

(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.

F23C 99/00 (2006.01)
F23N 5/00 (2006.01)

F 1

F 23 C 99/00 3 1 1
F 23 N 5/00 Z A B S
F 23 N 5/00 J

請求項の数 8 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2008-25451 (P2008-25451)
(22) 出願日	平成20年2月5日 (2008.2.5)
(65) 公開番号	特開2009-186072 (P2009-186072A)
(43) 公開日	平成21年8月20日 (2009.8.20)
審査請求日	平成23年2月1日 (2011.2.1)

(73) 特許権者	000001199 株式会社神戸製鋼所 兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目10番2 6号
(74) 代理人	100067828 弁理士 小谷 悅司
(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NO_x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、

求めた前記予測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低NO_x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、20

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。

【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、30

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。

【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 []

：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 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]

a, b : 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。 20

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ネス (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

【0002】

上記RHFを含む燃焼装置において低NO_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NO_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NO_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求め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11-132413号公報

10

【特許文献2】特開昭61-245826号公報

【特許文献3】特開昭61-180829号公報

【特許文献4】特開平2-302503号公報

【特許文献5】特開昭59-41713号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

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RHFとは異なっていて、上記RHFにおいて燃焼制御を行っても十分にNO_x値を低減できないでいた。

20

【0004】

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、RHFにおいてNO_xを低減化させ得る低NO_x燃焼制御方法、およびその低NO_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】

【0005】

本発明の請求項1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つ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燃焼制御方法であつて、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、求めた前記予測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。

30

【0006】

本発明の請求項2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つ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燃焼制御方法であつて、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

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。

【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つ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燃焼制御方法であつて、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。

10

20

【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つて、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。

30

【0010】

【数1】

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

【0011】

40

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つて、或る領域iにおいて(m_i / d_i)⁻¹を定義したときの任意の1つの領域での(m_i / d_i)⁻¹または任意の2以上の領域での(m_i / d_i)⁻¹の積で表される。

【0012】

50

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。

【0013】

【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

【0014】

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]
 a, b : 閾値 []
 $,$: 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 $(m_i / d_i)^{-i}$ 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。

【0015】

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。

【0016】

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】

【0017】

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。

【0018】

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。20

【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 21 により測定された炉内温度 (T_f) は演算制御部 20 に与えられる。RHF 1 の排ガスは、前記煙道 6 を介しその出口の煙突 6a から外部へ排出されるようになつていて、煙道 6 に設けた排ガス分析計 22 は排ガス中の酸素濃度、つまり炉出口の酸素濃度 (C_{O_2}) を分析し、その分析結果を演算制御部 20 へ与える。また、煙道 6 の途中には、熱交換器 23 が設けられている。

【0029】

また、燃焼空気プロア 24 により送風された燃焼用空気は、配管 25a を介して熱交換器 23 へ供給され、熱交換器 23 を経た空気は配管 25b を介して RHF 1 のバーナー用空気供給装置 11 に供給される。前記配管 25b に供給された燃焼用空気の一部は、流量調整弁 26 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 11 に供給された燃焼用空気（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 燃焼制御に用いる燃焼用空気であり、バーナー用空気供給装置 11 に設けられた流量調整弁 27 により流量調整されてバーナー 9 に供給される。10

【0030】

配管 25b にはバーナー用空気の予熱温度を計測する温度計 29 が設けられており、温度計 29 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 20 へ与えられる。バーナー用空気の温度は、例えば配管 25b に冷却用空気を供給したり、或いは燃焼用空気の一部を、熱交換器 23 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 29 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 11 となっている。20

【0031】

各バーナー用空気供給装置 11 には、それぞれ流量調整弁 27 が設けられていて、この流量調整弁 27 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 11a から供給される。また、各バーナー用空気供給装置 11 には、バーナー用空気の供給量を計測する流量計 30 が設けられている。ここで、各バーナー用空気供給装置 11 における流量計 30 を、30a～30d とし、流量調整弁 27 を、27a～27d とする。

【0032】

また、各領域 1～4 に配されたバーナー 9 には燃料管 32 を介して送られてきた燃料ガスがノズル 12a から供給されるようになっていて、燃焼ガス量は流量調整弁 28 により調整される。燃料管 32 には、燃料ガス量を計測する流量計 31 が設けられている。ここで、各領域 1～4 ごとの燃料管 32 、流量調整弁 28 および流量計 31 のそれぞれを、32a～32d、28a～28d、31a～31d とする。30

【0033】

上記流量計 30a～30d により計測されたバーナー用空気の供給量と、流量計 31a～31d により計測された燃料ガス量とは、演算制御部 20 に与えられる。

【0034】

上記演算制御部 20 は、図 5 に示すように、制御部 20A と演算部 20B と記憶部 20C とを有する。記憶部 20C 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 20B により適宜読み出されるようになっている。40

