除去を達成できない場合には、さらに第 3 段階のスラグ除去工程として、噴射ノズル 80 から液体 6 及び固形物 7 を同時に噴射してスラグ除去が実施する。この第 3 段階のスラグ除去工程では、液体 6 として可燃性液体を使用することが望ましい。

なお、第 2 段階のスラグ除去工程において、液体 6 及び固形物 7 を同時噴射することも可能である。

#### 【 0 0 4 0 】

以下、差圧  $P$  の閾値と、差圧計 90 で計測した差圧  $P$  に基づく開閉制御弁 86, 89 の開閉制御について、具体的に説明する。なお、以下の説明では、液体 6 及び固形物 7 の両方を同時に噴射するものとし、開閉制御弁 86 が開となった状態では、噴射ノズル 80 から液体を噴射するように、送出ポンプ 85 の運転が起動される。

10

#### 【 0 0 4 1 】

本実施形態では、二つの閾値、すなわち、閉状態の開閉制御弁 86, 89 を開く第 1 の閾値 (スラグ除去閾値)  $H L$  と、開状態の開閉制御弁 86, 89 を閉じる第 2 の閾値 (スラグ除去停止閾値)  $L L$  と、が設定されている。

なお、二つの閾値については、上述した第 1 段階及び第 2 段階等のスラグ除去工程で同じ値を採用してもよいし、あるいは、例えば液体噴射による第 1 段階のスラグ除去工程を優先的に実施する場合など、後段階のスラグ除去工程に第 1 段階のスラグ除去工程より大きな値を採用してもよい。

#### 【 0 0 4 2 】

20

換言すれば、第 1 の閾値 (スラグ除去閾値)  $H L$  は、スラグ検出手段の差圧計 90 で検出したスラグ付着量がスラグ除去閾値以上と判断した場合、開閉制御弁 86, 89 を開いて液体 6 及び固形物 7 を噴射するための閾値である。

また、第 2 の閾値 (スラグ除去停止閾値)  $L L$  は、スラグ検出手段の差圧計 90 で検出したスラグ付着量がスラグ除去停止閾値より少ないと判断した場合、開閉制御弁 86, 89 を閉じて液体 6 及び固形物 7 の噴射を停止するための閾値である。

そして、スラグ  $S$  の付着がない運転開始時 (初期設定時) には、開閉制御弁 86, 89 が閉状態に設定されており、さらに、差圧計 90 で検出した差圧  $P$  は第 2 の閾値  $L L$  より低く、しかも、ほとんど差圧がない状態 ( $P = 0$ ) となっている。

#### 【 0 0 4 3 】

30

上述した初期設定時の状態から高炉設備の運転を継続すると、ブローパイプ 30 や羽口 22 において壁面にスラグ  $S$  が徐々に付着して堆積し、この結果、流路断面積の低下により流路抵抗も徐々に増加していく。従って、差圧計 90 で検出した差圧  $P$  の値が増加して第 1 の閾値  $H L$  に到達すると、これを検知した差圧計 90 から開閉制御弁 86, 89 の開信号が出力される。

この開信号により、開閉制御弁 86, 89 が開とされ、同時に送出ポンプ 85 も起動される。この結果、液体供給源 83 内に貯蔵されている液体 6 は、噴射ノズル 80 よりブローパイプ 30 の内部に向けて噴射され、同時に、固形物供給源 87 内に貯蔵されている固形物 7 も、噴射ノズル 80 よりブローパイプ 30 の内部に向けて噴射される。

#### 【 0 0 4 4 】

40

この結果、噴射された液体 6 は、付着したスラグ  $S$  に当たると蒸発潜熱を奪って急冷する。このため、この急冷により、ガラス状の固体で脆いスラグ  $S$  が急激に熱収縮し、液体 6 の噴射を受けて熱収縮したスラグ  $S$  は破損して壁面から除去される。すなわち、破損して比較的小さな塊となったスラグ  $S$  は、熱風 2 や液体の流れによって高炉本体 20 の炉内へ除去される。

