

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7635757号
(P7635757)

(45)発行日 令和7年2月26日(2025.2.26)

(24)登録日 令和7年2月17日(2025.2.17)

(51)国際特許分類		F I		
F 2 3 N	5/00 (2006.01)	F 2 3 N	5/00	T
F 2 7 D	19/00 (2006.01)	F 2 3 N	5/00	D
F 2 7 D	21/00 (2006.01)	F 2 7 D	19/00	Z
F 2 7 B	9/36 (2006.01)	F 2 7 D	21/00	A
F 2 7 B	9/40 (2006.01)	F 2 7 B	9/36	
請求項の数 9 (全16頁) 最終頁に続く				
(21)出願番号	特願2022-112326(P2022-112326)	(73)特許権者	000001258	
(22)出願日	令和4年7月13日(2022.7.13)		J F E スチール株式会社	
(65)公開番号	特開2024-10812(P2024-10812A)		東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号	
(43)公開日	令和6年1月25日(2024.1.25)	(74)代理人	100103850	
審査請求日	令和6年2月26日(2024.2.26)		弁理士 田中 秀▲てつ▼	
		(74)代理人	100105854	
			弁理士 廣瀬 一	
		(74)代理人	100116012	
			弁理士 宮坂 徹	
		(74)代理人	100066980	
			弁理士 森 哲也	
		(72)発明者	関口 慶太	
			東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号	
			J F E スチール株式会社内	
		(72)発明者	小玉 開	
			最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 燃焼空気流量の制御方法、金属板の製造方法、及び連続式加熱炉

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

被加熱体の搬送方向に沿って配列する複数の燃焼帯を備える炉体と、各燃焼帯に設置された複数のバーナーとを備える連続式加熱炉における、上記バーナーへ供給される燃焼空気流量の制御方法であって、

上記複数の燃焼帯から選択した1又は2以上の燃焼帯である調整対象の燃焼帯に配置されたバーナーへ供給される燃焼空気流量の制御について、

上記調整対象の燃焼帯毎に、

調整対象の燃焼帯で測定された酸素濃度及び一酸化炭素濃度から、燃焼帯内の空気比を算出する算出工程と、

上記燃焼帯内の空気比から、燃焼帯内の空気比を目標空気比となるように上記バーナーの燃焼空気流量を調整する調整工程と、

上記炉体が有する上記被加熱体の出し入れ用の扉が開くと判定すると、上記扉が開くと判定してから予め設定した所定時間が経過するまで、上記扉が開く直前に上記算出工程が算出した空気比を、上記調整工程で用いる燃焼帯内の空気比とする空気比設定工程と、

を備え、

上記空気比設定工程は、上記所定時間の経過前に上記扉が閉じても、該所定時間が経過するまで、上記扉が開く直前に上記算出工程が算出した空気比を、上記調整工程で用いる燃焼帯内の空気比とし、かつ、上記所定時間の経過前に上記扉が閉じて再度扉が開く場合、上記所定時間のカウント開始を上記扉が再度開いたときに設定変更する、

ことを特徴とする、燃焼空気流量の制御方法。

【請求項 2】

上記複数の燃焼帯は、装入側から抽出側に向けて、予熱帯、1又は2以上の加熱帯、及び1又は2以上の均熱帯がこの順に配置され、

上記調整対象の燃焼帯は、上記加熱帯及び上記均熱帯である、

ことを特徴とする請求項 1 に記載した燃焼空気流量の制御方法。

【請求項 3】

上記空気比設定工程の処理は、上記炉体に設けられた扉のうちの開いた扉に一番近い調整対象の燃焼帯でのみ実行することを特徴とする請求項 2 に記載した燃焼空気流量の制御方法。

【請求項 4】

上記算出工程とする酸素濃度及び一酸化炭素濃度は、それぞれ、対象とする燃焼帯内における複数箇所での測定値の平均値とする、

ことを特徴とする請求項 1 ～請求項 3 のいずれか 1 項に記載した燃焼空気流量の制御方法。

【請求項 5】

上記酸素濃度及び一酸化炭素濃度の測定は、レーザー式ガス分析計を用いて実行され、

上記レーザー式ガス分析計は、対象とする燃焼帯内における、複数箇所での酸素濃度及び一酸化炭素濃度を測定する、

ことを特徴とする請求項 4 に記載した燃焼空気流量の制御方法。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の燃焼空気流量の制御方法で燃焼空気流量の制御が実行される連続式加熱炉によって上記被加熱体であるスラブを加熱する加熱工程を含む、金属板の製造方法。

【請求項 7】

被加熱体の搬送方向に沿って配列する複数の燃焼帯を備える炉体と、各燃焼帯に設置された複数のバーナーとを備える連続式加熱炉であって、

上記複数の燃焼帯から選択した 1 又は 2 以上の燃焼帯である調整対象の燃焼帯について、

上記調整対象の燃焼帯毎に、

対象とする燃焼帯内の酸素濃度を測定する酸素濃度計と、

対象とする燃焼帯内の一酸化炭素濃度を測定する一酸化炭素濃度計と、

上記酸素濃度計で測定された酸素濃度及び上記一酸化炭素濃度計で測定された一酸化炭素濃度とに基づき、燃焼帯内の空気比を算出する空気比算出部と、

上記算出した燃焼帯内の空気比に基づき、燃焼帯内の空気比を目標空気比となるように上記バーナーの燃焼空気流量を調整する燃焼空気流量調整部と、

上記炉体が有する上記被加熱体の出し入れ用の扉が開くと判定すると、上記扉が開くと判定してから予め設定した所定時間が経過するまで、上記扉が開く直前に上記空気比算出部が算出した空気比を、上記燃焼空気流量調整部で用いる燃焼帯内の空気比とし、かつ、上記所定時間の経過前に上記扉が閉じて再度扉が開く場合、上記所定時間のカウント開始を上記扉が再度開いたときに設定変更する、ことを特徴とする連続式加熱炉。

