

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第5113071号  
(P5113071)

(45) 発行日 平成25年1月9日 (2013.1.9)

(24) 登録日 平成24年10月19日 (2012.10.19)

(51) Int. Cl.	F I
C 2 1 B 5/00 (2006.01)	C 2 1 B 5/00 3 1 6
C 2 1 B 7/00 (2006.01)	C 2 1 B 7/00 3 0 7
C 2 1 B 11/02 (2006.01)	C 2 1 B 11/02 Z A B
F 2 3 G 5/24 (2006.01)	F 2 3 G 5/24 B

請求項の数 10 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2008-539339 (P2008-539339)	(73) 特許権者	508131325
(86) (22) 出願日	平成18年11月9日 (2006.11.9)		ティッセンクルップ アーテャ プロテック
(65) 公表番号	特表2009-515049 (P2009-515049A)		ク ゲーエムペーハー
(43) 公表日	平成21年4月9日 (2009.4.9)		THYSSENKRUPP AT. PRO
(86) 国際出願番号	PCT/EP2006/010752		TEC GMBH
(87) 国際公開番号	W02007/054308		ドイツ連邦共和国、4 5 1 2 7 エッセン
(87) 国際公開日	平成19年5月18日 (2007.5.18)		ホルストラッセ 7エー
審査請求日	平成20年7月30日 (2008.7.30)	(74) 代理人	100068755
(31) 優先権主張番号	102005053505.4		弁理士 恩田 博宣
(32) 優先日	平成17年11月9日 (2005.11.9)	(74) 代理人	100105957
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		弁理士 恩田 誠
前置審査		(74) 代理人	100142907
			弁理士 本田 淳
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 シャフト炉の動作方法、および該方法に適するシャフト炉

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

溶鉱炉の動作方法であって、  
前記溶鉱炉の上部には、重力の影響によって前記溶鉱炉内を下降する原材料がチャージされ、  
前記溶鉱炉内に広がる雰囲気は、前記原材料の一部を溶解することと還元することとのうちの少なくとも一方を行い、  
前記溶鉱炉の下部には、処理ガスが、前記溶鉱炉内に広がる雰囲気を少なくとも部分的に修正するように注入され、  
前記処理ガスの注入は動的に調整され、前記調整における処理変数は 4 0 秒以下の期間 内において断続的に変化させられ、前記処理変数は圧力と体積流量のうちの少なくとも一方であり、  
前記処理ガスは、少なくとも 2 つの互いに異なる経路を経由して前記溶鉱炉に注入され、  
第 1 経路に沿って注入される前記処理ガスを制御する第 1 処理変数と、  
第 2 経路に沿って注入される前記処理ガスを制御する第 2 処理変数とは、  
互いに異なる態様で動的に調整される べく 1 サイクル中にパルス高さが調節される同一の処理変数であるか、  
または同一の態様で動的に調整される べく 位相シフトがありながらも同期させられる酸素の体積流量と補助還元剤の質量流量といった 2 種類のパルスとしての互いに異なる処理

10

20

変数である、

溶鋳炉の動作方法。

【請求項 2】

前記処理ガスの調整はサイクル時間 T ごとに周期的に行われ、

前記サイクル時間 T は 0 . 0 6 秒 T 4 0 秒である、

請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

前記処理ガスの調整はパルス状に行われ、

パルス幅は 0 . 0 0 1 秒 5 秒である、

請求項 1 または 2 記載の方法。

10

【請求項 4】

前記第 1 処理変数と第 2 処理変数は、同一のサイクル時間 T において周期的に調整され、それらの相対位相は一定値だけシフトされる、

請求項 1 記載の方法。

【請求項 5】

前記処理ガスの体積流量には弁が位置付けられ、

前記処理ガスは、前記弁を一部または全体において少なくとも断続的に冷却するように作用する不活性ガスを含む、

請求項 1 乃至 4 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 6】

20

溶鋳炉であって、前記溶鋳炉は、

前記溶鋳炉の上部に原材料をチャージする装置と、

前記溶鋳炉の下部に処理ガスを注入するシステムであって、前記システムは調整可能な処理変数を介して前記処理ガスの注入を制御する制御装置を有し、前記処理変数の調整は前記溶鋳炉内に広がる雰囲気気を少なくとも部分的に決定することとを備え、

前記制御装置は 4 0 秒以下の期間内において前記処理変数を修正するように設定され、前記処理変数は圧力と体積流量のうちの少なくとも一方であり、

前記処理ガスは、少なくとも 2 つの互いに異なる経路を経由して前記溶鋳炉に注入され、

30

第 1 経路に沿って注入される前記処理ガスを制御する第 1 処理変数と、

第 2 経路に沿って注入される前記処理ガスを制御する第 2 処理変数とは、

互いに異なる態様で動的に調整されるべく 1 サイクル中にパルス高さが調節される同一の処理変数であるか、

または同一の態様で動的に調整されるべく位相シフトがありながらも同期させられる酸素の体積流量と補助還元剤の質量流量といった 2 種類のパルスとしての互いに異なる処理変数である、

溶鋳炉。

【請求項 7】

前記処理ガスはセラミック弁の補助によって修正され、

前記セラミック弁は円板弁または磁気吸引弁である、

請求項 6 記載の溶鋳炉。

40

【請求項 8】

前記溶鋳炉の下部に処理ガスを注入する前記システムは第 1 管状要素と第 2 管状要素を備え、その結果、前記処理ガスの一部を注入するための主導管に加えて、前記第 1 管状要素は酸化剤を注入する作用をなすことができ、

