

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5225701号
(P5225701)

(45) 発行日 平成25年7月3日 (2013.7.3)

(24) 登録日 平成25年3月22日 (2013.3.22)

(51) Int.Cl.

F 1

F 2 3 C 99/00 (2006.01)

F 2 3 N 5/00 (2006.01)

F 2 3 C 99/00 3 1 1

F 2 3 N 5/00 Z A B S

F 2 3 N 5/00 J

請求項の数 8 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2008-25451 (P2008-25451)	(73) 特許権者	000001199
(22) 出願日	平成20年2月5日 (2008.2.5)		株式会社神戸製鋼所
(65) 公開番号	特開2009-186072 (P2009-186072A)		兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目10番26号
(43) 公開日	平成21年8月20日 (2009.8.20)	(74) 代理人	100067828
審査請求日	平成23年2月1日 (2011.2.1)		弁理士 小谷 悦司
		(74) 代理人	100115381
			弁理士 小谷 昌崇
		(74) 代理人	100109058
			弁理士 村松 敏郎
		(72) 発明者	多田 俊哉
			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】 低NOx 燃焼制御方法および還元処理物の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

金属酸化物とその還元剤となるものであって炭素を含む物質との混合物を含む被加熱物を回転床炉に供給し、前記回転床炉の炉内に燃焼用空気を供給するとともに前記炉内に設けられたバーナーにより前記被加熱物から発生する可燃性ガスを燃焼させて前記被加熱物を加熱・還元し、その還元処理物を前記回転床炉の炉出口から回収して行う還元処理物の製造に用いる低NOx 燃焼制御方法であって、

前記回転床炉から排出されるNOx 値、前記バーナーの空気比および前記燃焼用空気の予熱温度の間の関係式を予め求めておく工程と、

前記関係式と、前記バーナーの空気比および前記燃焼用空気の予熱温度の各実測値とに基づき予測NOx 値を求める予測NOx 値算出工程と、

予測NOx 値算出工程で求めた予測NOx 値と予め設定された設定NOx 値との大小を比較する比較工程と、

求めた前記予測NOx 値が前記設定NOx 値以上の場合には、前記関係式を用いて予測NOx 値を設定NOx 値以下とするバーナーの空気比の適正値を算出し、算出した前記バーナーの空気比の適正値に基づいて燃焼制御を行う燃焼制御工程とを含むことを特徴とする低NOx 燃焼制御方法。

【請求項2】

金属酸化物とその還元剤となるものであって炭素を含む物質との混合物を含む被加熱物を回転床炉に供給し、前記回転床炉の炉内に燃焼用空気を供給するとともに前記炉内に設

10

20

けられたバーナーにより前記被加熱物から発生する可燃性ガスを燃焼させて前記被加熱物を加熱・還元し、その還元処理物を前記回転床炉の炉出口から回収して行う還元処理物の製造に用いる低NO_x燃焼制御方法であって、

前記回転床炉から排出されるNO_x値、前記バーナーの空気比および前記燃焼用空気の予熱温度の間の関係式を予め求めておく工程と、

前記関係式と、前記バーナーの空気比および前記燃焼用空気の予熱温度の各実測値とに基づき予測NO_x値を求める予測NO_x値算出工程と、

予測NO_x値算出工程で求めた予測NO_x値と予め設定された設定NO_x値との大小を比較する比較工程と、

求めた予測NO_x値が前記設定NO_x値以上の場合には、前記関係式を用いて予測NO_x値を設定NO_x値以下とする燃焼用空気の予熱温度の適正值を算出し、算出した燃焼用空気の予熱温度の適正值に基づいて燃焼制御を行う燃焼制御工程とを含むことを特徴とする低NO_x燃焼制御方法。

10

【請求項3】

金属酸化物とその還元剤となるものであって炭素を含む物質との混合物を含む被加熱物を回転床炉に供給し、前記回転床炉の炉内に燃焼用空気を供給するとともに前記炉内に設けられたバーナーにより前記被加熱物から発生する可燃性ガスを燃焼させて前記被加熱物を加熱・還元し、その還元処理物を前記回転床炉の炉出口から回収して行う還元処理物の製造に用いる低NO_x燃焼制御方法であって、

前記回転床炉から排出されるNO_x値、前記バーナーの空気比および前記燃焼用空気の予熱温度の間の関係式を予め求めておく工程と、

前記関係式と、前記バーナーの空気比および前記燃焼用空気の予熱温度の各実測値とに基づき予測NO_x値を求める予測NO_x値算出工程と、

予測NO_x値算出工程で求めた予測NO_x値と予め設定された設定NO_x値との大小を比較する比較工程と、

求めた予測NO_x値が前記設定NO_x値以上の場合には、前記関係式を用いて予測NO_x値を設定NO_x値以下とするバーナーの空気比の適正值と、燃焼用空気の予熱温度の適正值とを算出し、算出した両適正值に基づいてバーナーの空気比を制御するとともに燃焼を制御する空気比・燃焼制御工程とを含むことを特徴とする低NO_x燃焼制御方法。

20

【請求項4】

請求項1乃至3のいずれか1つに記載の低NO_x燃焼制御方法において、

前記関係式は炉内温度を含んだものであって、

前記予測NO_x値算出工程は、その関係式と、前記炉内温度、前記バーナーの空気比および前記燃焼用空気の予熱温度の各実測値とに基づいて前記予測NO_x値を求め、

かつ、前記比較工程は、求めた予測NO_x値と予め炉内温度を加味して設定された設定NO_x値とを比較することを特徴とする低NO_x燃焼制御方法。

30

【請求項5】

請求項1乃至3のいずれか1つに記載の低NO_x燃焼制御方法において、

前記関係式に、下記1式を用いることを特徴とする低NO_x燃焼制御方法。

【数1】

$$Z=A\left(\frac{T_a}{a}\right)^\alpha \times M+B \quad \cdots(1)$$

但し、Z：予測NO_x値 [ppm]

T_a：予熱空気温度 []

A, B：補正係数 [ppm]

a：閾値 []

