

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4048010号
(P4048010)

(45) 発行日 平成20年2月13日 (2008. 2. 13)

(24) 登録日 平成19年11月30日 (2007. 11. 30)

(51) Int. Cl.

F 1

C 2 1 C 5/36 (2006. 01)
C 2 1 C 7/00 (2006. 01)
C 2 1 C 7/064 (2006. 01)
G O 1 N 33/20 (2006. 01)

C 2 1 C 5/36
 C 2 1 C 7/00 R
 C 2 1 C 7/064 A
 G O 1 N 33/20 D

請求項の数 4 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平11-329583
 (22) 出願日 平成11年11月19日 (1999. 11. 19)
 (65) 公開番号 特開2001-152229 (P2001-152229A)
 (43) 公開日 平成13年6月5日 (2001. 6. 5)
 審査請求日 平成14年9月20日 (2002. 9. 20)
 審判番号 不服2006-1360 (P2006-1360/J1)
 審判請求日 平成18年1月19日 (2006. 1. 19)

(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 1 〇 番 2
 6 号
 (74) 代理人 100089196
 弁理士 梶 良之
 (74) 代理人 100131750
 弁理士 竹中 芳通
 (72) 発明者 中村 正信
 兵庫県加古川市金沢町 1 番地 株式会社神
 戸製鋼所 加古川製鉄所内
 (72) 発明者 三角 龍平
 兵庫県加古川市金沢町 1 番地 株式会社神
 戸製鋼所 加古川製鉄所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 転炉および溶銑予備処理容器におけるりん平衡状態の推定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

上底吹き型転炉あるいは溶銑予備処理容器などで、スラグによる脱りん反応を伴う溶鋼あるいは溶銑の精錬において、吹錬の開始前あるいは吹錬中に吹錬終了時のりん分配比 ($Lp=R_{slag}-P / R_{td}-P-act$) を、装入溶銑中のりん濃度 ($R_{hm}-P$)、終点目標温度 ($T_{td}-aim$)、終点目標 C ($R_{td}-C-aim$)、塩基度 (C/S)、終点目標 P ($R-P-aim$) の内、少なくとも 4 変数以上を説明変数として用いて精度よく推定することを特徴とするりん平衡状態の推定方法。

$$Lp=f(R_{hm}-P、T_{td}-aim、R_{td}-C-aim、C/S、R-P-aim、...) \dots\dots\dots (1)$$

ここで、(1) 式はりん分配比推定式

10

【請求項 2】

終点時のスラグ成分および溶鋼または溶銑の終点成分を測定する度に、りん分配比推定式中の各説明変数の係数あるいは定数の内、少なくとも一つ以上を逐次更新することを特徴とする請求項 1 に記載のりん平衡状態の推定方法。

【請求項 3】

スラグ成分および終点成分を測定する度に、自動的にりん分配比推定式中の各説明変数の係数あるいは定数を逐次更新する学習を行うことを特徴とする請求項 2 に記載のりん平衡状態の推定方法。

【請求項 4】

スラグ成分および終点成分を測定する度に、その実測値が学習に適合しているかどうか

20

を判定して用いることにより、りん分配比推定式中の各説明変数の係数あるいは定数の内、少なくとも一つ以上を逐次更新することを特徴とする請求項 1 に記載のりん平衡状態の推定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、上底吹き型転炉あるいは溶銑予備処理容器などのスラグによる脱りん反応を伴う溶鋼あるいは溶銑の精錬において、吹錬の開始前あるいは吹錬中に吹錬終了時のりん分配比を精度よく推定するりん平衡状態の推定方法の技術分野に属するものである。

【0002】

10

【従来の技術】

従来より、転炉あるいは溶銑予備処理での吹錬にあたっては、鉄歩留りおよび有価成分である Mn の歩留りを向上させるため、さらには、熱ロスの低減、スラグ発生量の低減を目的に、生石灰などの副原料投入量を最適化してできるだけその使用量を低減することが求められている。生石灰などの副原料投入量は、主に所定の脱りんを行う目的で決定しており、吹錬後りん濃度が規格上限以下に収まるように、そのばらつきを考慮して増減させている。ここで、副原料投入量を低くしすぎると、りん濃度が規格上限を超えて品質上問題となる。反対に、りん濃度を低くしようとすると、副原料を過剰に使用してしまいコストおよびエネルギー上大きく不利になってしまう。