前記第 2 管状要素は補助還元剤を注入する作用をなすことができる、

請求項 6 または 7 記載の溶鋳炉。

【請求項 9】

前記システムは第 1 組の弁と第 2 組の弁とを備え、

50

前記第 1 組と前記第 2 組は交互動作可能である、  
請求項 6 乃至 8 の何れか一項に記載の溶鉱炉。

【請求項 10】

前記システムは少なくとも 2 つのリザーバに接続され、  
これらリザーバは、脈動応力に晒され、サイズと圧力パラメータのうちの少なくとも一方が互いに異なる、

請求項 6 乃至 9 の何れか一項に記載の溶鉱炉。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、シャフト炉の動作方法に関する。更に本発明は、前記方法を適用するために適切に設計された溶鉱炉、溶鉄炉、またはゴミ焼却炉などのシャフト炉に関する。シャフト炉の上部には、重力の影響によって炉内を下降する原材料がチャージされる。シャフト炉内に広がる雰囲気の状態が、原材料の一部を溶解することと還元させることとのうちの少なくとも一方を行う。シャフト炉の下部には、処理ガスが、シャフト炉内に広がる雰囲気を少なくとも部分的に制御するように注入される。

【背景技術】

【0002】

これらの方法ならびにシャフト炉の存在が知られている。単に本処理の約 5 % の相対的部分を構成する他の方法と共に、主要な溶鉄の製造に使用される。シャフト炉は、向流原理に従って作用できる。挿入原料およびコークスなどの原材料は、炉頂口を通じてチャージされ、炉頂口から炉内を下降する。処理ガスは、炉の下部たとえば羽口位置において、羽口を通じて炉内に送込まれる。処理ガスは、炉のサイズに依存して、 $800 \text{ m}^3 / \text{t RE} \sim 10,000 \text{ m}^3 / \text{t RE}$  の強制ガスである。通常カウパー内で約  $1000 \sim 1300$  に予熱された空気である強制ガスは、コークスと反応し、とりわけ一酸化炭素を生成する。一酸化炭素は、炉内を上昇し、挿入原料に含まれる鉄鉱を減少させる。

【0003】

また一酸化炭素の生成を促進するために炉内に一般的に注入されるのは、たとえば  $100 \text{ kg} / \text{t RE} \sim 170 \text{ kg} / \text{t RE}$  の補助還元剤である。このような補助還元剤は、炭塵、石油、または天然ガスなどである。

【0004】

鉄鉱還元はさておき、原材料は、関連する化学的処理によってシャフト炉内において生成された熱によって、結果として溶解する。しかしながら、シャフト炉における温度分布は、不均一である。すなわちシャフト炉の中心部において、「デッド・マン」( *totem* Mann (独語) = *dead man* (英語) ) と呼ばれる現象の形成につながる。一方、気体化のような重要な処理は、羽口前の領域、つまり炉の断面に関して周辺領域にのみ位置するいわゆる「渦流域」においてのみ実質的に生じる。「気体化」は、コークスまたは代用還元剤が酸素と反応することによって一酸化炭素や二酸化炭素になることである。炉の中心部に向かう渦流域の深さは約 1 メートルであり、容積は約  $1.5 \text{ m}^3$  である。羽口位置では、通常、各々の羽口の前に生成された渦流域が、近接する渦流域と左右に重なり合うように炉の周囲に位置した幾つかの羽口があり、従って実質的な環状活性領域が形成される。シャフト炉の動作中、その領域はいわゆる「鳥の巣」( *birds nest* (独語) = *bird's nest* (英語) ) を形成する。

【0005】

通常、上述の処理、すなわち渦流域における気体化処理や鉄鋼還元処理を増強するように、高温強制ガスに酸素を混入することも可能であり、その結果、シャフト炉の性能が向上させられる。高温強制ガスは、注入される前に酸素富化状態であるか、または代わりに純酸素が個別に導入されることがあり、純酸素の個別導入はいわゆる「ランス」( *Lance* (独語) = *Lance* (英語) ) によって生じる。「ランス」は、羽口内を延びて炉内に導くように羽口のポート領域に存在する管を意味する。特に少量のコークスを使用す

10

20

30

40

50

る現代の溶鉱炉の場合、高温強制ガスは、対応する高濃度酸素富化の影響を受け易い。他方、酸素の添加は、製造コストを増大させる。つまり、現代の溶鉱炉の有効性は、単に更に高い酸素濃度を注入するだけでは向上できない。

【 0 0 0 6 】

別の公知事実として、現代の溶鉱炉の効率または有効性のレベルと、いわゆる「経由気体流」(through-gassing)との間には相関がある。「経由気体流」は、シャフト炉を通過する気体流である。一般論として、これは渦流域における気体化がどのくらいの鉄鋼を還元させるか、およびシャフト炉内に存在する気相が羽口位置から、いわゆる「排ガス」が排出される炉頂口にどのくらい上昇するかに依存する。改善した経由気体流の一つの兆候は、たとえば炉内の最低限の圧力低下によって与えられる。

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

しかしながら、酸素富化の高温強制ガスにも拘わらず、現代の溶鉱炉における経由気体流は、未だ全体的に十分ではないと考えられる。

従って本発明の目的は、経由気体流を確実に改善するシャフト炉の動作方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

本発明の目的は、請求項 1 によって特定される機能的特徴を有する方法を利用することによって実現される。更に、請求項 6 によって特定される特徴を有する溶鉱炉を利用することによって実現される。