を備え、

上記空気比設定部は、上記所定時間の経過前に上記扉が閉じて、該所定時間が経過するまで、上記扉が開く直前に上記空気比算出部が算出した空気比を、上記燃焼空気流量調整部で用いる燃焼帯内の空気比とし、かつ、上記所定時間の経過前に上記扉が閉じて再度扉が開く場合、上記所定時間のカウント開始を上記扉が再度開いたときに設定変更する、ことを特徴とする連続式加熱炉。

【請求項 8】

上記空気比設定部の処理は、上記炉体に設けられた扉のうちの開いた扉に一番近い調整対象の燃焼帯でのみ実行される、

ことを特徴とする請求項 7 に記載した連続式加熱炉。

【請求項 9】

各調整対象の燃焼帯毎に設置される、上記酸素濃度計及び上記一酸化炭素濃度計は、レ

10

20

30

40

50

ーザー式ガス分析計で構成される、

ことを特徴とする請求項 7 又は請求項 8 に記載した連続式加熱炉。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、連続式加熱炉、及びそれを用いた金属板の製造方法に係る技術に関し、特に連続式加熱炉の燃焼帯を加熱するバーナーの燃焼空気流量の調整に関する技術である。

【背景技術】

【0002】

連続式加熱炉は、被加熱体の搬送方向に沿って複数のゾーンに区画されることで、複数の燃焼帯を有し、被加熱体は各燃焼帯で順番に加熱されることで目標とする加熱温度に加熱される。各燃焼帯にはそれぞれバーナーが設けられ、そのバーナーによって、各燃焼帯での加熱処理が実行される。

【0003】

そして、連続式加熱炉では、各燃焼帯において、バーナーの最適な燃焼を維持するために、バーナーへの燃料ガス流量と燃焼空気流量の比率を用いて、バーナーに供給する燃料や空気の流量制御を行う。

【0004】

ここで、バーナーで燃料が完全燃焼するために必要な空気流量（理論空気量）に対し、実際の空気流量の比率（空気比）を低くすることは、熱効率の向上や、製造する金属板のスケール生成の抑制に対し有利に働く。更に、燃料である混合ガスの理論空気量の変動や、被加熱体であるスラブの出し入れを行う装入扉や抽出扉の開閉による炉内への侵入空気の影響を考慮する場合がある。この場合、炉内の酸素濃度や一酸化炭素濃度を各燃焼帯で測定して、各燃焼帯毎に測定結果に基づき燃焼制御を行うことが好ましい。

【0005】

ここで、特許文献 1 には、排ガス損失を十分に低減することが可能な、バーナーへの燃焼空気流量の制御方法について記載されている。特許文献 1 では、装入扉や抽出扉が開くことにより炉内に侵入する外気の影響に対処する。このために、特許文献 1 では、炉内の排ガス移流及び滞留を考慮した非定常質量保存式を用いて燃焼帯毎の侵入空気を算出し、燃焼空気の設定流量を設定することが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特開 2019-60588 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかし、特許文献 1 に記載されている方法では、短時間しか扉が開かない状況などの場合であっても、扉が開く度に流入する外気を考慮して炉内の空気比を算出しなければならず、空気比の算出負荷が高まる。更に、扉が開くことによる急激な炉内のガス濃度変化に対し、特許文献 1 に記載されている方法では、応答性（追従性）に難があるという課題がある。

【0008】

本発明は、上記のような点に着目してなされたもので、空気比の算出負荷の増加を抑えつつ、燃焼空気流量の制御に用いる炉内の空気比を安定した値とすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

課題解決のため、本発明の一態様は、被加熱体の搬送方向に沿って配列する複数の燃焼帯を備える炉体と、各燃焼帯に設置された複数のバーナーとを備える連続式加熱炉における、上記バーナーへ供給される燃焼空気流量の制御方法であって、上記複数の燃焼帯から

10

20

30

40

50

選択した１又は２以上の燃焼帯である調整対象の燃焼帯に配置されたバーナーへ供給される燃焼空気流量の制御について、上記調整対象の燃焼帯毎に、調整対象の燃焼帯で測定された酸素濃度及び一酸化炭素濃度から、燃焼帯内の空気比を算出する算出工程と、上記燃焼帯内の空気比から、燃焼帯内の空気比を目標空気比となるように上記バーナーの燃焼空気流量を調整する調整工程と、上記炉体が有する上記被加熱体の出し入れ用の扉が開くと判定すると、上記扉が開くと判定してから予め設定した時間経過するまで、上記扉が開く直前に上記算出工程が算出した空気比を、上記調整工程で用いる燃焼帯内の空気比とする空気比設定工程と、を備えることを要旨とする。