【0003】

20

この品質とコストの両立のために、製品のりん濃度が規格上限値を超えない範囲で、且つ、可能な限り上限値に近い値に制御することが望ましい。この点、従来の副原料投入量計算装置においては、りん濃度に対する副原料投入量の決定は、経験により得たデータをまとめたテーブル値を参照することによる単純な加減乗除のみの計算によって行われていた。しかしながら、上記りん濃度の調整は、本来的に転炉、溶銑予備処理容器などの精錬容器への副原料投入前後の物質バランスの上に成立するとともに、成分比率の平衡が保たれるという平衡反応としての性格を備えている。

【0004】

そこで、特開平 9 - 256021 号公報では、これらの原則を考慮し、さらには、精錬容器の耐火物溶損や張り替えなどによる操業状態の変化を考慮できる副原料投入量計算装置が提案されている。その結果、従来と比較して、終点成分濃度のばらつきが小さく、且つ、操業状態が変化しても精度が低下せず、しかも副原料の量を適正に調整できてコスト高にならない高精度の計算ができるようになった。

【0005】

30

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、特開平 9 - 256021 号公報に提案されている方法によっても、平衡反応の物理モデル自体に誤差が大きいと、全体の精度を落とすことになり、なかなか副原料投入量を最適化することができず、品質を落とすことなくコストを大きく低減することができなかった。

【0006】

40

また、特開平 9 - 256021 号公報の方法によらずとも、副原料投入量を最適化するにあたって、りんの平衡状態を的確に推定することは非常に重要であって、従来、Healy のりん平衡式などの既知の平衡関係をベースにして物理モデルを組み立てる方法が一般的であった。さらに、この物理モデルの更新を逐次最小自乗法を用いて行ったり、ニューラルネットワークで学習させたニューロモデルを用いて行ったり、あるいは、物理モデル全体をニューロモデルにより構成させていた。

【0007】

Healy および水渡らのりん平衡式は、それぞれ下記(2)、(3)式のような形で表現されており、これをベースに説明変数として終点温度、塩基度、(%T.Fe)、(%CaO)、(%MgO)などを用いた方法では、十分なりん分配比の推定精度を得ることができなかった

50

。

$$Lp=a / Ttd-aim+ b * (\%T.Fe) +c * (\%CaO) +d \dots\dots\dots (2)$$

$$Lp=a / Ttd-aim+ b * (\%T.Fe) +c * C/S+d * (\%CaO) +e * (\%MgO) +f \dots (3)$$

ここで、a、b、c、d、e、f は定数を示す。

【 0 0 0 8 】

本発明は、上記の問題点を解決するためになされたもので、上底吹き型転炉あるいは溶銑予備処理容器などのスラグによる脱りん反応を伴う溶鋼あるいは溶銑の精錬において、吹錬の開始前あるいは吹錬中に吹錬終了時のりん分配比を、装入溶銑中のりん濃度 (Rhm-P)、終点目標 P (R-P-aim) などの変数を説明変数として用いて、精度のよいりん平衡状態の推定方法を提供することを目的とする。

10

【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段】

終点時の溶鉄 - スラグ間のりん平衡状態を表すりん分配比は、元来、終点温度、塩基度、(%T.Fe)、(%CaO) および (%MgO) などといったスラグ成分の状態によって一義的に決まり、終点時の溶鉄中りん濃度および吹錬前の装入りん濃度には影響されないと考えられていた。しかしながら、本発明者らは従来のりん分配比推定計算では、推定精度が十分に向上しないことから、りん分配比に相関関係が大きいであろうと考えた変数について、種々の解析を行った結果、りん分配比が終点時の溶鉄中りん濃度および吹錬前の装入りん濃度に大きく依存することを見出した。従来はスラグ / 溶鋼間でりんは平衡状態にあるものとして、Lpの式(りん分配式)が構築されていたが、実際のりんは平衡に向かう途中段階にあり、これを表現するのが装入溶銑りんおよび終点りんであると考えた。本発明はこの知見に基づいて成されたものである。