20

【 0 0 0 9 】

手順の観点で本目的は、処理ガスを動的に調整して注入することによって、上述した方法を使用して実現される。処理ガスの調整は、処理変数が 40 秒以下の期間内において変化するように行われる。処理変数は、圧力  $p$  と体積流量  $V/dt$  のうちの少なくとも一方である。圧力と体積流量のうちの少なくとも一方の変化は、20 秒以下、好ましくは 5 秒以下、更に好ましくは 1 秒以下の期間内において行われる。これは以下の発見に基づく。すなわち経由気体流の改善、つまり対応する性能と効率の向上は、処理ガスが炉内に一斉にではなく、短い間隔で変化する増分によって導入されるときに実現されるという発見である。

30

【 0 0 1 0 】

勿論、従来の方法の場合でさえも、つまり炉を始動または停止する都度、様々な処理変数が原材料の新たなチャージに対して設定されるときはいつでも、または単に高温強制ガス内の酸素濃度が性能向上のために更に高いレベルに増加されるときに、処理ガスの注入の変動がある。しかしながら、時間内におけるそれらの変化は、単に数時間の時間枠内で生じる一過性の性質である。これに対して、処理ガスの動的調整注入は、1 分未満の時間枠内で生じ、シャフト炉内のガスの平均滞留時間は、たったの 5 秒 ~ 10 秒であるという事実に関係する。本発明に係る動的調整と比較して、1 分を超える間隔における処理変数の時間変動は、処理変数が非静的である間、比較的限定された時間枠を与える。これは以下のことを意味する。つまり、これらの処理変数が実質的に一定つまり静的のままである間の処理変数の 2 つの変化の間の時間枠は、実質的に静的な状態を得るために必要な時間枠よりも長い。比較的短い切換時間を除いて、これらの変化は大部分が静的であり、従って「擬似静的調整」と称される。本発明に係る動的調整の場合、シャフト炉内における非静的状態の時間枠は、実質的に静的な状態の時間枠よりも大きい。

40

【 0 0 1 1 】

動的調整は、渦流域における無動作領域を奪い、従って渦流域、更には排気筒内の改善した経由気体流の結果と共に、渦流域における全体的な乱流を増大させる。

そのような調整は、擬似周期的および特に周期的に行なわれるときに特に有益であり、周期的なサイクル時間  $T$  は 40 秒未満、好ましくは 20 秒以下、更に好ましくは 5 秒以下

50

である。周期的調整は、時間変化の関数  $f(t)$  によって特徴付けられ、ここでは  $f(t+T) = f(t)$  であり、周期的なサイクル時間を同時に定義する。一方、用語「擬似周期的調整」は、基本的な調整が周期的性質のものであることを示し、たとえば周期  $f(t)$  と、前記  $f(t)$  に比較されるエンベロープ関数  $g(t)$  とを有する関数  $h(t) = g(t) \cdot f(t)$  は、 $h(t)$  の構造の軽微な質の効果のみを具備する。一方、擬似周期的調整は、 $g(t)$  が定常であり、或る意味、定常関数  $f(t)$  の構造を不均一に歪める確率関数であると見なすことができるが、根底の周期的構造は認識できないままである。その性質の周期的調整は、渦流域内で生じる同様の周期的処理を発生でき、更に改善した経路気体流をもたらす。

#### 【0012】

実用上の観点から、サイクル時間  $T$  は 0.06 秒以上、好ましくは 0.1 秒以上、更に好ましくは 0.5 秒以上である。渦流域における処理ガスの滞留時間は非常に短い、示される範囲におけるサイクル時間は、十分な経路気体流の比率をもたらすことができる。一方、更に短いサイクル時間の調整を生じさせることは、更に大きな技術上の複雑さを伴うことがある。

#### 【0013】

従ってサイクル時間  $T$  は 0.06 秒  $T$  40 秒、好ましくは 0.1 秒  $T$  20 秒、更に好ましくは 0.5 秒  $T$  10 秒、更に好ましくは 0.7 秒  $T$  5 秒である。具体的には  $T$  は、処理ガスがシャフト炉において乱流を生じさせることによって、層流領域の形成を実質的に防ぐように選択される。

#### 【0014】

本方法の簡略した変形では、調整は調和的パターンに従う。これは、単純な正弦波調整  $f(t) = f_0 + f \cdot \sin(2\pi t/T)$  によって容易に実現できる。

本方法の特に望ましい変形では、調整はパルス状である。その性質の調整は、たとえば関数  $f(t) = f_0 + f_i(t - t_i)$  によって特徴付けられる。 $f(t)$  は、概してパルスつまり反復パルスが、実質的に一定のバックグラウンドに対してピークに達することを記述する。適切なパルスは、矩形/正方形、三角形、またはガウス型パルスつまり拡張型数学的パルス、または同様の形状であることが可能である。正確なパルス型は、パルス幅よりも限定的ではなく、半パルス高 (FWHM) でのパルス幅である。有用なパルス幅の関係は、 $T$  が 5 秒以下、好ましくは 2 秒以下、更に好ましくは 1 秒以下のときに得られる。同様に 0.001 秒以上、好ましくは 0.01 秒以上、更に好ましくは 0.1 秒以上のパルス幅を選択することが望ましい。非常に小さいパルス幅は発生させることが難しいが、それらに対応する短い反応時間で渦流域に生じる処理における介在を可能にする。

