

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6165656号  
(P6165656)

(45) 発行日 平成29年7月19日(2017.7.19)

(24) 登録日 平成29年6月30日(2017.6.30)

(51) Int.Cl.	F 1
<b>F 2 7 D 1/00 (2006.01)</b>	F 2 7 D 1/00 V
<b>G O 1 B 11/24 (2006.01)</b>	G O 1 B 11/24 K
	G O 1 B 11/24 Z

請求項の数 7 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2014-56649 (P2014-56649)	(73) 特許権者	000001199
(22) 出願日	平成26年3月19日(2014.3.19)		株式会社神戸製鋼所
(65) 公開番号	特開2015-178930 (P2015-178930A)		兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号
(43) 公開日	平成27年10月8日(2015.10.8)	(74) 代理人	100061745
審査請求日	平成28年9月1日(2016.9.1)		弁理士 安田 敏雄
		(74) 代理人	100120341
			弁理士 安田 幹雄
		(72) 発明者	迫田 尚和
			兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号
			株式会社神戸製鋼所 神戸総合技術研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 炉内耐火物の寿命予測方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

炉体の内部に内張された耐火物の表面形状を測定することによって、前記耐火物の損耗状態を検出し、検出された耐火物の損耗状態を基に前記耐火物の寿命を予測する炉内耐火物の寿命予測方法であって、

前記炉体の補修直後に測定して得られた炉内壁の3次元形状を基準データとして取得し、

前記炉体を操業した後に測定して得られた炉内壁の3次元形状を操業データとして取得し、

前記基準データと操業データとの差から、耐火物の損耗速度を求め、

前記耐火物の損耗速度と前記炉体の操業条件とを基に、耐火物の寿命を予測することを特徴とする炉内耐火物の寿命予測方法。

【請求項2】

前記炉体の過去の操業条件と前記損耗速度の関係を、損耗速度データベースとして構築しておき、

前記損耗速度データベースに基づいて、前記耐火物の寿命を予測する

ことを特徴とする請求項1に記載の炉内耐火物の寿命予測方法。

【請求項3】

前記操業条件として、炉内の温度履歴、炉内の雰囲気、炉内の雰囲気の流速、炉内生産物の量の少なくとも1つ以上を採用することを特徴とする請求項1又は2に記載の炉内耐

火物の寿命予測方法。

【請求項 4】

前記炉体の炉内壁を複数の領域に区画しておき、  
全ての領域ごとに、前記基準データ及び操業データを取得し、  
それぞれの領域において、前記基準データと操業データとの差から、耐火物の損耗速度を求め、

それぞれの領域における前記耐火物の損耗速度と前記炉体の操業条件とを基に、当該領域の耐火物の寿命を予測する

ことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の炉内耐火物の寿命予測方法。

【請求項 5】

前記耐火物に対して測定光を照射することにより炉内の 2 次元形状を測定する測定手段を、移動手段によって前記炉内で移動させつつ複数回測定することにより前記炉内の 3 次元形状を求め、求めた前記 3 次元形状に基づいて、前記基準データと操業データとを求め、ことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の炉内耐火物の寿命予測方法。

【請求項 6】

前記測定手段として、測定光を耐火物へ向けて照射することにより、当該耐火物までの距離を測定する TOF 型距離センサを採用していることを特徴とする請求項 5 に記載の炉内耐火物の寿命予測方法。

【請求項 7】

前記測定手段として、ライン状の測定光を耐火物へ向けて照射した上で光切断法に基づいて当該耐火物の 2 次元形状を測定する光切断型距離センサを採用していることを特徴とする請求項 6 に記載の炉内耐火物の寿命予測方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、製鉄分野で用いられる様々な炉体の内側に設けられた耐火物の形状を測定し、測定結果から炉内耐火物の寿命の予測する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

周知の如く、製鉄分野では様々な炉体、例えば、高炉、転炉、加熱炉などが用いられる。これら炉体の内側には耐火物が内張りされているが、炉体での処理プロセスを経過する中で温度や雰囲気によって耐火物が徐々に損耗する。この損耗量を適切に管理しなければ、炉壁に穴が開くようなトラブルに繋がったり、耐火物の無駄な張替えを行うことになる。

【0003】

そこで、耐火物の損耗量を適切に管理するために、炉体の内側に設けられた耐火物の形状を直接測定することが考えられ、特許文献 1 などに開示された技術などが存在する。

特許文献 1 には、測温センサを電気炉本体の耐火物層内に設け、検出温度に対応して耐火物層の残厚を検出する電気炉の耐火物残厚検知方法が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 8 - 9 4 2 6 4 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記した特許文献 1 の技術を用いて、耐火物の残厚を検知しようとしても、測温センサを設置した場所以外での耐火物の残厚の測定は難しく、局所損耗の評価が困難な場合がある。特に、炉のサイズが大きかったり、炉の形状が内部が湾曲したような複雑なものであったりする場合には、耐火物の損耗評価が困難な場合がある。