20

【 0 0 1 0 】

【 0 0 1 1 】

その要旨は、上底吹き型転炉あるいは溶銑予備処理容器などで、スラグによる脱りん反応を伴う溶鋼あるいは溶銑の精錬において、吹錬の開始前あるいは吹錬中に吹錬終了時のりん分配比 ($Lp=R_{slag-P} / R_{td-P-act}$) を、装入溶銑中のりん濃度 (Rhm-P)、終点目標温度 (Ttd-aim)、終点目標 C (Rtd-C-aim)、塩基度 (C/S)、終点目標 P (R-P-aim) の内、少なくとも4変数以上を説明変数として用いて精度よく推定することを特徴とするりん平衡状態の推定方法である。

30

$$Lp=f(Rhm-P, Ttd-aim, Rtd-C-aim, C/S, R-P-aim, \dots) \dots\dots\dots (1)$$

ここで、(1) 式はりん分配比推定式

【 0 0 1 2 】

終点時のスラグ成分および溶鋼または溶銑の終点成分を測定する度に、りん分配比推定式中の各説明変数の係数あるいは定数の内、少なくとも一つ以上を逐次更新することを特徴とする上記のりん平衡状態の推定方法である。

【 0 0 1 3 】

さらに、スラグ成分および終点成分を測定する度に、自動的にりん分配比推定式中の各説明変数の係数あるいは定数を逐次更新する学習を行うことを特徴とする上記のりん平衡状態の推定方法である。

40

【 0 0 1 4 】

スラグ成分および終点成分を測定する度に、その実測値が学習に適合しているかどうかを判定して用いることにより、りん分配比推定式中の各説明変数の係数あるいは定数の内、少なくとも一つ以上を逐次更新することを特徴とする上記のりん平衡状態の推定方法である。

【 0 0 1 5 】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明に係わるりん平衡状態の推定方法について説明する。上底吹き型転炉において、吹錬終了時のスラグ中のりん濃度を溶鉄中のりん濃度で割った数値をりん分配比 Lpと表す。このLpを溶銑中のりん濃度、終点目標温度、終点目標 C、塩基度、終点目標 P

50

などの関数式(1)で表す。

$$Lp=f(Rhm-P, Ttd-aim, Rtd-C-aim, C/S, R-P-aim, \dots) \quad (1)$$

【0016】

一方、 Lp は(4)式のように表されることから、本発明により吹錬開始前に終点時の Lp を計算しておけば、終点時のスラグ中のりん濃度をどのような値にすればよいかが分かる。

$$Lp=Rslag-P / Rtd-P-aim \quad (4)$$

【0017】

次に、スラグの収支式は(5)式で表される。

$$Wslag=Wcao+Wmgo+Wfeo+ \dots +Wmno \quad (5)$$

ここで、 $Wslag$: スラグの質量

$Wcao$: CaO の質量

$Wmgo$: MgO の質量

$Wfeo$: FeO の質量

$Wmno$: MnO の質量

【0018】

りんの収支式は(6)式で表される。

$$Whm \cdot Rhm-P + Wslag-bef \cdot R-P-slagbef + \dots + Wco \cdot Rcm-P \\ = Wst \cdot Rtd-P-aim + Wslag \cdot Rslag-P \quad (6)$$

ここで、 Whm : 装入溶銑の質量

$Rhm-P$: 装入溶銑中のりんの濃度

$Wslag-bef$: 前チャージの炉内残留スラグの質量

$R-P-slagbef$: 前チャージの炉内残留スラグ中のりんの濃度

Wco : コールドメタル(冷銑、スクラップ)の質量

$Rcm-P$: コールドメタル中のりんの濃度

Wst : 終点時の溶鋼の質量

$Rtd-P-aim$: 終点時の溶鋼中の目標りんの濃度

$Wslag$: スラグの質量

$Rslag-P$: スラグ中のりんの濃度

【0019】

他方、副原料投入量が決まれば、すでに溶銑量やスクラップ量などの主原料配合量、それに溶銑成分などの実績値も判明しているため、(5)式に従って当該吹錬におけるスラグ量も計算できる。同様に、吹錬におけるインプットりん量も(6)式の左辺式に従って計算されることから、(1)、(4)、(5)、(6)式により、これらを特開平9-256021号公報などに提案されている適当な方法を用いて、これを満足する副原料の投入量を決定すれば所要の脱りんに対して過不足ない副原料投入量が得られる。