#### 【0015】

本方法の 1 つの有利な実施において、周期的な脈動のパルス幅：サイクル時間の比率： $T$  は 0.5 以下、好ましくは 0.2 以下、更に好ましくは 0.1 以下である。従って特定のパルス幅は、0.001 秒  $T$  5 秒、好ましくは 0.025 秒  $T$  0.7 秒、更に好ましくは 0.030 秒  $T$  0.1 秒、更に好ましくは 0.035 秒  $T$  0.055 秒である。

#### 【0016】

$T$  の比率は  $10^{-4}$  以上、好ましくは  $10^{-3}$  以上、更に好ましくは  $10^{-2}$  以上であるべきである。これは渦流域で周期的に起こる処理に対処する組合せ効果をもたらす、特定の反応時間と結付けられる。

#### 【0017】

本方法の 1 つの可能性のある実施において、小さい振幅変動でさえも十分な経路気体流を既に可能にするという発見に基づき、基本値に対する調整振幅は 5% 以上、好ましくは 10% 以上、更に好ましくは 20% 以上である。基本値に対する調整振幅を 100% 以下、好ましくは 80% 以下、更に好ましくは 50% 以下に限定することが望ましい。調和的調整は、これらを限定する以下の実施に対して特に容易である。

## 【 0 0 1 8 】

パルス調整において、パルス高が2つのパルス間の非調整値を2倍以上、好ましくは5倍以上、更に好ましくは10倍以上で実質的に超えることが有利なことがある。これは渦流域における無流領域の崩壊を強め、炉内の経由気体流を最終的に改善する調整の増大した効果を可能にする。一方、処理関連の理由から、その倍率を200以下、好ましくは100以下、更に好ましくは50以下に限定することが望ましい。

## 【 0 0 1 9 】

実質的に、処理ガスの注入は、多数の異なる方法によって調整できる。しかしながら、調整は、好ましくは処理ガスの注入を制御する少なくとも1つの特定の処理変数を選択することによって実施される。たとえば高温強制ガスの圧力を調整することは、渦流域における気体化を加速でき、従って排気筒内の経由気体流を改善する。圧力調整において、たとえば $300 \times 10^5 \text{ Pa}$  (300 bar) のピーク圧力を得ることが可能である。注入される処理ガスが分別可能な成分を含む場合に、特に有利である。勿論、これはガスの構成成分たとえば窒素や酸素などへの明らかな分解を参照するのではなく、注入の少なくとも1つの段階でそれらが個別に導入されるという事実から、分別できる様々な気相も参照する。一例はランス、弁、またはダイヤフラムを通じた酸素の個別の供給を構成する。

## 【 0 0 2 0 】

本発明に係る方法によって実現可能な効果は、処理ガスと共に補助還元剤がシャフト炉に供給されるときと、処理ガスに加えて補助還元剤がシャフト炉に供給されるときとのうちの少なくとも一方において、かなりの程度で更に向上される。上述のように補助還元剤は、特に無煙炭から生成される炭塵、他の金属塵、および小粒子物質、オイル、グリース、天然ガスを含んだタール、または他の炭化水素担体であることが可能であり、それらは酸素によって二酸化炭素または一酸化炭素に変えられ、主としてナノ粒子の形態で存在する。本発明に係る調整は、実際には、導入される補助還元剤の高レベルの変換をもたらす。これはパルスが変換を強めるため、パルス調整の場合には特に当てはまる。更に、渦流域における全体的な乱流の前述の増加から、渦流域における補助還元剤の非常に短い滞留時間は、約0.03秒～約0.05秒だけ延長され、還元剤の変換の強化を促す。加えて、補助還元剤の改善した変換は、更に小さい割合の未燃焼粒子をもたらし、換言すれば「鳥の巣」の領域における経由気体流を容易にし、注入率の更なる増加を可能にする。

## 【 0 0 2 1 】

本方法の他の有利な実施において、処理ガスの少なくとも1つの分別可能な成分の圧力と体積流量のうちの少なくとも一方と、注入される補助還元剤の圧力と質量流量のうちの少なくとも一方とのうちの、一方または両方が動的に調整される。従って排気筒内の経由気体流は、たとえば付加的な酸素成分のパルス状供給によって、更にもっと補助される。代替または組合せ処理として、補助還元剤が導入される圧力または質量流量は、動的に調整できる。勿論、補助還元剤の密度が変化しないままでは限り質量流量と体積流量は同一であるが、一定の体積流量に対しても、補助還元剤の平均密度は動的に調整できる。更にたとえば温度のスパイクを安定させるために、または供給ラインあるいは前記供給ラインに設置された弁を冷却するために、不活性ガスを全体的または部分的に少なくとも周期的に注入することは可能である。

## 【 0 0 2 2 】

上で参照した処理変数は、注入される処理ガスの分別可能な成分の1つの絶対量と、別の成分または処理ガス全体に対する分別可能な成分の1つの比例量とのうちの少なくとも一方を理想的に構成する。これはたとえば高温強制ガスそれ自身の主装填物を調整する必要がなくても、たとえば絶対酸素量または相対酸素濃度を動的に調整する特に単純な方法を可能にする。これは、純酸素または空気に対する増大した酸素濃度を伴う気相が、少なくとも注入処理の一部の間において個別に導入されるときに、特に実施が容易である。注入がパルス状モードで行なわれる場合、補助還元剤の変換は、上述した同時に起こる向上効果を更に強めることができ、この状況において、たとえばバックグラウンドの強制ガスに関するような付加的な酸素体積流量の振幅は0.25%～20%の範囲、好ましくは0.