α：定数

40

50

M：複数の領域を有する回転床炉における１または２以上の領域での空気比に関する項であって、或る領域 i において (m_i / d_i) i を定義したときの任意の１つの領域での (m_i / d_i) i または任意の２以上の領域での (m_i / d_i) i の積で表される。

m_i ：バーナー空気比

d_i ：閾値 [-]

i ：領域 i に関する定数

【請求項 6】

請求項 4 に記載の低 NO_x 燃焼制御方法において、

前記関係式に、下記 2 式を用いることを特徴とする低 NO_x 燃焼制御方法。

10

【数 2】

$$Z = A \left(\frac{T_a}{a} \right)^\alpha \times \left(\frac{T_f}{b} \right)^\beta \times M + B \quad \cdots (2)$$

但し、 Z ：予測 NO_x 値 [ppm]

T_a ：予熱空気温度 []

T_f ：回転床炉内平均温度 []

A, B ：補正係数 [ppm]

20

a, b ：閾値 []

α, β ：定数

M：複数の領域を有する回転床炉における１または２以上の領域での空気比に関する項であって、或る領域 i において (m_i / d_i) i を定義したときの任意の１つの領域での (m_i / d_i) i または任意の２以上の領域での (m_i / d_i) i の積で表される。

m_i ：バーナー空気比

d_i ：閾値 [-]

i ：領域 i に関する定数

【請求項 7】

30

請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 つに記載の低 NO_x 燃焼制御方法において、

前記関係式に、前記炉出口の酸素濃度をパラメータとして含み、かつ予測 NO_x 値算出工程において前記炉出口の酸素濃度の実測値又は計算値を用いることを特徴とする低 NO_x 燃焼制御方法。

【請求項 8】

金属酸化物とその還元剤となるものであって炭素を含む物質との混合物を含む被加熱物を回転床炉に供給し、該回転床炉の炉内に燃焼用空気を供給するとともに前記炉内に設けられたバーナーにより上記被加熱物から発生する可燃性ガスを燃焼させて前記被加熱物を加熱・還元し、その還元処理物を前記回転床炉の炉出口から排出して回収する還元処理物の製造方法であって、

40

請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の低 NO_x 燃焼制御方法を用いることを特徴とする還元処理物の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、金属酸化物と石炭等との混合物を含む被加熱物を加熱・還元するロータリーハースファーンズ（RHF；回転床炉）において、低 NO_x で燃焼を行うように制御する低 NO_x 燃焼制御方法および還元処理物の製造方法に関する。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

上記 R H F を含む燃焼装置において低 N O x 燃焼を実現するには、燃焼装置内に局所的な高温部を作らずに、低空気比で運転することが重要である。そして、低 N O x 燃焼を達成する燃焼制御方法としては、脱硝設備の省略化が可能であるため、数多く提案されている。例えば、排ガス中の酸素濃度などの測定値に基づき単純にフィードバックする燃焼制御方法、操作量と測定値とから重回帰分析して或いは N O x 生成量を反応速度から計算して、燃焼条件を決定する方法（例えば特許文献 1、2、3 参照）、または操作量と測定値とから経験的に予め求めた式を用いて燃焼制御する方法（例えば特許文献 4、5 参照）などが提案されている。

【特許文献 1】特開平 1 1 - 1 3 2 4 1 3 号公報

【特許文献 2】特開昭 6 1 - 2 4 5 8 2 6 号公報

【特許文献 3】特開昭 6 1 - 1 8 0 8 2 9 号公報

【特許文献 4】特開平 2 - 3 0 2 5 0 3 号公報

【特許文献 5】特開昭 5 9 - 4 1 7 1 3 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 3 】

しかしながら、上述した各種の燃焼制御方法は、各提案方法の燃焼炉の形態が上記 R H F とは異なっていて、上記 R H F において燃焼制御を行っても十分に N O x 値を低減できないでいた。

【 0 0 0 4 】

本発明は、このような従来技術の課題を解決するためになされたものであり、R H F において N O x を低減化させ得る低 N O x 燃焼制御方法、およびその低 N O x 燃焼制御方法を用いる還元処理物の製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 5 】

本発明の請求項 1 の低 N O x 燃焼制御方法は、金属酸化物とその還元剤となるものであって炭素を含む物質との混合物を含む被加熱物を回転床炉に供給し、前記回転床炉の炉内に燃焼用空気を供給するとともに前記炉内に設けられたバーナーにより前記被加熱物から発生する可燃性ガスを燃焼させて前記被加熱物を加熱・還元し、その還元処理物を前記回転床炉の炉出口から回収して行う還元処理物の製造に用いる低 N O x 燃焼制御方法であって、前記回転床炉から排出される N O x 値、前記バーナーの空気比および前記燃焼用空気の予熱温度の間の関係式を予め求めておく工程と、前記関係式と、前記バーナーの空気比および前記燃焼用空気の予熱温度の各実測値とに基づき予測 N O x 値を求める予測 N O x 値算出工程と、予測 N O x 値算出工程で求めた予測 N O x 値と予め設定された設定 N O x 値との大小を比較する比較工程と、求めた前記予測 N O x 値が前記設定 N O x 値以上の場合には、前記関係式を用いて予測 N O x 値を設定 N O x 値以下とするバーナーの空気比の適正值を算出し、算出した前記バーナーの空気比の適正值に基づいて燃焼制御を行う燃焼制御工程とを含むことを特徴とする。

【 0 0 0 6 】

本発明の請求項 2 の低 N O x 燃焼制御方法は、金属酸化物とその還元剤となるものであって炭素を含む物質との混合物を含む被加熱物を回転床炉に供給し、前記回転床炉の炉内に燃焼用空気を供給するとともに前記炉内に設けられたバーナーにより前記被加熱物から発生する可燃性ガスを燃焼させて前記被加熱物を加熱・還元し、その還元処理物を前記回転床炉の炉出口から回収して行う還元処理物の製造に用いる低 N O x 燃焼制御方法であって、前記回転床炉から排出される N O x 値、前記バーナーの空気比および前記燃焼用空気の予熱温度の間の関係式を予め求めておく工程と、前記関係式と、前記バーナーの空気比および前記燃焼用空気の予熱温度の各実測値とに基づき予測 N O x 値を求める予測 N O x 値算出工程と、予測 N O x 値算出工程で求めた予測 N O x 値と予め設定された設定 N O x