【0020】

以上述べたように、本発明のりん分配比推定計算方法を用いることにより、精度よくりん分配比を推定計算することができるようになった。これを副原料投入量計算および吹錬途中でのサンプリングによる終点りん濃度推定計算に用いることにより、以下の効果が得られる。

【0021】

終点りん濃度の推定精度が向上して終点りん濃度のばらつきが低減し、主に、所定の脱りんを行う目的で決定している生石灰などの副原料投入量を適正化でき、終点りん濃度が規格上限以下に収まるように制御しつつ、その使用量を大幅に低減することができる。その結果、炉内スラグ量が大幅に低減でき、鉄歩留りおよび有価成分である Mn 歩留りの向上、さらには、熱ロスの低減、スラグ発生量の低減によるスラグ処理費の低減を図ることができる。

【0022】

また、副原料投入量が少ない状態で終点りん濃度を低下させるために、炉内スラグ中の酸化鉄濃度である($\%T.Fe$)を過剰に上昇させることがなくなり、鉄歩留りおよび Mn 歩留

10

20

30

40

50

りの低下、さらには、転炉耐火物の溶損速度の増大を招かず、転炉炉寿命の低下を抑制できる。

【0023】

また、チャージごとに測定するスラグ成分および終点成分に基づいて、説明変数の係数を学習させ逐次更新することにより、転炉炉容積の変化などの経時変化にも対応できる。

【0024】

ここで、りん分配比(Lp)は($R_{slag-P} / R_{td-P-act}$)でもよいし、($R_{slag-P_2O_5} / R_{td-P-act}$)でもよい。

【0025】

【実施例】

以下に、実施例を挙げて本発明を説明する。

【0026】

【実施例1】

ここで、以下の各々のケースでの240t上底吹き型転炉のLp値の予測値と実績値との誤差について表1にまとめた。また、図1～図4にLp値の予測値と実績値との関係を示す。このばらつきが低減した結果、表2に示すように、生石灰、軽焼ドロマイトといったCaOを主成分とする副原料の使用量を低減することができる。さらに、CaO源の低減に伴い、耐火物溶損抑制用にスラグ中のMgO濃度を所定の値に制御するためんに添加しているMgO成分を多く含有する副原料使用量も低減できる。また、塩基度調整用に添加しているSiO₂成分を多く含有する副原料使用量も低減できる。なお、この他の副原料には、炭酸カルシウム、ドロマイト、塩基度調整には、珪石、ろう石、蛇紋岩、かんらん岩等も使用することができる。

【0027】

【表1】

区 分		相 違 点	誤差のばらつき *1	説明図
比較例		終点目標温度、C濃度、塩基度 (ベース)	100	図1
本 発 明 例	ケース 1	ベースに 溶銑P濃度を追加	99	図2
	ケース 2	ベースに 終点目標P濃度を追加	86	図3
	ケース 3	ベースに 溶銑P、終点目標P濃度を追加	82	図4

*1：比較例のばらつき（標準偏差）を100とする。

【0028】

【表2】

区 分		相 違 点	生石灰 使用量 *1	軽焼ドロマイト 使用量 *2
比較例		終点目標温度、C濃度、塩基度 (ベース)	1 0 0	1 0 0
本 発 明 例	ケース 1	ベースに 溶銑P濃度を追加	9 7	9 8
	ケース 2	ベースに 終点目標P濃度を追加	8 2	8 4
	ケース 3	ベースに 溶銑P、終点目標P濃度を追加	7 8	7 9

* 1 : 比較例の使用量を100とする。

* 2 : 比較例の使用量を100とする。

【0029】

【実施例2】

炉の違いや炉修などにより従来決定していた(1)式の係数が変化することがある。この
 ような時は、重回帰分析などの公知の数学的手法を用いて決定するが、場合によっては計
 算精度が悪化することがある。このような時には、実操業でのデータを基にりん分配係数
 Lpを(6)、(5)、(4)式の順に計算するというのを、複数の吹錬に対して実施する。こ
 こで得られた結果より誤差を生じさせていると推定される(1)式の説明変数の係数と定数
 項を更新する。