10

20

30

40

50

5 % ~ 10 % の範囲、更に好ましくは 1 % ~ 6 % の範囲内であることが可能である。

【0023】

これは本方法の有利な実施の一例としても作用し、これによって2つ以上の互いに異なる処理変数が調整される。ここでは結局のところ、高温強制ガス圧、酸素成分、追加酸素圧、補助還元剤の圧力または濃度などのような様々な変数の調整を組み合わせることが可能であり、その場合、別の調整の追加コストと、得られる増加的効果との間のトレードオフを比較検討することが必要である。

【0024】

本方法の特に好ましい実施において、処理ガスは少なくとも2つの互いに異なる経路を介してシャフト炉に注入され、第1処理変数は第1経路に沿って導入される成分の制御のために動的に調整される。一方、第2処理変数は、第2経路を介して導入される成分の制御のために動的に調整されるが、第1処理変数と第2処理変数は、調整が異なることがある同一の変数である。一般的な原則として、同一または互いに異なる処理変数は、各々の羽口に対して動的に調整できる。これは、各々の羽口を介して導入される処理ガス成分の調整が、個別に、つまり独立して生じることができることを意味する。隣接する経路を通じて導入される成分群をまとめることは、各々の場合において有用なことがあり、従ってアナログ調整を可能にする独立した注入群を生じさせる。後者の方法は、たとえば炉の動作を区画化する。しかし、羽口に亘る処理ガスつまり高温強制ガスの均一な分布を依然として可能にする。

【0025】

本方法の別の有利な実施において、第1処理変数と第2処理変数は、同一のサイクル時間Tであるが、それらの相対位相の一定量によるシフトと共に調整される。この場合の位相は、サイクル時間Tに対する時間シフトである。たとえば相対時間シフトが $T/2$ である場合、2つの処理変数は、互いに非サイクル式に調整される。渦流域における燃焼時間の観点では、短いたとえば0 / 2でシフトされる補助還元剤の量における対応するパルス状増加に対する酸素パルスを僅かに遅らせることが、おそらく望ましいことがある。

【0026】

本方法の1つの特に好ましい実施において、サイクル時間の逆数 $T^{-1}$ は、シャフト炉内の雰囲気の部分系の特徴的な自己共振周波数に設定される。用語「雰囲気の部分系」は、この場合、渦流域において構成される空間的区画を参照するが、圧力分布、熱的分布、密度分布、温度拡散、または組成のような雰囲気の生理化学的な部分にも関連する。自己共振周波数は、半径方向、すなわち羽口から炉の中心部へ向かう方向の線形刺激の周波数や、または個々の羽口の渦流域における乱流刺激の周波数であることが可能である。更に自己共振周波数は、そのような渦状振動に対する位相的な穴を構成する、刺激の空間的中心部に位置する「デッド・マン」を伴った、シャフト炉の周方向の渦流域乱流刺激の周波数であることも可能である。共振周波数の1つの部分系を刺激することは、排気筒における改善した全体的な経路気体流をもたらす渦流域における共振経路気体流を実現でき、従ってシャフト炉の効果を向上させる。特に好ましいのは、たとえばパルス長、パルス周波数、またはパルス強度に対する定常波がシャフト炉内に生じられるような調整である。これに加えてまたはこれに代えて、調整は、シャフト炉内の原材料が均一に且つ特にプラグ形状構成で下降するように生じる。その趣旨で、調整は、測定される処理変数の関数として制御できる。

【0027】

記述した方法の別の利点は、その効果において、主な石炭変換が生じる領域を拡大することによる渦流域の配置にある。換言すれば、シャフト炉の性能つまりその有効性は、エネルギーまたはハードウェアの付加的な消費なしに増大できる。

【0028】

本発明の別の態様は、冒頭で説明した種類の方法に関し、これによって第1動作段階において、処理変数のうちの少なくとも1つは特定のパラメータの選択の際に動的に調整さ

10

20

30

40

50

れ、シャフト炉の少なくとも1つの特性の1つの処理変数の最低限の調整効果が記録される。そしてパラメータが予め規定されたシステムに沿って修正され、且つ修正されたパラメータが再設定されると直ぐに、炉の特性のそれぞれの修正および再設定の効果が記録される。次に、関連するパラメータ値の特定の選択条件中の修正されたパラメータに対応する記録された特徴値の中からの選択が続く。そして第2動作段階において、最低限の処理変数が、選択されたパラメータ値に基づいて動的に調整される。この方法は、たとえば周期的調整サイクル時間であるパラメータが修正され、そのような修正の結果として、シャフト炉の効果のような特定の特性に基づき、光学パラメータ値たとえば光学サイクル時間が、動的調整たとえば光学サイクル時間調整に対して選択される観点から、どのように動的調整が適切に実行できるかを有利に示す。

10

#### 【0029】

この最適化処理は、付加的なパラメータに有利に拡張でき、これによって、動的調整が実施されることに基づく最適な数のパラメータをもたらす。

この発明は、更に画期的な方法を使用して動作できるシャフト炉に関する。特にシャフト炉は、上で説明したように本発明に係る方法のために設計および構成される。

#### 【0030】

この種類のシャフト炉において、処理ガスの注入システムは、第1管状要素と第2管状要素を備え、その結果、処理ガスの一部が導入される主導管に加えて、酸化剤が第1管状要素を介して注入され、補助還元剤が第2管状要素を介して注入できる。これは酸素または酸素富化空気のような酸化剤と、同様に補助還元剤のシャフト炉内への個別の注入を可能にするための技術的に単純な方法であり、代わりに、注入の互いに独立した物理的に便利な動的調整を可能にする。本発明によれば、対応する制御装置は、処理変数を40秒以下の期間内において変更するように調整される。処理変数は、圧力 $p$ と体積流量 $V/dt$ のうちの少なくとも一方である。