10

20

30

40

50

また、大型のサイズや複雑な形状に対応すべく炉内に多数の測温センサを設置することも考えられるが、測温センサの設置数を増やすことは、コスト増大となるばかりか、耐火物のメンテナンス性や施工性の悪化につながる虞が否めない。加えて、測温センサによる耐火物の残厚測定は、炉内耐火物表面に付着物やスラグ等の浸潤があった場合には、検知精度の劣化の可能性が考えられる。

【 0 0 0 6 】

すなわち、特許文献 1 の技術を用いて耐火物の形状を測定し、その測定結果から炉内耐火物の寿命の予測することは現状困難であると言わざるを得ない。

また、現時点における耐火物の残厚測定の結果のみを用いたとしても、炉内耐火物の寿命を予測することは難しい。すなわち、耐火物の溶損には、炉の操業条件などのパラメータが深く関わっており、これら操業条件と耐火物の残厚の測定結果との関係性を明らかにしないことには、炉内耐火物の寿命を正確に予測することは困難である。加えて、耐火物の溶損状態は、耐火物の炉内における位置・場所が深く関わっており、これら耐火物の貼付け位置と耐火物の残厚の測定結果との関係性を明らかにしないことには、炉内耐火物の寿命を正確に予測することは困難である。

10

【 0 0 0 7 】

本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであり、サイズの大きい炉や、内部が湾曲した形状の炉体であっても、炉内の耐火物の形状を確実に計測することができる炉内耐火物損耗状態の測定方法を提供することを目的とする。また、本発明は炉体の操業条件と耐火物の損耗測定結果に基づき、耐火物の寿命を予測する方法を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

上述の目的を達成するため、本発明は以下の技術的手段を講じた。

すなわち、本発明に係る炉内耐火物の寿命予測方法は、炉体の内部に内張された耐火物の表面形状を測定することによって、前記耐火物の損耗状態を検出し、検出された耐火物の損耗状態を基に前記耐火物の寿命を予測する炉内耐火物の寿命予測方法であって、前記炉体の補修直後に測定して得られた炉内壁の 3 次元形状を基準データとして取得し、前記炉体を操業した後に測定して得られた炉内壁の 3 次元形状を操業データとして取得し、前記基準データと操業データとの差から、耐火物の損耗速度を求め、前記耐火物の損耗速度と前記炉体の操業条件とを基に、耐火物の寿命を予測する。

30

【 0 0 0 9 】

なお、好ましくは、前記炉体の過去の操業条件と前記損耗速度の関係を、損耗速度データベースとして構築しておき、前記損耗速度データベースに基づいて、前記耐火物の寿命を予測するとよい。

なお、好ましくは、前記操業条件として、炉内の温度履歴、炉内の雰囲気、炉内の雰囲気の流速、炉内生産物の量の少なくとも 1 つ以上を採用するとよい。

【 0 0 1 0 】

なお、好ましくは、前記炉体の炉内壁を複数の領域に区画しておき、全ての領域ごとに、前記基準データ及び操業データを取得し、それぞれの領域において、前記基準データと操業データとの差から、耐火物の損耗速度を求め、それぞれの領域における前記耐火物の損耗速度と前記炉体の操業条件とを基に、当該領域の耐火物の寿命を予測するとよい。

40

なお、好ましくは、前記耐火物に対して測定光を照射することにより炉内の 2 次元形状を測定する測定手段を、移動手段によって前記炉内で移動させつつ複数回測定することにより前記炉内の 3 次元形状を求め、求めた前記 3 次元形状に基づいて、前記基準データと操業データとを求めるとよい。

【 0 0 1 1 】

なお、好ましくは、前記測定手段として、測定光を耐火物へ向けて照射することにより、当該耐火物までの距離を測定する T O F 型距離センサを採用しているとよい。

なお、好ましくは、前記測定手段として、ライン状の測定光を耐火物へ向けて照射した

50

上で光切断法に基づいて当該耐火物の２次元形状を測定する光切断型距離センサを採用しているといよい。

【発明の効果】

【 0 0 1 2 】

本発明に係る炉内耐火物の寿命予測方法によれば、高炉、転炉、加熱炉などの炉内に貼り付けられた耐火物の寿命を正確に予測することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 3 】