【0030】

また、このように複数の吹錬の結果からLp値を実績データから計算し、これを自動的に誤
 差を生じさせている説明変数の係数に反映するようにした。すなわち、吹錬が終了して一
 定時間が経過すると溶鋼やスラグなどのほとんど全ての実績成分値が判明し、この実績デ
 ータから係数の逆算が可能になるため、必要最低限のデータがそろった段階で計算機によ
 り自動的に計算するようなプログラムを制作することでこれを実施した。

【0031】

さらに、当該実施例において、実績データで自動的に係数を変化させた場合に、ある特定
 の傾向を持った吹錬が続いた直後に傾向が違う吹錬を実施しようとする、その前の吹錬
 に特に計算精度がよくなるように調整されているため、その後の吹錬では、逆に精度が悪
 化するようになることがある。そこで、吹錬の終了後に、当該吹錬が上記のような学習計
 算を行うかどうかを自動的な判断による計算機制御で、あるいは人為判断による手動操作
 で決定するようにした。その結果を図5に示す。

【0032】

図5は、出鋼温度の係数値についての時系列データの変化を示した図である。最初、係数
 値を変化させずに操業すると、Lp値の予測値と実績値との間の誤差が大きくなりだしたの
 で、ここで誤差が小さくなるように、直近のチャージ実績を用いて重回帰計算を行い係数
 値を手動にて変更して手動学習を行った。その結果、その後の数チャージの誤差は小さく
 なったが、徐々に誤差が大きくなる場合がある。そこで、さらに計算機による自動的な判
 断による自動学習を行うと、毎チャージ誤差修正できるため、常に小さい誤差で操業を継
 続することが可能である。

【0033】

【実施例3】

高炉から出銑後に高炉鑄床にて脱珪処理された溶銑を300t混銑車に受銑し、除滓後に
 脱りん処理する場合に、本発明を適用した実施結果を表3、表4に示す。ここで、溶銑予

10

20

30

40

50

備処理容器としては、混銑車に限らず転炉型、取鍋型のものを用いても同様の効果が得られる。脱りん処理は、溶銑中にインジェクションランスを挿入して生石灰および酸化鉄、転炉滓を配合した粉体を吹き込みながら、上方から酸素ランスにて酸素ガスを溶銑面に吹き付けて行った。この混銑車における脱りんにおいても、りん分配比 L_p を処理後目標りん濃度(Raim-P)、処理前珪素濃度(Ract-Si)、処理前りん濃度(Ract-P)、塩基度(C/S)、処理前温度(Tact-B)などで表現した。

【0034】

$$L_p = f(\text{Raim-P}, \text{Ract-P}, \text{Ract-Si}, \text{C/S}, \text{Tact-B}, \dots) \quad \dots\dots\dots (7)$$

【0035】

(7) 式に従い、スラグ中のりん濃度を計算できることから、実施例1と同様に必要にして十分な脱りん処理剤を計算して、これを上記混銑車に吹き込むことで処理後のりん濃度のばらつきを表3に示すように、小さくすることができた。その結果、表4に示すように、生石灰および転炉滓の使用量を低減することができた。また、これによって熱ロスも低減できた。

【0036】

【表3】

区 分		相 違 点	誤差のばらつき *1
比較例		終点目標温度、C濃度、塩基度 (ベース)	100
本 発 明 例	ケース 1	ベースに 装入溶銑P濃度を追加	94
	ケース 2	ベースに 終点目標P濃度を追加	80
	ケース 3	ベースに 溶銑P、終点目標P濃度を追加	71

*1：比較例のばらつき（標準偏差）を100とする。

【0037】

【表4】

区 分		相 違 点	生石灰 使用量 *1	転炉滓 使用量 *2
比較例		終点目標温度、C濃度、塩基度 (ベース)	100	100
本 発 明 例	ケース 1	ベースに 装入溶銑P濃度を追加	93	98
	ケース 2	ベースに 終点目標P濃度を追加	83	83
	ケース 3	ベースに 溶銑P、終点目標P濃度を追加	73	77

*1：比較例の使用量を100とする。

*2：比較例の使用量を100とする。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 8 】

【発明の効果】

以上述べたところから明らかなように、本発明によれば、りん分配比を精度よく推定計算することができるようになった。これを副原料投入計算および吹錬途中でのサンプリングによる終点りん濃度の推定計算に用いることにより、終点りん濃度の推定精度が向上して、終点りん濃度のばらつきを低減することができる。従って、主に所定の脱りんを行う目的で決定している生石灰などの副原料投入量を最適化でき、終点りん濃度が規格上限以下に収まるように制御しつつ、その使用量を大幅に低減することができる。