20

#### 【0031】

第1管状要素と第2管状要素を少なくとも部分的に二重管ランスに組合わせることは、特に実用的であることが分かっており、このため管状要素は、同心同軸または並列配置で設置可能であり、従ってスペースを取らない構成に管状要素の機能的要件を与える。

#### 【0032】

しかしながら、空間的に個別のランスの形態で第1管状要素と第2管状要素を設置することは同様に可能であり、その場合、シャフト炉の水平面と垂直面のうちの少なくとも一方に対する管状要素の出現角度の少なくとも1つが調整可能である。特に2つの管状要素の出現角度は、互いに独立して調整可能である。これは渦流域の配置に対する付加的な酸素または補助還元剤の注入方向の変動を可能にする。しかしながら、特にシャフト炉の動作中の出現角度の、上述したアナログの動的調整でさえも可能にする。

30

#### 【0033】

シャフト炉への供給ラインには、特にセラミック材料製であって高い耐熱性を有し温度変化に影響されない特定の円板弁または磁気吸引弁である弁が設けられる。これらの弁は、特に低い熱膨張に晒され、従って動作中に遭遇する非常に高い温度であっても問題の起こらない動作を可能にする。

40

#### 【0034】

処理ガス注入システムは、好ましくは少なくとも2つのリザーバに接続される。これらリザーバは、特に脈動応力に晒される。特にこれらリザーバは、サイズと出口圧力のうちの少なくとも一方において異なっている。その結果、特定の調整を実現する必要性に応じて、適切なリザーバを接続できる。幾つかの同一のリザーバを接続することも可能であり、その結果、使用中のリザーバが空になったときに、リザーバ内の圧力は僅かに低下する。そのため、リザーバがその元のレベルまで補充するための十分な時間を、他のリザーバに接続される間にわたって残す。

#### 【0035】

特徴的には、処理ガス注入システムには、第1組の弁と、冗長な第2組の弁とが設けら

50



れる。このように、個々の組の動作を交互にすることが可能であり、弁の冷却を可能にする。冷却処理は、処理ガスを注入するのに必要ではない弁を冷却するために、ガス、特に不活性ガスを使用することによって、更に改善できる。

#### 【0036】

本発明の別の態様は、上述の機能的特徴から離れて、シャフト炉の動作方法を特定する。シャフト炉内の上部から、シャフト炉の頂上領域に広がる雰囲気が動的に調整されることを特徴とする。この方法によれば、渦流域における雰囲気に限定された動的調整の上述した効果は、たとえばシャフト炉の炉口部分に存在する煙道ガスの動的調整による更に大きな領域に及ぶことができる。たとえばシャフト炉の頂上区域に付加ガスを注入することと、煙道ガスの溢流に設けられた弁の適切な制御を通じて煙道ガス圧を調整することとのうちの少なくとも一方によって実現できる。

10

#### 【0037】

特に羽口位置で生じる動的調整と、頂上部つまり炉口部において生じる動的調整とは、互いに調整できる。これはシャフト炉内の雰囲気の部分的な区域の付加的な共振刺激を可能にし、代わりにシャフト炉内の経路気体流を更に改善できる。これらの動的調整は、付加的な直接的な共振刺激が生じられるか、またはシャフト炉内に広がる雰囲気の部分的な区域の刺激が外部刺激の結合効果を通じてのみ生じるように、たとえば周期性と振幅の観点から互いに有利に調整できる。

#### 【0038】

本発明の他の利点と詳細は、以下の添付図面の次の説明から明らかである。

20

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0039】

図1は、たとえばシャフト炉に注入された処理ガスの圧力がどのように動的に調整できるかを示す。図示のように、圧力  $p(t)$  は、 $f = 1/T = 10 \text{ Hz}$  の周波数で、ベース圧  $p_0$  の周りを調和的に変動する。この例では、ベース圧  $p_0$  は  $2.4 \times 10^5 \text{ Pa}$  ( $2.4 \text{ bar}$ ) である。この例の圧力振幅  $\Delta p$  は  $1.2 \times 10^5 \text{ Pa}$  であり、ベース圧値  $p_0$  の50%である。従って図1に示す高温強制ガスの圧力パターンは、 $P(t) = p_0 + \Delta p \cdot \sin(2\pi t/T)$  によって決定される。

#### 【0040】

図2は、シャフト炉に注入された処理ガス成分の圧力のパルス調整を示す。具体的には、これは高温強制ガスに加えてシャフト炉に注入される純酸素であることが可能である。この場合も同様に、 $T = 4$  秒のサイクル時間であるが、調整は周期的である。注入された高温強制ガスの周囲圧力がたとえば  $2.5 \times 10^5 \text{ Pa}$  と仮定すると、パルス高  $p_{max}$  は  $5.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  であり、20の振幅係数を有するパルスを表す。パルス幅は約0.4秒であり、約0.1のパルス幅/パルス長の比率をもたらす。