10

20

30

40

50

値との大小を比較する比較工程と、求めた予測 NO_x 値が前記設定 NO_x 値以上の場合には、前記関係式を用いて予測 NO_x 値を設定 NO_x 値以下とする燃焼用空気の予熱温度の適正値を算出し、算出した燃焼用空気の予熱温度の適正値に基づいて燃焼制御を行う燃焼制御工程とを含むことを特徴とする。

【0007】

本発明の請求項3の低 NO_x 燃焼制御方法は、金属酸化物とその還元剤となるものであって炭素を含む物質との混合物を含む被加熱物を回転床炉に供給し、前記回転床炉の炉内に燃焼用空気を供給するとともに前記炉内に設けられたバーナーにより前記被加熱物から発生する可燃性ガスを燃焼させて前記被加熱物を加熱・還元し、その還元処理物を前記回転床炉の炉出口から回収して行う還元処理物の製造に用いる低 NO_x 燃焼制御方法であって、前記回転床炉から排出される NO_x 値、前記バーナーの空気比および前記燃焼用空気の予熱温度の間の関係式を予め求めておく工程と、前記関係式と、前記バーナーの空気比および前記燃焼用空気の予熱温度の各実測値とに基づき予測 NO_x 値を求める予測 NO_x 値算出工程と、予測 NO_x 値算出工程で求めた予測 NO_x 値と予め設定された設定 NO_x 値との大小を比較する比較工程と、求めた予測 NO_x 値が前記設定 NO_x 値以上の場合には、前記関係式を用いて予測 NO_x 値を設定 NO_x 値以下とするバーナーの空気比の適正値と、燃焼用空気の予熱温度の適正値とを算出し、算出した両適正値に基づいてバーナーの空気比を制御するとともに燃焼を制御する空気比・燃焼制御工程とを含むことを特徴とする。

【0008】

本発明の請求項4の低 NO_x 燃焼制御方法は、請求項1乃至3のいずれか1つに記載の低 NO_x 燃焼制御方法において、前記関係式は炉内温度を含んだものであって、前記予測 NO_x 値算出工程は、その関係式と、前記炉内温度、前記バーナーの空気比および前記燃焼用空気の予熱温度の各実測値とに基づいて前記予測 NO_x 値を求め、かつ、前記比較工程は、求めた予測 NO_x 値と予め炉内温度を加味して設定された設定 NO_x 値とを比較することを特徴とする。

【0009】

本発明の請求項5の低 NO_x 燃焼制御方法は、請求項1乃至3のいずれか1つに記載の低 NO_x 燃焼制御方法において、前記関係式に、下記1式を用いることを特徴とする。

【0010】

【数1】

$$Z = A \left(\frac{T_a}{a} \right)^\alpha \times M + B \quad \cdots (1)$$

【0011】

但し、 Z ：予測 NO_x 値 [ppm]

T_a ：予熱空気温度 []

A, B ：補正係数 [ppm]

a ：閾値 []

：定数

M ：複数の領域を有する回転床炉における1または2以上の領域での空気比に関する項であって、或る領域 i において $(m_i / d_i)^i$ を定義したときの任意の1つの領域での $(m_i / d_i)^i$ または任意の2以上の領域での $(m_i / d_i)^i$ の積で表される。

【0012】

m_i : バーナー空気比
 d_i : 閾値 [-]
 i : 領域 i に関する定数

本発明の請求項 6 の低 NO_x 燃焼制御方法は、請求項 4 に記載の低 NO_x 燃焼制御方法において、前記関係式に、下記 2 式を用いることを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

【 数 2 】

$$Z = A \left(\frac{T_a}{a} \right)^\alpha \times \left(\frac{T_f}{b} \right)^\beta \times M + B \quad \cdots (2)$$

10

【 0 0 1 4 】

但し、 Z : 予測 NO_x 値 [p p m]

T_a : 予熱空気温度 []

T_f : 回転床炉内平均温度 []

A, B : 補正係数 [p p m]

a, b : 閾値 []

α, β : 定数

20

M : 複数の領域を有する回転床炉における 1 または 2 以上の領域での空気比に関する項であって、或る領域 i において $(m_i / d_i)^{i^i}$ を定義したときの任意の 1 つの領域での $(m_i / d_i)^{i^i}$ または任意の 2 以上の領域での $(m_i / d_i)^{i^i}$ の積で表される。

【 0 0 1 5 】

m_i : バーナー空気比

d_i : 閾値 [-]

i : 領域 i に関する定数

30

本発明の請求項 7 の低 NO_x 燃焼制御方法は、請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 つに記載の低 NO_x 燃焼制御方法において、前記関係式に、前記炉出口の酸素濃度をパラメータとして含み、かつ予測 NO_x 値算出工程において前記炉出口の酸素濃度の実測値又は計算値を用いることを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

本発明の還元処理物の製造方法は、金属酸化物とその還元剤となるものであって炭素を含む物質との混合物を含む被加熱物を回転床炉に供給し、該回転床炉の炉内に燃焼用空気を供給するとともに前記炉内に設けられたバーナーにより上記被加熱物から発生する可燃性ガスを燃焼させて前記被加熱物を加熱・還元し、その還元処理物を前記回転床炉の炉出口から排出して回収する還元処理物の製造方法であって、請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の低 NO_x 燃焼制御方法を用いることを特徴とする。

40

【 発明の効果 】

【 0 0 1 7 】

請求項 1 の本発明に係る低 NO_x 燃焼制御方法による場合には、 RHF の NO_x 値に対して影響を与えるバーナーの空気比、燃焼用空気の予熱温度および炉出口の酸素濃度のうち、特に影響度合いが高いバーナーの空気比について設定 NO_x 値を達成し得る適正值を求め、そのバーナーの空気比の適正值に基づいて RHF の燃焼制御を行うので、設定 NO_x 値に効率よく近づけることが可能になり、低 NO_x で燃焼制御を行い得る。