【図 1】 U字型炉の平面図及び断面図（ A - A 断面）を示している。

【図 2】 本発明の炉内耐火物の寿命予測方法に用いられる形状計測装置から照射される測定光の状況（ T O F 型距離センサ）を示した図である。

10

【図 3】 移動する形状計測装置から照射される測定光の状況を示した図である。

【図 4】 形状計測装置の構造（光切断型距離センサ）を示した図である。

【図 5】 炉修後における炉体の形状（基準データ）と、所定時間操業した後の炉体の形状（操業後データ）とを示した図である。

【図 6】 炉の操業条件と耐火物の損耗量との関係を示した図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 4 】

以下、本発明に係る炉内耐火物の寿命予測方法の実施形態を、図を基に説明する。

[第 1 実施形態]

20

製鉄分野では様々な炉体、例えば、高炉、転炉、加熱炉などが用いられる。これら炉体の内側には耐火物が内張りされている。この実施形態では、炉体として、内部が湾曲した形状を有する U字型炉 1 を例に挙げ説明する。

【 0 0 1 5 】

図 1 に示すように、 U字型炉 1 は、略半円形からなる湾曲部 2 を有しており、この湾曲部 2 の外周直径は数十 m と大型である。湾曲部 2 の断面は、内部の幅、高さとも数 m に及ぶ矩形形状を呈している。

U字型炉 1 の内部の側壁部 4 と天井部 5（天井部）には、耐火物 9 が張られている。 U字型炉 1 の底部（炉床） 6 は移動可能とされており、この移動式の炉床 6 は、敷設されたレール 7 上を移動することで湾曲部 2 の曲率に沿って移動する。この炉床 6 上には、例えば、

30

【 0 0 1 6 】

上記した炉体の内側の耐火物は、炉内での処理プロセスを経過する中で温度や雰囲気によって徐々に損耗する。この耐火物の損耗が進むと、炉壁に穴が開くトラブルの可能性があるため、耐火物の損耗を管理する必要がある。しかしながら、耐火物の損耗を管理するにあたって、耐火物の損耗が進んでいない状態で耐火物を取り換えてしまうと使用できる耐火物を破棄することになり、耐火物が無駄となることもある。

40

【 0 0 1 7 】

そこで、本発明の炉内耐火物の寿命予測方法では、炉体の内部に内張された耐火物の表面形状を測定することによって、耐火物の損耗状態を検出し、検出された耐火物の損耗状態を基に耐火物の寿命を予測する際に、炉体の補修直後に測定して得られた炉内壁の 3次元形状を基準データとして取得し、炉体を操業した後に測定して得られた炉内壁の 3次元形状を操業データとして取得し、基準データと操業データとの差から、耐火物の損耗速度を求め、耐火物の損耗速度と炉体の操業条件とを基に、耐火物の寿命を予測している。

【 0 0 1 8 】

上述した炉内壁の 3次元形状の取得には、図 2 に示すように、炉体の内部（炉内）に設

50

置された測定手段である距離センサ10によって炉内の形状(耐火物の損耗状態)を測定する形状計測装置が用いられる。このような形状計測装置を用いれば、耐火物の損耗量を適切に認識し管理することが可能となる。

具体的には、本実施形態の形状計測装置は、レーザ光(測定光)を耐火物に照射し、耐火物に当たって反射した光(反射光)を受光センサで受けて、照射したレーザ光との時間差を検出し、時間差と光源とから耐火物までの距離を求めるTOF型の距離センサ10を備えている。

#### 【0019】

図2を用いて、この距離センサ10(TOF型距離センサ)を用いた炉内の形状測定、特に距離センサ10をU字型炉1の湾曲部2に設置した例について、詳しく説明する。

10

図2に示すように、炉床6の幅方向の中央部に距離センサ10を設置する。例えば、距離センサ10を、炉床6の湾曲部2に設置するにあたっては、円弧状となっている湾曲部2の半径方向(径方向)の中央部(幅方向の中央部と同じ)に設置する。

#### 【0020】

距離センサ10は、レーザ光Lの走査面が湾曲部2の半径方向に沿う方向を向くように設置する。距離センサ10の設置後は、例えば、外側の側壁部4a(外側壁部4aという)の下端の耐火物に向けてレーザ光Lを照射して距離センサ10から耐火物9上のレーザ反射点までの距離をまず測定する。次に、レーザ光Lの照射を徐々に天井部5に向けて移動させながら走査し、走査中に一定の移動角度毎にレーザ光反射点までの距離を測定していく。内側の側壁部4b(内側壁部4bという)の下側の耐火物に照射した時点で、レーザ光Lの照射及び走査を終了する。