30

#### 【0041】

図3は、処理ガスの酸素濃度の動的調整の例を示し、以下のように実現される。処理ガスの非調整高温強制ガスの成分は、一定のベース濃度  $n_0$  を供給し、空気中の自然の酸素濃度に対応する。この例において、高温強制ガスは、高温の空気によって構成される。高温強制ガスに加えて、処理ガスの2つの要素が更に導入される。純酸素相と、酸素濃度  $n'_1$  を有する含酸素気相とのうちの何れかからなる第1成分は、2秒のサイクル時間  $T_1$  で周期的なパルス状に導入される。純酸素または酸素濃度  $n'_1$  の量は、全処理ガスに関して選択され、その結果、酸素濃度は、 $n_1$  の濃度差で増加される。図示の場合、 $n_1/n_0$  の比率は約60%である。アナログ式において、付加的な第2気相はパルス状モードで導入され、パルスは  $T_2 = T_1$  の同一のサイクル時間で再び周期的に生じるが、位相  $\phi_{12}$  だけ位相シフトされる。図3に示すように、位相シフトされたパルス状で導入されたこの第2ガス成分は、 $n_0$  から  $n_0 + n_2$  に、全処理ガスに対する酸素濃度の増加をもたらす。 $n_2/n_0$  の比率は約40%であり、第2気相が第1気相よりも少ない酸素を処理ガスに効果的に加えることを意味する。図3からはっきりと明らかなように、処理ガスの酸素濃度  $n(t)$  のすべては、サイクル時間  $T = T_1 = T_2$  で周期的である。なぜならば

40

50

、それが2つ、または $n_0$ を含む3つの周期的に調整された気相の重畳の結果であるからである。図3に示す例において、位相シフト $\phi_{12}$ は約 $\pi/2$ であるが、 $\phi_{12}$ に設定することが可能であり、この場合、2つの付加的な気相は非循環的である。酸素濃度 $n(t)$ を $T/2$ のサイクル時間で擬似周期的にする。位相シフトなし( $\phi_{12} = 0$ )で、結果として生じた酸素濃度 $n(t)$ は、単一の付加的に注入された気相を有するように等しく得られる。

#### 【0042】

図4は、補助還元剤の注入率の時間ベースの調整を示し、この例において炭塵であることができ、たとえば質量流量 $m/dt$ に対応する。この場合も同様に、連続質量流量 $m_0/dt$ はパルス状の付加的な成分によって重ね合わされ、 $T = 20$ 秒ごとに一回の30%の増加を生じさせ、非循環モードでは $T = 20$ 秒ごとに50%の増加を生じさせる。その結果、全質量流量 $m/dt$ は、サイクル時間 $T$ を有するが $\phi = T/2$ を有する擬似周期的である。約 $T/4$ のパルス幅 $\tau$ は、この場合において比較的重要である。

#### 【0043】

図5は、酸素の体積流量 $V/dt$ と、補助還元剤の質量流量 $m/dt$ との両方の同時の等時性調整を示す。パルス波形が異なり且つ図5におけるサイクル時間 $T$ が $T = 0.6$ 秒であること以外は、図4において上述したものと同様の条件が質量流量 $m/dt$ に適用される。サイクル時間 $T$ ごとに周期的に起こる可能性が高い酸素の体積流量 $V/dt$ の時間ベースの調整は、たとえば以下のように行われる。すなわち $V_0/dt$ の一部は、注入された高温強制ガスの自然の酸素の体積流量によって提供され。そして付加的に注入された酸素パルスによって、周期的に増加される。図5に見られるように、付加された酸素パルスは、補助還元剤の質量流量の脈動に対して $\tau = 0.02$ 秒だけシフトされ、 $\phi_{12} = \pi/15$ の位相シフトに対応する。このように選択された位相シフトの結果として、渦流域に注入された補助還元剤の増加量は、次に続く酸素パルスよりも優先し、変換に対して利用可能な度合となる。一方、後続の酸素パルスは、後者が渦流域を離れる前に補助還元剤の変換をもたらすことができる。結果として、確実に高い変換率は、注入率の増加と同時に、補助還元剤に対して実現可能であり、シャフト炉内の改善された経路気体流をもたらす。

#### 【0044】

図1～図5の補助によって説明した、処理ガスと他の成分の注入の動的調整の例は、単に、本発明に係る動的調整を実施するための可能性の割合を表す。様々な設計例から明らかのように、上の記述において、および特許請求の範囲において開示される本発明の特徴付けられた特徴は、単独でも任意の組み合わせでも、その様々な構成における本発明の実施において、重要な要素として作用する。

#### 【0045】

たとえばシャフト炉は、約 $2 \times 10^5$  Pa～約 $4 \times 10^5$  Paの内圧を有する溶鉱炉であると仮定する。処理ガスは、約 $10 \times 10^5$  Paの連続的圧力で注入可能である。パルス状の調整に対して、たとえば $20 \times 10^5$  Paの圧力を有するリザーバは、弁を介して一時的に接続される。リザーバを接続することは、たとえば $1.5 \times 10^5$  Pa～ $2.5 \times 10^5$  Paの圧力で増加する短いパルスを生じさせ、これはパルスの作用期間において処理ガスの圧力が約 $12 \times 10^5$  Paであることを意味する。溶鉱炉内におけるパルスはエネルギー・スパイクを生じさせ、反応域の周辺領域においてケーキング(caking)およびスラグを溶解させることと、ケーキングとスラグの層を通じて穴を開けることとのうちの少なくとも一方を行う。エネルギー・スパイクは、反応域内のスラグ層に酸素を圧送するため、スラグ層との酸化反応を生じさせる。スラグを開放することは、溶鉱炉の全体に亘った更に良い経路気体流を可能にする。最低でも、スラグの形成は、処理ガスに可及的に小さい石炭粒子を加えることによって低減でき、その結果、反応域における反応は、スラグ内に沈殿することがある更に少ない不燃成分をもたらす。注入された処理ガスの調整の効果は、溶鉱炉の周囲と垂直壁とのうちの少なくとも一方に沿って複数の注入ポートを提供することによって増強できる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 6 】