【 0 0 1 8 】

50

また、請求項 2 の本発明に係る低 NO_x 燃焼制御方法による場合には、RHF の NO_x 値に対して影響を与えるバーナーの空気比、燃焼用空気の予熱温度および炉出口の酸素濃度のうち、特に影響度合いが高い燃焼用空気の予熱温度について設定 NO_x 値を達成し得る適正值を求め、その燃焼用空気の予熱温度の適正值に基づいて RHF の燃焼制御を行うので、設定 NO_x 値に効率よく近づけることが可能になり、低 NO_x で燃焼制御を行い得る。

【0019】

また、請求項 3 の本発明に係る低 NO_x 燃焼制御方法による場合には、RHF の NO_x 値に対して影響を与えるバーナーの空気比、燃焼用空気の予熱温度および炉出口の酸素濃度のうち、特に影響度合いが高いバーナーの空気比と燃焼用空気の予熱温度とについて設定 NO_x 値を達成し得る適正值を求め、それら両適正值に基づいて RHF の燃焼制御を行うので、設定 NO_x 値に効率よく近づけることが可能になり、低 NO_x で燃焼制御を行い得る。

10

【0020】

また、請求項 4 の本発明に係る低 NO_x 燃焼制御方法による場合には、RHF において NO_x の低減化に影響度合いが、バーナーの空気比や燃焼用空気の予熱温度に次いで高い炉内温度をパラメータとして含む関係式を用いるので、より精度よく設定 NO_x 値に近づけることが可能になり、低 NO_x で RHF の燃焼制御を行い得る。

【0021】

また、請求項 8 の本発明に係る還元処理物の製造方法による場合には、RHF において低 NO_x の燃焼状態で被加熱物を加熱・還元して還元処理物を製造することができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

以下に、本発明に係る低 NO_x 燃焼制御方法を用いた還元処理物の製造方法につき説明する。

【0023】

図 1 は RHF の内部構成を示す平面図で、図 2 は図 1 の RHF の内部構成を展開して示す側面図である。

【0024】

RHF 1 は、ドーナツ状の炉床 2 が回転する燃焼装置であり、炉床 2 の上方にある被加熱物供給装置 3 により炉床 2 の上に、金属酸化物と石炭等との混合物を含むペレット状の被加熱物 4 を装入し、複数の領域、図示例では 4 つの領域 1、領域 2、領域 3 および領域 4 を、炉床 2 の回転により順次通過した後に、炉出口に設けられた被加熱物回収装置 5 により回収される。領域 2 と領域 3 の間には煙道 6 が設けられている。

30

【0025】

上記各領域 1 ~ 4 は、図 1 および図 3 に示すように炉床 2 の上方に仕切壁 7 が設けられることで分割されている。この仕切壁 7 はその下端が炉床 2 から浮いた状態で設けられた構成である。

【0026】

領域 1、領域 2、領域 3 および領域 4 のそれぞれには炉内と炉外とを仕切る炉壁にバーナー 9 が設けられ、領域 1、領域 2 および領域 3 の前記炉壁に二次燃焼用空気供給ノズル 10 が設けられている。上記バーナー 9 には、本発明の低 NO_x 燃焼制御に用いる燃焼用空気（後述するバーナー用空気）が供給される。一方、二次燃焼用空気供給ノズル 10 から二次燃焼用空気が各領域 1 ~ 3 の内部に供給される（二次燃焼用空気はどの領域に入れてもよい）。なお、上記バーナー 9 としては、サイドバーナーを用いているが、軸流バーナーを用いてもよい。その軸流バーナーは、例えば炉内天井部に設けられる。

40

【0027】

図 4 は、このように構成された RHF 1 における制御系を示すブロック図である。

【0028】

RHF 1 には、RHF 内の平均の炉内温度（ T_f ）を測定する温度計 21 が設けられて

50

おり、温度計 2 1 により測定された炉内温度 (T_f) は演算制御部 2 0 に与えられる。R H F 1 の排ガスは、前記煙道 6 を介しその出口の煙突 6 a から外部へ排出されるようになっていて、煙道 6 に設けた排ガス分析計 2 2 は排ガス中の酸素濃度、つまり炉出口の酸素濃度 (Co_2) を分析し、その分析結果を演算制御部 2 0 へ与える。また、煙道 6 の途中には、熱交換器 2 3 が設けられている。

【 0 0 2 9 】

また、燃烧空気ブローア 2 4 により送風された燃烧用空気は、配管 2 5 a を介して熱交換器 2 3 へ供給され、熱交換器 2 3 を経た空気は配管 2 5 b を介して R H F 1 のバーナー用空気供給装置 1 1 に供給される。前記配管 2 5 b に供給された燃烧用空気の一部は、流量調整弁 2 6 を介して大気中へ開放される。また、バーナー用空気供給装置 1 1 に供給された燃烧用空気 (以下、バーナー用空気と言う。) は、上述したように本発明の低 NO_x 燃烧制御に用いる燃烧用空気であり、バーナー用空気供給装置 1 1 に設けられた流量調整弁 2 7 により流量調整されてバーナー 9 に供給される。

10

【 0 0 3 0 】

配管 2 5 b にはバーナー用空気の予熱温度を計測する温度計 2 9 が設けられており、温度計 2 9 により計測されたバーナー用空気の予熱温度は演算制御部 2 0 へ与えられる。バーナー用空気の温度は、例えば配管 2 5 b に冷却用空気を供給したり、或いは燃烧用空気の一部を、熱交換器 2 3 に通す回数を調整したりすることにより制御される。上記温度計 2 9 よりも下流側は、上記 4 つの領域 1 ~ 4 に対応して 4 つに分岐していて、4 つのバーナー用空気供給装置 1 1 となっている。