20

#### 【0021】

即ち、レーザ光Lを、外側壁部4a、天井部5及び内側壁部4bに亘って照射しつつ走査を行うことにより、1回の走査で距離センサ10から炉壁(炉内の耐火物)までの距離を測定する。1回の走査にかかる時間は、0.1秒である。距離センサ10による測定値は、コンピュータ(図示省略)の記憶部に格納され、2次元形状を示す座標に変換される。

#### 【0022】

次に、所定位置での炉内の走査が終了すると、移動手段によって距離センサ10を移動させる。図3に示すように、炉床6をレール7に沿って移動(回転)させることにより距離センサ10の位置を変えることができる。

30

炉床6の移動後は、図2で説明したように、同じ方法で炉内の走査を実行する。そして、炉内の走査と炉床6の移動とを繰り返して、炉内の所定の区間における連続した複数の2次元形状を取得する。この2次元形状は、炉床6を除く、外側壁部4a、天井部5及び内側壁部4bの形状となる。そして、このように求めた複数の2次元形状を移動方向に沿って(レール7に沿って)連続的に並べることにより、炉内の3次元形状を求めることができる。なお、炉床6の移動ピッチ(距離センサ10の移動ピッチ)は、耐火物同士の継ぎ目である目地の幅よりも小さくすることが望ましい。

#### 【0023】

上述した実施形態では、距離センサ10として、TOF型距離センサを用いた例を説明したが、図4に示すように、距離センサ10として、耐火物に照射されたライン状の測定光をカメラ11によって撮像することにより2次元形状を測定する光切断法に基づく光切断型距離センサを採用してもよい。なお、光切断型距離センサにおいても、炉内を湾曲し沿って移動する方法は同じである。

40

#### 【0024】

以上のように、距離センサ10を移動手段(レール7上を移動する炉床6)によって炉内で移動させることにより、2次元形状を複数取得することができる。そして、この2次元形状を連ねることで、炉内の3次元形状を得ることができる。

次に、測定結果に基づく耐火物の損耗状態の把握について説明する。

本実施形態の場合、損耗状態を測定する方法として、耐火物の損耗が無いときの内側形

50

状（補修直後の内側形状）を推定しておき、補修直後の内側形状と炉体の操業後の内側形状とを比較して耐火物の損耗状態を求める方法を採用している。

【0025】

すなわち、炉内耐火物の補修直後に炉内形状（3次元形状）を測定して当該3次元形状を基準データとする。次に、炉を所定期間操業した後の炉内形状（3次元形状）を測定して当該3次元形状を操業後データとする。そして、基準データと操業後データとの差から耐火物の損耗状態（損耗量）を予測する。なお、以下の予測や計算の処理は、コンピュータの機能によって実現される。より詳細には、以下の処理を実行するコンピュータプログラムをコンピュータ内のCPUが実行することにより実現される。

【0026】

具体的には、まず炉内の耐火物を補修した後、補修直後に炉内に距離センサ10を設置する。図2に示したように、距離センサ10によって炉内の2次元形状を複数取得し、2次元形状から得られた3次元形状を基準データとする。

次に、図5（図5の左の図）に示すように、予め炉体の炉内壁を複数の領域に区画しておき（図5の例では「1」～「9」とする）、各領域ごとに計測した基準データを対応させる。同様に、各領域ごとに計測した操業後データを対応させる。図5は、炉内壁を平面状に展開したものであり、各領域別に損耗量を2次元マップ化した例である。図5において、グレースケールが薄くなった領域ほど、損耗量が大きいことを示している。例えば、図5においては、領域「8」が最も損耗量が大きい状況となっている。

【0027】

その後、得られた測定結果を基にして、それぞれの領域において、基準データと操業データとの差を取ると共に、操業期間（操業時間）を基にして、耐火物の損耗速度を求める。損耗速度としては、例えば、月当たりの損耗速度（mm/月）が考えられる。

このようにして得られた各領域ごとの損耗速度を基に、現状の損耗量と、次回補修時までの損耗予測量（＝損耗速度×操業月数）を計算する。計算された次回補修時の予測損耗量が耐火物管理値を下回る場合は、次回補修の時点で、耐火物の寿命が来ると判断され、その領域に対して次回の補修が必要と判断される。なお、安全を期して、計測が行われた時点（現時点）で完全な損耗を確認されるのを待たずに耐火物の補修を行うようにしてもよい。