溶銑型のシャフト炉の例では、上述した溶鋳炉と同様の方法によって実質的に構成されそして動作される。溶銑炉は、通常たとえば  $0.3 \times 10^{-5} \text{ Pa}$  の低圧で動作される。その場合、処理ガスは  $5 \times 10^{-5} \text{ Pa}$  の圧力で注入できる。一方、付随するリザーバは  $1.2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$  の圧力を具備する。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 4 7 】

【図 1】 圧力のタイムチャート。

【図 2】 別の態様の圧力のタイムチャート。

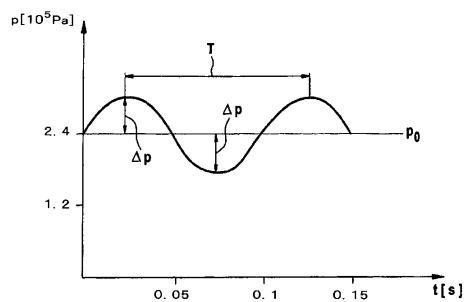
【図 3】 濃度のタイムチャート。

【図 4】 質量流量のタイムチャート。

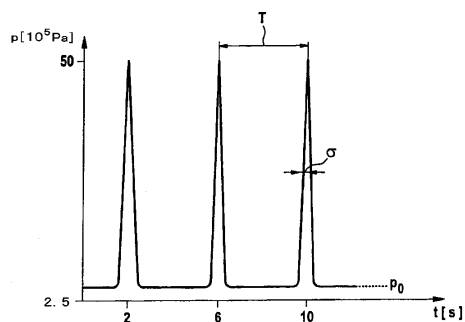
【図 5】 体積流量と質量流量の組合わせのタイムチャート。

10

## 【 図 1 】



## 【 図 2 】



## 【 図 3 】

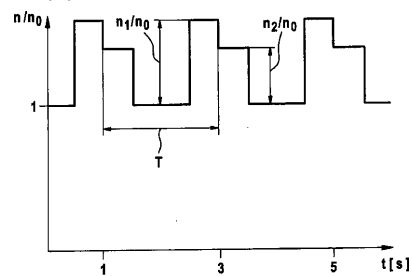


Fig. 3

## 【 図 4 】

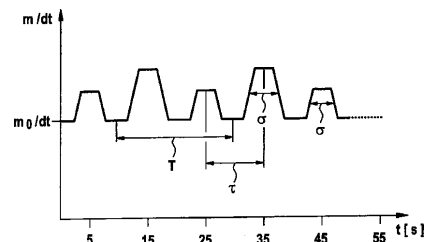
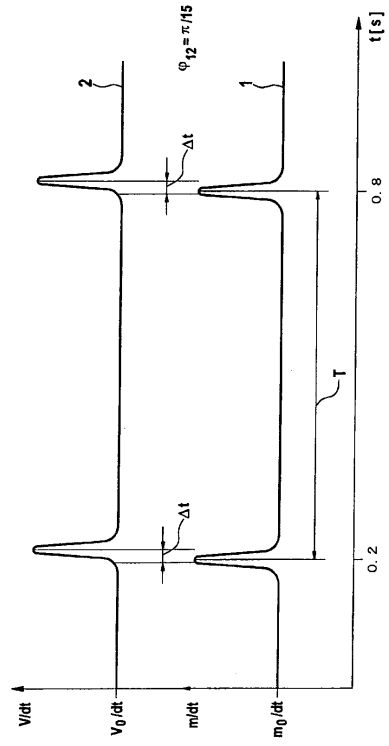


Fig. 4

【図 5】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 ケーニッヒ、ゲルト  
ドイツ連邦共和国 4 6 5 3 5 ディンスラーケン キュスターマンズペーク 5
- (72)発明者 ケーニッヒ、ボルフラム  
ドイツ連邦共和国 4 9 4 7 7 イベンビューレン テクレンブルガー ダム 4 4
- (72)発明者 ヘルト、ハンス - ハインリッヒ  
ドイツ連邦共和国 4 1 7 4 7 フィーアゼン ニーニベ 5 0
- (72)発明者 ゼンク、ディーター ゲオルク  
ドイツ連邦共和国 5 2 0 6 6 アーヘン ディームシュトラーセ 2 ツェー
- (72)発明者 ゲンデナオ、ハインリッヒ - ビルヘルム  
ドイツ連邦共和国 5 2 0 7 4 アーヘン メラテナー シュトラーセ 1 0 3
- (72)発明者 バビッヒ、アレクサンダー  
ドイツ連邦共和国 5 2 0 6 6 アーヘン ハオプトシュトラーセ 7 8

審査官 伊藤 真明

- (56)参考文献 特開2002 - 121609 (JP, A)  
特公昭44 - 006565 (JP, B1)  
特公昭45 - 000402 (JP, B1)  
特開平01 - 162708 (JP, A)  
国際公開第2001 / 036891 (WO, A2)  
欧州特許出願公開第1035392 (EP, A2)  
米国特許第4031183 (US, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
C21B 5/00- 7/24