20

【 0 0 3 1 】

各バーナー用空気供給装置 1 1 には、それぞれ流量調整弁 2 7 が設けられていて、この流量調整弁 2 7 によりバーナー用空気の流量が調整され、調整されたバーナー用空気が各領域 1 ~ 4 にノズル 1 1 a から供給される。また、各バーナー用空気供給装置 1 1 には、バーナー用空気の供給量を計測する流量計 3 0 が設けられている。ここで、各バーナー用空気供給装置 1 1 における流量計 3 0 を、3 0 a ~ 3 0 d とし、流量調整弁 2 7 を、2 7 a ~ 2 7 d とする。

【 0 0 3 2 】

また、各領域 1 ~ 4 に配されたバーナー 9 には燃料管 3 2 を介して送られてきた燃料ガスがノズル 1 2 a から供給されるようになっていて、燃烧ガス量は流量調整弁 2 8 により調整される。燃料管 3 2 には、燃料ガス量を計測する流量計 3 1 が設けられている。ここで、各領域 1 ~ 4 ごとの燃料管 3 2、流量調整弁 2 8 および流量計 3 1 のそれぞれを、3 2 a ~ 3 2 d、2 8 a ~ 2 8 d、3 1 a ~ 3 1 d とする。

30

【 0 0 3 3 】

上記流量計 3 0 a ~ 3 0 d により計測されたバーナー用空気の供給量と、流量計 3 1 a ~ 3 1 d により計測された燃料ガス量とは、演算制御部 2 0 に与えられる。

【 0 0 3 4 】

上記演算制御部 2 0 は、図 5 に示すように、制御部 2 0 A と演算部 2 0 B と記憶部 2 0 C とを有する。記憶部 2 0 C には、下記 3 式と、表 1 に示す 3 式中のパラメータの値と、後述する設定 NO_x 値 (H) とが入力設定されている。これらデータは演算部 2 0 B により適宜読み出されるようになっている。

40

【 0 0 3 5 】

【数 3】

$$Z = A' \left(\frac{T_a}{250} \right)^\alpha \left(\frac{T_f}{1100} \right)^\beta C_{O_2}^\gamma \left(\frac{m_1}{0.5} \right)^{\delta_1} \left(\frac{m_2}{0.5} \right)^{\delta_2} \left(\frac{m_3}{0.5} \right)^{\delta_3} \left(\frac{m_4}{0.5} \right)^{\delta_4} + B \quad \dots (3)$$

Z: 予測NOx値[ppm]

A', B: 補正係数[ppm]

Ta: 予熱空気温度[°C]

Tf: RHF内温度[°C]

CO₂: RHF出口酸素濃度[vol%(DB)] α, β, γ : 定数m₁~m₄: 領域1~4のバーナー空気比[-] $\delta_1 \sim \delta_4$: 領域1~4での定数

10

【0036】

【表 1】

α	β	γ	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	A'	B
2.50	0.50	0.80	2.00	1.00	1.00	2.00	0.25	22

20

【0037】

上記(3)式は、RHFの排出NOx値を予測するために予め求めたもので、バーナー用空気に関する予熱空気温度[](Ta)、RHFの炉内温度[](Tf)、RHFの炉出口の酸素濃度[%](CO₂)および各領域1、2、3、4のバーナー空気比(m₁、m₂、m₃、m₄)をRHFの操作因子(パラメータ)として、これらRHFの操作因子と、その閾値との比、つまり操作因子を閾値で除した値を、その影響の大きさに起因する指数関数で表してその積をとり、補正係数A'、Bで指数化することで、予測NOx値(Z)を求める式である。また、この式は、式左辺の予測NOx値(Z)を設定NOx値(H)に置き換え、その設定NOx値(H)を満足させる各領域1~4におけるバーナー空気比の適正値m_{1A}、m_{2A}、m_{3A}、m_{4A}を求める式でもある。なお、上記RHFの炉内温度は全領域1、2、3、4の温度の平均値である(必ずしも平均温度でなくともよく、効果の大きい領域の炉内温度でよい)。また、上記補正係数A'は、上記3式がRHFの炉出口の酸素濃度(CO₂)の項を含むため、課題を解決するための手段の欄におけるRHFの炉出口の酸素濃度(CO₂)の項を含まない前記1式や2式の補正係数Aとは異ならせてある。

30

【0038】

演算部20Bは、流量計31から与えられる燃料ガス量を燃料供給量とし、流量計30から与えられるバーナー用空気の供給量を空気供給量として、各領域1~4ごとの空燃比(空気供給量/燃料供給量)Mを求め、その空燃比Mの理論空燃比M_{st}に対する比、つまり空気比(M/M_{st})を各領域1~4ごとに算出する。

40

【0039】

また、演算部20Bは、上記(3)式と、算出したバーナーの空気比m₁、m₂、m₃、m₄と、温度計29からの予熱空気温度(Ta)と、排ガス分析計22からの炉出口の酸素濃度(CO₂)と、温度計21からの炉内温度(Tf)とに基づいて予測NOx値(Z)を算出し、算出した予測NOx値(Z)と、記憶部20Cから読み出した設定NOx値(H)とを比較する。そして、演算部20Bは、予測NOx値(Z)が設定NOx値(H)よりも小の場合には、そのままの制御を維持する指令を制御部20Aに与え、制御部20Aはそれまでの制御を維持する。一方、演算部20Bは、予測NOx値(Z)が設定NOx値(H)以上であれば、上記(3)式と、温度計29からの予熱空気温度(Ta)と、排ガス分析計22からの炉出口の酸素濃度(CO₂)と、温度計21からの炉内温度

50

(T_f)とに基づいて、各領域1～4におけるバーナーの空気比の適正值 $m_1A \sim m_4A$ を算出する。そして、制御部20Aは、演算部20Bが算出したバーナーの空気比の適正值 $m_1A \sim m_4A$ に基づき、各領域1～4における流量調整弁27、28の開度を調整する。また、制御部20Aは、温度計29からの予熱空気温度(T_a)を、予め設定した所定値とすべく熱交換器23の熱交換率を調整する。