【0028】

炉体内においては、温度分布の差などが存在し全ての耐火物が均一に損耗するものとはなっていない。言い換えれば、損耗しやすい領域が存在することになる。そこで、本実施形態のように、炉内壁を複数の領域に分割しておき、各領域ごとの損耗速度を求め、求めた各領域での損耗速度を利用して、それぞれの領域での耐火物の寿命を予測することで、確実に炉の管理、補修を行うことが可能となる。

【0029】

寿命推定の例として、例えば、図5の領域「5」に着目する。耐火物を張替え直後における基準データから、耐火物厚みが500mmであると測定されたとする。このときの損耗量は0mmである。その後、炉を3ヶ月間稼働させた後に、領域「5」の耐火物厚みを測定し、操業後データを求め、耐火物厚みが450mmに減っていたことが明らかになったとする。このとき、領域5の損耗量は50mmであって、稼働期間は3ヶ月であるため、損耗速度は $50/3=16.7$ mm/月と計算される。

【0030】

今後も操業条件が大きく変化せず同じペースで損耗が進むとすると、耐火物寿命は、耐火物の残厚/損耗速度 $=450/16.7=27$ ヶ月と推定されることになる。つまり、現時点から27ヶ月後に耐火物の残厚は0mmになることが予想される。しかしながら、実際には安全や設備保全上の問題などあるため耐火物の厚みが0mmまで使い切ることはなく、この例でいくと50～100mm程度の残厚を残した上で、補修を行うこととなる。すなわち、耐火物寿命（耐火物の残厚/損耗速度） $=(450-100)/16.7=21$ ヶ月と予測され、21ヶ月後に耐火物張替えなどを行うとよいことになる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 1 】

また、炉体の耐火物の損耗状況は、炉の操業条件によっても大きく変動することが知られている。例えば、炉体による生産物の生産量を増産した場合には、増産に伴って炉内の熱量が増えるなどし、耐火物の損耗量が増大すると考えられる。すなわち、耐火物の損耗速度（例えば、月当たりの損耗速度）は常に一定ではなく、操業条件に連動して変動するものと思われる。そこで、本実施形態では、炉の過去の操業条件と損耗速度の関係を、損耗速度データベースとして構築しておき、構築した損耗速度データベースに基づいて、耐火物の寿命を予測することとしている。

## 【 0 0 3 2 】

図6は、損耗速度データベースの一例である。このデータベース（グラフ）の横軸は、炉内温度（例えば、平均温度）であり、縦軸は耐火物の損耗速度（例えば、mm/月）である。炉の耐火物の寿命を推定したい場合は、炉の温度条件を図6のようなデータベースに当てはめ、その上で、損耗速度を求めて、得られた損耗速度により、炉内耐火物の寿命を推定するとよい。

10

## 【 0 0 3 3 】

なお、損耗速度データベースとしては、炉内の温度履歴、炉内の雰囲気、炉内の雰囲気の流速、炉内生産物の量の少なくとも1つ以上を採用し、採用されたパラメータと損耗速度の関係を、損耗速度データベースとして構築しておくことよい。

以上、本発明によれば、補修直後（耐火物損耗の無い状態）の炉内形状と比較することで、簡便かつ精度よく耐火物の損耗度合いを評価し、得られた損耗速度を用いることで、サイズの大きい炉や、内部が湾曲した形状の炉体であっても、炉内の耐火物の寿命を正確に予測することが可能となる。

20

## 【 0 0 3 4 】

ところで、今回開示された実施形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。特に、今回開示された実施形態において、明示的に開示されていない事項、例えば、運転条件や操業条件、各種パラメータ、構成物の寸法、重量、体積などは、当業者が通常実施する範囲を逸脱するものではなく、通常の当業者であれば、容易に想定することが可能な値を採用している。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 3 5 】

- 1 炉体（U字型炉）
- 2 湾曲部
- 4 側壁部
- 4 a 外側壁部
- 4 b 内側壁部
- 5 天井部
- 6 炉床
- 7 レール
- 8 コーナ部
- 1 0 距離センサ

30

40



---

フロントページの続き

- (72)発明者 山口 証  
兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会社神戸製鋼所 神戸総合技術研究所内
- (72)発明者 丸山 政克  
兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会社神戸製鋼所 神戸総合技術研究所内

審査官 坂巻 佳世

- (56)参考文献 特開2010-286219(JP,A)  
特開2009-162610(JP,A)  
特開2013-159800(JP,A)  
特開2008-069400(JP,A)  
特開平05-340881(JP,A)  
特開平03-137049(JP,A)  
特開平03-177513(JP,A)  
特開平09-078117(JP,A)  
特開昭59-145479(JP,A)  
特開2004-354241(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F27D 1/00  
F27D 21/00  
G01B 11/24