#### 【 0 0 4 5 】

一方、噴射された固形物 7 は、熱風 2 の流れによって羽口 22 の方向へ流れ、付着したスラグ  $S$  に当たると衝撃力が発生してガラス状の固体で脆いスラグ  $S$  を砕くように破損させる。この結果、固形物 7 が当たって衝撃力を受けたスラグ  $S$  は、破損して壁面から除去される。すなわち、破損して比較的小さな塊となったスラグ  $S$  は、熱風 2 や液体の流れに

50

よって高炉本体 20 の炉内へ除去される。

【0046】

こうしてスラグ S が除去されると、流路断面積の増加に伴って流路抵抗が低下することになるので、差圧計 90 で検出される差圧 P も低下する。そして、差圧計 90 で検出した差圧 P が低下して第 2 の閾値 LL に到達すると、開閉制御弁 86, 89 の閉信号が出力される。この閉信号により、開閉制御弁 86, 89 が閉とされ、同時に送出ポンプ 92 の運転も停止されるので、液体 6 及び固形物 7 の噴射は停止される。

なお、上述した第 1 の閾値 HL は、開閉制御弁 86, 89 を開状態とする第 2 の閾値 LL との間にヒステリシスを設けて開閉制御弁 86, 89 の頻繁な開閉を防止するため、若干大きな値 ( $HL > LL$ ) に設定されている。

10

【0047】

このように、液体 6 の蒸発潜熱を利用したスラグ S の急冷や固形物 7 の衝撃力を利用したスラグ S の粉碎により、スラグ S 除去する噴射ノズル 80 を設けたことにより、固球や研掃材を吹き込むブラスト等の供給設備が不要となる。しかも、水や可燃性液体等の液体は、噴射後に蒸気や燃焼ガスとなるので、この液体噴射を優先して実施すればスラグ除去後の後処理が極めて容易である。

特に、液体として重油等の可燃性液体を採用すれば、可燃性液体が燃焼することで熱風の温度をさらに上昇させることができる。

【0048】

また、上述した実施形態では、閉状態の開閉制御弁 86, 89 を開く第 1 の閾値 HL と、開状態の開閉制御弁 86, 89 を閉じる第 2 の閾値 LL との二つの閾値を設定しているが、さらに、第 3 の閾値 HHL を設定してもよい。

20

第 3 の閾値 HHL は、閉状態の開閉制御弁 86, 89 を開く第 1 の閾値 HL より大きな設定値 ( $HHL > HL$ ) であり、この閾値 HHL を超えた差圧 P を検出した場合には、スラグ S の除去等に問題があると判断できる。従って、差圧 P が第 3 の閾値 HHL を超えた場合には、例えば高炉設備の制御室等にアラームを出力することで早急に必要な対応を実施できるようになるので、ブローパイプ 30 の破損といった高炉設備の重大なトラブルを未然に防止することが可能になる。すなわち、第 3 の閾値 HHL は、スラグ付着量が上述した第 1 の閾値 (スラグ除去閾値) HL より大きい値に設定されたアラーム出力閾値である。

30

【0049】

ところで、上述したブローパイプ 30 の内部には、微粉炭 3 を吹き込むランス 31 より上流側となる位置、すなわち、熱風 2 を供給する熱風母管 32 とランス 31 との間に、熱風 2 の流れに旋回流を発生させる旋回流形成部が設けられている。この旋回流形成部は、例えば図 1 に示すような旋回ベーン 33 を採用してもよいし、あるいは、変形例として図 2 に示す旋回りボン 34 を採用してもよい。なお、旋回ベーン 33 は、流路断面に対して角度を有する複数のベーンを周方向に配置したものであり、旋回りボン 34 は、薄板を螺旋状に成形したものである。

【0050】

このように、旋回ベーン 33 や旋回りボン 34 旋回流形成部のような旋回流形成部を設けると、ブローパイプ 30 内を流れる熱風 2 が旋回流形成部を通過することにより旋回流となる。このため、噴射ノズル 80 から吹き出された固形物 7 は、ブローパイプ 30 内に形成された旋回流の影響を受けることにより、遠心力によって外周側へ集まる。従って、スラグ S が付着しているブローパイプ 30 のパイプ内面または羽口 22 の内面に対し、固形物 7 が集中的に衝突するようになり、効率のよいスラグ除去が可能になる。