【0040】

次に、このように構成されたRHF1およびその制御系において、本発明の一実施形態に係る低 NO_x 燃焼制御方法を、図6のフローチャートに基づいて説明する。なお、本実施形態における燃焼制御は、1時間ピッチで行う場合について述べる。

【0041】

所定時間に達すると、上記演算制御部20は、上記3式の予測 NO_x 値(Z)を算出する(ステップS1)。なお、上記3式については、燃焼制御に先だって予め求めておく。

【0042】

次に、ステップS2に進み、その算出した予測 NO_x 値(Z)が設定 NO_x 値(H)よりも小さいか否かを判定し、予測 NO_x 値(Z)が設定 NO_x 値(H)よりも小さい場合は、現状のままで燃焼制御を行うとともに、その予測 NO_x 値(Z)を、例えばRHF1の作業室に設けられた表示画面に表示する(ステップS3)。

【0043】

一方、ステップS2において、予測 NO_x 値(Z)が設定 NO_x 値(H)以上である場合には、警告の表示を前記表示画面に表示し(ステップS4)、続いて演算制御部20は、上記3式の左辺の予測 NO_x 値(Z)を設定 NO_x 値(H)に置き換え、その設定 NO_x 値(H)を満足させる各領域1～4のバーナー空気比の適正值 $m_1A \sim m_4A$ を計算する(ステップS5)。

【0044】

その後、算出したバーナー空気比の適正值 $m_1A \sim m_4A$ となるように各領域1～4において流量調整弁27a～27dによりバーナー用空気の供給量を調整するとともに、各領域1～4において流量調整弁28a～28dにより燃料ガス量を調整する(ステップS6)。なお、本発明におけるバーナー空気比の算出には、二次燃焼用空気流量は用いず、バーナーに燃料とともに入れるバーナー用空気流量のみを用いる。バーナー用空気のみを用いるのは、二次燃焼用空気は NO_x 濃度へ及ぼす影響が小さいためである。

【0045】

ここで、本実施形態において、バーナー空気比の適正值 $m_1A \sim m_4A$ により予測 NO_x 値(Z)を設定 NO_x 値(H)に近づけるようにしているのは、上記表1に示したようにバーナー空気比(m_1 、 m_2 、 m_3 、 m_4)の指数関数が大きく、予測 NO_x 値(Z)の制御に大きい影響度を持つからである。

【0046】

したがって、本実施形態の低 NO_x 燃焼制御方法による場合には、 NO_x の低減化に影響度合いが高いバーナーの空気比の適正值に基づいて燃焼制御を行うので、設定 NO_x 値に効率よく近づけることが可能になり、低 NO_x で燃焼制御を行い得る。また、このような低 NO_x 燃焼制御方法を用いた、本実施形態の還元処理物の製造方法による場合には、低 NO_x の燃焼状態で還元処理物を製造することができる。

【0047】

図7は、以上のようにして低 NO_x 燃焼制御を実行した場合の結果であり、 NO_x 実測値と予測 NO_x 値(Z)とを比較している。なお、 NO_x 実測値を実線、予測 NO_x 値(Z)を破線でそれぞれ示している。また、表2は、以上のようにして低 NO_x 燃焼制御を実行し、1時間平均での NO_x 実測値と予測 NO_x 値(Z)とを比較している。

【0048】

10

20

30

40

【表 2】

1時間 平均値	予熱 空気温度 °C	炉内 温度 °C	炉出口の 酸素濃度 vol%(DB)	領域1 のバーナー 空気比	領域2 のバーナー 空気比	領域3 のバーナー 空気比	領域4 のバーナー 空気比	NOx 実測値 ppm	予測 NOx値 (Z) ppm
0:00	340	1,234	10.61	0.48	0.73	0.77	0.65	36.1	35.2
1:00	340	1,234	10.64	0.48	0.73	0.77	0.65	36.8	35.4
2:00	340	1,233	10.65	0.48	0.73	0.77	0.65	37.5	35.3
3:00	340	1,234	10.65	0.48	0.73	0.77	0.64	38.1	34.9
4:00	340	1,238	10.57	0.48	0.73	0.77	0.65	35.9	35.3
5:00	339	1,238	10.56	0.48	0.73	0.77	0.64	35.5	34.8
6:00	340	1,236	10.66	0.48	0.73	0.77	0.64	37.8	34.9
7:00	340	1,240	10.56	0.48	0.73	0.77	0.64	35.4	34.6
8:00	340	1,240	10.55	0.48	0.73	0.77	0.65	35.1	35.1
9:00	340	1,248	9.81	0.48	0.73	0.77	0.65	29.1	34.3
10:00	341	1,257	4.21	0.47	0.72	0.76	0.71	30.2	29.0
11:00	346	1,334	3.32	0.51	0.74	0.78	0.81	31.1	32.6
12:00	356	1,358	2.45	0.57	0.74	0.73	0.84	33.2	33.0
13:00	357	1,370	3.44	0.57	0.74	0.72	0.84	37.7	36.3
14:00	361	1,360	2.52	0.57	0.74	0.73	0.85	34.3	33.6
15:00	369	1,354	2.45	0.57	0.74	0.72	0.84	36.1	34.1
16:00	371	1,350	6.29	0.49	0.76	0.75	0.71	38.4	35.5
17:00	368	1,268	10.20	0.48	0.73	0.72	0.66	38.1	37.4
18:00	364	1,211	11.31	0.48	0.73	0.73	0.65	38.5	37.6
19:00	351	1,196	11.22	0.48	0.73	0.73	0.66	35.9	36.2
20:00	341	1,187	11.37	0.48	0.73	0.72	0.65	34.1	35.1
21:00	334	1,180	11.47	0.48	0.73	0.73	0.65	32.8	34.5
22:00	329	1,176	11.54	0.48	0.73	0.73	0.65	32.0	34.0
23:00	325	1,173	11.59	0.48	0.73	0.72	0.65	31.7	33.5