【発明の効果】

【００１０】

本発明の態様によれば、一時的に炉内ガス濃度が急激に変化する状況であっても、そのような非定常状態のときに算出した炉内の空気比を用いることをしない。このため、本発明の態様によれば、炉内の空気比の算出負荷の増加を抑えつつ、安定した空気比に基づいて、バーナーへ供給する燃焼空気流量を調整可能となる。この結果、本発明の態様によれば、安定した燃焼制御が実行可能となり、炉内の熱効率の向上や、製造する金属板のスケール生成の抑制に有利に働くことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

【図１】本発明に基づく実施形態に係る連続式加熱炉の構成を説明する模式図である。

【図２】一の燃焼帯における制御を説明するための図である。

【図３】レーザー式ガス分析計を説明するための図である。

【図４】バーナー制御部の構成を説明する図である。

【図５】使用する炉内の空気比を選択するための第１の例の処理フローである。

【図６】使用する炉内の空気比を選択するための第２の例の処理フローである。

【図７】炉内酸素濃度と理論空気量の関係を示す図である。

【図８】実施例と比較例（本開示を適用する前）の燃料原単位の関係を示す図である。

【図９】実施例と比較例でのスケール性疵による鋼板不合格率を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００１２】

次に、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

（構成）

本実施形態の連続式加熱炉１００は、被加熱体がスラブ２の場合を例に説明する。

【００１３】

<炉体１>

本実施形態の連続式加熱炉１００は、図１に示すように、加熱するスラブ２の搬送方向（パスライン）に沿って配置された複数の燃焼帯を有する炉体１を有する。炉体１には、スラブ２を装入するための装入扉１Ａと、加熱後のスラブ２を抽出するための抽出扉１Ｂを備える。本実施形態では、上記複数の燃焼帯として、装入側（上流側）から抽出側（下流側）に向けて、予熱帯Ｚ１、加熱帯Ｚ２、及び均熱帯Ｚ３の３種類の燃焼帯が例示されている。図１では、加熱帯Ｚ２及び均熱帯Ｚ３がそれぞれ１つずつの場合を例示しているが、加熱帯Ｚ２及び均熱帯Ｚ３がそれぞれ２以上設けられていても良い。

【００１４】

なお、装入扉１Ａ及び抽出扉１Ｂには、それぞれ開閉センサ４Ａ、４Ｂが取り付けられていて、各扉１Ａ、１Ｂの開閉を検出可能となっている。

本実施形態では、加熱帯Ｚ２及び均熱帯Ｚ３の２つの燃焼帯を、調整対象の燃焼帯とする。予熱帯Ｚ１も調整対象の燃焼帯としても良い。

【００１５】

<バーナー３>

また、各燃焼帯にはそれぞれ、複数のバーナー３が設けられている。図１の例では、各燃焼帯において、バーナー３が、スラブ２の搬送位置よりも上側の上部位置及び下側の下

10

20

30

40

50

部位置にそれぞれ配置されている。

【0016】

<予熱帯Z1>

予熱帯Z1で、スラブ2の予熱を行う。本実施形態では、予熱帯Z1では、予め設定した比率の流量で、燃料ガスと燃焼空気とをバーナー3に供給して、予熱帯Z1での加熱を実行する。符号7は、予熱帯Z1用のバーナー制御部である。この予熱帯Z1のバーナー制御については説明を省略する。

【0017】

<加熱帯Z2及び均熱帯Z3>

本実施形態では、予熱帯Z1以外の燃焼帯、つまり加熱帯Z2及び均熱帯Z3で、スラブ2の最適な燃焼を維持する。このために、本実施形態では、バーナー3に供給する燃料ガス流量と燃焼空気流量の比率を用いて、バーナー3に供給する燃料ガスと空気の流量制御を行う。

【0018】

本実施形態の加熱帯Z2及び均熱帯Z3にはそれぞれ、図1及び図2に示すように、酸素濃度計、一酸化炭素濃度計、温度計6が設置されている。また、本実施形態の加熱帯Z2及び均熱帯Z3は、図2に示すように、バーナー3用のガス流量計12、空気流量計11、ガス流量調整弁14、及び空気流量調整弁13を備える。

【0019】

酸素濃度計は、炉内の酸素濃度を測定するセンサである。一酸化炭素濃度計は、炉内の一酸化炭素濃度を測定するセンサである。温度計6は、炉内温度を測定するセンサである。また、ガス流量計12は、バーナー3への燃料ガス流量を測定するセンサである。空気流量計11は、バーナー3への燃焼空気流量を測定するセンサである。なお、温度計6で測定した炉内温度は、酸素濃度計で測定した酸素濃度や一酸化炭素濃度計で測定した一酸化炭素濃度の補正に用いられる。また、ガス流量計12で測定した燃料ガス流量と、空気流量計11で測定した燃焼空気流量は、各バーナー3のバーナー空気比の算出に用いられる。

【0020】

ここで、本実施形態において、加熱帯Z2及び均熱帯Z3にそれぞれ設置される酸素濃度計及び一酸化炭素濃度計は、炉内の複数箇所での酸素濃度及び一酸化炭素濃度を一緒に測定することが可能なレーザー式ガス分析計5であることが好ましい。