40

【0051】

このように、上述した本実施形態のスラグ除去装置及びスラグ除去方法によれば、液体噴射や固形物噴射によりスラグ S を破壊して除去するので、軟化点調整を行わない微粉炭 3 を用いた場合でも、簡単な装置構成で容易かつ確実にスラグ除去を達成できる。

さらに、液体噴射を優先したスラグ除去を実施することで、ブローパイプ 30 に生じる

50

摩耗や破損等のリスクを低減することができる。

従って、微粉炭 3 の軟化点調整を行わなくても、付着したスラグ S を破壊して除去することができるので、ブローパイプ 30 については、例えば羽口 22 の摩耗寿命までメンテナンス期間の延長が可能となる。

【0052】

ところで、上述した微粉炭 3 のスラグ S に含まれ、熱風 2 や微粉炭 3 の燃焼熱等によって溶融する成分、すなわち低融点のスラグ成分は、約 1200 の熱風 2 を使用する場合の灰融点が概ね 1100 ~ 1300 程度である。このような低融点のスラグ成分は、微粉炭 3 の原料炭として垂瀝青炭や褐炭などの低品位炭を用い、乾燥や乾留等の改質処理を施した改質炭にも含まれている。

10

なお、本発明は上述した実施形態に限定されることはなく、その要旨を逸脱しない範囲内において適宜変更することができる。

【符号の説明】

【0053】

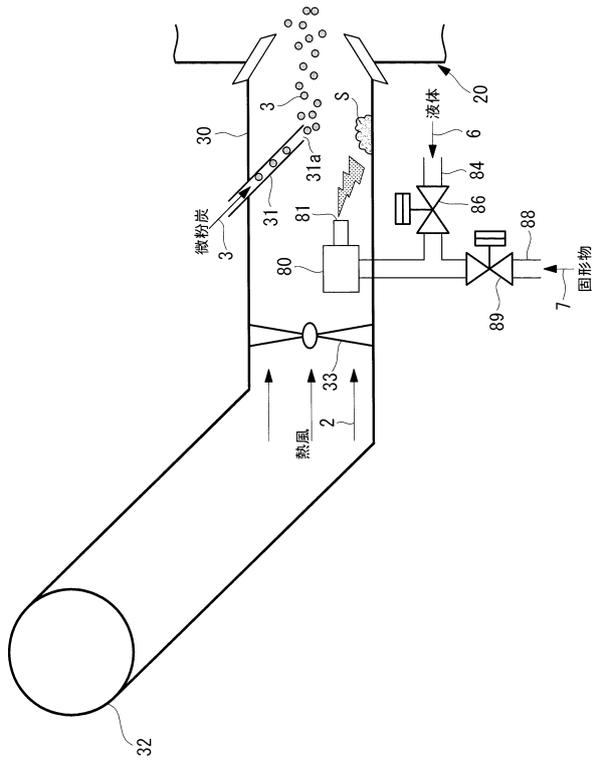
- 1 原料
- 2 熱風
- 3 微粉炭（改質炭）
- 4 搬送ガス
- 5 銑鉄（溶銑）
- 6 液体
- 7 固形物
- 10 原料定量供給装置
- 20 高炉本体
- 21 炉頂ホッパ
- 22 羽口
- 30 ブローパイプ
- 31 インジェクションランス（ランス）
- 32 熱風母管
- 33 旋回ベーン（旋回流形成部）
- 34 旋回リボン（旋回流形成部）
- 40 熱風送給装置
- 50 微粉炭製造装置
- 60 サイクロンセパレータ
- 70 貯蔵タンク
- 80 噴射ノズル
- 81 ノズル先端
- 86, 89 開閉制御弁
- 90 差圧計
- S スラグ（灰）