【0049】

これら図7および表2より理解されるように、NOx実測値は予測NOx値(Z)に対して概ね±6%の範囲内にあり、予測できていると認められる。

【0050】

なお、上述した実施形態では、NOxの低減化に影響度合いが高いバーナーの空気比の

10

20

30

40

50

適正值に基づいて燃焼制御を行うようにしているが、本発明はこれに限らない。例えば、表 1 より理解されるように、 NO_x の低減化に予熱空気温度 (T_a) も影響度合いが高いため、その予熱空気温度 (T_a) の適正值を算出し、その算出した予熱空気温度 (T_a) の適正值に基づいて燃焼制御することで、設定 NO_x 値に効率よく近づけるようにしてもよい。或いは、バーナーの空気比の適正值と予熱空気温度 (T_a) の適正值の両方を算出し、これら算出した両適正值に基づいて燃焼制御することで、設定 NO_x 値に効率よく近づけるようにしてもよい。

【0051】

また、上述した実施形態では炉内温度をパラメータとして含む (3) 式を用いているが、本発明はこれに限らない。例えば、 NO_x の低減化に影響度合いがあまり高くない RHF 内温度 [] (T_f) を、3 式から省略した式を用いてもよく、概ね上述した実施形態と同様な結果が得られることが実験により判っている。

【0052】

更に、上述した実施形態では RHF の炉出口の酸素濃度を排ガス分析計 22 により実測し、その実測値を用いて NO_x 制御を行っているが、本発明はこれに限らず、RHF の炉出口の酸素濃度の実測値に代えて、RHF の炉出口の酸素濃度の計算値を用いてもよい。或いは、前述した 3 式中の補正係数 A' に代えて、RHF の炉出口の酸素濃度の計算値を加味した補正係数 A を用いることにより、前記 1 式や 2 式のように RHF の炉出口の酸素濃度の実測値や計算値を省略してもよい。

【0053】

更にまた、上述した実施形態では 4 つの領域 1 ~ 4 の全てを対象として、バーナーの空気比の適正值を算出し、かつ燃焼制御を行うようにしているが、本発明はこれに限らない。例えば、上述した実施形態のように 4 つの領域 1 ~ 4 を有する場合に、上記 3 式中の m_1 のパラメータ [($m_1 / 0.5$) ⁻¹] ~ m_4 のパラメータ [($m_4 / 0.5$) ⁻⁴] のうちの任意の 1 つのパラメータを用いてバーナーの空気比の適正值を算出し、又は任意の 2 以上のパラメータの積によりバーナーの空気比の適正值を算出し、燃焼制御を行うようにしてもよい。より好ましくは、上流側の領域 1 (m_1 のパラメータ) または上流側の領域 1、2 (m_1 、 m_2 の各パラメータ) または上流側の領域 1、2、3 (m_1 、 m_2 、 m_3 の各パラメータ) を対象として、バーナーの空気比の適正值を算出し、かつ燃焼制御を行うようにしてもよい。その理由は、上流側の領域の方が下流側の領域よりも被加熱物を加熱するために投入するエネルギーが大きく、換言すると多くの燃料を供給するからである。

【0054】

また、本発明は 4 つの領域を有する RHF に限らず、1 または 2 以上の領域を有する RHF に対しても同様に適用することが可能である。

【0055】

更に、被加熱物はペレット、ブリケット等の塊成化物にして回転床炉に装入する場合もあるが、必ずしも塊成化する必要はない。

【0056】

更にまた、ここで「石炭等」は金属酸化物の還元剤となるもので、石炭の他、コークス、木炭や木材から製造したチャー、炭化させたバイオマス、高炉ダスト等、炭素を含む物質であればよい。

【図面の簡単な説明】

【0057】

【図 1】 RHF の内部構成を示す平面図である。

【図 2】 図 1 の RHF の内部構成を展開して示す側面図である。

【図 3】 各領域に分割する仕切壁の 1 つの形態を示す図である。

【図 4】 RHF における制御系を示すブロック図である。

【図 5】 演算制御部の構成を示す図である。

【図 6】 本発明の低 NO_x 燃焼制御方法の一例を示すフローチャートである。

【図 7】本発明の低 NO_x 燃焼制御方法による NO_x 実測値と予測 NO_x 値 (Z) とを比較して示すグラフである。

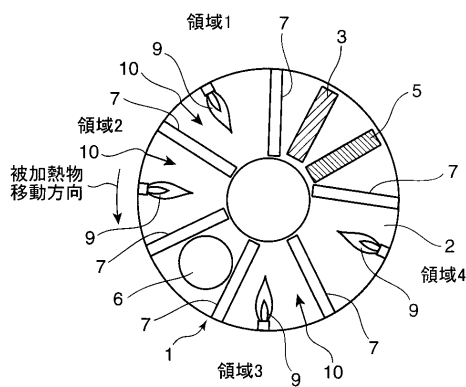
【符号の説明】

【 0 0 5 8 】

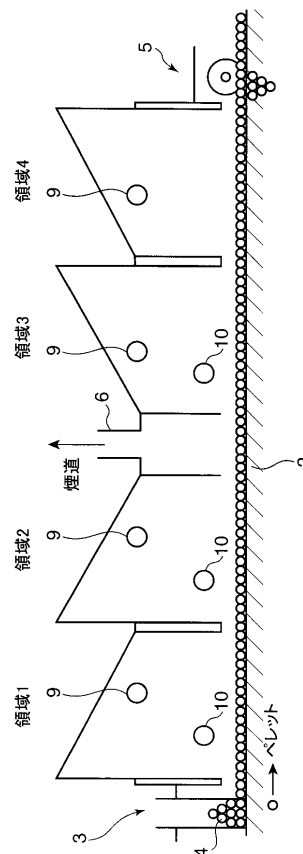
- 1 R H F (ロータリーハースファーンネス ; 回転床炉)
- 2 炉床
- 4 被加熱物
- 5 被加熱物回収装置 (炉出口)
- 9 バーナー
- 2 0 演算制御部
- 2 7、2 8 流量調整弁
- T f 炉内温度
- C o ₂ 炉出口の酸素濃度
- T a 予熱空気温度
- m 1、m 2、m 3、m 4 バーナー空気比
- m 1 A、m 2 A、m 3 A、m 4 A バーナー空気比の適正值
- M / M s t 空気比
- M 空燃比
- M s t 理論空燃比