本実施形態のレーザー式ガス分析計5は、図3に示すように、レーザーを照射する発光器5Aとレーザーを受ける受光器5Bが燃焼帯（加熱帯Z2及び均熱帯Z3）の炉幅方向で対向する位置に設置されて構成される。そして、レーザー式ガス分析計5は、炉幅方向における、炉内の複数箇所における酸素濃度、及び一酸化炭素濃度の平均値を測定することができる。このようにレーザー式ガス分析計5を設置して、燃焼帯の炉幅方向にレーザーを照射することで、上下方向にレーザーを照射する構成に比べ、レーザーが搬送中のスラブ2に干渉することを抑制することができる。この結果、本構成では、濃度測定の精度を高めることができる。

【0021】

なお、レーザー式ガス分析計5にバーナー3の炎が当たると測定精度が悪化する。このため、本実施形態では、バーナー3を炉内の上部及び下部に配置して、各バーナー3の火炎が横方向に向くように配置する。併せて、本実施形態では、その上下のバーナー3の設置位置よりも、レーザー式ガス分析計5の設置位置を、燃焼帯の高さ方向における中央付近（スラブ2の上辺り）に設置している（図1参照）。

【0022】

また、加熱帯Z2では、予熱帯Z1から流れてきたガスの濃度を効率よく測定するため、レーザー式ガス分析計5を、予熱帯Z1側（上流側）に近づけて設置することが好ましい。均熱帯Z3では、抽出扉1B付近（下流側）でガスの濃度変化が激しいため、レーザー式ガス分析計5を、炉内ガス濃度が安定している加熱帯Z2側（上流側）に近づけて設

10

20

30

40

50

置することが好ましい。

【0023】

<バーナー制御部>

連続式加熱炉100は、加熱帯Z2、均熱帯Z3用のバーナー制御部8X、8Yを備える。加熱帯Z2、均熱帯Z3用のバーナー制御部8X、8Yを総称して記載する場合には、バーナー制御部8と記載する。

バーナー制御部8は、燃焼帯毎に設けられている。なお、複数の燃焼帯Z2、Z3のバーナー制御を一のバーナー制御部で実行しても良いし、各バーナー制御部8の処理の一部を共通の処理部で処理を行うように構成しても良い。

【0024】

本開示に係る、加熱帯Z2用のバーナー制御部8Xと均熱帯Z3用のバーナー制御部8Yの処理構成は、同様な構成によって同様な処理が実行される。

ここでは、加熱帯Z2用のバーナー制御部8Xを想定して説明するが、均熱帯Z3用のバーナー制御部8Yも同じ構成となる。

各バーナー制御部8は、図4に示すように、測定データ入力部8A、空気比算出部8B、空気比設定部8C、燃焼空気流量調整部8Dを備える。

【0025】

<測定データ入力部8A>

測定データ入力部8Aは、対象とする燃焼帯Z内の雰囲気ガス濃度を測定するセンサからの検出信号を入力する。具体的には、対象とする燃焼帯Zに設けられた酸素濃度計、一酸化炭素濃度計を構成するレーザー式ガス分析計5、及び温度計6からの検出信号を、予め設定されたサンプリング周期で入力する。

【0026】

<空気比算出部8B>

空気比算出部8Bは、予め設定されたサンプリング周期で、対象とする燃焼帯Zで測定した酸素濃度及び一酸化炭素濃度から、対象とする燃焼帯Zでの炉内の空気比を算出する処理を行う。空気比とは、燃料が完全燃焼するのに理論的に必要な空気量に対し、どれぐらい過剰に空気を投入しているか（空気過剰率）を意味し、 $(\text{空気流量}) / (\text{燃料流量} \times \text{燃料の理論空気量})$ で表される。

【0027】

ここで、炉内の酸素濃度、一酸化炭素濃度、燃料の理論空気量、理論排ガス量が既知であれば、燃焼帯Z毎の空気比を推定することが可能である。

【0028】

本実施形態では、炉内の空気比 α の算出に、下記の(1)式及び(2)式からなるモデル式を用いた。

【数1】

$$\alpha = 1 + \frac{[(O_2) - 0.5(CO)]}{0.21A_0} G' \quad \cdots (1)$$

$$G' = G_0' + (\alpha' - 1)A_0 \quad \cdots (2)$$

【0029】

ここで、

O₂：炉内の酸素濃度

CO：炉内の一酸化炭素濃度

A₀：理論空気量

G'：実際排ガス量

G₀'：理論排ガス量

α' ：空気比初期値（＝目標空気比）

である。

【0030】

本実施形態では、上式で算出された空気比 α が、目標空気比である空気比初期値 α' となるように空気流量を調整する。目標空気比（空気比初期値 α' ）は、例えば1.03である。

【0031】

なお、上記モデル式において、空気流量制御の計算負荷低減のため、理論空気量 A_0 や理論排ガス量 G_0' を定数として（2）式の処理を省略してもよい。この場合、生じた誤差をフィードバック制御で返す構成とすればよい。

【0032】

また、本実施形態では、酸素濃度計及び一酸化炭素濃度計がレーザー式ガス分析計5で構成される。この場合は、（1）式の酸素濃度 O_2 及び一酸化炭素濃度 CO は、レーザー式ガス分析計5が測定した複数箇所の酸素濃度及び一酸化炭素濃度の平均値となる。