20

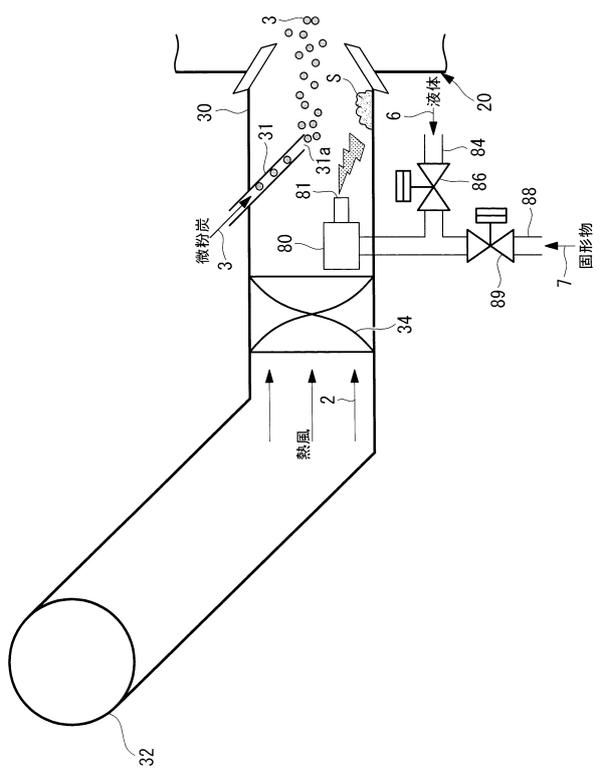
30

40

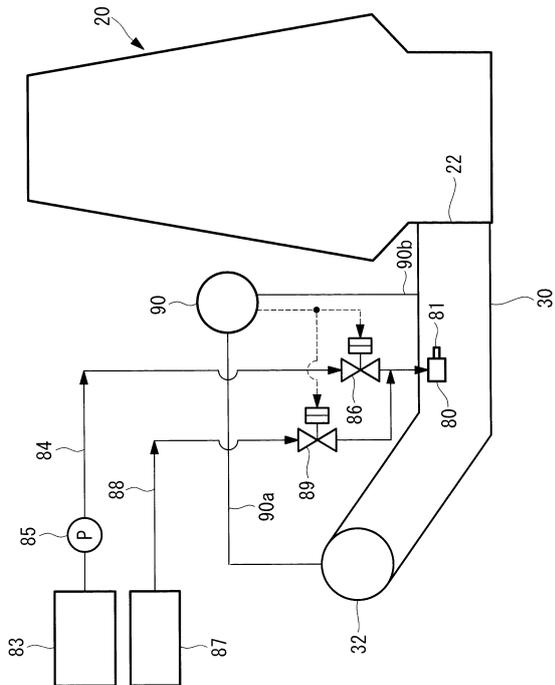
【図1】



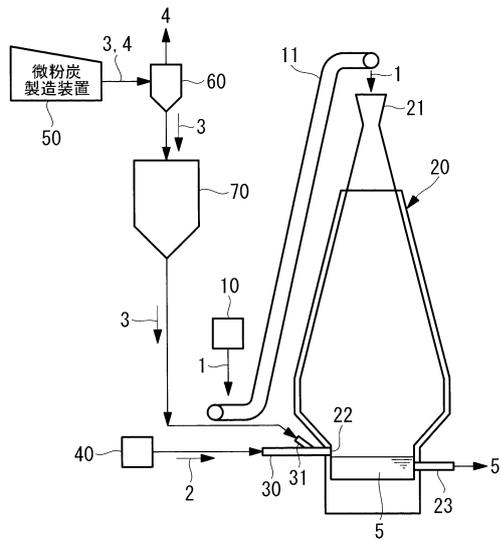
【図2】



【図3】



【図4】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 岡田 剛嗣  
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 大本 節男  
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 中川 慶一  
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

審査官 池ノ谷 秀行

- (56)参考文献 特開平06-192714(JP,A)  
特開昭64-028312(JP,A)  
特開昭62-161905(JP,A)  
特開平11-050113(JP,A)  
特開2001-342508(JP,A)  
特開平08-100208(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C21B 7/00 - 7/24  
C21B 5/00