10

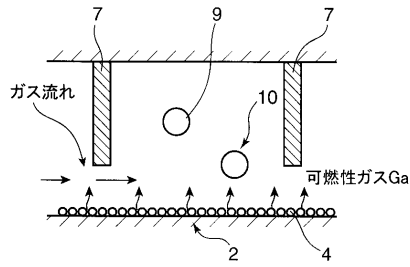
【図 1】



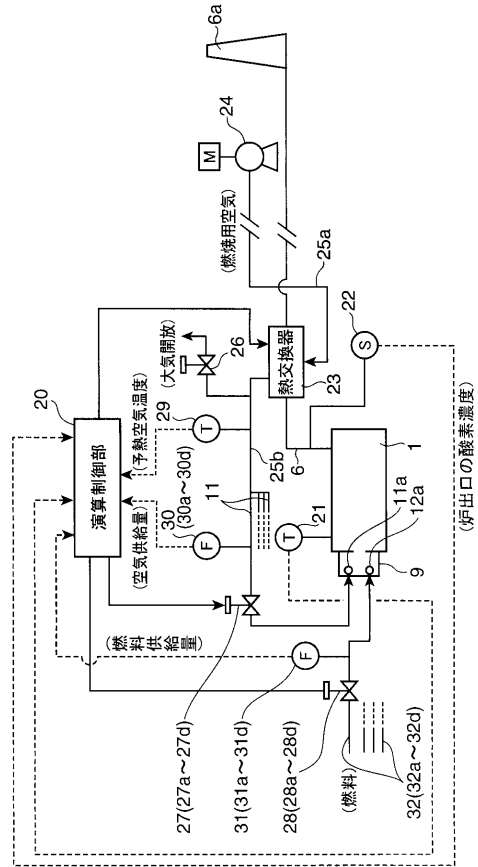
【図 2】



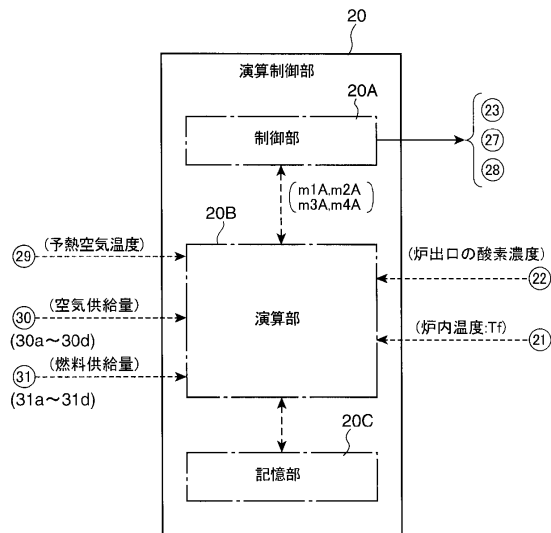
【図 3】



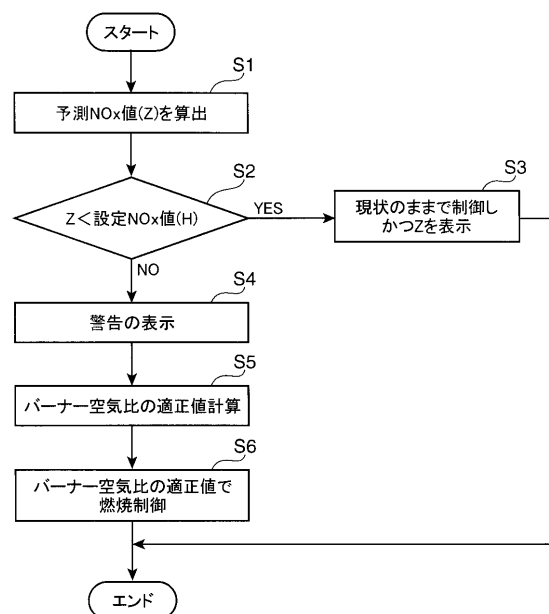
【図 4】



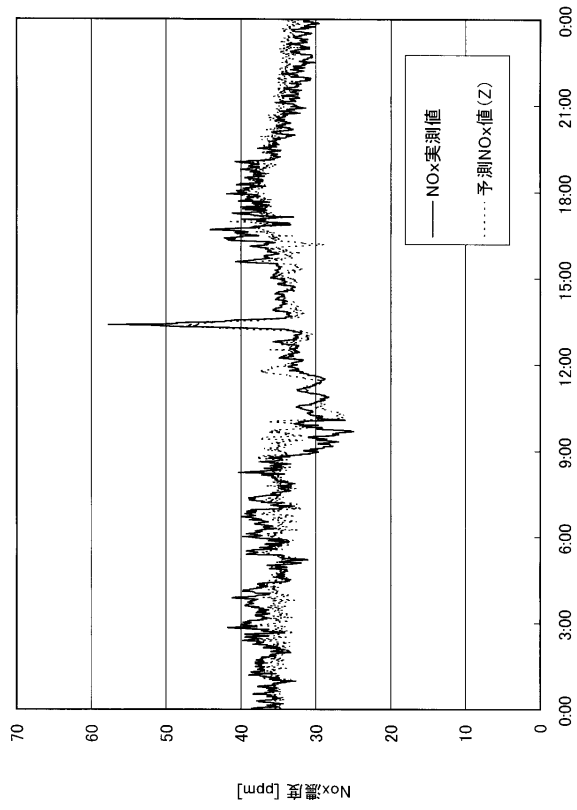
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 原田 孝夫

神戸市中央区脇浜町二丁目 10 番 26 号 株式会社神戸製鋼所 神戸本社内

審査官 中村 則夫

(56)参考文献 特開 2004 - 256868 (JP, A)

特開昭 59 - 041713 (JP, A)

特開平 06 - 034107 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F23C 99/00

F23N 5/00

C21B 13/10