【0033】

<空気比設定部8C>

空気比設定部8Cは、炉体1に設けられたスラブ2の出し入れ用の扉（装入扉1A又は抽出扉1B）が開に変化したと判定すると、次の処理を実行する。すなわち、空気比設定部8Cは、扉が開に変化したと判定してから予め設定した時間経過するまで、扉が開く直前に空気比算出部8Bが算出した空気比を、燃焼空気流量調整部8Dで用いる空気比として選択する。また、それ以外の場合、空気比設定部8Cは、空気比算出部8Bが算出する最新の空気比を、燃焼空気流量調整部8Dで用いる空気比として選択する。

なお、扉が開に変化したと判定してから予め設定した時間経過するまで、空気比算出部8Bの処理を中断しても良い。

【0034】

すなわち、空気比設定部8Cは、開閉センサ4A、4Bからの信号に基づき、装入扉1A及び抽出扉1Bが開くことを検知する。そして、空気比設定部8Cは、扉が開き始めたと判定すると、例えば、扉が開く直前に空気比算出部8Bが算出した空気比を所定の時間保持する。そして、その所定時間、その保持した空気比を燃焼空気流量調整部8Dに供給する。なお、扉1A、1B毎に開変化時の処理を行う。

また、空気比設定部8Cは、扉が開き始めたと判定してから所定の時間経過する間以外では、連続的に空気比算出部8Bが算出した空気比を、順次、燃焼空気流量調整部8Dに供給する。

【0035】

ここで、上記の所定時間は、炉体1の装入扉1A又は抽出扉1Bが開いて炉内に外気が急激に侵入することで、炉内のガス雰囲気急激に変化してから、許容可能なガス濃度の変化となるまでの時間とする。

なお、空気比を一定に保持する所定時間において、その所定時間の間、扉が開いたままであっても、すぐに扉が閉じた場合であっても構わない。

ただし、所定時間の途中で、一度閉じた扉が開いた場合や、もう一方の扉が開に変化した場合には、最新の扉の開を起点として、所定時間のカウント設定を再度実行する。

所定時間は、例えば10秒～60秒の範囲の時間であり、下記の実施例では30秒とした。

【0036】

ここで、本実施形態では、空気比算出部8Bと空気比設定部8Cの処理は一連の処理として実行される。次に、その一連の処理を行う処理例として、第1の例及び第2の例を示す。

【0037】

第1の例では、図5に示す処理を、所定サンプリング周期で実行する。

まずステップS10にて、測定した酸素濃度と一酸化炭素濃度とから、上記モデル式で空気比を算出する。本明細書では、算出した空気比を算出空気比と呼ぶ。

10

20

30

40

50

【0038】

次に、ステップS20にて、開閉センサ4A、4Bからの信号に基づき、閉じていた扉が開き始めたか否かを判定し、扉1A、1Bが開いていないと判定した場合には、ステップS30に移行する。一方、扉1A、1Bが開き始めたと判定した場合には、ステップS70に移行する。

【0039】

ステップS30では、タイマーがゼロか否かを判定し、タイマーがゼロの場合にはステップS40に移行し、タイマーがゼロより大きければ、ステップS60に移行する。

ここで、タイマーは、初期値がゼロであり、所定時間に対応する所定値がセットされると、時間の経過に伴い数字がゼロに向けてカウントダウンする構成となっている。

10

【0040】

ステップS40では、ステップS10で算出した空気比を記憶部に記憶する。本明細書では、この記憶部に記憶されている空気比を保持空気比と呼ぶ。

続いてステップS50にて、最新の算出空気比を選択し、ステップS10で算出した空気比を出力する。そして、処理を終了する。ここで、空気比を出力としているが、選択した空気比の記憶エリアを、燃焼空気流量調整部8Dが参照する構成でも構わない。その他の処理でも同様である。

【0041】

ステップS60では、記憶部に記憶されている保持空気比を選択し、その保持空気比を出力する。そして、処理を終了する。

20

ステップS70では、タイマーに所定値をセットして、ステップS60に移行する。

そして、以上の処理が、繰り返し実行される。

【0042】

次に、第2の例の処理を説明する。

第2の例では、図6に示す処理を、所定サンプリング周期で実行する。

【0043】

まずステップS100にて、開閉センサ4A、4Bからの信号に基づき、閉じていた扉1A、1Bが開き始めたか否かを判定し、扉1A、1Bが開いていないと判定した場合には、ステップS110に移行する。一方、扉が開き始めたと判定した場合には、ステップS160に移行する。

30

【0044】

ステップS110では、タイマーがゼロか否かを判定し、タイマーがゼロの場合にはステップS120に移行し、タイマーがゼロより大きければ、ステップS150に移行する。

ここで、タイマーは、初期値がゼロであり、所定時間に対応する所定値がセットされると、時間の経過に伴い数字がゼロに向けてカウントダウンする構成となっている。

【0045】

ステップS120では、測定した酸素濃度と一酸化炭素濃度とから、上記モデル式で空気比を算出する。本明細書では、算出した空気比を算出空気比と呼ぶ。

【0046】

次に、ステップS130では、算出した空気比を保持空気比として記憶部に記憶する。続いて、ステップS140にて、最新の算出空気比を選択し、その選択した算出空気比を出力する。そして、処理を終了する。