【0035】

【数3】

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

Z : 予測NOx値[ppm]

A',B : 補正係数[ppm]

T_a : 予熱空気温度[°C]T_f : RHF内温度[°C]C_{O₂} : 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[-]δ₁～δ₄ : 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NO_x値を予測するために求めめたもので、バーナー用空気に関する予熱空気温度[] (T_a)、RHFの炉内温度[] (T_f)、RHFの炉出口の酸素濃度[%] (C_{O₂})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數関数で表してその積をとり、補正係数A'、Bで指數化することで、予測NO_x値(Z)を求める式である。また、この式は、式左辺の予測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におけるバーナー空気比の適正値m₁A、m₂A、m₃A、m₄A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(C_{O₂})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(C_{O₂})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、つまり空燃比(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(T_a)と、排ガス分析計22からの炉出口の酸素濃度(C_{O₂})と、温度計21からの炉内温度(T_f)とに基づいて予測NO_x値(Z)を算出し、算出した予測NO_x値(Z)と、記憶部20Cから読み出した設定NO_x値(H)とを比較する。そして、演算部20Bは、予測NO_x値(Z)が設定NO_x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NO_x値(Z)が設定NO_x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(T_a)と、排ガス分析計22からの炉出口の酸素濃度(C_{O₂})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	炉内 温度	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
	°C	°C		-	-	-	-	ppm	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

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。10

【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。20

【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m1のパラメータ[(m1/0.5)¹]～m4のパラメータ[(m4/0.5)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(m1のパラメータ)または上流側の領域1、2(m1、m2の各パラメータ)または上流側の領域1、2、3(m1、m2、m3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。30

【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。40

【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。50

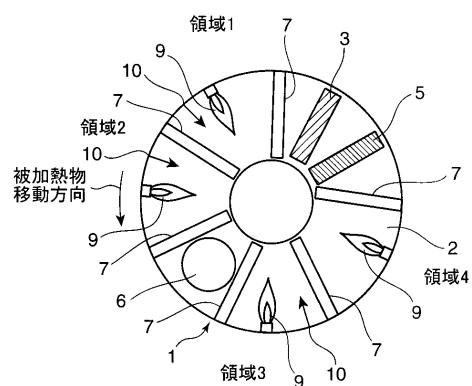
【図7】本発明の低NO_x燃焼制御方法によるNO_x実測値と予測NO_x値(Z)とを比較して示すグラフである。

【符号の説明】

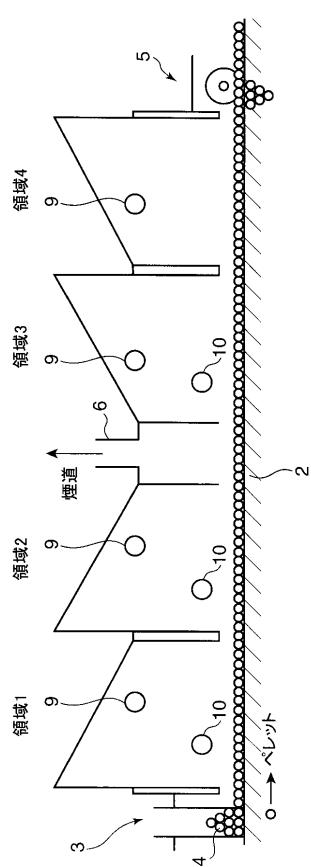
【0058】

- | | | | |
|--|---------------------------|----|--|
| 1 | RHF (ロータリーハースファーネス; 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 | | |
| 20 | 演算制御部 | 10 | |
| 27、28 | 流量調整弁 | | |
| T _f | 炉内温度 | | |
| C _{O₂} | 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 _{1A} 、m _{2A} 、m _{3A} 、m _{4A} | 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 | | |