【 0 0 3 9 】

その結果、炉内スラグ量が大幅に低減でき、鉄歩留りおよび有価成分であるMn歩留りの向上、さらには、熱ロスの低減、スラグ発生量の低減によるスラグ処理費の低減を図ることができ、品質およびコストの両立を図ったエネルギー効率のよい副原料の使用が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】表 1 の比較例における上底吹き型転炉のLp値の予測値と実績値との関係を示す図である。

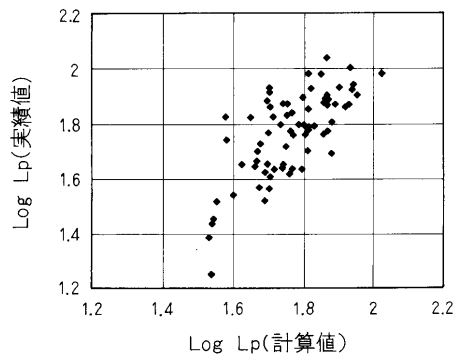
【図 2】表 1 の本発明ケース 1 における上底吹き型転炉のLp値の予測値と実績値との関係を示す図である。

【図 3】表 1 の本発明ケース 2 における上底吹き型転炉のLp値の予測値と実績値との関係を示す図である。

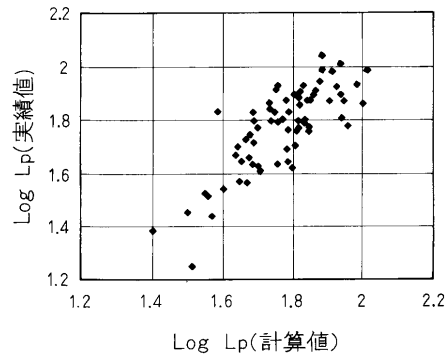
【図 4】表 1 の本発明ケース 3 における上底吹き型転炉のLp値の予測値と実績値との関係を示す図である。

【図 5】実施例 2 における、ある係数値についての時系列データの変化を示した図である。

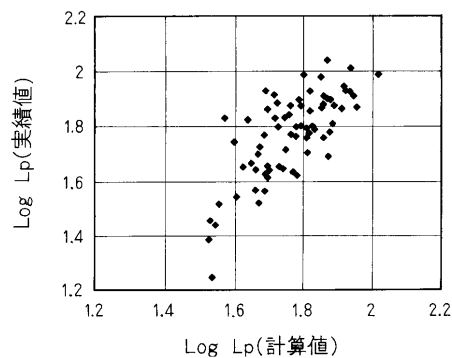
【図 1】



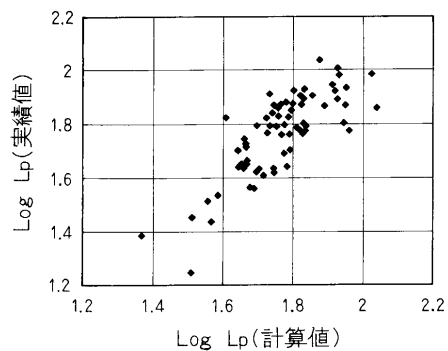
【図 3】



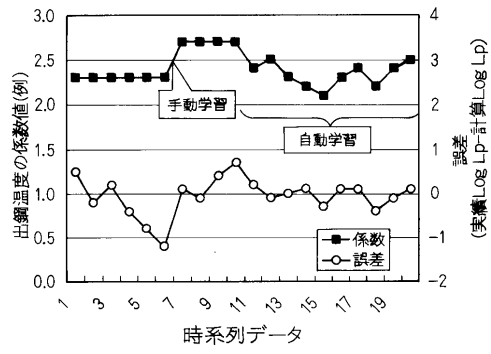
【図 2】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 田村 昌弘
兵庫県加古川市金沢町 1 番地 株式会社神戸製鋼所 加古川製鉄所内

合議体

審判長 長者 義久

審判官 平塚 義三

審判官 井上 猛

(56)参考文献 特開平 2 - 1 5 9 3 1 4 (J P , A)