40

【0047】

ステップS150では、記憶部に記憶されている保持空気比を選択して出力する。そして、処理を終了する。

ステップS160では、タイマーに所定値をセットして、ステップS150に移行する。

以上の処理が、周期的に実行される。

【0048】

<燃焼空気流量調整部8D>

燃焼空気流量調整部8Dは、空気比設定部8Cから取得した空気比に基づき、対象とす

50

る燃焼帯の燃焼空気が目標空気比となるように、対象の燃焼帯 Z に設けられたバーナー 3 への燃焼空気流量を調整する。すなわち、現在の炉内の空気比が目標空気比となる目標燃焼空気流量を求め、その目標燃焼空気流量となるように、燃焼空気用の空気流量調整弁 13 を調整する。

【0049】

例えば、炉内の空気比が目標空気比よりも予め設定した第 1 の閾値以上低いと判定したら、バーナー 3 への燃焼空気流量を増加する。また、炉内の空気比が目標空気比よりも予め設定した第 1 の閾値以上高いと判定したら、バーナー 3 への燃焼空気流量を減少する、フィードバック制御を行う。

【0050】

ここで、炉内の酸素濃度 (O2) は 0.8% 以下が好ましいので、炉内の酸素濃度 (O2) を 0.8% 以下とする条件下で、バーナー 3 への燃焼空気流量を調整することが好ましい。

【0051】

また、本実施形態では、各燃焼帯において、ガス流量計 12 で測定した燃料ガス流量と、空気流量計 11 で測定した燃焼空気流量とから、各バーナー 3 のバーナー空気比を算出する。そして、本実施形態では、炉内の上部に設置されているバーナー 3 のバーナー空気比と下部に設置されているバーナー 3 のバーナー空気比とが同じ値になるように調整した。このように上部のバーナー 3 のバーナー空気比と下部のバーナー 3 のバーナー空気比とを揃えることで、NOx 発生量を低減することができる。

(変形例)

【0052】

上記実施形態は、加熱帯 Z2 及び均熱帯 Z3 の両方の燃焼帯を調整対象の燃焼帯 Z とし、両燃焼帯 Z2、Z3 のバーナー制御する。このとき、本実施形態では、扉が開く場合、扉を開く直前の炉内の空気比に基づいて、バーナー 3 への燃焼空気流量を調整する場合を例示したが、これに限定されない。加熱帯 Z2 及び均熱帯 Z3 の一方の燃焼帯についてだけ、扉が開く場合、扉を開く直前の炉内の空気比に基づいて、バーナー 3 への燃焼空気流量を調整する構成でもよい。

【0053】

また、扉に近い側の燃焼帯だけを、扉が開く場合、扉を開く直前の炉内の空気比に基づいて、バーナー 3 への燃焼空気流量を調整する構成としても良い。例えば、加熱帯 Z2 については、装入扉 1A が開く場合、装入扉 1A を開く直前の炉内の空気比に基づいて、バーナー 3 への燃焼空気流量を調整する構成とする。ただし、抽出扉 1B が開いても、最新の算出空気比を利用してバーナー 3 への燃焼空気流量を調整する構成とする。また、例えば、均熱帯 Z3 については、抽出扉 1B が開く場合、抽出扉 1B を開く直前の炉内の空気比に基づいて、バーナー 3 への燃焼空気流量を調整する構成とする。ただし、装入扉 1A が開いても、最新の算出空気比を利用してバーナー 3 への燃焼空気流量を調整する構成とする。

【0054】

(金属板の製造方法)

本実施形態では、本開示の燃焼空気流量の制御方法を採用した連続式加熱炉 100 によってスラブ 2 (厚板) を目標温度に加熱し、加熱したスラブ 2 を図示しない圧延機によって圧延することによって鋼板を製造する。ここで、金属板として鋼板を例示したが、アルミニウム合金その他の金属板の製造に適用してもよい。

ここで、空気比算出部 8B は、算出工程を構成する。空気比設定部 8C は、空気比設定工程を構成する。燃焼空気流量調整部 8D は、調整工程を構成する。

【0055】

(動作その他)

本実施形態では、扉が開いて炉内のガス濃度が急激に変化することも考慮にいて、炉内の空気比を算出しない。このため、本実施形態では、空気比の算出負荷を低減すること

10

20

30

40

50

ができると共に、燃焼空気流量の調整に使用する空気比を安定して求めることが出来る。

【0056】

すなわち、本実施形態では、扉が開いた直後であって炉内雰囲気ガス濃度が急激に変化している非定常状態で算出した空気比は、算出精度が不安定であることを鑑みる。そして、本実施形態では、この不安定な炉内空気比を燃焼空気流量の制御に使用しない。

そして、炉内のガス濃度が安定した状態での、炉内のガス濃度で算出した空気比を使用して、燃焼空気流量を調整するので、本実施形態では、算出精度が良い空気比で燃焼空気流量を調整可能となる。

【0057】

また、本実施形態では、レーザー式ガス分析計5を用いて炉内の酸素濃度及び一酸化炭素濃度の平均値を測定する。このため、扉が開いて炉内のガス濃度が局所的に変化した場合であっても、炉内の1箇所の濃度のみを測定する構成に比べて、測定のバラつきを抑制することができ、炉内の酸素濃度及び一酸化炭素濃度を精度よく測定することができる。また、レーザー式ガス分析計5を用いることで、測定の応答性も高くすることができる。

【0058】

(その他)

本開示は、次の構成も取り得る。

(1) 被加熱体の搬送方向に沿って配列する複数の燃焼帯を備える炉体と、各燃焼帯に設置された複数のバーナーとを備える連続式加熱炉における、上記バーナーへ供給される燃焼空気流量の制御方法であって、