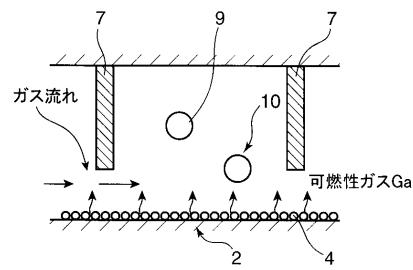
【図1】



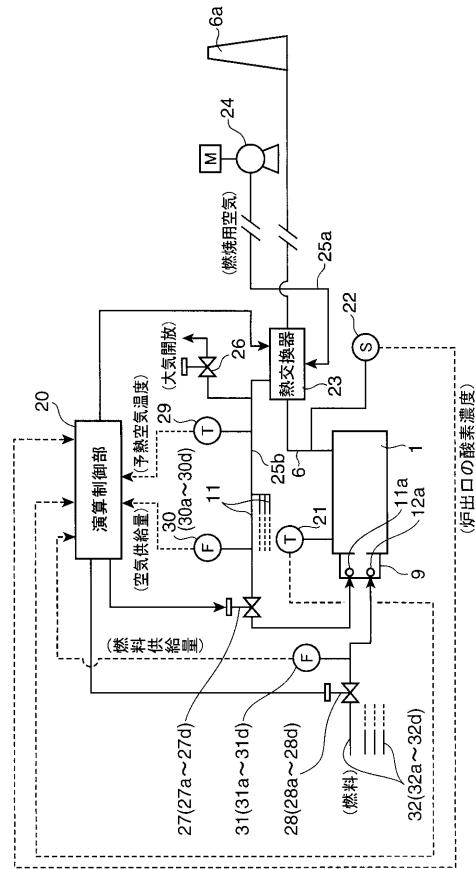
【図2】



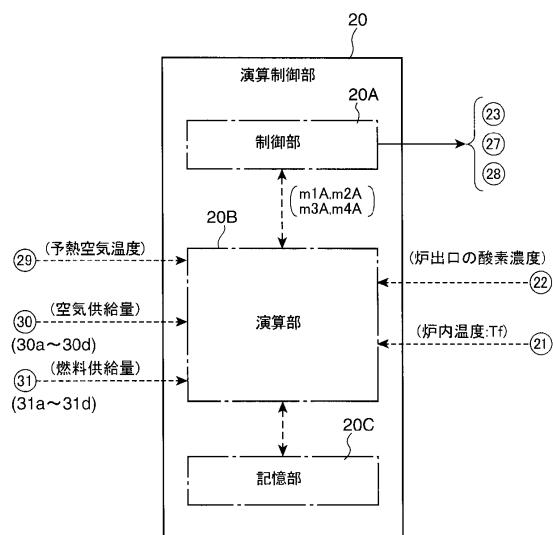
【図3】



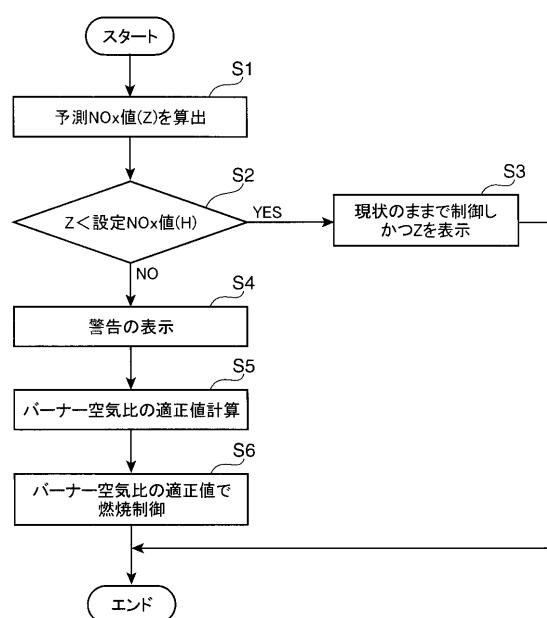
【図4】



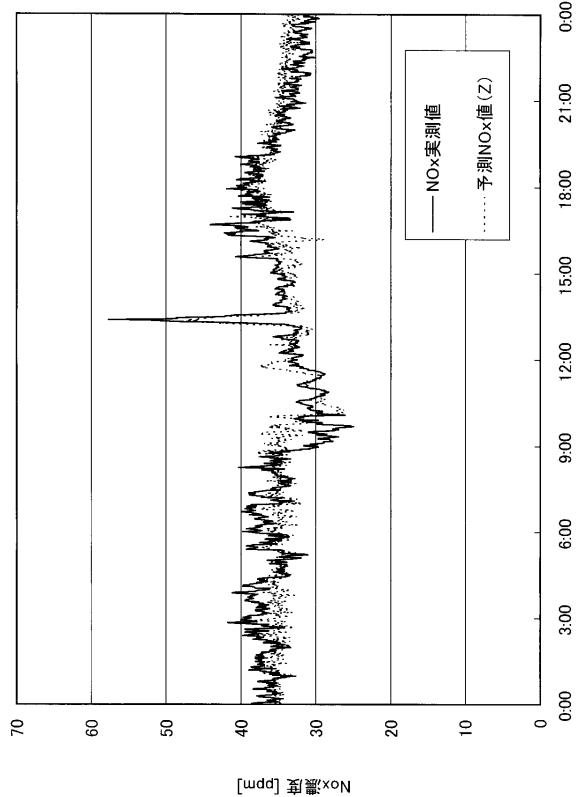
【図5】



【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