上記複数の燃焼帯から選択した1又は2以上の燃焼帯である調整対象の燃焼帯に配置されたバーナーへ供給される燃焼空気流量の制御について、

上記調整対象の燃焼帯毎に、

調整対象の燃焼帯で測定された酸素濃度及び一酸化炭素濃度から、燃焼帯内の空気比を算出する算出工程と、

上記燃焼帯内の空気比から、燃焼帯内の空気比を目標空気比となるように上記バーナーの燃焼空気流量を調整する調整工程と、

上記炉体が有する上記被加熱体の出し入れ用の扉が開くと判定すると、上記扉が開くと判定してから予め設定した時間経過するまで、上記扉が開く直前に上記算出工程が算出した空気比を、上記調整工程で用いる燃焼帯内の空気比とする空気比設定工程と、

を備える。

(2) 上記複数の燃焼帯は、装入側から抽出側に向けて、予熱帯、1又は2以上の加熱帯、及び1又は2以上の均熱帯がこの順に配置され、

上記調整対象の燃焼帯は、上記加熱帯及び上記均熱帯である。

(3) 上記空気比設定工程の処理は、上記炉体に設けられた扉のうちの開いた扉に一番近い調整対象の燃焼帯でのみ実行する。

(4) 上記算出工程とする酸素濃度及び一酸化炭素濃度は、それぞれ、対象とする燃焼帯内における複数箇所での測定値の平均値とする。

(5) 上記酸素濃度及び一酸化炭素濃度の測定は、レーザー式ガス分析計を用いて実行され、

上記レーザー式ガス分析計は、対象とする燃焼帯内における、複数箇所での酸素濃度及び一酸化炭素濃度を測定する。

(6) 本開示の燃焼空気流量の制御方法で燃焼空気流量の制御が実行される連続式加熱炉によって上記被加熱体であるスラブを加熱する加熱工程を含む、金属板の製造方法。

(8) 被加熱体の搬送方向に沿って配列する複数の燃焼帯を備える炉体と、各燃焼帯に設置された複数のバーナーとを備える連続式加熱炉であって、

上記複数の燃焼帯から選択した1又は2以上の燃焼帯である調整対象の燃焼帯について、上記調整対象の燃焼帯毎に、

対象とする燃焼帯内の酸素濃度を測定する酸素濃度計と、

対象とする燃焼帯内の一酸化炭素濃度を測定する一酸化炭素濃度計と、

10

20

30

40

50

上記酸素濃度計で測定された酸素濃度及び上記一酸化炭素濃度計で測定された一酸化炭素濃度とに基づき、燃焼帯内の空気比を算出する空気比算出部と、

上記算出した燃焼帯内の空気比に基づき、燃焼帯内の空気比を目標空気比となるように上記バーナーの燃焼空気流量を調整する燃焼空気流量調整部と、

上記炉体が有する上記被加熱体の出し入れ用の扉が開くと判定すると、上記扉が開くと判定してから予め設定した時間経過するまで、上記扉が開く直前に上記空気比算出部が算出した空気比を、上記燃焼空気流量調整部で用いる、上記算出した燃焼帯内の空気比とする空気比設定部と、

を備える。

(9) 上記空気比設定部の処理は、上記炉体に設けられた扉のうちの開いた扉に一番近い調整対象の燃焼帯でのみ実行される。

(10) 各調整対象の燃焼帯毎に設置される、上記酸素濃度計及び上記一酸化炭素濃度計は、レーザー式ガス分析計で構成される。

【実施例】

【0059】

厚板鋼板を製造する設備の連続式加熱炉100について、目標空気比（空気比初期値 α' ）を1.03とし、炉内の酸素濃度（ O_2 ）を0.8%以下とする条件にて、炉内の測定した空気比に基づき、バーナー3への燃焼空気流量を制御して加熱工程を実行してみた。

【0060】

連続式加熱炉100の構成は、実施形態で説明した構成とし、下記の実施例では、加熱帯Z2及び均熱帯Z3を調整対象の燃焼帯とした。

【0061】

比較例では、扉1A、1Bの開閉に関係無く、炉内で測定した酸素濃度及び一酸化炭素濃度から空気比を所定サンプリング周期で算出し、その算出した空気比に基づきバーナー3への燃焼空気流量を調整した。

【0062】

一方、実施例では、扉が開き始めてから30秒間（所定時間）は、扉が開く直前で算出した空気比を、その30秒間の炉内の空気比（保持空気比）とした以外は、比較例と同じ条件でバーナー3への燃焼空気流量を調整した。

【0063】

そして、比較例と実施例について、炉内の酸素濃度の標準偏差を求めたところ、比較例では、標準偏差が0.64だった。これに対し、実施例では標準偏差が0.23と小さくなっていた。すなわち、本開示を適用することで、炉内の酸素濃度の標準偏差を大幅に低減することができることが分かった。すなわち、比較例に比べ、炉内の酸素濃度が安定して、より精度良く加熱制御が行われたことが分かった。

【0064】

図7に、炉内の酸素濃度と理論空気量との関係を示す。

図7から分かるように、比較例では、混合ガス成分の変動による理論空気量の変化に対応できなかったが、本開示を適用することで、ガス成分に依存せず最適な燃焼制御を行うことが可能となることが分かった。

【0065】

図8に、比較例と実施例の燃料原単位を示す。

図8から分かるように、本開示の燃焼制御技術を用いることで、燃料原単位を削減することができることが分かった。

【0066】

図9に、比較例と実施例でのスケール性疵による鋼板不合格率変化を示す。

スケール性疵とは、鋼板表面のスケールに起因する疵を指す。

図9から分かるように、本開示を適用することで、鋼板の不合格率を低減することが分かった。

【0067】

10

20

30

40

50

このように、本開示を適用することで、連続式加熱炉 100 での燃焼制御が改善されて、コストを削減することができると共に、製造される鋼板の不合格率の低減できることが分かった。

【符号の説明】

【0068】

- 1 炉体
- 1 A 装入扉
- 1 B 抽出扉
- 2 スラブ（被加熱体）
- 3 バーナー
- 4 A、4 B 開閉センサ
- 5 ガス分析計（酸素濃度計、一酸化炭素濃度計）
- 6 温度計
- 8、8 X、8 Y バーナー制御部
- 8 A 測定データ入力部
- 8 B 空気比算出部
- 8 C 空気比設定部
- 8 D 燃焼空気流量調整部
- 11 空気流量計
- 12 ガス流量計
- 13 空気流量調整弁
- 14 ガス流量調整弁
- 100 連続式加熱炉
- Z 調整対象の燃焼帯
- Z1 予熱帯
- Z2 加熱帯
- Z3 均熱帯

10

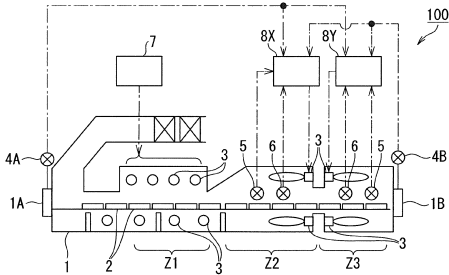
20

30

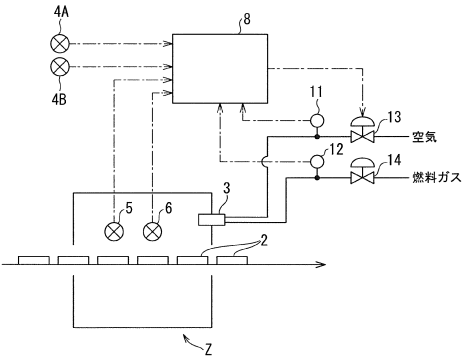
40

50

【図面】
【図 1】

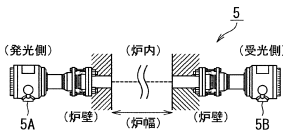


【図 2】

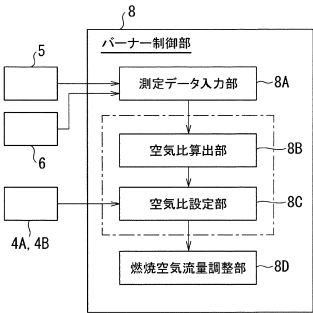


10

【図 3】



【図 4】



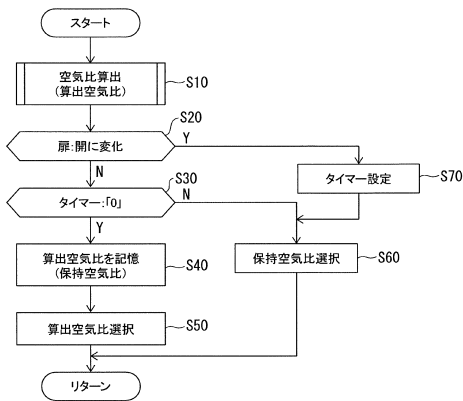
20

30

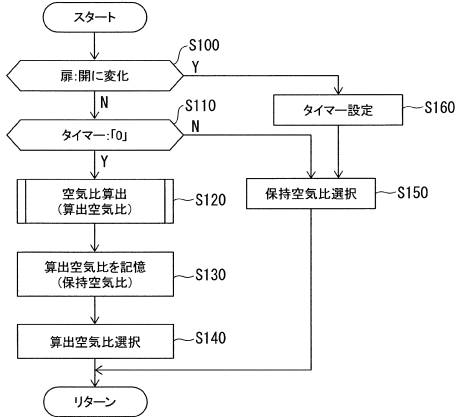
40

50

【図 5】



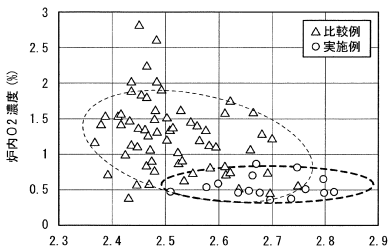
【図 6】



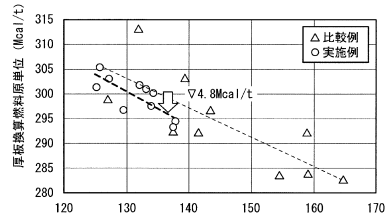
10

20

【図 7】



【図 8】

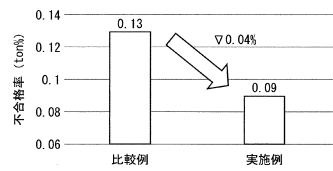


30

40

50

【図 9】



10

20

30

40

50

(51) 国際特許分類

A

L

審査官 礒部 賢

特開昭60-159515 (JP, A)

$$C21D \quad 1/00 = 11/00$$